III Congreso Ibérico de Paleontología

Lisboa, Portugal, 7 a 10 de Julio de 2010

XXVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología



Resúmenes • Resumos

Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza, Nº 9, 2010



III Congresso Ibérico de Paleontologia

Lisboa, Portugal, 7 a 10 de Julio de 2010

XXVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología

Ibéria en el centro de las relaciones atlántico-mediterráneas
A Ibéria no centro das relações atlanto-mediterrânicas

Libro de resúmenes
•
Livro de resumos

Editores

Ana **Santos**, Eduardo **Mayoral**, Guillermo **Meléndez**, Carlos Marques da **Silva**, Mário **Cachão**.

Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza (SEPAZ), Vol. 9, 2010

Dpto. Ciencias de la Tierra
Área de Paleontología, Universidad de Zaragoza
C/ Pedro Cerbuna, 12, E-50009 ZARAGOZA
Tel.: 976 76 10 76/Fax: 976 77 61 06

Editor de la Serie:
Guillermo Meléndez Hevia
gmelende@unizar.es

Portada:
Carlos Marques da Silva

Fotos:
"Fossil Fern" de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fern_fossil.jpg

Impresión:
Servicio de Reprografía, Universidad de Zaragoza
C/ Pedro Cerbuna, 12, E-50009 ZARAGOZA
PRINTED IN SPAIN

Depósito legal:
Z-2376-2010

ISBN:
978-84-92522-25-5

Comité Organizador • Comissão Organizadora

Ana Santos & **Eduardo Mayoral**, Departamento de Geodinámica y Paleontología, Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Huelva. **Carlos Marques da Silva** & **Mário Cachão**, Departamento de Geologia e Centro de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. **Guillermo Meléndez**, Área de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza.

Comité Científico • Comissão Científica

Artur de Abreu e Sá, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. **Julio Aguirre Rodríguez**, Universidad de Granada. **Sérgio Ávila**, Universidade dos Açores. **Humberto Astibia Ayerra**, Universidad del País Vasco. **Beatriz Azanza Asensio**, Universidad de Zaragoza. **Eloísa Bernáldez Sánchez**, IAPH, Sevilla. **Carolina Castillo Ruiz**, Universidad de La Laguna, Tenerife. **Filomena Diniz**, Universidade de Lisboa. **Mário Estevens**, DESA, DEGAS, Câmara Municipal de Almada. **Sixto Rafael Fernández López**, Universidad Complutense Madrid. **Esperanza Fernández Martínez**, Universidad de León. **José Antonio Gámez-Vintaned**, Universidad de Zaragoza. **Jenaro García Alcalde**, Universidad de Oviedo. **Rodolfo Gozalo Gutiérrez**, Universidad de Valencia. **Juan Carlos Gutiérrez Marco**, CSIC, Madrid. **Ana Márquez Aliaga**, Universidad de Valencia. **Jordi Martinell Callicó**, Universidad de Barcelona. **Isabel Méndez Bedia**, Universidad de Oviedo. **Áurea Narciso**, Universidade de Lisboa. **Federico Olóriz Sáez**, Universidad de Granada. **Paul Palmqvist Barrena**, Universidad de Málaga. **Pedro Pereira**, Universidade Aberta, Lisboa. **José Manuel Piçarra**, LNEG, Portugal, Departamento de Geologia. **Isabel Rábano del Arroyo**, IGME, Madrid. **Rogério Rocha**, Universidade Nova de Lisboa. **Luís Rodrigues**, Escola Secundária de Lagos. **Vanda Santos**, Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa. **Francisco Sierro Sánchez**, Universidad de Salamanca. **Roberto Wagner Boom**, Museo Paleobotánico de Córdoba.



Estimados colegas,

Antes que nada quiero agradeceros a todos vuestra participación en esta XXVI edición de las Jornadas de Paleontología que tiene especial relevancia por ser también la III edición del Congreso Ibérico de Paleontología.

Desde hace 25 años, nuestra Sociedad celebra sus jornadas anuales que sirven de encuentro para los paleontólogos españoles y todos aquellos que teniendo relaciones con la Paleontología Española se suman a ella. En estas jornadas nos informamos de los avances en las investigaciones de los asistentes y reforzamos lazos afectivos con nuestros colegas. En estos 25 años se han celebrado también dos Congresos Ibéricos de Paleontología en los que se pretendió reforzar los lazos entre los paleontólogos portugueses y españoles. Estos lazos son muy intensos desde el punto de vista personal, pero muy poco cuidados desde el punto de vista institucional. La mayoría de nosotros (portugueses y españoles) tenemos investigaciones comunes con colegas del otro lado de la frontera, pero pocas veces se reflejan en convenios y proyectos mixtos y desde las instituciones hay muy pocas facilidades para establecerlos.

Una forma de paliar este problema ha sido la celebración de reuniones específicas como las que reunían a los paleontólogos que trabajábamos en el ámbito de Ossa-Morena (el antiguo grupo mixto de Ossa Morena, GOM). También lo es la más reciente celebración de estos Congresos Ibéricos de Paleontología. El primero se hizo coincidir con las XVI Jornadas de Paleontología en Octubre del 2000 en Évora (Portugal). En dicho evento se plantearon mayores acercamientos y la celebración periódica de Congresos Ibéricos de Paleontología. Dos años después se celebró el segundo en Salamanca coincidiendo con las XVIII Jornadas de Paleontología. Pese a la excelente acogida y a la voluntad manifestada por todos los asistentes, han pasado varios años y esta intención no se ha visto cumplida.

Aprovechando que el año 2010 ha sido declarado por la UNESCO como el Año Internacional de Acercamiento de las Culturas y con la iniciativa de paleontólogos de las universidades de Huelva y Lisboa, se ha retomado esta vieja iniciativa. Nuestro deseo es

que este encuentro sirva para reforzar las relaciones entre ambos colectivos, tanto a nivel personal como a nivel institucional.

Para este Tercer Congreso Ibérico de Paleontología se ha propuesto como temática "Iberia en el centro de las relaciones Atlántico-Mediterráneas", que es un reflejo en el sentido geográfico, geológico, paleontológico, cultural y afectivo, de las voluntades expresadas en los dos anteriores Congresos. De forma muy llamativa, sólo 2 de las comunicaciones presentadas corresponden a este tema, quizá porque los ámbitos de colaboración están en aspectos más específicos para la mayor parte de los grupos de investigación.

Este Congreso va a tener una excelente participación (109 congresistas) y el número de comunicaciones (83) muestra la pujanza de la Paleontología en Portugal y España, habiendo un buen número de comunicaciones con firmantes de los dos países. Un 37 % de las comunicaciones han sido presentadas por paleontólogos portugueses, esfuerzo muy notable teniendo en cuenta que su colectivo es muy pequeño en comparación con el español.

Quiero destacar también la alta participación de estudiantes, ya observada en las anteriores Jornadas y que en este caso alcanza casi un 40 %. Queda claro el excelente futuro de la investigación paleontológica, con una cantera abundante y de calidad.

Os animo a todos aprovechar esta ocasión para fortalecer los vínculos investigadores y personales entre los paleontólogos ibéricos y a estudiar la vía de institucionalizar los Congresos Ibéricos de Paleontología, ya sea de forma periódica u ocasional.

En Madrid, a 27 de Mayo de 2010

Sergio Rodríguez García
Presidente de la Sociedad Española de Paleontología



Estimados colegas,

Antes de mais, quero agradecer a vossa participação na 26º edição das Jornadas de Paleontologia, as quais tem uma especial importância por serem também a terceira edição do Congresso Ibérico de Paleontologia.

De há 25 anos a esta parte, a nossa Sociedade celebra as suas jornadas anuais que servem de encontro não só para os paleontólogos espanhois mas também para todos aqueles que tendo relações com a Paleontologia Espanhola queiram participar. Nas presentes jornadas informamo-nos dos avances nas investigações levados a cabo pelos participantes e reforçamos os laços afectivos com os nossos colegas. Durante estes 25 anos celebraram-se dois Congressos Ibéricos de Paleontologia, nos quais se pretendeu reforçar os laços entre os paleontólogos de ambos os lados da fronteira. Estes laços tão intensos desde o ponto de vista pessoal mas tão pouco cuidados desde o ponto de vista institucional. A maioria de nós temos investigações comuns com colegas do outro lado da fronteira, mas poucas vezes se materializam em convénios e projectos mistos, e desde as instituições existem poucas facilidades para o seu estabelecimento.

Uma forma de atenuar este problema foi a celebração de reuniões específicas, como as que reuniam os paleontólogos que trabalhavamos no sector de Ossa-Morena (o antigo grupo misto de Ossa Morena, GOM). O mesmo pretende ser a mais recente celebração destes Congressos Ibéricos de Paleontologia. O primeiro realizado em Outubro de 2000 em Évora (Portugal) coincidiu com as XVI Jornadas de Paleontologia. Neste evento propos-se uma maior aproximação e a celebração periódica de Congressos Ibéricos de Paleontologia. Dois anos depois realizou-se o segundo em Salamanca (Espanha), o qual coincidiu com as XVIII Jornadas de Paleontologia. Apesar da excelente recebimento e a vontade manifestada por todos os presentes passaram vários anos e esta intenção não se viu satisfeita.

Aproveitando que o ano 2010 foi declarado pela UNESCO como o Ano Internacional de Aproximação entre as Culturas, e com a iniciativa levada a cabo por paleontólogos das Universidade de Huelva e Lisboa, retomou-se esta antiga iniciativa. É

nosso desejo que este encontro sirva para reforçar as relações entre ambos os colectivos, tanto a nível pessoal como institucional.

Para este terceiro Congresso Ibérico de Paleontologia foi proposto como tema monográfico "Ibéria no centro das relações Atlântico-Mediterrânicas", o qual pretende ser um reflexo no sentido geográfico, geológico, paleontológico, cultural e afectivo das vontades expressas nos dois congressos anteriores. Chama a atenção que das comunicações a apresentar apenas duas correspondam a este tema, provavelmente porque os âmbitos de colaboração se centrem em aspectos mais específicos para a maior parte dos grupos de investigação.

Este Congresso conta com uma excelente participação (109 congressistas) e o número de comunicações (83) mostra o vigor da paleontologia em Portugal e Espanha, havendo um bom número de comunicações com autores de ambos países. 37% das comunicações foram apresentadas por paleontólogos portugueses, esforço bastante notável tendo em conta que o seu colectivo é bastante pequeno comparativamente ao espanhol.

Quero também ressaltar a alta participação de estudantes, já observada nas Jornadas anteriores e que neste caso concreto atinge quase um 40%. Fica claro o excelente futuro da investigação paleontológica, com talento abundante e de qualidade.

Desejo que todos aproveitem esta ocasião para fortalecer os vinculos investigadores e pessoais entre si e estudem a maneira de institucionalizar a realização dos Congressos Ibéricos de Paleontologia de forma periódica ou ocasional.

Madrid, a 27 de Maio de 2010

Sergio Rodríguez García
Presidente da Sociedade Espanhola de Paleontologia

ÍNDICE

Presentación/ *Apresentação*

Bienvenida del Presidente de la Sociedad Española de Paleontología..... i

Boas-vindas do Presidente da Sociedade Espanhola de Paleontologia iii

Conferencias Invitadas/ *Conferências*

Meléndez, G. Biogeografía de Ammonoideos ibéricos durante el Mesozoico. / *Biogeography of Iberian Mesozoic Ammonoidea.* 3

Neto de Carvalho, C. The extended Trilobite: 525 million years feeding imagination. / *A Trilobite estendida: 525 milhões de anos alimentando a imaginação.* 7

Tema Monográfico: Iberia en el centro de las relaciones Atlántico-Mediterráneas / A *Ibéria no centro das relações Atlanto-mediterrânicas*

Colás, J. y García Joral, F. El registro de Nucleatidae (Brachiopoda, Terebratulida) jurásicos en áreas no alpinas de España y sus implicaciones en Paleobiogeografía y Paleoecología. / *The occurrence of Jurassic Nucleatidae (Brachiopoda, Terebratulida) in non-alpine areas of Spain and its implications in Paleobiogeography and Paleoecology.* 15

Gourvennec, R., Menn, J. L., Piçarra, J., Oliveira, J. T. e Robardet, M. Braquiópodes e crinóides do Devónico Inferior e Médio do sinclinal de Portalegre:

bioestratigrafia e paleogeografia. / *Lower and Middle Devonian brachiopods and crinoids of the Portalegre syncline: biostratigraphy and palaeogeography.* 19

Tema Patrimonio Paleontológico y Geodiversidad/ *Património Paleontológico e Geodiversidade*

Estevens, M., Dionísio, S., Ataíde, D. e Freitas, C. Maleta de Fósseis de Almada: um recurso educativo de divulgação do património paleontológico criado pela Câmara Municipal de Almada. / *The Fossil Kit from Almada: an educational resource of dissemination of the paleontologic heritage created by Almada City Council.* 25

Fernández-Martínez, E. y Fuertes-Gutiérrez, I. Patrimonio paleontológico en las provincias de León y Palencia: estado de la cuestión. / *Paleontological Heritage in Palencia and Leon provinces: state of the art.* 29

Sallun Filho, W., Rich Fairchild, T. e Rodrigues de França, D. Geoconservação dos sítios de estromatólitos de Nova Campina e Itapeva (São Paulo, Brasil): Primeiros estromatólitos descritos na América do Sul. / *Geoconservation of the sites of stromatolites from Nova Campina e Itapeva (São Paulo, Brazil): First stromatolites described in South America.* 33

Santos, V. F., Barriga, F. J. A. S., Galopim de Carvalho, A. M., Mergulhão, L. M., Monteiro, C., Silveira, S. C., Fernandes, M. J., Alho, J. M. e Coelho, R. Seguindo os passos dos dinossáurios do Mesozóico Português: valor excepcional de jazidas icnológicas a preservar. / *Tracking dinosaurs in the Portuguese Mesozoic: exceptional track sites to preserve.* 37

Silva, M. V., de Araujo, E. P. R. e de Araujo, E. P. R. Trilha do Tempo Geológico: maneira lúdica de ensino. / *Geological Time Trail: playful way of teaching.* 40

Ventura, C., Pires, A. R., Ribeiro, M. e da Silva, C. M. Paleontologia, Geodiversidade urbana e geoconservação: O exemplo da cidade de Almada (Portugal). / *Palaeontology, urban geodiversity and geoconservation: The example of the city of Almada (Portugal).* 43

Tema Libre/ Tema Livre

Álvarez-Pérez, G. Presencia del género *Eupsammia* en el Eoceno de la Cuenca de Igualada (NE de España). / *The genus Eupsammia in the Eocene from Igualada Basin (NE of Spain).* 49

Andrade, B., Duarte, L. V. y García Joral, F. Los braquiópodos del Toarciense Superior de la región de Alvaiázere de la Cuenca Lusitánica (Portugal). Datos preliminares. / *The Upper Toarcian brachipods of the Alvaiázere region in the Lusitanian Basin (Portugal). Preliminary data.* 52

Andrés, M., Azanza, B. y Morales, J. Los Bovini del Villafranquiense de España: el género *Leptobos*. / *Bovini of the Villafranchien of Spain: the genus Leptobos.* 56

Antunes, M. T., Mazo, A. V. e Legoinha, P. Mastodonte em depósitos marinhos da Praia do Penedo (Portugal). / *A mastodon in marine deposits from Praia do Penedo.* 59

Arceredillo, D. Los macromamíferos del yacimiento del Pleistoceno Superior de Prado Vargas (Burgos, España). / *The macromammals from the Upper Pleistocene site of Prado Vargas (Burgos, Spain).* 63

Arceredillo, D. y Díez, C. Edad de muerte y dimorfismo sexual del *Cervus elaphus* de tres yacimientos del Pleistoceno Superior a partir del estudio de sus caninos superiores. / *Age of death and sexual dimorphism based on the study of the upper canines of Cervus elaphus from three different sites of the Upper Pleistocene.* 67

Arenillas, I., Arz, J. A. y Náñez, C. Diversidad microtextural de guembelítridos en el tránsito Cretácico-Paleógeno: implicaciones taxonómicas y evolutivas en foraminíferos planctónicos. / *Microtextural diversity of guembelitrids across the Cretaceous-Paleogene transition: taxonomic and evolutive implications in planktic foraminifera.* 71

Baarli, B. G., Cachão, M., da Silva, C. M., Johnson, M. E., Ledesma-Vázquez, J., Mayoral, E. and Santos, A. Fossil nodules of free-rolling biota from the Upper Pleistocene Mulegé Formation; Playa La Palmita, Baja California Sur, Mexico. / *Nódulos fossilizados de biota rolantes do Plistocénico Superior da Formação de Mulegé: Playa La Palmita, Baja California Sur, México* 75

Barreira, E., Redweik, P., Cachão, M., Catita, C., Dinis, J., da Silva, C. M. Santos, A. e Mayoral, E. Fotogrametria e análise espacial em estudos paleoicnológicos – Caso de estudo Foz da Fonte (Sesimbra, Portugal). / *Photogrammetry and Spatial Analysis in paleoichnological studies - Study case Foz da Fonte.* 79

Bento, A., Cachão, M. e Drago, T. Interpretação paleoambiental de Nanofósseis calcários neríticos Holocénicos ao largo de Faro (Core VC2B, South Portugal). / *Palaeoenvironmental interpretation by Calcareous nannofossils from a neritic Holocene sectionoffshore of Faro (S Portugal).* 83

Blanco-Ferrera, S., Sanz-López, J., García-López, S. y Bastida, F. Alteración y neocristalización en la superficie de conodontos de la rama norte de la Unidad del Ponga (Zona Cantábrica). / *Alteration and neocrystallization on the conodont surfaces from the northern branch of the Ponga Unit (Cantabrian Zone).* 86

Castanera, D., Barco, J. L. y Canudo, J. A. Una aproximación a la diversidad de icnitas de saurópodo en el tránsito Jurásico-Cretácico (Titónico-Berriasiense) de la Cordillera Ibérica (España). / *An approach to diversity of Sauropod footprints in Jurassic-Cretaceous transition (Tithonian-Berriasian) in the Iberian Range (Spain).* 90

Castillo, C., García, C., Ibáñez, M., Alonso, M. R., Quesada, M. L., De la Nuez, J., Valido, M., Cedros, J., La Roche, F., Delgado, A., Torres, T. y Ortiz, J. E. Modelo de cambio de fauna en el Cuaternario de las Islas Canarias Orientales: Resultados preliminares. / *Pattern of fauna change from Quaternary deposits in Eastern Canary Islands. Preliminary results.*..... 93

Company, M., Sandoval, J. y Tavera , J. M. Los géneros *Crioceratites* y *Pseudothurmannia* (Ancyloceratina, Ammonitida) del Hauteriviense superior (Cretácico inferior) de la Cordillera Bética. / *The genera Crioceratites and Pseudothurmannia (Ancyloceratina, Ammonitida) from the Upper Hauterivian (Lower Cretaceous) of the Betic Cordillera.* 96

Correia, P., Loureiro, J. P. e Pinto de Jesus, A. Ocorrência da flora *Desmopteris* na Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior, NW de Portugal). / *Occurrence of Desmopteris genus in the Douro Carboniferous Basin (lower Gzhelian, NW of Portugal).*.....100

Correia, P., Loureiro, J. P. e Pinto de Jesus, A. Novos espécimens de licófitas na Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior, NW de Portugal). / *New specimens of lycopsids in the Douro Carboniferous Basin (lower Gzhelian, NW of Portugal).*..... 103

Cuenca-Bescós, G., Martínez, I., Mazo, C., Sauqué, V., Ramón-del Río, D., Rabal-Garcés, R. y Canudo, J. I. Nuevo yacimiento de vertebrados del Cuaternario del Sur del Ebro en Aguilón, Zaragoza, España. / *New Quaternary fauna of the South of the Ebro River in Aguilón, Zaragoza, Spain.* 106

Delvene, G., Araujo, R., Márquez-Aliaga, A. y Márquez, L. Estudio de la microestructura de la concha de *Margaritifera idubedae* (Unionoida): una comparación con representantes actuales del género. / *Microstructure of the shell of Margaritifera idubedae (Unionoida): a comparison to recent specimens of the same genus.* 109

Díaz-Martínez, I. y Pérez-García, A. La icnita triásica de Rillo de Gallo (Guadalajara, España). / *The Triassic footprint from Rillo de Gallo (Guadalajara, Spain).*..... 113

Escaso, F., Silva, B., Ortega, F., Dantas, P., Malafaia, E., Gasulla, J. M. y Sanz, J. L. Análisis preliminar de un nuevo ejemplar de camptosáurido del Jurásico Superior de Portugal. / *A preliminary analysis on a new camptosaurid specimen from the Portuguese Upper Jurassic.* 116

Fenero, R., Alegret, L. y Molina, E. Eventos climáticos con foraminíferos bentónicos del tránsito Oligoceno-Mioceno en la sección de Zarabanda (Cordilleras Béticas,

España). / *Climatic events based on benthic foraminifera from the Oligocene-Miocene transition from the Zarabanda section (Betic Cordillera, Spain).* 118

Figueiredo, R. e Cachão, M. Estudo morfométrico em *Calcidiscus leptoporus* (Sensu lacto). Caso de estudo ao largo da Ibéria (MD01-2443, MIS 11). / *Morfometric approach concerning Calcidiscus leptoporus (Sensu lacto). Case of study off shore off Iberia (MD01-2443, MIS 11).* 122

Figueirido, B., Palmqvist, P., De Renzi, M. y Pérez-Claros, J. A. Un análisis tridimensional del cráneo del oso cavernario (*Ursus spelaeus*) proporciona nuevas evidencias sobre su "omnivoricidad". / *A three-dimensional analysis of the cave bear skull supports new evidence for omnivory.*..... 126

Fuentes Vidarte, C., Meijide Calvo, M., Meijide Fuentes, F. y Meijide Fuentes, M. Huellas de tetrápodos del Cretácico inferior (Titónico-Berriasiense) de la sierra de Oncala (Soria, España). / *Tetrapods footprints of the Lower Cretaceous (Tithonian-Berriasian) of the Sierra de Oncala (Soria, Spain).*..... 129

García-Alcalde, J. L. Braquiópodos del Givetiense del dominio palentino (N de España). / *Givetian brachiopods of the palentian domain (N Spain).*..... 130

García, E. X. M., Balbino, A., Antunes, M., Ruiz, F., Civis, J. y Abad, M. Tafonomía de los Seláceos del Plioceno de Huelva, SO de la Cuenca del Guadalquivir, España. / *Selachians taphonomy of the Pliocene of Huelva, Southwestern of the Guadalquivir basin, Spain*..... 135

García-Gotera, C. M., Castillo, C., Quesada, M. L., De la Nuez, J., Ibáñez, M., Alonso, M. R., Valido, M., La Roche, F. y Cedrés, J. Asociaciones de gasterópodos terrestres del Pleistoceno Superior de Gran Canaria (Islas Canarias). Estudio preliminar. / *Land snails assemblages of Late Pleistocene from Gran Canaria (Canary Islands). A preliminary study.*..... 138

Gasulla, J. M., Ortega, F., Sanz, J. L., Escaso, F. y Perez-García, A. Un nuevo ejemplar de *Iguanodon bernissartensis* (Dinosaurio: Ornithopoda) del Aptiense inferior de Morella (Castellón, España). / *A new specimen of Iguanodon bernissartensis (Dinosauria: Ornithopoda) from the lower apitan of Morella (Castellon, Spain).* 142

Landau, B. M. and da Silva, C. M. Neogene Gastropod biogeography in tropical America and the Gatunian Neogene Paciphilic Molluscan Units: State of the Art. / *A biogeografia dos gastrópodes neogénicos da América Tropical e as Unidades de Moluscos Pacifílicos Neogénicos Gatunianos: Ponto da situação.*..... 146

Landau, B. M. and da Silva, C. M. Neogene Gastropod Biogeography of Southern Caribbean: New data from the Pliocene of Northern Venezuela. / *Biogeografia dos gastrópodes neogénicos do Sul das Caraíbas: Novos dados do Pliocénico do Norte da Venezuela.*..... 150

Machado, G. and Hladil, J. On the age and significance of the limestone localities included in the Toca da Moura volcano-sedimentary complex: preliminary results. / *Sobre a idade e significado dos calcários incluídos no complexo vulcano-sedimentar da Toca da Moura: resultados preliminares.* 153

Malafaia, E., Ortega, F., Escaso, F., Dantas, P. e Silva, B. Nova evidência de *Ceratosaurus* (Theropoda, Ceratosauria) no Jurássico Superior da Bacia Lusitânica (Portugal). / *New evidence of Ceratosaurus (Theropoda, Ceratosauria) from the Upper Jurassic of Lusitanian Basin (Portugal).* 157

Martín, C. y Sanchiz, B. LISANFOS KMS: Presentación de un Sistema Gestor de Conocimiento sobre Paleontología de Lisanfibios. / *LISANFOS KMS: Presentation of a Knowledge Management System for Lissamphibian Paleontology.* 159

Martín-González, E. y Castillo, C. Los yacimientos marinos del Neógeno de Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias). Correlaciones con el sur de la Península Ibérica y otros archipiélagos de la Macaronesia. / *Neogene marine deposits in Lanzarote and Fuerteventura (Canary Islands). Correlations with the south of the Iberian Peninsula and other islands of Macaronesia.* 160

Martín Serra, A., Figueirido, B. y Palmqvist, P. Exploración de la morfología craneal en carnívoros. / *Searching for patterns of skull morphology in carnivores.* 164

Martín Serra, A., Figueirido, B. y Palmqvist, P. Inferencias paleoecológicas y evolutivas en Amphicyonidae a partir de la morfología del fémur. / *Paleoecological and evolutionary inferences in Amphicyonidae derived from femur morphology.* 168

Mayoral, E., Santos, A., Ledesma-Vázquez, J., Johnson, M. E., Baarli, B. G., da Silva, C. M. y Cachão, M. Paleoicnología de la Loma del Tirabuzón, Plioceno medio de Santa Rosalía, Baja California Sur, Méjico. / *Paleoichnology from the Middle Pliocene La Loma del Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur, México.* 172

Mena, A., Francés, G., Pérez-Arlucea, M. and Hanebuth, T. J. J. Asociaciones de foraminíferos planctónicos en la Cuenca Interior de Galicia (NW de la Península Ibérica). / *Planktonic foraminifera assemblages from the Galicia Inner Basin (NW Iberian* Peninsula). 176

Mocho, P. e Póvoas, L. Contribuição para a revisão sistemática de um crânio de *Cephalotropis* Cope, 1896 (Cetacea: Cetotheriidae) do Miocénico superior (Tortoniano inferior) da Adiça (Sesimbra, Portugal). / *A contribution for the systematic study of a Cephalotropis Cope, 1896 (Cetacea: Cetotheriidae) skull, from the Upper Miocene (Lower Tortonian) of Adiça (Sesimbra, Portugal).* 180

Mocho, P. e Póvoas, L. Crânios fósseis de cetáceos (Mysticeti, Cetotheriidae) do Museu Nacional de História Natural, Lisboa: um breve enquadramento histórico. /

Cetacean fossil skulls (Mysticeti, Cetotheriidae) of National Museum of Natural History, Lisbon: a brief historical background. 184

Olóriz, F. y Serna-Barquero, A. Bases para la revisión sistemática/taxonómica del género *Hybonoticeras*, Ammonitina: aproximación a la interpretación de especies de la Zona *Beckeri* (Kimmeridgiense Superior). / *Support for the systematic/taxonomic revision of genus Hybonoticeras, Ammonitina*: *Approaching the interpretation of species from the Beckeri Zone (Upper Kimmeridgian).* 188

Ortega, F. y Escaso, F. Mesoeucrocodilos zifodontos del Eoceno de la Península Ibérica. / *Ziphodont Mesoeucrocodiles from the Eocene of the Iberian Peninsula.* 191

Palmqvist, P., Martínez Navarro, B., Pérez Claros, J. A., Torregrosa, V., Figueirido, B., Jiménez Arenas, J. M., Espigares, M. P., Ros Montoya, S., Martín Serra, A., Serrano Alarcón, F. y De Renzi, M. La hiena gigante *Pachycrocuta brevirostris* (Aymard): modelando el comportamiento fracturador de huesos de un carnívoro extinto. / *The giant hyena Pachycrocuta brevirostris (Aymard): modelling the bone-cracking behavior of an extinct carnivore.* 193

Parés i Casanova, P. M., Sabaté Moreso, J. y Jordana Vidal, J. Análisis morfométrico multivariante en cráneos caprinos. / *Multivariate morphometric analysis of caprine skulls.*..... 197

Parés i Casanova, P. M., Sabaté Moreso, J. y Jordana Vidal, J. Análisis cornual en una raza caprina ibérica no extinguida por medio de métodos elípticos de Fourier. / *Examination of horn sheaths of an extant Iberian goat breed by elliptical Fourier methods.*.....200

Pereda Suberbiola, X., Ruiz-Omeñaca, J. I., Pérez-García, A., Sánchez-Chillón, B. y Ortega, F. José Royo Gómez y los supuestos dientes de dinosaurio del Eoceno de Llamaquique (Asturias). / *José Royo Gómez and the supposed dinosaur teeth from the Eocene of Llamaquique (Asturias, NW Spain).* 203

Pereira, P. Echinoids (Echinodermata) from the Neogene of Portugal mainland: Systematics review. / *Equinóides (Echinodermata) do Neogénico de Portugal continental: revisão sistemática.* 205

Pereira, S., Mocho, P., Lourenço, J. e da Silva, C. M. Bioerosão sobre conchas de bivalves miocénicos da jazida da Foz do Rego (Tortoniano, Costa de Caparica, Portugal). / *Bioerosion on miocene bivalve shells from Foz do Rego (Tortonian, Costa de Caparica, Portugal).*..... 209

Pereira, B., Pereira, P. e Cachão, M. Primeira ocorrência do género *Palaeantedon* (Crinoidea, Echinodermata) no Miocénico de Portugal. / *First occurrence of the Genus Palaeantedon (Crinoidea, Echinodermata) at the Miocene of Portugal.* 213

Pérez-Asensio, J. N., Aguirre, J., Schmiedl, G., Jiménez-Moreno, G. y Civis, J. Asociaciones de foraminíferos bentónicos del tránsito Messiniense inferior-superior en la Cuenca del Guadalquivir (SO España). / *Benthic foraminiferal assemblages from the lower-upper Messinian boundary at the Guadalquivir Basin (SW Spain).* 217

Pérez-Claros, J. A., Olóriz, F. y Palmqvist, P. Factores filogenéticos de la covariación entre la complejidad sutural y la morfología del fragmocono en los ammonoideos del Jurásico superior. / *Phylogenetic aspects of the relationships between sutural complexity and phragmocone morphology in Upper Jurassic ammonoids.* 221

Pérez-García, A. y Ortega, F. Consideraciones sobre la serie tipo de la tortuga *Peltochelys duchastelii* del Cretácico Inferior de Bernissart (Bélgica). / *On the type series of the turtle Peltochelys duchastelii from the Lower Cretaceous of Bernissart (Belgium).* 224

Pérez-García, A. y Ortega, F. Presencia de dos taxones de Bothremydidae (Chelonii, Panpleurodira) sincrónicos y simpátricos en el Cretácico Superior de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca). / *Presence of two synchronic and sympatric Bothremydidae taxa (Chelonii, Panpleurodira) in the Upper Cretaceous of "Lo Hueco" (Cuenca, Spain).* 227

Pérez-García, A., Ortega, F., y Murelaga, X. Nuevas aportaciones al conocimiento sobre la probable tortuga eucriptodira *Chitracephalus dumonii* Dollo, 1884. / *New contributions to the knowledge of the probable eucryptodiran turtle Chitracephalus dumonii Dollo, 1884.* 231

Pérez-García, A., Ortega, F., y Silva, B. Análisis preliminar de la diversidad de quelonios del Jurásico Superior de Torres Vedras (Portugal). / *Preliminary analysis of the diversity of Upper Jurassic turtles from Torres Vedras (Portugal).* 235

Pérez-García, A., Ortega, F., Murelaga, X. y Jiménez Fuentes, E. Revisión de la fauna de tortugas del Cretácico Superior de Armuña (Segovia). / *Revision of the fauna of turtles from the Upper Cretaceous of Armuña (Segovia).* 239

Rebelo, A. C., Melo, R. e Cachão, M. Rodólitos actuais e fósseis (Miocénico) do Porto Santo (R. A. Madeira, Portugal). / *Living and fossil rhodoliths from Porto Santo (Madeira Archipelago, Portugal).* 242

Rodrigues, L. A., Daunis-i-Estadella, J., Mateu-Figueras, G. E Thió-Henestrosa, S. Andar e Voar em Morfoespaços Composicionais. / *Walking and Flying in Compositional Morphospaces.* 245

Rodríguez Lázaro, J., Pascual, A., Martínez García, B. y Martín Rubio, M. Ostrácodos recientes de la plataforma marina de Vizcaya y Este de Cantabria. / *Recent ostracods of the Biscay and East Cantabria marine shelf.* 249

Rodríguez, L., Jiménez-Arenas, J. M. y De Renzi, M. Estudio de la variabilidad craneal en *Homo sapiens* e implicaciones para la taxonomía de los homininos fósiles: variación geográfica y clinas. / *Study of cranial variability in Homo sapiens and implications in fossil hominin taxonomy: geographic variation and clines.*..... 253

Rodríguez, L., Jiménez-Arenas, J. M. y De Renzi, M. Estudio del dimorfismo sexual en el esqueleto craneofacial de *Homo sapiens* actual y de su variabilidad. / *Study of sexual dimorphism in the craniofacial skeleton of recent Homo sapiens and its variability.* 257

Rodríguez, S., Somerville, I. D., Said, I. y Cózar, P. Los montículos microbianos del Misisípico de Tabainout (región de Azrou-Khenifra, Marruecos). / *Mississippian microbial mounds from Tabainout (Azrou-Khenifra Region, Morocco).*..... 261

Rodríguez, S., Somerville, I. D., Said, I. y Cózar, P. Tiouinine: un arrecife franjeante con la estructura preservada en el Misisípico de Marruecos. / *Tiouinine: a well preserved fringing reef in the Mississippian from Morocco.* 265

Rodríguez-Tovar, F. J. Aplicación de la icnología en el análisis de cuencas: Trazas fósiles y estratigrafía de secuencias. / *Application of ichnology in basin analysis: Trace fossils and sequence stratigraphy.*..... 269

Ruiz-Sánchez, F. J., Crespo-Roures, V. D., Furió, M., Montoya, P. y Freudenthal, M. El conjunto de yacimientos de micromamíferos fósiles de la Cuenca de Ribesalbes-Alcora (Castellón, España). /*The micromammalian fossil localities from Ribesalbes-Alcora Basin (Castellón, Spain).* 273

Ruiz-Sánchez, F. J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoaña, J. C. y Garcés, M. Presencia del género *Vasseuromys* (Gliridae, Rodentia) en la sección de Pico del Fraile (Bárdenas Reales de Navarra, Cuenca del Ebro, España). / *Presence of Vasseuromys genus (Gliridae, Rodentia) in Pico del Fraile section (Bárdenas Reales de Navarra, Ebro Basin, Spain).* 277

Ruiz-Sánchez, F. J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoaña, J. C., Garcés, M., Crespo-Roures, V. D., Mansino-Paris, S. y González-Pardos, M. Pico del Fraile 2 (PF2), una nueva localidad de edad Aragoniense en la Cuenca del Ebro (Bárdenas Reales de Navarra). / *Pico del Fraile 2 (PF2), a new Aragonian locality from the Ebro Basin (Bárdenas Reales de Navarra).* 281

Santos, A., Mayoral, E., Johnson, M. E., Baarli, B. G., da Silva, C. M., Cachão, M. and Ledesma-Vázquez, J. Middle Miocene Obrution deposits on a Volcanically Active Shoreline from Ilhéu de Cima (Porto Santo, Madeira Archipelago, Portugal). / *Depósitos obtrusivos del Mioceno Medio en una línea de costa volcánicamente activa en Ilhéu de Cima (Porto Santo, Archipiélago de Madeira, Portugal).* 285

Sanz-López, J., Blanco-Ferrera, S. y Sánchez de Posada, L. C. El límite Misisípico/Pensilvánico a partir del contenido en conodontos del estratotipo de la Formación Barcaliente (Zona Cantábrica). / *Conodonts from the Mississippian-Pennsylvanian boundary in the stratotype of the Barcaliente Formation (Cantabrian Zone).* 289

Schemm-Gregory, M. Nueva especie de *Ambocoelia* (Brachiopoda) del Devónico Medio (Zona *Ensensis*) de las pizarras de Silica del noroeste de Ohio (E.E.U.U.). / *A new species of Ambocoelia (Brachiopoda) from the Middle Devonian (Ensensis Zone) from the Silica shales, northwest Ohio (E.E.U.U.).* 293

Schemm-Gregory, M. La taxonomía revisada y la interpretación paleo-autecológica del género braquiópodo *Ambocoelia* del Devónico Medio y Superior de la Cuenca del Estado de Nueva Cork. / *Revised taxonomy and paleo-autoecologic interpretation of the brachiopod genus Ambocoelia from the Middle-Upper Devonian of the New Cork State Basin.* 294

Schemm-Gregory, M. El origen del género *Intermedites* Struve, 1995 (Delthyridoidea, Brachiopoda). / *Origin of the genus Intermedites Struve, 1995 (Delthyridoidea, Brachiopoda).* 295

Serrano-Alarcón, F., Figueirido, B. y Palmqvist, P. Inferencias tróficas sobre especies extintas de Ailuridae (Carnivora, Caniformia): una aproximación morfométrica al aparato masticador. / *Paleodietary inferences for extinct members of Ailuridae (Carnivora, Caniformia): a morphometric approach based on the masticatory apparatus.* 296

Usera, J. y Alberola, C. Una revisión de los taxones nuevos de foraminíferos descritos por Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993) en el Neógeno y en la Actualidad. / *A review of new foraminiferal taxa described by Guillermo Colom Casasnovas (1900 - 1993) in the Neogene and Recent.* 300

Usera, J., Alberola, C. y Brito, J. M. Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán. II: Sector del Golfo de Almería. / *Recent Quaternary foraminifera from Alboran Sea. II: Gulf of Almería Sector.* 302

Revisión de Libro / Crítica de Livro

Paleontología de Invertebrados (2009). Maria Luisa Martínez Chacón; Pascual Rivas Carrera (Eds.). Sociedad Española de Paleontología, Universidad de Oviedo, Universidad de Granada, Instituto Geológico y Minero de España. 524 pp.

por **Meléndez, G.** 307

Conferencias Invitadas

Conferências

Biogeografía de Ammonoideos ibéricos durante el Mesozoico

Biogeography of Iberian Mesozoic Ammonoidea

G. Meléndez

Dpto. Geología (Paleontología), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. gmelende@unizar.es

Resumen: Los ammonoideos constituyen el grupo de cefalópodos con mayor diversificación taxonómica durante el Mesozoico. Sus altas tasas evolutivas los constituyen como excelentes fósiles de zona y paradigma de estudios bioestratigráficos por su alto valor biocronológico. Por otra parte, su plasticidad adaptativa y su capacidad de dispersión biogeográfica, y tafonómica, hace de ellos interesantes marcadores biogeográficos, tanto para trazar la evolución paleogeográfica de las vías de migración y la definición de provincias biogeográficas marinas como para analizar casos de aislamiento, endemismo y diversificación, así como de las modalidades y procesos evolutivos.

Palabras clave: Amonites, Jurásico, biogeografía, evolución, taxonomía.

Abstract: *Ammonoids constitute the most diversified cephalopod group during the Mesozoic. Their high evolutionary rates make them excellent guide and zone fossils holding exceptional biochronological value. On the other hand, their high adaptive capacity and their biogeographic and taphonomic dispersion potential set them as good biogeographic markers. These features make them unique for tracking the palaeogeographic evolution of migration routes and defining marine biogeographic provinces, as well as for testing evolutionary processes and modalities, and some clean cut cases of geographic isolation, endemism and diversification.*

Key words: *Ammonites, Jurassic, biogeography, evolution, taxonomy.*

INTRODUCCIÓN

Los ammonoideos constituyen un grupo de cefalópodos caracterizados por una concha externa generalmente arrollada en espiral plana, aunque en numerosos grupos han generado formas con arrollamiento asimétrico o claramente heteromorfo (Ancyloceratinae). Otros rasgos característicos son su diversidad morfológica, reflejo de su gran capacidad adaptativa, la presencia de septos convexos (opistocélicos) en el fragmocono, el sifón en posición marginal (ventral) y la línea de sutura progresivamente más compleja en comparación con otros grupos próximos como coleoideos y nautiloideos. Su origen tiene lugar tempranamente en el Devónico, a partir del orden Bactritida, una rama divergente del tronco de los Nautiloideos, caracterizado por presentar el sifón en posición marginal. Su extinción final se produjo al final del Cretácico en un proceso que aún genera numerosos debates.

EVOLUCIÓN Y TAXONOMÍA

En la actualidad, el superorden (o la subclase) Ammonoidea se subdivide en un número diverso de órdenes, en función de caracteres tales como la estructura de la primera línea de sutura, la estructura y desarrollo de la concha o algunos aspectos de la ornamentación. Estos se extienden desde el Devónico hasta el final del Cretácico. De ellos, los órdenes Phylloceratida, Lytoceratida y Ammonitida se extienden ampliamente en el Jurásico y Cretácico.

La evolución de los ammonoideos se caracteriza por los rápidos eventos de expansión y diversificación unidos a altas tasas evolutivas, seguidos de bruscas retracciones y extinciones masivas. Al final del Triásico, los Ceratitida se extinguen completamente, y un único género derivado del orden Phylloceratida se sitúa en el origen de todo el orden Ammonitida al comienzo del Hettangiense. Este patrón de diversificación-evolución-extinción se ha interpretado clásicamente como resultante de su adaptación a la vida en los ambientes cambiantes de las plataformas epicontinentales o epioceánicas, sometidos a rápidos cambios paleogeográficos y ecológicos. El paralelismo que muestra la diversificación y retracción taxonómica con las fluctuaciones de la curva de variaciones eustáticas del nivel del mar ha sido clásicamente interpretado como una evidencia clara en este sentido.

La clasificación propuesta recientemente por diversos autores (Besnosov y Michailova, 1991; Page, 2008) considera a los Ammonitina jurásico-cretácicos con categoría de orden (Ammonitida) subdividido a su vez en 7 subórdenes (Fig. 1). Esta nueva ordenación incrementa la complejidad de la sistemática clásica de este grupo, en el que los Ammonoidea jurásico-cretácicos eran integrados en 4 subórdenes: Phylloceratina y Lytoceratina, de distribución preferentemente tethysiana (oceánica), Ancyloceratina, de desarrollo heteromorfo y fundamentalmente cretácicos, y los "ammonites" propiamente dichos, integrados en el primitivo suborden Ammonitina e

integrando los grupos jurásico-cretácicos con la categoría de superfamilias. La nueva clasificación re-agrupa las superfamilias clásicas de ammonites en cuatro subórdenes, lo que conlleva una clara ruptura con el esquema taxonómico clásico. No obstante, esta nueva ordenación tiene sin embargo la ventaja de mostrar la diversidad de los grupos jurásico-cretácicos al "mismo nivel" taxonómico que la de los grupos paleozoicos y triásicos. Asimismo, refleja de manera más ajustada la *homogeneidad evolutiva* de las distintas ramas y la correlación con su expansión biogeográfica y evolutiva (Page, *loc. cit.*, Fig. 1).

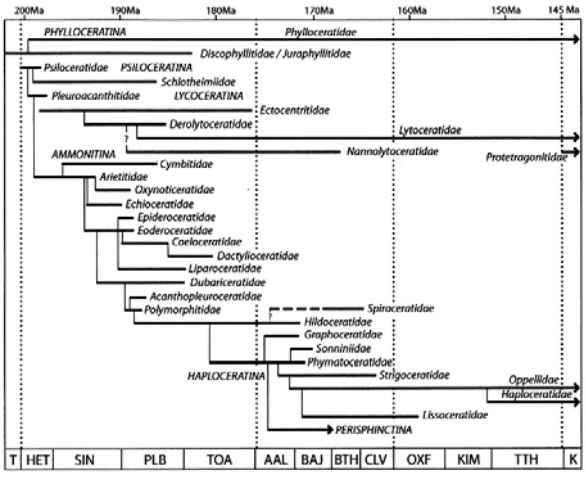


FIGURA 1. *Clasificación reciente de los Ammonitida jurásico-cretácicos en subórdenes (Besnosov y Michailova, 1991) que agrupan a distintas de las antiguas superfamilias (no están incluidos los Ancyloceratina cretácicos). Modificado por Page (2008).*

PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS: VÍAS DE COMUNICACIÓN Y MIGRACIONES

La distribución y evolución de los distintos grupos de Ammonitida durante el Jurásico y Cretácico, ligada generalmente al desarrollo de las plataformas epicontinentales y epioceánicas, refleja con bastante exactitud tanto las fluctuaciones periódicas del nivel del mar durante este intervalo como la evolución de las placas corticales durante el Mesozoico, concretamente durante el Jurásico y el Cretácico. De esta manera, la

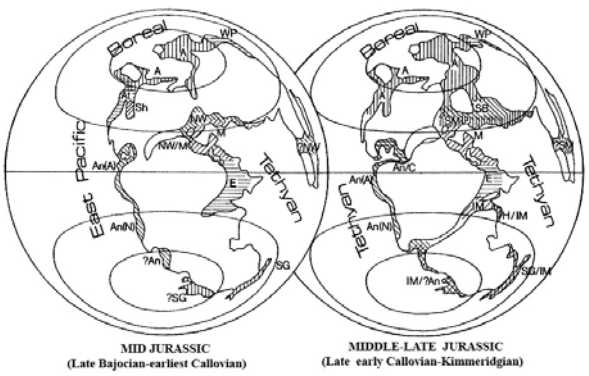


FIGURA 2. *Definición y variación de las provincias biogeográficas en el tiempo durante el Jurásico Medio y Superior (según Page, 2008).*

definición y las variaciones experimentadas por las provincias biogeográficas siguen detalladamente la distribución geográfica de los distintos grupos de ammonites (Fig. 2).

La variación de las provincias biogeográficas en el tiempo, como puede verse en la Fig. 2, sigue detalladamente el proceso de apertura de vías marinas de migración entre los continentes, paralela a la fragmentación del primitivo continente de Pangea, la separación progresiva de Gondwana respecto del continente eurasiático y la apertura progresiva del Océano Atlántico central y septentrional. La Placa Ibérica se encuentra situada en el extremo occidental del Neo-Tethys, en la confluencia de las provincias Mediterránea (M), que abarca las plataformas epioceánicas del talud meridional del Tethys; Submediterránea (SM), que se extiende por las plataformas epicontinentales del talud Norte del Tethys, y Atlántica (Sur de Inglaterra, Cantábrico, Aquitania) que se irá abriendo progresivamente hacia el Dominio Boreal (A-Ártica; B) durante el Jurásico Superior y hacia el Dominio Pacífico a medida que progresa la apertura del Corredor Hispánico (entre Laurasia y Gondwana). Por otra parte, las fluctuaciones del nivel del mar durante el Jurásico Medio y Superior hacen que las comunicaciones entre las provincias boreales (A; B) y las mediterráneas se hagan posibles en amplias áreas de la plataforma europea, generándose una amplia provincia Subboreal (SB).

En la Figura 2 puede verse cómo esta progresión entre el Jurásico Medio y Superior genera conexiones por el dominio Austral entre las diversas provincias del Dominio Pacifico Oriental (EP), o Andinas (An) con el Tethys Oriental, bien por la vía de Sula-Nueva Guinea (SG) o vía Antártica, o bien por la "Vía Periafricana", al abrirse el pasillo entre África y la Antártida y la India, generándose las provincias Indo-Malgache (IM) y Etíope (E). Por otra parte, la apertura progresiva del pasillo del Atlántico central (el denominado *Corredor Hispánico*) ha facilitado la comunicación esporádica entre el Tethys occidental y el Dominio Pacífico (las distintas provincias Andinas). Esta comunicación ha generado interesantes casos de endemismo locales, como es el de la Provincia (o subprovincia) Caribeña (C) con el desarrollo endémico de formas propias (subfamilia Viñalesphinctinae Meléndez) derivadas presumiblemente de las faunas pacíficas.

Los momentos de apertura de las vías de comunicación entre distintas áreas y provincias han generado debates intensos que sólo pueden ir resolviéndose a medida que se integran de modo coherente los datos procedentes de fuentes diversas, como paleomagnetismo, tectónica, paleogeografía, estratigrafía, paleontología, etc., siendo los ammonites uno de los instrumentos que han aportado una información más sólida a favor de la interpretación de unas u otras hipótesis. La apertura del Atlántico central ha constituido el centro de estos debates durante largo tiempo debido entre otras cosas a la curiosa presencia del bivalvo *Weyla*, del Pliensbachiense, en el Dominio

Pacífico Oriental (Provincia Andina) en el Tethys oriental (provincia Indo-Malgache) y en el Tethys occidental.

Esto llevó a algunos autores (Hallam, 1977) a postular la apertura de la vía periafricana en tiempos tan tempranos como el Lías Medio (Fig. 3) idea que no es admitida por otros autores (Thierry, 1976) hasta el Bathoniense superior. Más adelante (Hallam, 1983) el autor cambió el punto de vista, aceptando la posibilidad de la existencia de una vía de comunicación marina en el Atlántico central en el Pliensbachiense-Toarciense inferior, si bien, como consecuencia de un ascenso eustático del nivel del mar, no de una verdadera apertura de fondo oceánico.

MIGRACIÓN, DERIVA Y RECONSTRUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS

En el primer trabajo el autor (Hallam; *loc. cit*) también mostraba la libre comunicación existente desde el Lías Medio (Pliensbachiense superior) a lo largo del margen N de Gondwana, probablemente una plataforma amplia y poco profunda, materializada por la llegada de representantes de la Subfamilia Bouleiceratinae. Este hecho, ya conocido y publicado desde mucho antes por autores españoles, franceses y alemanes, se presta sin embargo a interesantes problemas de interpretación dado, por un lado, el carácter esporádico y escaso del registro de estas formas en la plataforma Ibérica y, por otro, el hecho de que este registro esté formado predominantemente por individuos adultos, que forman un caso particular (por su escasez) de poblaciones tafónicas de tipo 3 (Fernández-López, 1995) indicativas de un alto grado de aloctonía. Un caso semejante, más acentuado, se detecta en el Jurásico Superior (Kimmeridgiense) de Asturias, con el registro excepcional de elementos derivados de la Provincia Atlántica y que se interpreta como el resultado de la llegada de forma absolutamente esporádica de conchas derivadas a una plataforma mucho más restringida.

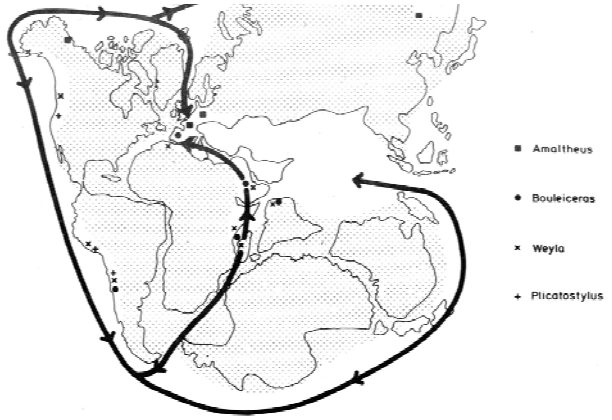


FIGURA 3. *Interpretación de la migración del genero de bivalvo* Weyla *entre el Pacífico oriental y el Tethys occidental. Se representa también los movimientos migratorios de formas de ammonites como los Bouleiceratinos o los Amaltheidos, del Lías Medio-Superior.*

Otro caso semejante, aunque opuesto (llegada masiva de conchas derivadas desde áreas próximas a una plataforma más abierta) lo constituye, también en el Kimmeridgiense, el registro de elementos submediterráneos, de la familia Ataxioceratidae, en la región de Calanda-Maestrazgo (Cordillera Ibérica nororiental). En este caso puede hablarse de deriva regional desde zonas próximas al área de vida de las poblaciones de ammonites, en una plataforma externa, abierta y bien comunicada. En conjunto puede verse cómo el análisis biogeográfico, apoyado en un análisis tafonómico previo, de las asociaciones registradas de ammonites, permite reconstruir detalladamente las características ambientales y la evolución paleogeográfica de las cuencas y las plataformas marinas.

La contribución de los ammonites en el apoyo de una u otra hipótesis sobre la apertura de vías de comunicación presenta un caso especialmente interesante en el caso del origen de la familia Macrocephalitidae, que se expande desde el Tethys oriental hasta el Tethys occidental desde el límite Bathoniense-Calloviense y durante el Calloviense inferior, sin conexión aparente (aunque debe ser segura) con los Mayaitidae del Oxfordiense medio del Himalaya. (Fig. 4)

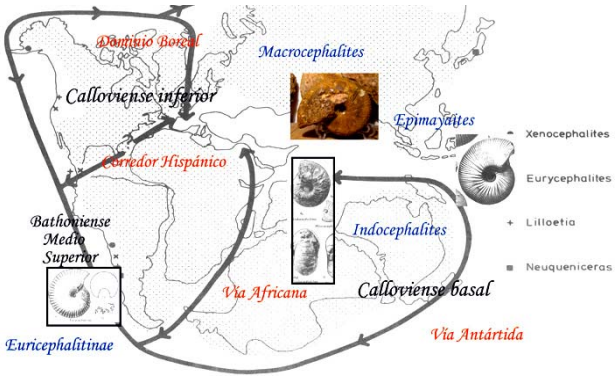


FIGURA 4. *Origen y migración de los Macrocephalitidae del Calloviense inferior en el límite Bathoniense-Calloviense a partir de los Eurycephalitinae bathonienses del Pacífico oriental, dando origen a formas diferentes de* Macrocephalites *en la región de Sula-N.Guinea y en la India. A partir de ahí migran hacia el Tethys occidental.*

Los Macrocephalitidae tienen su origen en el límite Bathoniense-Calloviense, a partir de un grupo típicamente pacífico oriental (Eurycephalitinae) en ocasiones notablemente homeomórficos. En la base del Calloviense se encuentran las primeras formas en la India y en la región de Sula-Nueva Guinea, si bien ambas formas son muy diferentes, lo que apoya la idea de que han seguido vías de migración diferentes, a lo largo del margen del continente antártico y del continente africano respectivamente. El primer representante de *Macrocephalites* (*M. triangularis* Spath) se encuentra en la India, en el límite Bathoniense-Calloviense, mientras que en Alemania y Gran Bretaña las primeras formas registradas (*M. jacquoti* Douvillé; *M. herveyi* (Sowerby)) son algo más tardías. En la Cordillera Ibérica, la primera forma que se registra, *M. verus* Buckman, se corresponde con el cuarto biohorizonte de *Macrocephalites* de las sucesiones británicas, lo que apoya la idea de una

migración progresiva en el tiempo de este grupo, desde el Tethys oriental hasta el extremo occidental, en Iberia, durante el Calloviense inferior.

CONCLUSIONES

El conocimiento de la dispersión biogeográfica de los ammonoideos durante el Mesozoico, especialmente en el Jurásico resulta de vital importancia para la interpretación de la evolución de este grupo, pero sobre todo para conocer e interpretar la evolución paleogeográfica de las distintas cuencas sedimentarias y de las vías de comunicación entre las distintas áreas. Los ammonoideos, por su plasticidad adaptativa y su capacidad de dispersión biogeográfica y tafonómica constituyen un grupo especialmente idóneo para realizar un seguimiento detallado de la evolución de las distintas provincias biogeográficas. Por otro lado, en el caso de los Ammonitida jurásicos, su rápida evolución los constituye como uno de los grupos fósiles con mayor valor biocronológico, permitiendo una datación enormemente detallada de los eventos biogeográficos y de los sucesivos estadios evolutivos de las cuencas marinas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación CGL2008-01273/BTE (MICINN). El autor desea agradecer a los organizadores su invitación a participar con esta conferencia y al Dr. Kevin N. Page la ayuda en el desarrollo del mismo.

REFERENCIAS

Besnosov, N.V. y Michailova, A. (1991): Higher taxa of Jurassic and Cretaceous Ammonoidea. *Palaeontological Journal*, 25, 4, 1991, 1-19.

Fernández-López, S. (1995): Taphonomie et interprétation des paléoenvironements. *Geobios*, M.S. 18: 137-154.

Hallam, A. (1977): Biogeographic evidence bearing on the creation of Atlantic seaway in the Jurassic. In: *Paleontology and Plate tectonics* (Ed: R.M. West). Milwaukee Public Museum, Special publications in biology and geology 2: 23-34.

Hallam, A. (1983): Early and Mid-Jurassic molluscan biogeography and the establishment of a central Atlantic seaway. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 43 (1983): 181-193.

Page, K.N. (2008): The evolution and geography of Jurassic ammonoids. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119: 35-57.

Thierry, J. (1976): Paléobiogéographie de quelques Stephanocerataceae (Ammonitina) du Jurassique Moyen et Supérieur: Une confrontation avec la théorie mobiliste. *Geobios*, 9 (3): 291-331.

The extended Trilobite: 525 million years feeding imagination

A Trilobite estendida: 525 milhões de anos alimentando a imaginação

C. Neto de Carvalho[1,2]

1 Gabinete de Geologia e Paleontologia do Centro Cultural Raiano, Geopark Naturtejo Meseta Meridional – UNESCO European and Global Geopark. Avenida Joaquim Morão, 6060-101 Idanha-a-Nova. Portugal.
2 Centro de Geologia, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. Portugal. carlos.praedichnia@gmail.com.

Abstract: Long-extinct trilobites had an important role on marine life evolution and escalation, but also marvelled Man for at least 15000 years. Trilobite-made burrows and tunnels represent an investment of energy to promote homeostasis in local environment conditions. So burrows can be understood as an adaptive extension of the animal to successfully cope with ecospace. Here we also expand the concept of extended physiology of trilobites by regarding *Cruziana* as a vehicle of cognitive communication through time, raising awareness of societies for involving geodiversity, and as a brand for new opportunities of community-based development.

Key-words: Trilobites, *Cruziana*, ecophenotypic behavior, "sense of place", geotourism.

Resumo: *As trilobites, há muito extintas, tiveram um desempenho importante na evolução e escalação da vida marinha, mas também maravilham o Homem há, pelo menos, 15000 anos. As escavações e túneis originados pelas trilobites representam um investimento de energia para promover a homeostasia nas condições ambientais locais. Deste modo, as escavações podem ser entendidas como extensões adaptativas do animal para uma gestão bem sucedida do ecospaço. Aqui pretende-se ir mais longe, expandindo o conceito de extensão fisiológica das trilobites, na análise de Cruziana como um veículo de comunicação cognitiva através dos tempos, relacionando as sociedades com a geodiversidade envolvente, e como marca para novas oportunidades de desenvolvimento local.*

Palavras-chave: *Trilobites, Cruziana, comportamento ecofenotípico, "sentido de lugar", geoturismo.*

THE CONCEPT OF EXTENDED PHENOTYPE

Behavior is primarily adaptation to the environment under sensory guidance. It takes the organism away from harmful events and towards favourable ones, or introduces changes in the immediate environment that make survival more likely.

D. O. Hebb
A Textbook of Psychology (1958)

An organism is a set of morpho-physiological characters (phenotype) determined by genome. Each single gene include different alternative forms, or alleles which, during the recombination process of *crossing-over*, may produce changes in the controlled characters, generating an immense number of possible genetic structures (genotypes) according to a self-organized process. In fact, from the interaction among alleles depends the effect on the proteins synthesis, making smallest modifications the cause of large phenotypic variation. In this way, some alleles generate morphological characters that may contribute to increase reproductive probability of the organism, leading to hereditary consolidation of genetic variability and, thus, to evolution. Other evolutionary processes to be taken into account result from genetic mutations and symbiogenesis.

Co-adaptation or adaptive adjustment of allele sets and their contribution for the evolutionary success strongly depends from environment surrounding phenotype. Adaptive process results from external stimuli that must have immediate feedback through the formulation of sensorial-motor reactions. This ecophenotypic interaction is related with the definition of ecological niche – environmental opportunities that can be exploited by proper organization of the phenotype. Better adapted phenotypes are those who possess more useful genomic variations operating vital functions, such as feeding, locomotion or reproduction, in a certain niche. Under this view, behaviour is all the strategic and flexible responses from a phenotype with the purpose of protecting and transmitting the genetic legacy. These responses allow the homeostatic development of the organism, exerting some control upon the ecosystem, which is intrinsically unpredictable.

Since the foundation times of Ethology by Niko Tinbergen and Konrad Lorenz, behaviour is considered in a complementary way as a mixture of immediate (or mechanical) causes and evolutionary purposes. At the immediate level, actions taken by an organism are the result of internal physiological mechanisms (needs) that are the by-product of a particular development process depending of interactions between genotype and

environmental variables. However, even in completely different groups of organisms, for similar environmental conditions are generated convergent behaviours in an equivalent pool of genetic solutions (universality). Nevertheless, each animal species possesses its own neural mechanism which, for pattern-selective processes, means subtle differences in the mode of reaction to stimuli for related species. On the other hand, behaviours may evolve divergently when subjected to different selection pressures through time. Their substantial modification due to constant adaptation to ecological changes succeeding through time and coevolution, may generate a functional change by coaptation, if this contributes decisively for the increasing reproductive success of the individual.

The biological behaviour, whenever preserved in the fossil record, was ruled and modified by genetic adaptations, by the original environmental and ecological prevailing parameters, to which overlaps diagenetical imprint and even, in some ancient cases, tectonic strain. Ichnology, as the discipline coping with the analysis of organism-sedimentary environment interactions (description, classification and interpretation), is a fundamental link between biological mechanisms and geological processes. Trace fossils represent functional morphology and behaviour of producers, but also the physical-chemical properties of the original environment-related substrate.

Cruziana is among the earliest trace fossils and was certainly one of the first attributed to behaviour of a specific producer, the trilobites. Its occurrence goes from the basal Cambrian, previous to the Atdabanian age of the first trilobites to far beyond the extinction of the group, coming to the present. So, not only trilobites produced *Cruziana* burrows, but any animal with convergent physiological behaviour (trilobitomorph). However the diversity trend of behaviours found at *Cruziana* follow the two main peaks, i.e. Upper Cambrian and Lower Devonian, of morphological diversification of trilobites. Also *Cruziana* foraging burrows are especially abundant in shallow marine settings from Lower Cambrian to Middle Ordovician.

More than 20500 species of trilobites were recently validated, and at least some of them are known to be able to do burrows and tunnels (e.g., Seilacher, 2007), establishing the foraging patterns of more than 40 ichnospecies of *Cruziana* and related stationary feeding programs of *Rusophycus*. So, what are the main palaeobiological implications of the trilobite-built *Cruziana* as an adaptive successful consequence of physiological demands? And how building behaviour of trilobites could come across Time to wonder Man for generations, and become a symbol for a new "sense of place" of communities and visitors?
For answering to seemly rather different questions, but here reunited under the sociobiological expansion of the extended phenotype concept of Richard Dawkins, we must show how to make it.

MAKE IT THE LARGEST (AND THE SMALLEST)

The *Cruziana rugosa* group are considered index fossils for the Lower Ordovician siliciclastic facies of peri-Gondwana. However, this group is present in the Armorican Quartzite Formation at the Centre Iberian Zone (CIZ), at least until Middle Ordovician (Neto de Carvalho, 2006), and may reach Upper Ordovician at Bolívia. *Cruziana rugosa* group was found at Penha Garcia Ichnological Park (Naturtejo Geopark, meridional CIZ) with remarkable abundance, diversity of foraging patterns and sizes, reaching 260 mm wide. But, who were the giants that made these burrows? *Rusophycus* found in the same units show ventral morphology, including hypostome prints, comparable with trilobites and the finding of part of a thorax of a very large trilobite point to giant asaphids (see also Neto de Carvalho, 2006), like Lower to Middle Ordovician *Asaphellus* or *Ogyginu*s species, also found as abundant complete forms and exuviae at contemporary Canelas fossil lagerstätte (Arouca Geopark; Gutiérrez-Marco et al., 2009). At Canelas, giant trilobites found in slates are sub-parallel to bedding and main schistosity plane. Changing morphology and size with deformation in giant asaphids and the once largest *Uralichas* was already noticed by Nery Delgado in his first studies of Covelo and Canelas slate quarries (both at Valongo anticline), at the end of 19th century. Here, diagenetic compaction of ductile shale deposits and Variscan-related transpressive heterogeneous regime combined with lateral escape (Dias and Ribeiro, 1994) was responsible for almost bidimensional flattening of the trilobites. Even taking into account lost of volume by escape of interstitial fluids and decreasing porosity by compaction, vertical shortening of trilobite internal moulds is the square of horizontal dilatation. So, smaller trilobites and trilobite sclerites, or other smaller animals may have comparably smaller flattening rates than bigger trilobites, such as the giant holaspid genus from Canelas, even if they come to appear altogether in the same slate bed. Still, decrease up to 30% of Canelas "giant" trilobites, for some authors, did not make them an average-sized trilobite community at all. So, what are the possible palaeobiological explanations for the evolution of communities of giant trilobites?

Large-sized trilobites from Ibero-Armorica have frequently been related to cold water adaptation, with the position of the area close to the South Pole during the Ordovician. This "polar gigantism" may be compared with recent boreal faunas of marine benthic arthropods. In fact, loss of heat by convection is accelerated in cold-water sea, so smaller body does need to produce more heat (per unite of mass) than a large one, in order to keep pace with surface-loss, meaning more energy spent, more food consumed and, thus, more work done. However, lower Middle Cambrian giant trilobite fauna from eastern Anti-Atlas is found in carbonates. The largest complete and undeformed trilobite found, the asaphid *Isotelus rex* with 720 mm, was found in Upper Ordovician competent carbonates at Canada, and is also an example of low-latitude

gigantism in trilobites (Rudkin et al., 2003). According to these authors, gigantism in arthropods is constrained by intrinsic biological factors (mechanical strength and composition of the cuticle, respiratory efficiency, complexity of moult cycle) and extrinsic (food resources, species interaction, temperature and oxygen availability). Low-latitude giant trilobites may evolve under conditions of ample food supply, elevated atmospheric CO_2 and a warm equatorial setting. In highly-variable dysaerobic cold-water conditions, such as in Canelas, gigantism might have been related with ample availability of food and lowered predation pressure that allowed also for niche partitioning by a diverse epifauna of mostly particle feeder trilobites.

Exoskeletons pose severe limitations to arthropod growth. Considering that the energy demand required to produce the *Cruziana* burrow is dependent on producer's volume (but also food quality and availability), this poses a scale-dependent constraint of energy supply relative to energy demand during growth, and thus evolution to large-size forms. During ontogenetic development trilobite post-embryonic development comprised constant rate of size increase, according to Przibram's Law, between moults, with addition of segments at the posterior part of the thorax and increase of body size. 200-fold increase in size can be expected to impose an almost tenfold reduction in animal's capacity to fuel its activity. *Cruziana* burrows from Penha Garcia may give some light about ontogenetic growth and energy demanding of the producer. Asaphid protaspides have an asaphoid planktic phase with a shift to an adult-like benthic form only at metamorphosis from protaspid to meraspid. *Cruziana rouaulti* and *C. problematica* with less than 2 mm found in Penha Garcia, evidencing the same foraging behaviours as the giant *Cruziana rugosa*, but with a smaller number of appendage imprints, mark the beginning of benthic life and meraspid stage with active exploitation of richer food patches.

So, does trilobite size matters? Taking cautiously diagenetic plus tectonic "gigantism" in orogenic terranes, there are still adaptive ecological, physiological and biomechanical questions remaining to explain size-limitations of trilobite growth.

MAKE IT IN GROUP

Gregarious behaviour can strongly affect individual fitness, as well as multidimensional (spatiotemporal) dynamics of populations. So, it is important to examine behavioural mechanisms and ultimate benefits by which organisms clump together. Trilobites may have grouped in mono- or polyspecific clusters for feeding, reproduction, moulting or protection and some have been mechanically arranged pre- or post-mortem (Paterson et al., 2008). In Portugal, trilobite clusters were long recognized by Nery Delgado (the *Placoparia* "nests" from Valongo). Neto de Carvalho (2006) discussed gregarious *Cruziana* feeding burrows, with uniform size distribution found in beds from Penha Garcia Ichnological Park, through aggregation around patchy food resources indicating limited range of instar classes of a single producer species.

Tightly packed linear patterns of monospecific and polyspecific, articulated or exuviae, single trilobite instars were also found at Canelas lagerstätte (Gutiérrez-Marco et al. 2009) and interpreted as cryptic behaviour to escape predation during collective moulting. But this model finds serious problems in a dysaerobic setting, with frequent fluctuation of Redox Potential Discontinuity above the sea bottom responsible for killing and preserving thousands of trilobites and no fodinichnia bioturbation at all. The linear groupings may be explained by schooling behaviour. Directional polarity rises from self-organization of directed motion (Edelstein-Keshet, 1997), particularly in arthropods. By random fluctuation, the number of individuals moving in some particular direction is slightly higher than in other directions, the unpredictability may be lightened by the presence of food resources or induced by increasing RPD. This may cause the entire traffic pattern to shift so that this direction becomes dominant, depending on the balance of competing environmental and behavioural influences. Trail following in trilobites might have been used for several (combined?) reasons: exploration of an oxygen-depleted environment, migration or foraging. Radwanski et al. (2009) reported for the first time migratory behaviour for trilobites induced by environmental stress that caused mass mortality.

MAKE IT EFFICIENT AS POSSIBLE

Trace fossils provide direct indication of the early evolution of sensory systems and of behavioural responses to environmental heterogeneity (Koy and Plotnick, 2007). Foraging behaviour includes all the methods by which an organism acquires and uses sources of energy and nutrients, the purpose of foraging is to create a positive energy rate for the organism. This must be related with ecospace efficiency in pascichnia, such as *Cruziana*, for energetically expensive burrowing and tunnelling strategies. *Cruziana rugosa* group from Penha Garcia shows higher behavioural diversity using food sources than has ever before been documented in a single section (Neto de Carvalho, 2006). This behavioural diversity, mainly in circling foraging behaviour, has been analysed using the Capacity Fractal Dimension by implementation of the box-counting theorem applied to the bedding plane. Circling, sinusoidal or *teichichnoid* behaviour modifications reflect a generalist mode of sediment feeding for trilobite producers. Patchy exploitation of biomat grazing fields is inferred from *Cruziana* preservation styles, physical interactions with biomat-related sedimentary structures and area-limited high bioturbational indices in the explored tier, both for juvenile meraspids and full grown holaspids.

MAKE IT POPULAR

For many thousands of years, Man introduced palaeobiological imprints in stone as landmarks into its

cognitive reasoning of a cultural landscape. Ordovician trilobites were incorporated into magic-religious believes in Central France, at least, 15000 years ago. In some cases, abundant and aesthetic trace fossils were also elevated to hierophanies, material symbols of the divine. *Cruziana* burrows were interpreted as *"painted snakes"* by several rural areas from Centre of Portugal and Extremadura, in Spain, and found as the central piece of many legends related with Moorish Princesses trapped by magic with fabulous gold treasures (Neto de Carvalho and Cachão, 2005). But, in the case of trace fossils, one needs a wider approach, integrating them in the sedimentary and palaeoenvironmental record, analysing preservation and ethological variants and even confronting with present natural and cultural landscape, to where they belong. In this ecological approach in space and time (palaeoecology), ichnofossil-bearing outcrops are elevated to the condition of exomuseums which do not enclose, but are opened to a permanent and dynamic dialogue with the memory of Life. The palaeontologist is the only one to establish the right bonds between past life modes and the present demands.

Ichnoanthropology and ichnoarchaeology are new approaches to understand how Man has been interacting with Nature (Baucon *et al.*, 2008). And Portugal has a remarkable cultural heritage based on trace fossils. Their mystic importance in the past is nowadays favoured by palaeobiological reinstatement and by implementing new strategies for tourism, which the Ichnological Park of Penha Garcia, with outstanding *Cruziana* ispp., is a well succeeded example visited annually by 12000 visitors, one *ex-libris* of Naturtejo Geopark.

Naturtejo is an intermunicipal major state-owned company, established in 2004, including also local private companies, aiming to create conditions for the economic development relying upon tourism. Naturtejo is the management organization of Geopark Naturtejo da Meseta Meridional – UNESCO European and Global Geopark. The municipalities forming the territory of Naturtejo Geopark, namely Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Nisa, Oleiros, Proença-a-Nova and Vila Velha de Ródão, have a total area of 4617km^2, ruled by a cultural heterogeneity based on historical and even ecological criteria, where geodiversity appears as an umbrella for development projects. A Geopark intends to be a territory for excellence in three main task forces: conservation, education and (geo)tourism. Using 16 geomonuments (geological icons), the outstanding landscape of the Geopark is intended to be explained immersing visitors into 600 million years of Earth History.

Naturtejo Geopark was the first European and Global Geopark, under the auspices of UNESCO, from Portugal. The solid development of a Geopark must be built by the interplay of scientists, local communities and management authorities under a fractal approach to local development: knowledge, divulgation and promotion from the local to the global scales. In territories long forgotten by national development major plans a Geopark, as a well limited area of important geodiversity in historical interaction with local culture, can really make the difference only if Geopark foundations become deeply rooted in the actions and aspirations of locals, stakeholders and local decision makers. The partnership among local authorities, stakeholders and NGO's (youth-, development-, environment- and culture-related) as well as deep holistic knowledge of territory are essential for effective implementation of a Global Geopark. The annual calendar of geo-events mixing education and entertainment, constant interaction with local stakeholders, protection and management of geosites, educational programmes and development of geotrails, interpretive centres and exomuseums (geosite-based interpretation) physically reinforce the project under the local to national public opinion.

One of the most popular activities in Naturtejo Geopark is the Pedestrian Trails, nature-friendly edutainment activities made in natural or traditional paths. 450 km of signalized pedestrian trails cross all the Geopark, being 103 km with relevant geological interest - Geotourist Trails, which are explored by the educational programs and geotourist routes of the Geopark. They are mainly dedicated to geological themes, such as fossils, mines or landforms. It is possible to find several different experiences, such as at the Ichnological Park of Penha Garcia with the "Fossils Trail", where it is possible to be amazed by the aesthetic beauty of *Cruziana* foraging patterns or swim with floating trilobites and orthoceratid cephalopods that once lived there. Thousands of students come to the Ichnological Park, in the frame of educational programmes and annual projects developed with schools from the territory, to learn about Trilobite paleobiology. Being Naturtejo a special brand of the Tourism of Centre Region, responsible for the tourism incoming, *Cruziana* trace fossils from Penha Garcia are regarded as the icon of nature tourism in the entire region, as a strategy for developing an international-relevant tourism destination. The follow-up of national and international media and some awards including the ProGEO-Portugal Geoconservation Award for the Ichnological Park of Penha Garcia and the whole Naturtejo Geopark, as well as the Skål International Ecotourism Award for the Geopark Educational Programs, by one of the most important tourism associations, are attracting an increasing number of (eco)tourists.

MAKE IT BUSINESS

A European Geopark is a place of true geological landscape wonders with significant dimension to burst sustainable socio-economic development in the territory. This development may come passively with the increasing number of visitors but in areas far away from the main tourist routes cultural georesources prove to be marketing star-products able to attract not only publics but new opportunities for business. A strong promotional strategy must be directed towards the geological values for community in order to get a positive feedback chain reaction of the sense of

belonging that sustains any cultural icon as such for a long period of time. Community will be proud of its geological icon in such a way that they will protect and value it as a fundamental source of communication with the exterior, thus attracting tourism initiatives. At Naturtejo Geopark geological icons could be *Cruziana* or weird granite landforms, old mining works or waterfalls. Despite of many millennia of cultural affection or even religious devotion of Man upon rocks, geoscience issues stands here as in many countries all over the world: so important for the foundations of our civilization, so far from the knowledge of tax payers and decision makers. For local communities of the Geopark talking about geomonuments that attracts thousands of visitors every year is still awkward in comparison with historical and archaeological sites. Nature seems becoming far too distant of daily life even for rural-preponderant communities. But not so in order to feed our imagination with the right communication strategy.

Trilobite fossils are the dinosaurs of the invertebrate world, even if they became extinct 251 million years ago. Nowadays, one may find them as vacuum cleaner robots, Pokémon toys or giant kites. One may also taste trilobites…if coming to Naturtejo Geopark (Fig. 1). A young geologist couple came with the family to live in an almost deserted village called Salvaterra do Extremo. Here they invested their life savings in a new business: a Geo-bakery. From a ruined communitarian oven they built a high-quality guest-house and a traditional bakery reviving old recipes for braid and cookies. But the star-products are the trilobite and granite cookies as well as the "Earth Slices", orogenic toasts and pizza with names of plate tectonics to give a taste of Earth dynamics. Trilobite marketing is also getting attention in the village of Penha Garcia, where the Ichnological Park is devoted to trilobite daily life modes presented by *Cruziana* trace fossils. A trilobite is the logo of the outdoor company "Trilobite.Aventura". Two young entrepreneurs started a business one year ago that runs outdoor sports and medieval parties, a climbing school and the TriloPaint, a Paintball championship, not only in the region but all over the country. Also Arouca European Geopark, at the North of Portugal, is using the well-known giant trilobites from Canelas as umbrella for sustainable based-on community projects.

The impact of this marketing strategy, based on long-extinct trilobite fossils and trace fossils, on media and public opinion is impressive. In short, the close follow-up management of the Geopark with communities, in the field, can find the best opportunities for business with a sustainable approach that may differentiate the territory as tourism paradigm.



FIGURA 1. *President of the Republic of Portugal and his wife tasting the ancient flavours (trilobites) from the Casa do Forno geobakery during an official visit to the Naturtejo Geopark dedicated to "Innovative local communities".*

FINAL NOTES

For hundreds of millions of years as physiological built-up extensions of trilobites and for centuries as ichno-hierophanies, in the condition of identity symbols for communities, *Cruziana* is the foundation of a paradigm for socio-economic development based on Ecotourism, in Portugal, with Naturtejo Geopark under the auspices of UNESCO, included as first priority in the Tourism National Strategic Plan. Today and for the future, *Cruziana* from the Ichnological Park of Penha Garcia become geotourist referential which legitimate sustainable business opportunities and education for a citizenship closer to the condition of biological beings integrated in the Earth system.

AKNOWLEDGMENTS

To all friends and colleagues that contributed somehow for this brief review on the study and valuing of trilobite body and trace fossils, mostly in Portugal. A special thanks for Naturtejo and all the supportive team.

REFERENCES

Baucon, A., Privitera, S., Morandi Bonacossi, D., Canci, A., Neto de Carvalho, C., Kyriazi, E., Laborel, J., Laborel-Deguen, F., Morhange, C. and Morriner, N. (2008): Principles of Ichnoarchaeology: new frontiers for studying past times. In: *Italian Ichnology* (M. Avanzini and F. M. Petti, eds.). Studi Trentini Science Naturali, Acta Geologica, 83: 43-72.

Edelstein-Keshet, L. (1997): Trail following as an adaptable mechanism for popular behavior. *Animal groups in three dimensions.* (J.K. Parrish and W.M. Hammer, eds.). Cambridge University Press, 282-300.

Gutiérrez-Marco, J. C., Sá, A. A., García-Bellido, D. C., Rábano, I. and Valério, M. (2009): Giant trilobites and trilobite clusters from the Ordovician of Portugal. *Geology*, 37(5): 443-446.

Koy, K. and Plotnick, R.E. (2007): Theoretical and experimental ichnology of mobile foraging. *Trace fossils – concepts, problems, prospects* (W. Miller, III, ed.). Elsevier, Amsterdam, 428-439.

Neto de Carvalho, C. (2006): Roller coaster behavior in the Cruziana rugosa Group from Penha Garcia (Portugal): Implications for the feeding program of Trilobites. *Ichnos*, 13: 255-265.

Neto de Carvalho, C. and Cachão, M. (2005): A *Bicha Pintada* (Milreu-Vila de Rei): Paradigma ecléctico das hierofanias com origem bioglífica. *Zahara*, 5: 77-90.

Paterson, J.R., Hughes, N.C. and Chatterton, B.D.E. (2008): Trilobite clusters: what do they tell us? A preliminary investigation. *Advances in trilobite research* (I. Rábano, R. Gozalo and D. García-Bellido, eds.). Cuadernos del Museo Geominero, 9. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 313-318.

Radwanski, A., Kin, A. and Radwanska, U. (2009): Queues of blind phacopid trilobites *Trimerocephalus:* A case of frozen behaviour of Early Famennian age from the Holy Cross Mountains, Central Poland. *Advances in Marine Ichnology* (A. Uchman and A.K. Rindsberg, eds.). Acta Geologica Polonica, 59(4), 459-481.

Rudkin, D.M., Young, G.A., Elias, R.J. and Dobrzanski, E.P. (2003): The world's biggest trilobite – *Isotelus rex* from the Upper Ordovician of northern Manitoba, Canada. *Journal of Paleontology*, 77(1): 99-112.

Seilacher, A. (2007): *Trace fossil analysis*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 226 pp.

Tema Monográfico

Iberia en el centro de las relaciones Atlántico-Mediterráneas

A Ibéria no centro das relações Atlanto-Mediterrânicas

El registro de Nucleatidae (Brachiopoda, Terebratulida) jurásicos en áreas no alpinas de España y sus implicaciones en Paleobiogeografía y Paleoecología

The occurrence of Jurassic Nucleatidae (Brachiopoda, Terebratulida) in non-alpine areas of Spain and its implications in Paleobiogeography and Paleoecology

J. Colás[1] y F. García Joral[2]

1 Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología) - IUCA, Universidad de Zaragoza , Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. jcolas@unizar.es
2 Departamento y UEI de Paleontología UCM-CSIC, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid e Instituto de Geología Económica, José Antonio Novais 2. 28040 Madrid. fgjoral@geo.ucm.es

Resumen: Los registros de Nucleatidae (Dyscolioidea, Terebratulidina) en el Jurásico Medio de los dominios epicontinentales europeos pueden dividirse en dos tipos: la aparición de individuos aislados con morfología "bífida" al principio del periodo reflejando la llegada esporádica a través de rutas afortunadas y el registro de poblaciones con una morfología más robusta que implica cierto grado de cambio adaptativo y asentamiento efectivo. Los registros de *Linguithyris nepos* (Canavari) y *Linguithyris*? *bifrons* (Oppel) en el noreste de España suponen dos nuevos ejemplos de ambos tipos de registros.

Palabras clave: *Linguithyris*, Cordillera Ibérica, Cordillera Costero-Catalana, Jurásico Medio, adaptación.

Abstract: *The occurrences of Nucleatidae (Dyscolioidea, Terebratulidina) in the Middle Jurassic of European epicontinental domains could be divided in two different kinds: the occurrence of isolated specimens with "bifid" morphology at the beginning of the period reflecting the sporadic arrival through sweepstake routes and the occurrence of true biological populations with more stout morphology involving some degree of adaptive change and effective settlement. The record of* Linguithyris nepos *(Canavari) and* Linguithyris*?* bifrons *(Oppel) in North-eastern Spain are two new examples of both kinds of occurrences.*

Key words: Linguithyris, *Iberian Range, Catalonian Coastal Range, Middle Jurassic, adaptation.*

INTRODUCCIÓN

Los nucleátidos son un grupo de terebratúlidos (Brachiopoda) caracterizados por presentar conchas lisas con una comisura anterior unisurcada. Esta morfología simple presenta un amplio registro estratigráfico, registrándose desde el Hettangiense (Jurásico Inferior) hasta el Cenomaniense (Cretácico Superior) con escasas variaciones. Según Ager (1965) supone una adaptación a medios relativamente profundos con escasa turbulencia y escaso aporte de terrígenos y nutrientes. Estos ambientes serían los típicos en la Bioprovincia Mediterránea debido a su situación en el extremo occidental del Tethys aislada de los márgenes europeo y africano. Este dominio se reconoce actualmente en los Alpes Calcáreos, Cárpatos, Apeninos, Sicilia, Zona Subbética, etc. y presenta grupos de braquiópodos claramente diferenciados respecto a los reconocidos en el noroeste de Europa. Los braquiópodos en general y los jurásicos en particular tienen una gran aplicación en paleobiogeografía debido a dos factores que afectan a su distribución derivados de su modo de vida epibentónico sésil. Por un lado están muy condicionados por las características del sustrato y por otro únicamente presentan capacidad de dispersión durante la fase larvaria planctónica, que es de muy corta duración (desde unas horas a escasos días en los representantes actuales)

Uno de los grupos característicos del dominio mediterráneo es el de los nucleátidos (Ager, 1967; Vörös, 2005). Si bien la afinidad mediterránea de los nucleátidos parece muy marcada durante el Jurásico Inferior, durante el Jurásico Medio se registran ocasionalmente en los dominios europeo y africano. Finalmente, durante el Jurásico Superior sus registros en estos dominios son relativamente comunes (Vörös, 1993). Estos registros se han relacionado con una supuesta aceleración en las corrientes oceánicas así como una configuración paleogeográfica con dominios intermedios que minimizarían el efecto de la corta duración de la fase larvaria en la dispersión de los braquiópodos.

En este trabajo se presentan dos nuevos registros de nucleátidos en Jurásico Medio del dominio europeo y se discute si la distribución más amplia de los nucleátidos a lo largo del Jurásico Medio y Superior se debe exclusivamente a variaciones en los mecanismos de dispersión o hay también implicados otros factores de tipo paleoecológico / evolutivo.

NUCLEÁTIDOS EN EL NORESTE ESPAÑOL

Los nucleátidos no eran conocidos en el sistema de plataformas del NE de Iberia hasta ahora. Aquí presentamos dos nuevos registros, uno en el Aaleniense superior de Tivenys (provincia de Tarragona), en la Cordillera Costero Catalana, y otro en el Calloviense inferior de Ricla (provincia de Zaragoza), en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (Fig. 1)



FIGURA 1. Esquema paleogeográfico del NE de España durante el Jurásico Medio. Las estrellas marcan los registros de nucleátidos (1: Tivenys, Tarragona; 2: Ricla, Zaragoza). Modificado de Aurell et al. (2002).

Cordillera Costero-Catalana

Un único ejemplar de *Linguithyris nepos* (Canavari) ha sido registrado en el nivel 9TY128 de la sección de l'Assut en Tivenys (Fig. 2). Este registro tiene lugar en facies condensadas de calizas con ooides ferruginosos y fosfáticos correspondientes al Miembro Tivenys de la Formación Sant Blai (Fernández-López et al., 1996). Los ammonoideos registrados en el nivel permiten atribuirle una edad Aaleniense Superior (Zona Concavum). Aparte de *L. nepos* el único taxón de braquiópodo registrado es *Neozeilleria* sp., representado también por un único ejemplar. Las biofacies asociadas son indicativas de ambientes de mar abierto aunque somero, mientras que las asociaciones de ammonoideos indican una comunicación relativamente libre con zonas más externas.

Cordillera Ibérica

En el nivel 106 de la sección de Ricla II se produce el registro de una asociación de *Linguithyris*? *bifrons* (Oppel) en la que están representados individuos tanto juveniles como adultos (Fig. 2). Junto a *L.*? *bifrons* (Oppel) aparecen numerosos ejemplares de *Dorsoplicathyris dorsoplicata* (Deslongchamps) y *Rhynchonelloidella spathica* (Lamarck). La edad del depósito es Calloviense Inferior (Zona Gracilis). En esta área de la Plataforma Aragonesa los materiales de esta edad están constituidos por una alternancia de margas y calizas en las que se registra un importante aporte de terrígenos (Meléndez et al., 2007) Estas facies se desarrollaron en una zona proximal aunque relativamente profunda de plataforma externa.

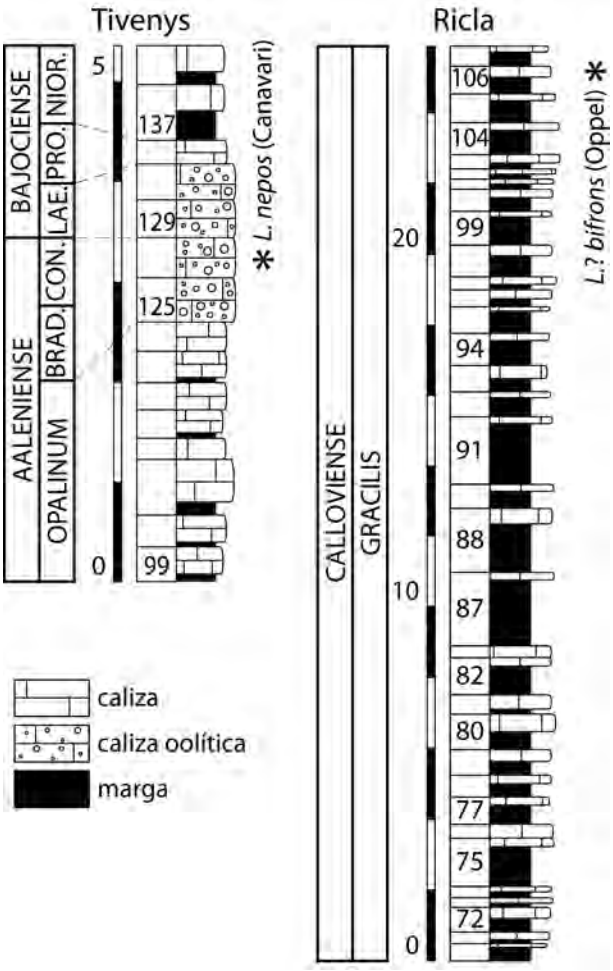


FIGURA 2. Columnas estratigráficas de las secciones de Tivenys (modificada de Fernández-López et al., 1998) y Ricla (modificada de Lardiés, 1988) mostrando los niveles en los que se han registrado nucleátidos.

DISCUSIÓN

Los dos registros de nucleátidos descritos anteriormente presentan características muy diferentes. El registro de *L. nepos* en el Aaleniense de la Cordillera Costero-catalana consiste en un ejemplar aislado y de morfología "bífida", con un surco profundo y relativamente estrecho en la valva dorsal (Fig. 3) coincidiendo con un momento de buena comunicación. En cambio *L.*? *bifrons* muestra una morfología globosa y con un surco dorsal menos acentuado que presenta incluso un pequeño pliegue (Fig. 3). Su registro en el Calloviense de la Cordillera Ibérica muestra evidencias de desarrollo de poblaciones biológicas en ambientes con aporte relativamente alto de terrígenos, muy diferentes de los reconocibles en el área mediterránea.

Tras una revisión bibliográfica de otros registros de nucleátidos en el Jurásico Medio de los márgenes europeo y africano del Tethys (cf. Manceñido, 1993) se puede observar un patrón similar al observado para los

registros presentados en este trabajo. Por un lado encontramos, durante la primera mitad del Jurásico Medio, registros aislados de formas "bífidas" fuera de la Bioprovincia Mediterránea, Mientras que estas morfologías están bien representadas en la misma. Por otro lado la distribución de las formas globosas intraplegadas que aparecen en la segunda mitad del Jurásico Medio parece estar más restringida a los márgenes continentales del Tethys, donde se suelen encontrar poblaciones con un número relativamente elevado de ejemplares.

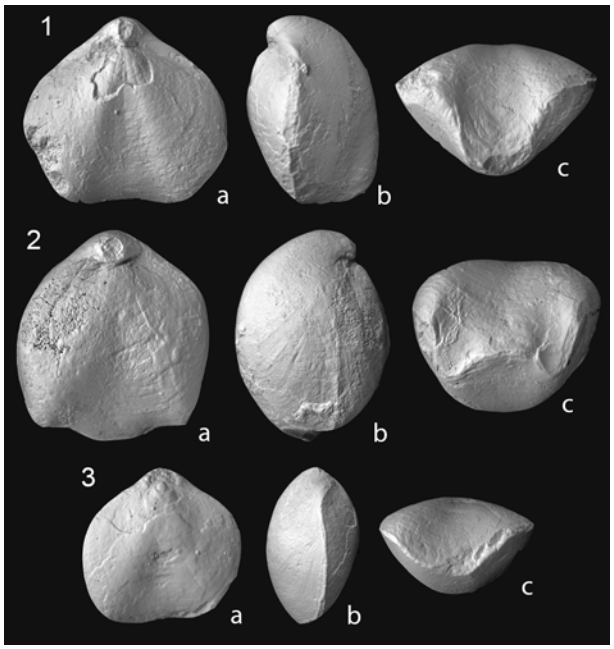


FIGURA 3. Ejemplares de nucleátidos registrados en el NE de España. 1: ejemplar de *Linguithyris nepos* (Canavari) procedente de Tivenys; 2 y 3: ejemplares de *Linguithyris*? *bifrons* (Oppel) procedentes de Ricla (2: ejemplar adulto, 3: ejemplar juvenil). a, b y c: vistas dorsal, lateral y anterior respectivamente (todas las imágenes x2).

La interpretación funcional de las morfologías "bífidas" sugiere una adaptación que tiende a favorecer la separación neta de las corrientes inhalantes y exhalantes. Este aspecto sería de gran utilidad en los ambientes epioceánicos desarrollados en el dominio mediterráneo, caracterizados por disponibilidad de nutrientes, turbidez y agitación escasas. En cambio, en los ambientes más proximales de los dominios epicontinentales europeos y africanos las condiciones estarían marcadas por mayores grados de agitación, disponibilidad de nutrientes y aporte de terrígenos. En estos ambientes la necesidad de evitar la entrada de partículas externas potencialmente peligrosas sería supuestamente mayor que la de crear una separación neta de corrientes. La morfología globosa y el desarrollo de una comisura anterior intraplegada en las formas encontradas en estos dominios pueden explicarse en términos de incremento de la protección durante la apertura de la concha y disminución de la eficiencia en la separación de corrientes. Esto se interpreta como una evidencia de la adaptación de *L.*? *bifrons* y especies próximas a la vida en las plataformas epicontinentales. La mayor similitud de estas formas con las especies de *Nucleata* que poblaron las plataformas epicontinentales durante el Jurásico Superior que con las formas característicamente epioceánicas del Jurásico Inferior supondría una evidencia más de su adaptación a medios epicontinentales.

COMENTARIO SOBRE LA TAXONOMÍA DE *L.? BIFRONS*

A lo largo de la historia evolutiva de la familia Nucleatidae se reconoce una línea principal representada por el linaje *Linguithyris* - *Nucleata*. El carácter altamente conservativo de la morfología dentro del grupo dificulta en gran medida la distinción de ambos taxones. Según Manceñido (1993) el único criterio objetivo para la separación de los mismos es la morfología de las impresiones dorsales de los músculos abductores (rectas y divergentes en *Linguithyris*, curvas con forma de herradura en *Nucleata*). Este carácter no es siempre visible y en realidad los diferentes autores han aplicado criterios más subjetivos como la forma general (más "bífida" en *Linguithyris* y más globosa en *Nucleata*) o su posición estratigráfica (*Linguithyris* los más antiguos y *Nucleata* los más modernos). Además las estructuras internas de muchas formas todavía no han sido estudiadas (en la figura 4 se ilustran por primera vez secciones seriadas de *L.*? *bifrons*) aunque en general las diferencias entre ellas no parecen significativas en los estudios previos realizados hasta ahora.

Por lo tanto la atribución genérica de las formas bathonienses y callovienses entre las que se encuentra *L.*? *bifrons* (Oppel) es en muchos casos dudosa. Quizá el cambio morfológico interpretado en este trabajo con significado adaptativo podría permitir atribuir estas formas a un género distinto de *Linguithyris*. Será necesario un estudio más amplio que implique a un mayor número de taxones para poder confirmar esta impresión, por lo que de momento hemos preferido mantener la forma *bifrons* dentro del género *Linguithyris* aunque con dudas.

CONCLUSIONES

Se presentan los dos primeros registros de nucleátidos en el Jurásico del NE de España. Uno de ellos proviene del Aaleniense Superior de la Cordillera Costero-Catalana y consiste en un ejemplar aislado de *Linguithyris nepos* (Canavari) y el otro, consistente en una población de *Linguithyris*? *bifrons* (Oppel), proviene del Calloviense Inferior de la Cordillera Ibérica.

Estos dos nuevos registros, junto con otros conocidos en los márgenes europeo y africano del Tethys permiten diferenciar dos tipos de presencia de nucleátidos en las plataformas epicontinentales del Oeste del Tethys con diferente interpretación. El hallazgo de ejemplares aislados de formas "bífidas" es indicativo de la existencia de rutas de comunicación "afortunadas" entre los diferentes dominios

paleobiogeográficos mientras que la aparición de poblaciones de formas globosas e intraplegadas indican una colonización más estable y proporcionan información acerca de las estrategias de adaptación de los nucleátidos a ambientes diferentes de los propios del área mediterránea.

La existencia de una diferenciación morfológica relacionada con estas adaptaciones podría ser utilizada como un criterio en la problemática distinción taxonómica entre los géneros de nucleátidos del Jurásico Medio.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2008-01273/BTE (JC y FGJ) y CGL2008-03112 (FGJ) del MICINN, al proyecto GR58/08B/919431 (FGJ) de la Univ. Complutense de Madrid y al Grupo Consolidado E-17 del Gobierno de Aragón. Además J. Colás cuenta con la financiación de la beca FPU AP2007-03856 del MICINN y de la ayuda 092/2009 de la Dirección General de Patrimonio Cultural de Aragón.

REFERENCIAS

Ager, D.V. (1965): The adaptation of Mesozoic Brachiopods to different environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1: 143-172

Ager, D.V. (1967): Some Mesozoic Brachiopods in the Tethys region. En: *Aspects of Tethyan Biogeography* (C.G. Adams y D.V. Ager, eds.). Systematics Association, Londres, 135-151.

Aurell, M., Meléndez, G. y Bádenas, B. (2002): East Iberian basins. En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno, eds.). Geological Society, Londres, 223-235.

Fernández-López, S., Aurell, M., García Joral, F., Gómez, J.J., Henriques, M.H.P., Martínez, G., Meléndez, G. y Suárez Vega, L.C. (1998): La Plataforma de Tortosa (Cuenca Catalana) durante el Jurásico Medio: unidades litoestratigráficas, paleogeografía y ciclos ambientales. *Cuadernos de Geología Ibérica,* 24: 185-221.

Fernández-López, S., Aurell, M., García Joral, F., Gómez, J.J., Henriques, M.H.P., Meléndez, G. y Suárez Vega, L.C. (1996): El Jurásico Medio de la Cuenca Catalana: unidades litoestratigráficas y elementos paleogeográficos. *Revista Española de Paleontología,* número extraordinario: 122-139.

Lardiés, M.D. (1988): *Estudio bioestratigráfico y paleontológico del Calloviense (Jurásico Medio) en el sector central de la Cordillera Ibérica.* Tesis de Licenciatura, Univ. de Zaragoza, 209 p.

Manceñido, M.O. (1993): First record of nucleatid brachiopods from the southwest Pacific with comments on the global distribution of the group. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 100: 189-207.

Meléndez, G., Ramajo, J., Bello, J. y Page, K.N. (2007): Callovian and the Callovian- Oxfordian transition sedimentary record in NE Iberian Chain: Taphonomic analysis and palaeogeography. *Journal of Iberian Geology*, 33: 261-282.

Vörös, A. (1993): Jurassic microplate movements and brachiopod migration in the western part of the Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 100: 125-145.

Vörös, A. (2005): The smooth brachiopods of the Mediterranean Jurassic: Refugees or invaders? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223: 222-242.

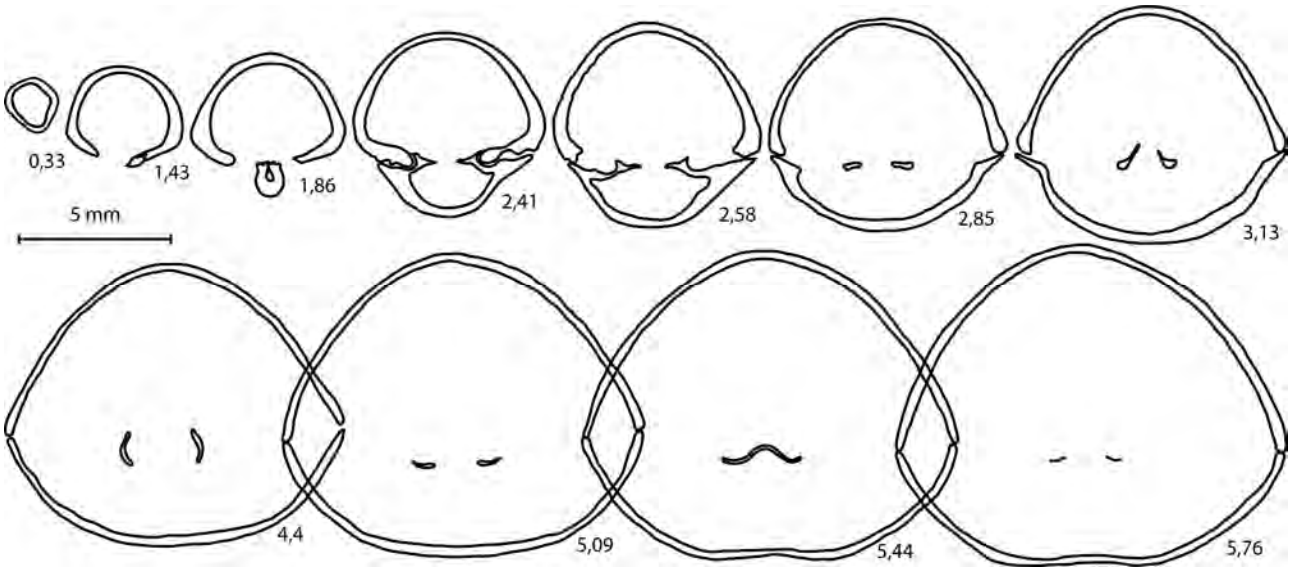


FIGURA 4. Secciones seriadas obtenidas a partir de un ejemplar de *L.*? *bifrons* (Oppel) procedente de Ricla ilustrando las características de sus estructuras internas. Los números indican la distancia de cada sección hasta el ápice del umbo ventral medida en milímetros (longitud total del ejemplar: 14,68 mm.).

Braquiópodes e crinóides do Devónico Inferior e Médio do sinclinal de Portalegre: bioestratigrafia e paleogeografia

Lower and Middle Devonian brachiopods and crinoids of the Portalegre syncline: biostratigraphy and palaeogeography

R. Gourvennec[1], J. L. Menn[2], J. Piçarra[3], J. T. Oliveira[4] e M. Robardet[5]

1 Laboratoire de Paléontologie, CNRS-UMR, UFR Sciences, 6 av. Le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest, França. remy.gourvennec@univ-brest.fr
2 Laboratoire de Paléontologie, CNRS-UMR, UFR Sciences, 6 av. Le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest, França. Jean.Le-Menn@univ-brest.fr
3 Unidade de Geologia e Cartografia Geológica, LNEG, Laboratório de Geologia e Minas, Ap. 104. 7801-902 Beja. jose.picarra@ineti.pt
4 Unidade de Recursos Minerais e Geofísica, LNEG, Laboratório de Geologia e Minas, Ap 7586, 2720 Alfragide. tomas.oliveira@ineti.pt
5 Géosciences-Rennes UMR 6118, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, bât. 15, 35042 Rennes, França. Michel.Andree.Robardet@orange.fr

Resumo: Estudaram-se exemplares de braquiópodes e crinóides do Devónico do sinclinal de Portalegre provenientes de colecções de Nery Delgado e de amostragem recente. Foi feita a actualização taxonómica das colecções antigas e determinaram-se novos géneros e espécies. As associações faunísticas são tipicamente gondwânicas e tem características em comum as de outras áreas da Zona Centro Ibérica (Dornes, Valongo), de Espanha, do Maciço Armoricano, Europa central e do norte de África. Os novos resultados permitem precisar a estratigrafia do Devónico Inferior e Médio do sinclinal de Portalegre.

Palavras-chave*:* Braquiópodes, Crinóides, Devónico, Sinclinal de Portalegre.

Abstract*: Devonian brachiopods and crinoids of the Portalegre syncline from the Nery Delgado collections and recent sampling were studied. The taxonomic update of old collections was made and new genera and species were determined. The faunas, with clear Gondwana affinities, are similar to those of other areas of the Central Iberian Zone (Dornes, Valongo, in Portugal), Spain, Armorican Massif, central Europe and north Africa. The new data precise the Lower and Middle Devonian stratigraphy of the Portalegre syncline.*

Key words*: Brachiopods, Crinoids, Devonian, Portalegre Syncline.*

1. INTRODUÇÃO

O Devónico do sinclinal de Portalegre ocupa o núcleo de uma estrutura hercínica (Fig. 1), situada no bordo meridional da Zona Centro Ibérica e cuja terminação SE já está em território espanhol.

Os "Xistos Coblencianos" (Delgado, 1908) constituíram os primeiros materiais do Devónico a serem assinalados na região de Portalegre, a que mais tarde Pruvost (1914) juntaria os "Grés Superiores" subjacentes. Ambas as litologias são produtivas em fósseis de vários grupos, nomeadamente braquiópodes e trilobites do Devónico Inferior, tendo sido estudadas por vários autores, de que se salienta Perdigão (1967;1972-73 e 1973-74) não só pela descrição que fez das faunas mas também como as utilizou na estratigrafia do Devónico das várias cartas geológicas 1:50 000 da região, de que foi co-autor. Pelo valor cronoestratigráfico a nível regional, destacam-se os braquiópodes considerados do "Cuviniano" (Devónico Médio), assinalados em duas jazidas junto a S. Julião (Perdigão, 1967), mas cuja determinação não confirmamos neste trabalho, por não observação dos exemplares.

Desde Delgado (1908) que as faunas devónicas foram determinantes na definição e actualização da estratigrafia, embora nem sempre de fácil aplicação não só devido à complexidade estrutural da região como também da escassez ou ausência de dados bioestratigráficos em certas áreas, como acontece a S de Marvão e na região de Alegrete-Esperança. Estes constrangimentos têm expressão nas diferenças entre as sequências devónicas das cartas geológicas 28 D (Fernandes et al., 1973), 29 C (Perdigão & Fernandes, 1976) e 33 A (Gonçalves et al., 1978), na escala 1: 50 000, que cobrem a área do sinclinal. A sequência mais organizada é a da carta geológica 29 C, que inclui, da base para o topo: xistos argilosos e quartzitos associados do "Gediniano"; quartzitos e grés do "Siegeniano"; xistos argilosos do Emsiano; xistos e calcários dolomíticos associados do "Cuviniano". Estes calcários podem ser mais recentes pois, no seu prolongamento para SE, já em Espanha, forneceram conodontes do Carbónico (R. Rodríguez González et al., 2007). Recentemente, esta idade foi obtida com esporos em xistos cinzentos escuros, a SE de São Julião (Zélia Pereira, inf. oral).

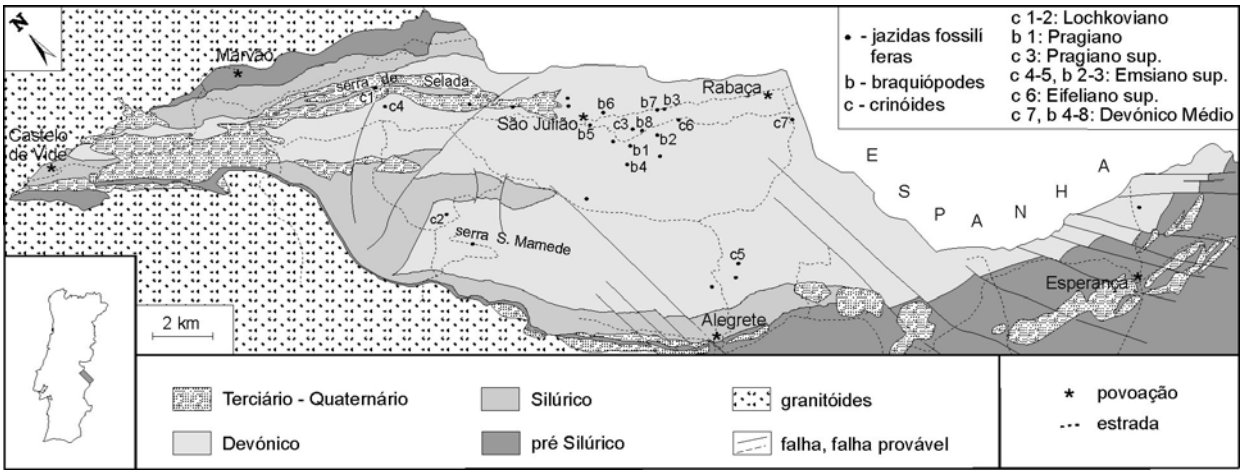


FIGURA 1. *Localização das jazidas de braquiópodes e crinóides do Devónico do sinclinal de Portalegre. Fundo geológico adaptado das cartas geológicas 1: 50 000 da região.*

2. BIOESTRATIGRAFIA E PALEOGEOGRAFIA

A ausência, nas três últimas décadas, de investigação paleontológica no Devónico da Zona Centro Ibérica portuguesa, instigou-nos a reiniciar o seu estudo em várias das suas áreas, incluindo a de Portalegre. A presente nota dá a conhecer os resultados preliminares obtidos nos trabalhos realizados nesta região e a sua contribuição na estratigrafia regional. Estes trabalhos incluíram a pesquisa de fósseis em várias jazidas (Fig. 1), algumas delas identificadas quando da procura das jazidas originais de Delgado (1908), objectivo que nem sempre foi alcançado devido à alteração morfológica do terreno passados mais de 100 anos e às discrepâncias entre a base topográfica daquela época e a que utilizámos. Observaram-se também alguns braquiópodes e crinóides das colecções de Delgado, existentes no Museu Geológico do LNEG, tendo já os primeiros sido objecto de estudo anterior por Perdigão (1972-73; 1973-74). Não verificámos estas últimas determinações taxonómicas, devido à dificuldade e até impossibilidade de identificar os exemplares, por ausência, nos artigos em que são citados, da transcrição da numeração original de Delgado, bastante útil em colecções tão vastas em amostras, como são as deste autor.

As associações faunísticas determinadas provêm de 15 jazidas, havendo ainda mais 9 jazidas em que os fósseis não estavam nas melhores condições de preservação ou em que não foi possível precisar a sua idade.

1 - Crinóides (c, Fig. 1)

Dimerocrinites lanveocensis e *Dimerocrinites* sp. do Lochkoviano inferior, em grés-quartziticos da Serra da Selada (c 1) e a NE do vértice geodésico de São Mamede (c 2). Junto ao Monte da Ribeira (SE de S. Julião) (c 3) identificou-se *Seilloucrinus* cf. *simplex*, *Diamenocrinus* cf. *primaevus* e *Laudonomphalus* sp. do Pragiano superior. Do Emsiano determinaram-se as espécies *Noctuicrinus* sp., *Laudonomphalus* sp. (cf. *maximus*), *Laudonomphalus* aff. *tuberosus*, *Laudonomphalus* sp., *Amurocrinus* sp. e *Diamenocrinus* sp. (cf. *floreus*)?, além de *Pentauliscus* cf. *verveurensis* e *Acanthocrinus* cf. *faouensis*, restrictas ao Emsiano superior (c 4-5). Identificaram ainda vários exemplares do intervalo Emsiano superior-Devónico Médio, sem precisar a idade. Já do Eifeliano superior (Devónico Médio) determinou-se *Tantalocrinus* sp., *Schyschcatocrinus* sp., *Laudonomphalus* gr. *tuberosus* e *Mediocrinus* sp., na jazida do Monte da Ribeira (c 6). Do Devónico Médio deve ser ainda a jazida de Quinta (S de Rabaça) (c 7), que forneceu *Paracyclocaudex* cf. *gluziauensis* , *Tantalocrinus* sp. e *Laudonomphalus* sp..

2 – Braquiópodes (b, Fig. 1).

De várias jazidas, incluindo a do Monte da Ribeira (b 1), determinou-se uma associação do Pragiano com *Fascistropheodonta sedgwicki, Plicanoplia* (*Celtanoplia*) *ervensis, Chonetes* (*Pleurochonetes*)? e.g. *aulnensis-bediae, Uncinulus subwilsoni, Hexarhytis* sp. (cf. *undata*), *Dixonella* sp., *Hysterolites hystericus, Acrospirifer primaevus, Adolfia* sp. e *Gaspespirifer* sp.. Os exemplares de Delgado provenientes das jazidas "700m S 45ºE do Monte da Ribeira" (b 2) e "S. Julião" (b 3), forneceram uma associação do Emsiano superior com *Mesodouvillina* cf. *triculta, Loreleiella jahnkei, Quadriloba* (ou *Pradoia* ?) sp., *Retzia adrieni, Anathyris phalaena* e *Euryspirifer paradoxus*. De outras 5 jazidas deste autor, situadas a S e SE de S. Julião (b 4-8), determinaram-se os géneros *Rhyssochonetes* sp., *Ripidiorhynchus* sp., *Mucrospirifer* sp., *Spinocyrtia* sp. e *"Cyrtospirifer"* e.g. *verneuili* do Devónico Médio.

As faunas de braquiópodes e crinóides agora apresentadas têm afinidades norte-gondwânicas, correlacionando-se com as de outras áreas da Zona Centro Ibérica portuguesa (Valongo-São Félix de Laundos e Dornes) (Gourvennec et al., 2008), Espanha (Celtibéria, Aragão e Astúrias), Maciço Armoricano (Le Menn et al., 2003), Europa Central e N de África.

Dos braquiópodes citamos a espécie *Chonetes* (*Pleurochonetes*)? e.g. *aulnensis-bediae* que ocorre também em Valongo (Fm. de Telheiras), nas Astúrias, Aragão (Fm. de Santa Cruz) e no Maciço Armoricano (Fms. du Faou e de Montguyon). Para aos crinóides, exemplificamos com a espécie *Dimerocrinites lanveocensis* que se identificou também em Dornes (Fm Serra de Luação), Valongo (base da Fm. de Telheiras), Celtibéria, Maciço Armoricano (topo da Formação de Plougastel e a base da Formação de Landévennec, entre outras formações), Normandia (parte inferior da Fm. La Haye-du-Puits) e no N de África.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram:

- completar as associações de braquiópodes e crinóides com novos exemplares e actualizar a nomenclatura taxonómica dos braquiópodes das colecções antigas. Confirma-se a existência de faunas do Devónico Médio no sinclinal de Portalegre

O estudo dos crinóides, pioneiro nesta região, permitiu a identificação de espécimes de 12 géneros, alguns deles não determinativos, ou com dúvidas, a nível específico. Quanto à fauna de braquiópodes, determinaram-se mais de 30 géneros.

- melhorar o conhecimento sobre a distribuição paleogeográfica destas faunas, que têm afinidades marcadamente norte-gondwânicas.

- precisar a estratigrafia do Devónico do sinclinal de Portalegre.

O conjunto greso-quartzítico que forma a crista das serras de São Mamede e de Selada, é agora datado do Lochkoviano inferior, quando antes estava atribuído ao "Gediniano-Ludloviano indiferenciado" (Perdigão & Fernandes, 1976), na serra de Selada. Subindo na sequência estratigráfica devónica, seguem-se xistos cinzentos com intercalações greso-quartzíticas que forneceram fósseis do Pragiano e do Emsiano, nas áreas de São Julião (flanco norte) e de Brejo (flanco sul). Esta série xistenta continua-se pelo Devónico Médio, como prova a fauna identificada nas áreas a S e SE de São Julião.

AGRADECIMENTOS

Os trabalhos de campo foram realizados no âmbito de Projectos FCT (ex GRICES) com a Embaixada de França (biénio 1998-1999) e o CNRS (biénio 2002-2003), que incluíam também estudos em outras áreas de Portugal.

BIBLIOGRAFIA

Delgado, J.N. (1908): Systéme Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. *Mémoires de la Commission Service Géologique du Portugal*, Lisboa, 245 pp.

Fernandes, A.P., Perdigão, J.C., Carvalho, H.F. e Peres, A.M. (1973): *Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da folha 28-D, Castelo de Vide*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Gonçalves, F., Perdigão, J.C., Coelho, A.V.P. e Munhá, J.M. (1978): *Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da folha 33-A, Assumar*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Gourvennec, R., Plusquellec, Y., Pereira, Z., Piçarra, J.M., Le Menn, J., Robardet, M. e Oliveira, J.T. (2008): A reassessment of the Lochkovian (Lower Devonian) benthic faunas and palynomorphs from the Dornes region (Souyhern Central Iberian Zone, Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 95: 5-25.

Le Menn, J., Gourvennec, R., Piçarra, J.M. e Robardet, M. (2003): Mid-Paleozoic dimerocrinitid crinoids from North Gondwana: evolution, biostratigraphy and paleogeography. *Revista Espanola de Paleontologia*, 18(1): 49-60.

Perdigão, J.C. (1967): Descoberta de Mesodevónico em Portugal (Portalegre). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 52: 27-48.

Perdigão, J.C. (1972-73): A fauna de grés e quatzitos silúrico-devónicos de Portalegre e a sua posição estratigráfica. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 56: 5-32.

Perdigão, J.C. (1973-74): O Devónico de Portalegre. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 57: 203-225.

Perdigão, J.C. e Fernandes, A.P. (1976): *Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da folha 29-C, Marvão*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Pruvost, P. (1914): Observations sur les terrains dévoniens et carbonifères du Portugal et sur leur fauna. *Comunicações da Comissão do Serviço Geológico de Portugal*, 10: 1-10.

Rodríguez, R.G., Varea, P.M., Lodeiro, F.G., Parra, L.M.M., Poyatus, D.M. y Matas, J. (2007): Microflora y conodontos del Mississippiense en la Fm Gévora (Núcleo del sinforme la Codosera-Puebla de Obando, SO de la Zona Centroibérica). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 20 (1-2): 71-88.

Tema Patrimonio Paleontológico y Geodiversidad

Tema Património Paleontológico e Geodiversidade

Maleta de Fósseis de Almada: um recurso educativo de divulgação do património paleontológico criado pela Câmara Municipal de Almada

The Fossil Kit from Almada: an educational resource of popularization of the paleontological heritage created by the Almada City Council

M. Estevens[1], S. Dionísio[1], D. Ataíde[1] e C. Freitas[1]

1 Departamento de Estratégia e Gestão Ambiental Sustentável, Câmara Municipal de Almada, Rua Bernardo Francisco da Costa, 42. 2800-029 Almada. Portugal. mestevens@cma.m-almada.pt; sdionisio@cma.m-almada.pt; dataide@cma.m-almada.pt; cfreitas@cma.m-almada.pt

Resumo: A Maleta de Fósseis de Almada consiste num recurso educativo criado pela Câmara Municipal de Almada com vista à divulgação do património paleontológico da região. Composta por uma colecção de rochas e fósseis ilustrativos de vários conceitos e grupos taxonómicos representados no Miocénico almadense, acompanhados de um Guião do Utilizador, Fichas de Actividades, Guião do Professor e Escala do Tempo Geológico, a Maleta tem contribuído para motivar os utilizadores a participar activamente na preservação da geodiversidade do concelho.

Palavras-chave: maleta de fósseis, recurso educativo, património paleontológico de Almada.

Abstract: *The Fossil Kit from Almada is an educational resource created by the Almada City Council to popularize the paleontological heritage of this region. Composed by a collection of rocks and fossils that illustrate many concepts and taxonomic groups found in the Miocene of Almada, and including a User's Guide, Working Files, Professor's Guide and a Geological Time Scale, this kit has contributed to motivate its users to help preserve the geodiversity of Almada.*

Key words: *fossil kit, educational resource, paleontological heritage of Almada.*

INTRODUÇÃO

"Em última instância, só se protege aquilo de que se gosta e só se gosta daquilo que se conhece."

Esta citação, tantas vezes utilizada em acções de conservação da natureza, em especial com ênfase na protecção da fauna e flora actuais, tem igualmente aplicação na conservação de rochas e fósseis. Estes objectos inanimados, tratados no âmbito das ciências da Geologia e Paleontologia, são também parte integrante do mundo natural, embora menos conhecidos do grande público, que, em geral, se encontra pouco sensibilizado para as questões de preservação da geodiversidade.

As rochas do concelho de Almada são muito ricas de fósseis, nomeadamente de seres marinhos que viveram durante o período Neogénico, e em especial nos últimos 20 milhões de anos da história da Terra (Estevens et al., 1999; Pais et al., 2008). Estes fósseis há muito que são conhecidos dos paleontólogos, tendo, inclusivamente, papel de relevo na história da Paleontologia portuguesa, uma vez que incluem alguns exemplares que foram objecto dos primeiros estudos nacionais neste domínio científico, ainda durante a primeira metade do século XIX (Antunes, 1986, 1992). No entanto, permanecem relativamente desconhecidos para a comunidade local e a história que contam de um passado mais longínquo carece de melhor divulgação.

Ao longo dos últimos anos, a Câmara Municipal de Almada (CMA) tem vindo a promover a preservação e divulgação do património natural do concelho como um todo, através de acções enquadradas na sua estratégia de educação para a sustentabilidade, expressas nos sucessivos planos de actividades municipais (CMA, 2008, 2009, 2010). Como parte integrante desta estratégia, o Departamento de Estratégia e Gestão Ambiental Sustentável (DEGAS), através da sua Divisão de Educação e Sensibilização Ambiental (DESA), tem vindo a dinamizar, de forma activa e regular, a divulgação da Geologia do concelho (Estevens et al., 2010), actividade na qual também se inscreve o projecto da Maleta de Fósseis de Almada.

A Maleta de Fósseis de Almada consiste num recurso educativo dirigido essencialmente a um público escolar compreendido entre o 1º e 3º ciclo, mas cujo potencial de divulgação do património paleontológico do concelho pode ser facilmente alargado e adaptado a outros públicos. Com este recurso, a CMA tem dado a conhecer aos habitantes e visitantes do concelho este importante património municipal, que também assume notória relevância a nível nacional, procurando ainda contribuir para estimular o interesse dos seus utilizadores por esta componente do património natural, de modo a que, no futuro, possam vir a sentir-se motivados a participar activamente na sua preservação.

COMPONENTES DO PROJECTO

Em termos de materiais, o projecto Maleta de Fósseis de Almada engloba várias componentes, interligadas e complementares entre si: a Maleta de Fósseis propriamente dita (acompanhada dos respectivos materiais acessórios), o Guião do Utilizador, as Fichas de Actividades e o Guião do Professor.

Maleta de Fósseis

A Maleta de Fósseis contém os materiais físicos a serem observados e manuseados pelos utilizadores, entre os quais se contam diversas amostras de mão de rochas e vários exemplares fósseis representativos de diversos grupos de organismos (Fig. 1).



FIGURA 1. *Materiais da Maleta de Fósseis de Almada.*

Estes materiais foram criteriosamente seleccionados de modo a ilustrar os conceitos geológicos e paleontológicos mais relevantes para o conhecimento das rochas e fósseis de Almada, permitindo igualmente ao utilizador estabelecer contacto directo com alguns objectos menos familiares, em geral de difícil obtenção.

Neste sentido, foram incluídas na maleta amostras representativas dos três principais tipos de rochas do planeta (ígneas, metamórficas e sedimentares), quatro principais tipos de rochas sedimentares existentes em Almada (conglomerados, arenitos, argilas e calcários), e principais tipos de fósseis (somatofósseis, icnofósseis e falsos fósseis), modos de fossilização (mineralização, moldes internos e externos) e grupos taxonómicos encontrados no registo fóssil de Almada.

Entre estes últimos contam-se essencialmente restos de organismos marinhos, estando representados os grupos mais comuns no Miocénico da região, tais como os moluscos (bivalves e gastrópodes), briozoários, crustáceos (decápodes e cirrípedes), equinodermes (equinóides) e vertebrados (peixes ósseos e cartilagíneos e mamíferos marinhos), embora também se tenham incluído macrorrestos de plantas terrestres e alguns microfósseis (foraminíferos e ostracodos).

Além dos materiais geológicos e paleontológicos, a maleta inclui também algumas ferramentas adicionais, susceptíveis de auxiliar na observação e interpretação desses objectos (como a lupa e o ácido clorídrico) ou na compreensão de conceitos mais abstractos (como a Escala do Tempo Geológico).

As lupas incluídas na maleta têm o propósito de auxiliar na observação de exemplares de pequenas dimensões, difíceis de ver a olho nu, como é o caso dos microfósseis, dos fragmentos de colónias de briozoários, de algumas partes de crustáceos e dos dentes de peixes.

O ácido clorídrico diluído serve para auxiliar na identificação das rochas carbonatadas, graças à distinta efervescência que provoca quando em contacto com o carbonato de cálcio que estas contêm.

Embora de crucial importância, a noção da magnitude do tempo geológico, medido em milhões de anos, é um dos conceitos mais difíceis de transmitir no âmbito da Geologia, pelo que a inclusão na maleta de uma Escala do Tempo Geológico, elaborada em proporção, pretende auxiliar na sua compreensão.

GUIÃO DO UTILIZADOR

Profusamente ilustrado com fotografias e desenhos, o Guião do Utilizador que acompanha a maleta tem como função introduzir uma série de conceitos de temática geológica e paleontológica, essenciais à compreensão dos fósseis de Almada, em geral, e dos materiais incluídos na maleta, em particular (Fig. 2).

Além do tratamento dado a diversos conteúdos de cariz geológico e paleontológico, organizados por diversas unidades distribuídas em quatro partes distintas (ver adiante), o Guião do Utilizador remete igualmente para a observação detalhada dos materiais da maleta, através da proposta de uma série de exercícios práticos que visam aplicar os conhecimentos transmitidos.



FIGURA 2. *Maqueta do Guião do Utilizador.*

A utilização da maleta beneficia da consulta prévia, ou simultânea, do Guião do Utilizador, o qual proporciona o devido enquadramento teórico aos tópicos abordados e ilustrados pelos materiais da maleta. Do mesmo modo, a quantidade de informação contida no guião permite que este funcione, por si só, como um manual infanto-juvenil sobre os fósseis de Almada, independentemente da possibilidade de observação da maleta.

FICHAS DE ACTIVIDADES

Considerando que alguns dos tópicos tratados no Guião do Utilizador, de teor mais abstracto, não têm exemplificação directa entre os materiais da maleta, foram anexadas ao referido guião uma série de Fichas de Actividades que permitem testar e/ou aplicar esses conhecimentos mais teóricos (Fig. 3).

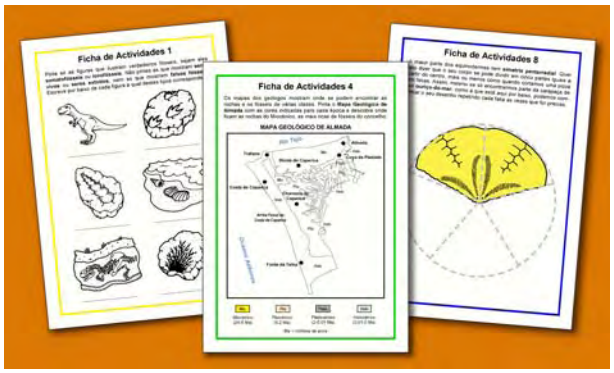


FIGURA 3. *Maquetas das Fichas de Actividades.*

Uma vez que cada Ficha de Actividades está associada a uma unidade de trabalho específica, a sua resolução depende da consulta prévia do Guião do Utilizador. Em regra, a cada unidade corresponde uma Ficha de Actividades, com excepção de uma única unidade, que tem uma ficha dividida em duas partes.

Estas fichas têm graus de dificuldade distintos, estando individualmente validadas para grupos etários e/ou níveis escolares específicos. A selecção das fichas a utilizar deve ser avaliada caso a caso, de acordo com os propósitos a atingir.

GUIÃO DO PROFESSOR

O Guião do Professor tem o intuito de orientar o professor/monitor no desenvolvimento das várias componentes do projecto, explicando a organização dos conteúdos (ver adiante) e tratando com mais pormenor alguns dos tópicos tratados no Guião do Utilizador.

No Guião do Professor discriminam-se igualmente os principais conceitos a reter em cada unidade e quais os objectivos dos exercícios e fichas de actividades que lhes correspondem, apresentando-se ainda as soluções desses mesmos exercícios e fichas.

ORGANIZAÇÃO DE CONTEÚDOS

Os conteúdos do projecto estão organizados em quatro partes, comuns às várias componentes acima enumeradas. Cada uma das partes encontra-se identificada, nas várias componentes, pelo mesmo código de cores, permitindo assim relacionar, de forma mais directa, os conteúdos tratados na Maleta de Fósseis, Guião do Utilizador, Fichas de Actividades e Guião do Professor.

Cada uma das partes, por sua vez, subdivide-se em várias unidades de trabalho, tratadas como capítulos independentes no Guião do Utilizador.

Na Tabela 1 esquematiza-se a organização dos conteúdos do projecto, discriminando-se as várias unidades abarcadas em cada uma das partes que, de forma resumida, tratam dos seguintes tópicos:

- **Parte 1 - Introdução aos fósseis:** conceito de fóssil, tipos de fósseis, processo de fossilização e modos de fossilização.
- **Parte 2 - Introdução às rochas:** tipos de rochas, rochas sedimentares, ambientes de sedimentação, rochas de Almada e suas idades.
- **Parte 3 - Fósseis de Almada:** diversidade taxonómica, grupos representados, utilidade dos fósseis e reconstituição de paleoambientes.
- **Parte 4 - Património e conservação:** conceito de património paleontológico, importância dos fósseis e jazidas de Almada, ética de colheita.

Embora cada uma das partes possa ser tratada individualmente, o utilizador da maleta beneficiará, sem dúvida, do tratamento sequencial de todas as partes, especialmente no que diz respeito à quarta e última, de carácter mais abrangente.

UTILIZAÇÃO DA MALETA

A Maleta de Fósseis de Almada tem vindo a funcionar desde 2008, tendo sido largamente testada em contexto escolar, desde o 1º ciclo ao Secundário, mas também com alguns grupos de adultos.

Utilizada de forma itinerante, tem visitado escolas e instituições em diversos âmbitos, sendo a observação da maleta frequentemente acompanhada de apresentações sobre as rochas e fósseis de Almada (Fig. 4).



FIGURA 4. *Sessões de apresentação da Maleta de Fósseis.*

A Maleta de Fósseis de Almada consiste assim num recurso apropriado pela comunidade educativa, tendo sido também incorporada no projecto municipal "Agenda 21 da Criança". Um dos resultados da sua utilização neste contexto foi a produção de um "Manual de Rochas e Fósseis feito por crianças".

Sempre que possível, a apresentação da maleta é ainda complementada com visitas e saídas de campo a locais de interesse geológico de Almada, que permitem visualizar as rochas e fósseis em contexto geológico.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento do projecto da Maleta de Fósseis de Almada contou, nas suas fases iniciais, com a colaboração do Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, que contribuiu através da revisão de conteúdos e cedência de imagens e materiais.

BIBLIOGRAFIA

Antunes, M.T. (1986): Sobre a história da Paleontologia em Portugal. In: *História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal. II volume.* Publicações do II Centenário da Acad. Ciências de Lisboa, 773-814.

Antunes, M.T. (1992): Sobre a história da Paleontologia em Portugal (*ca.* 1919-1980). In: *História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal no séc. XX. Volume II.* Publicações do II Centenário da Acad. Ciências de Lisboa, 1003-1026.

CMA (2008): *Opções do Plano 2008*. Câmara Municipal de Almada, 199 pp.

CMA (2009): *Opções do Plano 2009*. Câmara Municipal de Almada, 213 pp.

CMA (2010): *Almada +, Opções do Plano e Orçamento 2010*. Câmara Municipal de Almada, 95 pp.

Estevens, M.; Legoinha, P.; Sousa, L. e Pais, J. (1999): Património Paleontológico do Miocénico da Península de Setúbal. In: *I Seminário sobre o Património Geológico Português*, Instituto Geológico e Mineiro, Alfragide, 10 p.

Estevens, M.; Dionísio, S.; Ataíde, D. e Freitas, C. (2010): A divulgação da Geologia no âmbito da estratégia de educação e sensibilização ambiental da Câmara Municipal de Almada. In: *VIII Congresso Nacional de Geologia*, *e-Terra - Revista Electrónica de Ciências da Terra* (em publicação)

Pais, J.; Legoinha, P. e Estevens, M. (2008): Património paleontológico do Concelho de Almada. In: *A Terra - Conflitos e Ordem: homenagem ao Prof. António Ferreira Soares.* (P. Callapez, R.B. Rocha, J.F. Marques, L.S. Cunha e P.M. Dinis, eds.). Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, Coimbra, 143-158.

Parte	Unidades	Páginas do Guião do Utilizador	Fichas de Actividades	Gavetas da Maleta de Fósseis	Pontos do Guião do Professor
1 Introdução aos fósseis	O que são os fósseis?	6-7	1	1	4.1.1
	Como se formam os fósseis?	8-9	2	1	4.1.2
2 Introdução às rochas	Onde se encontram os fósseis?	10-11	3	2	4.2.1
	As rochas de Almada	12-13	4	2	4.2.2
3 Fósseis de Almada	Fósseis de Almada	14-15	5	3, 4 e 5	4.3.1
	Microfósseis e plantas	16-17	6	4	4.3.2
	Coraliários e briozoários	18-19	7	4	4.3.3
	Crustáceos e equinodermes	20-21	8	4	4.3.4
	Moluscos	22-23	9	3	4.3.5
	Peixes	24-25	10	5	4.3.6
	Répteis e mamíferos	26-27	11	5	4.3.7
	Almada (muito) velha	28-29	12.1 e 12.2	3, 4 e 5	4.3.8
4 Património e conservação	Fósseis e sítios importantes	30-31	13	3, 4 e 5	4.4.1
	Vamos procurar fósseis?	32-33	14	3	4.4.2

TABELA 1. *Organização de conteúdos da Maleta de Fósseis de Almada e respectivos Guião do Utilizador e Guião do Professor.*

Patrimonio paleontológico en las provincias de León y Palencia: estado de la cuestión

Paleontological Heritage in Palencia and Leon provinces: state of the art

E. Fernández-Martínez[1] y I. Fuertes-Gutiérrez[2]

1 Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León. Campus de Vegazana s/n. 24071 León. e.fernandez@unileon.es
2 Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León. Campus de Vegazana s/n. 24071 León. ifueg@unileon.es

Resumen: Las provincias de León y Palencia poseen una importante riqueza paleontológica. Ambas pertenecen a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, donde no se ha desarrollado ninguna normativa de gestión y conservación del patrimonio paleontológico. Un reciente inventario de lugares de interés geológico realizado en ambas provincias recoge varios yacimientos paleontológicos relevantes. En este trabajo se resume la situación actual, la problemática y el estado de conservación de este patrimonio.

Palabras clave: Lugar de interés geológico, patrimonio paleontológico, inventario, León, Palencia.

Abstract: *The Spanish provinces of Leon and Palencia have an important palaeontological richness. Both territories are part of the autonomous region of Castile and Leon. In this administrative area, no legislation about management and conservation of palaeontological heritage has been developed up to now. An inventory of geosites was recently made up for each province. These documents include several relevant palaeontological outcrops. In this contribution we summarize the present situation, problematic and conservation status of this heritage.*

Key words: *Geosite, Palaeontological heritage, inventory, León, Palencia.*

INTRODUCCIÓN

Durante el año 2008, y a petición de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Castilla y León, se realizó el primer inventario exhaustivo de lugares de interés geológico (LIGs) de dicha comunidad autónoma. Fue realizado por el Grupo de Patrimonio Geológico de la Universidad de León y centró su primera fase en las provincias de León y Palencia. Como resultado de este proyecto se inventariaron 97 LIGs en León y 30 en Palencia. Estos LIGs fueron catalogados en 5 clases de acuerdo a su tipología (punto, sección, área, área compleja y mirador) y en 7 categorías en función de su interés principal, entre los que se encuentra el interés paleontológico. Los resultados principales del trabajo pueden consultarse en Fernández-Martínez y Fuertes Gutiérrez, 2009a, b y en Fuertes Gutiérrez y Fernández-Martínez (en prensa).

En la provincia de León, el número de LIGs de interés paleontológico fue de 10 (10,3% del total), aunque otros 7 compartieron este interés con el tectónico o el estratigráfico (Fig. 1, Tabla I). En Palencia, los yacimientos con fósiles catalogados fueron 5 (16,6% del total) (Fig. 2, Tabla II).

La elaboración de este inventario puso de manifiesto una compleja problemática relacionada con la gestión y conservación de los yacimientos paleontológicos en Castilla y León. El presente trabajo tiene por finalidad exponer los resultados de dicho inventario en relación con el patrimonio paleontológico y dar a conocer la problemática y estado de conservación actual de los yacimientos inventariados.

ANTECEDENTES

La Comunidad Autónoma de Castilla y León carece de una normativa referida a aquellos yacimientos paleontológicos y fósiles que no estan relacionados con la historia de nuestra especie. Durante unos años, el patrimonio paleontológico estuvo nominalmente amparado por la Ley 12/2002, de 11 de julio, de Patrimonio Cultural de Castilla y León, pero debido a la indefinición del patrimonio paleontológico considerado como bien cultural y a la total ausencia de cartas paleontológicas, no se produjo ninguna transcripción de esta ley a la realidad de los yacimientos. El resultado ha sido un estado de abandono total de los mismos, si exceptuamos el importante yacimiento de Atapuerca que está catalogado, de acuerdo con la ley anteriormente citada, como Espacio Cultural del Bien de Interés Cultural "Sierra de Atapuerca" (Burgos).

Paralelamente, el yacimiento de vertebrados de Cerro Pelado forma parte de la Red de Espacios Naturales de Castilla y León con la categoría de Sitio Paleontológico. Se trata, por tanto, de un espacio gestionado desde la administración medioambiental, aunque en este caso es la Diputación de Soria (Medio Ambiente, sección Parques) a quien compete gestionar y conservar este yacimiento.

En estos momentos, y en lo que a normativa autonómica se refiere, se está trabajando en el borrador de la ley autonómica que sustituirá a la actual Ley 8/91 de Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León. En este borrador está prevista la inclusión de los LIGs bajo la figura de Zona Natural de Interés Especial. Dicha figura incluye LIGs con todos los intereses definidos en los citados inventarios provinciales y, por tanto, incluiría los yacimientos paleontológicos, aunque no el patrimonio paleontológico mueble.

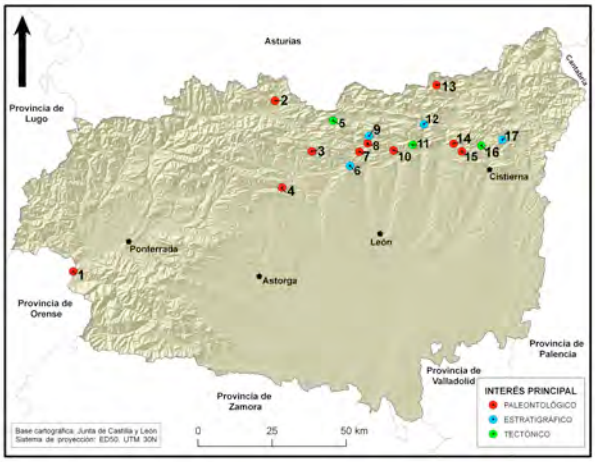


FIGURA 1. *Mapa de la provincia de León mostrando la ubicación de los LIGs con interés paleontológico (rojo) y de otros con interés mixto paleontológico-estratigráfico (azul) y paleontológico-tectónico (verde).*

1	Graptolitos de Salas de la Ribera
2	Carbonífero marino de San Emiliano
3	Trilobites de Los Barrios de Luna
4	Carbonífero continental de Valdesamario e Igüeña
5	Valle de Arbas
6	Carbonífero marino en Olleros de Alba
7	Yacimiento arrecifal en El Millar
8	Yacimiento arrecifal en el Arroyo de El Puerto
9	Estratotipo Grupo La Vid
10	Yacimiento arrecifal en Matallana de Torío
11	Sinclinal de Peña Galicia
12	Estratotipo Fm. Barcaliente
13	Turbera de Fonfría
14	Yacimiento de Adrados
15	Yacimiento de Colle
16	Cabalgamiento del Manto del Esla
17	Siclinal del Aguasalio

TABLA I. *Leyenda numérica de los lugares de interés geológico que aparecen en el mapa de la Figura 1. Leyenda de colores similar a la del mapa.*

En relación con los inventarios previos de yacimientos paleontológicos, éstos se limitan a algunas citas en trabajos generales sobre patrimonio geológico, los cuales pueden consultarse en Fernández-Martínez y Fuertes Gutiérrez, 2009a (provincia de León) y 2009b (provincia de Palencia).

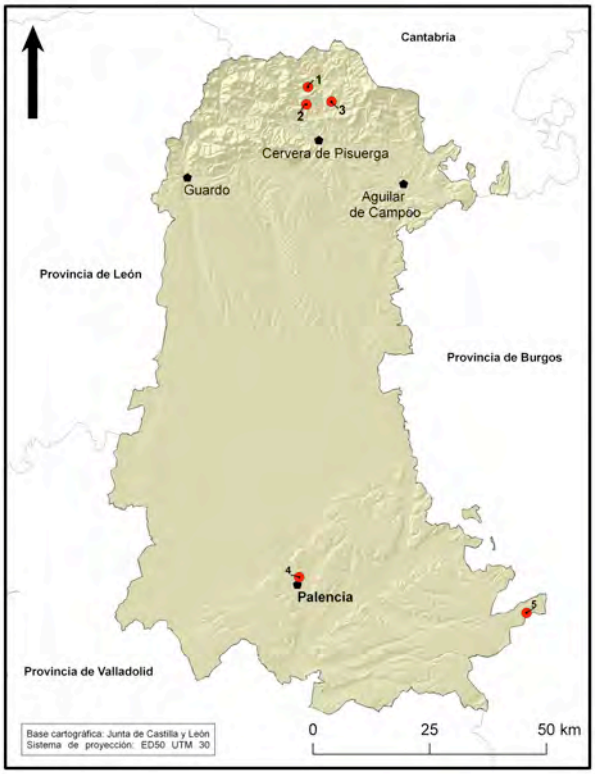


FIGURA 2. *Mapa de la provincia de Palencia mostrando la ubicación de los LIGs con interés paleontológico.*

1	Yacimiento arrecifal en la Cantera de Lebanza
2	Yacimientos de Polentinos
3	*Bosque fósil de Verdeña*
4	Yacimiento de mamíferos de Cerro del Otero
5	Turberas de Espinosa del Cerrato

TABLA II. *Leyenda numérica de los LIGs que aparecen en el mapa de la Figura 2. Todos ellos son de interés eminentemente paleontológico.*

MARCO GEOLÓGICO

La provincia de León comprende cuatro zonas geológicas: Cantábrica, Asturoccidental-leonesa, Centro Ibérica (pertenecientes estas tres al Macizo Ibérico) y Cuenca del Duero. La provincia de Palencia está conformada por rocas pertenecientes a tres regiones: Zona Cantábrica, Cuenca Vasco-Cantábrica y Cuenca del Duero. Los materiales paleozoicos y mesozoicos son mayoritariamente rocas sedimentarias, o metamórficas, de origen eminentemente marino, con la excepción del Carbonífero continental, mientras que los materiales cenozoicos corresponden a rocas sedimentarias continentales.

RESULTADOS

Desde un punto de vista patrimonial y de gestión, los yacimientos inventariados pueden agruparse en cuatro tipos básicos: 1) LIGs de interés paleontológico en rocas sedimentarias marinas (en un unico caso con metamorfismo) del Paleozoico; 2) LIGs de interés paleontológico en rocas sedimentarias continentales del

Carbonífero; 3) Yacimiento de mamíferos miocenos del Cerro del Otero y 4) Turberas cuaternarias.

Los LIGs del tipo 1 son yacimientos extensivos, muy ricos en fósiles de organismos invertebrados marinos, usualmente bentónicos. Los fósiles están bien conservados por permineralización aunque en algunos casos la recristalización ha deteriorado sus estructuras. A menudo corresponden a asociaciones autóctonas o con escaso transporte. Un alto porcentaje de estos yacimientos corresponden a rocas carbonatadas con facies arrecifales y periarrecifales de edad Devónico.

En este grupo destacan algunos yacimientos históricos como el de Colle (Fig. 1, 15; Fig. 3), de donde proceden los "fósiles de Sabero" publicados orginalmente en trabajos de la segunda mitad del siglo XIX. Otro yacimiento relevante es el de trilobites cámbricos de Los Barrios de Luna (Fig. 1, 3), estudiado intensamente desde los años 50 del pasado siglo. Algunos otros son estratotipos de formaciones, como el Yacimiento arrecifal de la Fm. Santa Lucía en el Arroyo de El Puerto (Fig. 1, 8) que ha sido considerado como de interés principal paleontológico por la riqueza, diversidad y magnífica preservación de sus fósiles.



FIGURA 3. *Abuelo y nieto pasean por el histórico yacimiento de Colle (León) mientras buscan y recolectan fósiles, muchos de los cuales aparecen sueltos en las capas margosas de este afloramiento.*

Todos los LIGs de este grupo corresponden a rocas sedimentarias de la Zona Cantábrica, excepto el notable yacimiento de graptolitos de Salas de la Ribera (Fig. 1, 1) que está situado en pizarras metamórficas de la Zona Asturoccidental-leonesa.

Desde un punto de vista patrimonial, estos yacimientos se caracterizan por la total ausencia de protección y el alto grado de deterioro de muchos de ellos (Figs. 3, 4). En la mayoría de los casos, estos lugares no son objeto de ninguna política de gestión ni de conservación, aunque varios de ellos se ubican en espacios naturales protegidos. Al mismo tiempo, su localización es bien conocida por lugareños, aficionados y coleccionistas, hecho que les hace especialmente vulnerables. A modo de ejemplo, se expone el caso del Yacimiento arrecifal de la Fm. Portilla en Matallana de Torío (Fig. 1, 10), donde un cartel situado en una ruta a pie de afloramiento alerta a los visitantes de la presencia de fósiles en la zona. Esta actuación ha conllevado una importante disminución del número, diversidad y calidad de fósiles ligados a este yacimiento, que es frecuentemente visitado por excursiones organizadas por diversas empresas de turismo en la naturaleza y por asociaciones locales. Otros yacimientos, como los ya citados de Colle y Los Barrios de Luna son visitados cada año por numerosos estudiantes y su grado de deterioro ha sido, a pesar del carácter extensivo de estos yacimientos, desmesurado.



FIGURA 4. *Colonia de corales rugosos disphyllidos procedente de la Cantera de Lebanza (Palencia). Esta colonia ha sido extraída de su matriz y, por tanto, no se encuentra ya en el yacimiento.*

Los LIGs de tipo 2 corresponden a capas fosilíferas relacionadas con ciclotemas carboníferos, en los que se encuentran grandes cantidades de fósiles de vegetales en diferentes estados de fosilización y conservación. Una característica común a estos yacimientos es que todos ellos son el resultado de la actividad extractiva de carbón y su origen es, por tanto, antrópico. Debido a la importante actividad minera desarrollada en ambas provincias durante el siglo XX, los yacimientos con paleoflora son muy abundantes, aunque en la actualidad la mayor parte de los fósiles accesibles se localizan en escombreras no revegetadas. En el inventario se han seleccionado dos lugares caracterizados por conservar paredes con marcas de grandes raíces en posición de vida, asociadas a moldes y compresiones de raíces y troncos, en ocasiones de longitud y tamaño notables.

Uno de ellos, denominado *Bosque fósil de Verdeña* (Fig. 2, 3) se encuentra dentro del Parque Natural de Fuentes Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina, perteneciente a la Red de Espacios Naturales de Castilla y León. Dentro de este contexto, el yacimiento se encuentra gestionado como lugar de uso turístico, por lo que se ha realizado una ruta circular de acceso al mismo y una pequeña adecuación del espacio, la cual incluye paneles con información geológica.

Un LIG similar, pero localizado en León, es el de los Yacimientos carboníferos de Valdesamario e Igüeña (Fig. 1, 4). Está formado por dos afloramientos próximos que conservan paredes con abundantes marcas de raíces (Fig. 5), así como moldes de raíces y troncos en ocasiones de gran longitud y tamaño. Al contrario que en el caso de Palencia, en estos yacimientos no se ha puesto en marcha ninguna medida de conservación o gestión. En Valdesamario, a la fragilidad natural ocasionada por la inestabilidad y meteorización de la pared se le une una alta vulnerabilidad debida a la gran facilidad de acceso. Ambos factores han determinado el altísimo deterioro experimentado por el contenido fósile de estas capas en los últimos diez años. Por el contrario, el yacimiento de Igüeña está localizado en una pista minera, muy lejos de zonas concurridas por lo que, aunque es un elemento de cierta fragilidad, su vulnerabilidad es menor y su deterioro acontece a un ritmo más lento.



FIGURA 5. *Vista parcial de una de las paredes de Valdesamario, en la que se observan varias marcas de raíces de gran tamaño, correspondientes a licopodios.*

La categoría 3 está formada por un único LIG, el Yacimiento de mamíferos del Cerro del Otero, situado en las afueras de la localidad de Palencia (Fig. 2, 4). Se trata de un yacimiento histórico de gran valor, que fue excavado principalmente durante la primera mitad del siglo XX, y cuyos fósiles se encuentran actualmente en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid. Hoy en día, el yacimiento como tal está sepultado bajo una montaña de escombros y no puede asegurarse que esté totalmente agotado (Fernández-Martínez et al., en prensa).

La última categoría incluye dos turberas cuaternarias con un innegable interés paleopalinológico, que se une a otros valores naturales como son el botánico y el edafológico. A pesar de que la Turbera de Fonfría (León, Fig. 1, 13) está situada dentro del Parque Regional de Picos de Europa, este lugar carece de medidas de protección y su continuidad se ve amenazada por diversas actividades, principalmente la ganadería no controlada. Por lo que respecta a la turbera palentina (Turberas basófilas semifósiles en Espinosa de Cerrato, Fig. 2, 5), éstas no se encuentran dentro de nigún espacio natural protegido y su amenaza principal, junto a los diversos intentos de extracción de turba, se encuentra en las plantaciones de chopo que ocupan gran parte de su superficie.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La reciente realización de un inventario de LIGs en León y Palencia ha permitido seleccionar diversos yacimientos paleontológicos como parte del patrimonio geológico de estas provincias. Su estudio pone de manifiesto la alta vulnerabilidad de muchos de estos yacimientos que, a pesar de su gran extensión y riqueza, están experimentando un deterioro grave y acelerado. La causa principal de este deterioro es doble. Por un lado, la ausencia de una normativa autonómica al respecto, así como el escaso interés de las administraciones locales y provinciales en proteger y gestionar este patrimonio. Por otro, la creciente demanda social y turística de actividades relacionadas con la naturaleza y el medio ambiente ha incrementado el número de personas que visitan los afloramientos. La falta de concienciación frente al patrimonio paleontológico como recurso no renovable conlleva que, en numerosas ocasiones, estas actividades se realicen de forma no respetuosa con el mismo. En esta situación resulta urgente desarrollar una legislación capaz de afrontar la diferente problemática de los yacimientos de la comunidad autónoma. Estos deberían ser gestionados de distinta manera en función del uso prioritario asignado (científico, docente, turístico…). El nuevo contexto legal debe obligar al desarrollo de mecanismos de control, gestión y seguimiento de estos lugares de interés geológico, estableciendo medidas preventivas, de protección o compensatorias en los casos necesarios.

REFERENCIAS

Fernández-Martínez, E. y Fuertes Gutiérrez I. (Coords.) (2009a): *Lugares de Interés Geológico. León.* DVD de la Fundación Patrimonio Natural, Junta de Castilla y León. ISBN 987-84-692-5657-2.

Fernández-Martínez, E. y Fuertes Gutiérrez I. (Coords.) (2009b): *Lugares de Interés Geológico. Palencia.* DVD de la Fundación Patrimonio Natural, Junta de Castilla y León. ISBN 987-84-692-5657-2.

Fernández-Martínez, E., Fuertes Gutiérrez, I., González Gutiérrez, R.B., Redondo Vega, J.M. y Alonso Herrero, E. (en prensa): Lugares de interés geológico en la provincia de Palencia (noroeste de España): un inventario y varios casos de estudio. En Florido, P. y Rábano, I. (eds.), Una visión multidisciplinar del patrimonio geológico y minero. *Cuadernos del Museo Geominero*, 12. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Fuertes Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. (en prensa): Geosites inventory in the León province (Northwestern Spain): a tool to introduce geoheritage into regional environmental management. *Geoheritage*. DOI: 10.1007/s12371-010-0012-y.

Geoconservação dos sítios de estromatólitos de Nova Campina e Itapeva (São Paulo, Brasil): Primeiros estromatólitos descritos na América do Sul

Geoconservation of the sites of stromatolites from Nova Campina e Itapeva (São Paulo, Brazil): First stromatolites described in South America

W. Sallun Filho[1], T. R. Fairchild[2] e D. R. de França[3]

1 Instituto Geológico – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 04301-903 São Paulo, SP, Brasil, wsallun@gmail.com
2 Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil
3 Bolsista Fundap, Curso de Graduação em Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Resumo: Os estromatólitos do Grupo Itaiacoca são importantes sítios de ocorrência de estromatólitos proterozóicos no Brasil. Na região de Nova Campina e Itapeva, sul do Estado de São Paulo, situam-se diversas localidades de ocorrência de estromatólitos na Faixa Itaiacoca. Historicamente foi F.F.M. de Almeida quem descreveu, em 1944, pela primeira vez, um fóssil pré-cambriano no Brasil, em dolomitos da "Série Assunguí" e denominou de *Collenia itapevensis*. Até hoje representam os fósseis mais antigos no Estado de São Paulo. Por estas razões a criação de um monumento natural irá colaborar com a geoconservação deste importante sítio geológico e paleontológico brasileiro.

Palavras-chave: Estromatólito, Grupo Itaiacoca, Pré-Cambriano, Proterozoico, Geoconservação.

Abstract: *The stromatolites Group Itaiacoca are important sites of occurrence of Proterozoic stromatolites in Brazil. In the region of Nova Campina and Itapeva, southern São Paulo, lie several localities of occurrence of stromatolites in Itaiacoca belt. Historically it was F.F.M. de Almeida who described in 1944, at the first time a Precambrian fossil in Brazil in dolomites of the "Assungui Series" and called of Collenia itapevensis. They remain the oldest fossils known in the state of São Paulo. For those reasons the creation of a natural monument will be collaborate with the geoconservation of this important geological and paleontological site.*

Key words: *Stromatolite, Itaiacoca Group, Precambrian, Proterozoic, Geoconservation.*

INTRODUÇÃO

Estromatólitos são estruturas biossedimentares originadas por atividade microbiana que ocorrem desde o Arqueano até hoje, sendo mais abundantes nas sequências carbonáticas proterozoicas. Os primeiros estromatólitos foram descritos na primeira parte do século 19, mas o termo só foi criado no início do século 20 a partir das palavras gregas *stroma* (manta, tapete) e *lithos* (pedra). Os estromatólitos estão entre as mais antigas evidências de vida em nosso planeta. No Brasil ocorrem em diversas unidades proterozoicas, principalmente no Cráton do São Francisco e nas faixas dobradas associadas a este cráton, bem como nas faixas Paraguai e Ribeira.

Nos estados de São Paulo e Paraná (Brasil), o Grupo Itaiacoca apresenta importantes ocorrências de estromatólitos proterozoicos e, portanto, de registros da vida pré-cambriana do Brasil. Na região de Nova Campina e Itapeva, no sul do Estado de São Paulo, situam-se diversas localidades clássicas de estromatólitos no Grupo Itaiacoca, alvos de vários estudos. Estes estudos iniciaram em 1944, quando Fernando Flávio Marques de Almeida descreveu, pela primeira vez, um fóssil pré-cambriano no Brasil e possivelmente na América do Sul (Fig. 1). Nenhum dos locais de ocorrência de estromatólitos no Grupo Itaiacoca está protegido. Ao contrário, situam-se em grande parte em área de mineração, áreas em risco de degradação e até de desaparecimento.



FIGURA 1. *"Collenia Itapevensis". Reprodução da Figura I, Estampa IV de Almeida (1944).*

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de preservação de três afloramentos. Propõe-se para o afloramento principal, situado próximo à cidade de Nova Campina, uma proteção mais efetiva, por sua importância histórica, pois é um dos locais onde

Almeida descreveu estromatólitos em 1944, e por situar-se em local de fácil acesso, fora de área de mineração.

LOCALIZAÇÃO

Os três afloramentos localizam-se nos municípios de Nova Campina e Itapeva, sul do Estado de São Paulo, a cerca de 350 km da capital. Na região foram descritas nove ocorrências de estromatólitos (Sallun Filho, 1999). Foram selecionadas para preservação as três ocorrências mais representativas das formas distintas de estromatólitos presentes no Grupo Itaiacoca. Uma delas foi eleita o afloramento principal, onde a preservação deverá se dar de forma mais efetiva, e os outros dois são afloramentos de referência, que, também, deverão ser preservados, pelo menos em parte: Afloramento principal em Nova Campina (24°08'51,3"S/48°55'20,7"W), Pedreira Indumine em Nova Campina (24°08'11,5"S/48°51'49"W) e Pedreira Lavrinhas em Itapeva (24°05'55,9"S/48°48'39,9"W).

HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DAS DESCOBERTAS

A primeira descrição de fósseis pré-cambrianos no Brasil e na América do Sul foi de Almeida (1944) que identificou estromatólitos em dolomitos da "Série Assunguí" e denominou de *Collenia itapevensis*. Naquela época, estromatólitos não eram muito conhecidos mundialmente e em toda a década de 1940 foram publicados apenas 11 trabalhos contendo a palavra "estromatólito" no título (Riding, 1999). O próprio trabalho de Almeida (1944) não consta dessa lista, pois a palavra "estromatólito" não aparece nem no título nem no texto. Isto ilustra o estado incipiente do estudo de estromatólitos nesta data e demonstra a importância dessa descoberta (Fairchild & Sallun Filho, 2004). O estudo de estromatólitos do Grupo Itaiacoca prosseguiu com Almeida (1957), que estendeu o conhecimento de novas ocorrências de estromatólitos ao longo da continuação da mesma faixa de carbonatos ao sul de Itapeva até localidades no Estado do Paraná.

O estudo de estromatólitos no Grupo Açungui continuou nas décadas seguintes, influenciado pela obra de Almeida. A partir de 1970 ocorreu, mundialmente e no Brasil, um aumento dos estudos de estromatólitos que se tornaram mais detalhados, visando, cada vez mais, à classificação taxonômica, tentativas de correlação e a bioestratigrafia, bem como interpretações paleoambientais e paleogeográficas.

Fairchild (1977) reestudou os estromatólitos na região ao sul de Itapeva, nas localidades descritas por Almeida (1944), e reconheceu em *Collenia itapevensis* pelo menos duas formas distintas de estromatólitos colunares. O próprio Almeida, em sua descrição original, já citara e ilustrara ampla variedade morfológica de *Collenia itapavensis*, desde formas dômicas a cônicas. Nessas formas cônicas, Fairchild (1977) identificou características típicas do grupo *Conophyton*, com maior semelhança à forma *Conophyton garganicum*, conhecida, mundo a fora, do Neoproterozoico inferior e Mesoproterozoico. A outra forma é ramificada, apresenta contorno transversal alongado, laminação até muito convexa, colunas próximas, sem conexões laterais (pontes) e com margens lisas, comumente destacadas por uma fina zona escura.

Sallun Filho (1999, 2004) confirmou a presença de Conophyton, como principal componente dos bioermas da região e distinguiu mais quatro formas associadas, chamando de Forma 2, o morfotipo não coniforme identificado por Fairchild (1977).

CONTEXTO GEOLÓGICO

O Grupo Itaiacoca faz parte de uma faixa de dobramentos que se estende NE-SW, desde a região entre Guapiara e Itapeva (SP) até Itaiacoca (PR), dentro do contexto maior da Faixa Ribeira, no Sudeste do Brasil. Os limites do Grupo Itaiacoca a noroeste e a sudeste se dão com complexos graníticos (Neoproterozoico superior- Eopaleozoico), e a nordeste e sudoeste com as rochas sedimentares paleozoicas da Bacia do Paraná.

Possui grande variedade litológica e engloba uma seqüência de rochas vulcânicas, siliciclásticas e carbonáticas. Uma estratigrafia regional fina para o grupo ainda não existe devido às complicações estruturais, grande variação faciológica, relativamente baixo número de dados geocronológicos e falta de bons marcos estratigráficos regionais e de fósseis morfologicamente distintos, exceção feita talvez à presença de estromatólitos coniformes em diversas localidades. A deformação afetou, ainda, os estromatólitos, em maior ou em menor grau, chegando, em alguns casos, a obliterá-los (Sallun Filho et al., 2005).

A idade do Grupo Itaiacoca ainda é assunto controverso. Até o momento, não há uma idade precisa para a sedimentação do Grupo Itaiacoca. Siga Jr. et al. (2006) obtiveram idades de 934±36 Ma pelo método U/Pb em rochas metabásicas do Grupo Itaiacoca no Estado do Paraná. A partir destas idades sugeriram que poderiam existir duas unidades distintas, a mais antiga, composta de rochas carbonáticas e metabásicas com idades entre 1000 e 900 Ma, e outra mais jovem, composta de rochas metavulcanossedimentares, entre 636 e 628 Ma de idade, cujo vulcanismo teria sido associado ao arco magmático responsável pela colocação dos corpos graníticos.

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

O afloramento principal de Nova Campina é constituído por dois cortes pequenos na margem da Estrada Municipal Itapeva-Grupo Orsa, que constituem antigas pedreiras desenvolvidas em metadolomitos, sem acamamento aparente, de cor cinza claro, agora amarelados pelo intemperismo ou cobertos de limo. Esta

é a mais importante das localidades descritas por Almeida (1944), que denominou-a de "local. n° 1", situado "a 3 quilômetros no rumo 35°SW da vila Campina dos Veados" (atual Nova Campina), pois continha as estruturas mais bem preservadas por ele estudadas. Toda a extensão dos dois cortes é constituída quase que totalmente por estromatólitos de formas colunares não-cônicas (Fig. 2). Os estromatólitos observados aqui se assemelham a estromatólitos observados na Pedreira Lavrinhas. Deste local provêm os espécimes-tipo depositados nas coleções do Instituto de Geociências da USP, Instituto Geológico-SMA e DNPM no Rio de Janeiro.



FIGURA 2. *Estromatólitos colunares no Afloramento de Nova Campina.*

A Pedreira Indumine atualmente apresenta as melhores exposições de estromatólitos em toda a região. Aberta por volta da década de 1950, não chegou ao conhecimento de Almeida quando do trabalho pioneiro. É uma pedreira ativa de várias bancadas, aproximadamente 6 km a NE do afloramento de Nova Campina e 6 km a SW da Pedreira Lavrinhas. Nesta pedreira ocorrem metacalcários cinza escuros a negros, argilosos e foliados, muito distintos dos metadolomitos claros das outras localidades. A pedreira explora justamente o metacalcário estromatolítico, quase que totalmente composto por *Conophyton*. Este corpo calcário se estende além da pedreira por quilômetros de extensão e algumas dezenas de metros de largura, limitado em ambos os lados por filitos, representa um grande bioerma. Nas bancadas mais altas neste afloramento, o intemperismo ressalta os estromatólitos, facilitando a observação (Fig. 3). Em superfícies frescas na frente de lavra é de difícil visualização. Os estromatólitos foram deformados dúctil e ruptilmente, sem, no entanto, destruir a laminação estromatolítica. As margens e as formas das colunas, contudo, foram afetadas significativamente (Sallun Filho et al., 2005) e as colunas, originalmente retas, encontram-se inclinadas.

A Pedreira Lavrinhas é composta por uma frente principal ativa e diversas frentes abandonadas, onde justamente ocorrem os fósseis. Estas frentes são constituídas quase que totalmente por estromatólitos (bioermas) do tipo *Conophyton* e outras formas colunares não-cônicas (Fairchild, 1977). Corresponde à segunda ocorrência de Almeida (1944) – os "sítios Boa Vista e Lavrinhas". A frente ativa da Pedreira Lavrinhas é composta de metadolomitos estratificados com intercalações de margas e não possui estromatólitos. Algumas dezenas de metros a sul e sudeste desta área existem frentes abandonadas, quase encostadas umas nas outras, que, conjuntamente, constituem o sítio de referência II, pois todas exibem estromatólitos. A frente principal, pequena e abandonada, é composta por metadolomitos cinza claros, estromatolíticos na maior parte, bastante fraturados e com acamamento pouco evidente. Atualmente é muito difícil ver as estruturas estromatolíticas nesta pedreira porque a pequena quantidade de matéria orgânica que parece ressaltar a laminação original vem se oxidando, restando poucas boas exposições. Os estromatólitos ainda visíveis são formas colunares cônicas grandes atribuíveis a *Conophyton*. Ocorrem quase encostados uns nos outros, havendo inclusive coalescência de formas, aparentemente nas margens de bioermas, formando conjuntos decimétricos. Os eixos das colunas estão orientados N20E, com mergulhos de 40° para SW, e o topo normal apontando para NE. Outras duas formas de estromatólitos, menos comuns, também são colunares, porém são menores (centimétricos) e sua laminação pode ser muito convexa a parabólica, mas não chega a ser cônica. São ramificados e possuem contornos transversais alongados e destacam-se pelos limites bruscos e o paralelismo das colunas, que, por sinal, são muito próximas entre si.



FIGURA 3. *Estromatólitos colunares deformados na Pedreira Indumine.*

PROPOSTAS DE PROTEÇÃO

Hoje, nenhum dos três afloramentos do sítio encontra-se protegido. O afloramento principal não apresenta risco eminente de degradação, porém está englobado por dois títulos minerários. Os dois afloramentos de referência, Indumine e Lavrinhas, encontram-se dentro de áreas de minerações ativas. Em Indumine a situação é mais problemática, pois são os estromatólitos que compõem quase a totalidade da rocha explorada. Já em Lavrinhas a frente ativa não contém fósseis. Porém, o avanço desta frente deve atingir num

futuro próximo as frentes abandonadas onde ocorrem importante registro de estromatólitos.

O projeto em andamento propõe a criação de um "Monumento Natural Estromatólitos de Nova Campina", no local do afloramento principal. Este projeto está sendo desenvolvido em parceria com a Prefeitura Municipal de Nova Campina e a empresa proprietária de terra. Para transformar o local em Monumento Natural a área deverá ser decretada como tal. Posteriormente, deverá passar por adaptações para poder atender ao público visitante, como retirada de lixo, rochas soltas e limpeza do corte, seguida de envernizamento de locais selecionados para realçar os estromatólitos e facilitar sua melhor visualização e proteção. Em etapa posterior serão implantadas placas indicativas do sítio ao longo da estrada e painéis explicativos no local do sítio. O local ainda constitui uma área com mata preservada (área de reserva legal da empresa proprietária) em uma região onde fragmentos da vegetação nativa são raros e dispersos em meio a extensas áreas de reflorestamento de árvores exóticas para a indústria de papel.

Por outro lado, os dois afloramentos de referências não deverão ser indicados como Monumentos Naturais, pois situam-se dentro de áreas de mineração em atividade, o que poderia inviabilizar a atividade de exploração, iniciada há muitos anos. Propostas de preservação de porções das bancadas abandonadas que contêm os fósseis seriam interessantes pois não prejudicam a exploração e, ao mesmo tempo, resguardam partes do sítio para gerações futuras.

Os municípios envolvidos podem estudar a implementação de museus ou centros de referência. Atividades de ecoturismo que começam a surgir na região podem fazer uso do sítio com um atrativo. O material de divulgação e os painéis explicativos estão prontos e poderão ser utilizados em atividades nas escolas nos municípios envolvidos.

Estes sítios encontram-se listados na Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP (Sallun Filho et al., 2010). Nesta proposta também foi elaborado um texto de linguagem popular, disponível em http://vsites.unb.br/ig/sigep/sitio049/sitio049_Estromatolitos_NovaCampina_Itapeva_SP.pdf, pois se acedita que o conhecimento destes fósseis podem facilitar sua preservação.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento das pesquisas. Ao Instituto Geológico (SMA/SP) e ao Instituto de Geociências – USP, pelo apoio às pesquisas.

BIBLIOGRAFIA

Almeida, F. F. M. de (1944): *Collenia itapevensis sp. n.* - um fóssil pré-cambriano do Estado de São Paulo. Bol. *Fac. Fil. Ciências e Letras, Univ. de São Paulo*. XLV, Geologia **1**: 89-106.

Almeida, F. F. M. de (1957): Novas ocorrências de fósseis no pré-cambriano brasileiro. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, **29**: 63-72.

Fairchild, T. R. (1977): *Conophyton* and other columnar stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group near Itapeva, SP, Brazil. *In*: SBG, Simp. Regional Geol., I, São Paulo, Atas, p. 179-198.

Fairchild, T. R. e Sallun Filho, W. (2004): *Collenia itapevensis*, o primeiro fóssil pré-cambriano brasileiro e sua importância no estudo de estromatólitos no Brasil. *In*: (Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R. e Brito Neves, B. B. eds.) *Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, São Paulo. p. 177-186.

Riding, R. (1999): The term stromatolite: towards na essential definition. *Lethaia*, **32**: 321-330.

Sallun Filho, W. (1999): Análise dos estromatólitos do Grupo Itaiacoca (Proterozoico), ao sul de Itapeva, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 126 p.

Sallun Filho, W. e Fairchild, T. R. (2004): Estromatólitos do Grupo Itaiacoca ao sul de Itapeva, SP. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**(3): 359-370.

Sallun Filho, W., Campanha, G. A. da C. e Fairchild, T. R. (2005): Aspectos deformacionais em estromatólitos do Grupo Itaiacoca, a sul de Itapeva (SP). *Revista Brasileira de Geociências*, **35**(3): 333-340.

Sallun Filho, W., Fairchild, T. R., Almeida, F. F. M. e França, D. R. (2010): Estromatólitos de Nova Campina e Itapeva, SP - Primeiros estromatólitos descritos na América do Sul. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Souza, C. R. G., Fernandes, A. C. S., Berbert-Born, M., Sallun Filho, W. e Queiroz, E. T. (Org.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, v. 3, p. 1-16. Disponível em: http://www.unb.br/ig/sigep/sitio049/sitio049.pdf.

Siga Jr., O., Basei, M. A. S., Passarelli, C. R., Sato, K., Prazeres Filho, H. J., Cury, L. F., Harara, O. M., Reis Neto, J. M. e Basei, G. B. (2006): Geochronology of the Itaiacoca Belt (Parana - Brazil): Tectonic Implications. *In*: SSAGI, Southamerican Symposium on Isotope Geology, 5, Punta del Este, Short Paper, v. 1, p. 186-189.

Seguindo os passos dos dinossáurios do Mesozóico Português: valor excepcional de jazidas icnológicas a preservar

Tracking dinosaurs in the Portuguese Mesozoic: exceptional track sites to preserve

V. F. Santos[1], F.J.A.S. Barriga[1], A. M. Galopim de Carvalho[1], L. M. Mergulhão[2], C. Monteiro[2], S. C. Silveira[2], M. J. Fernandes[2], J. M. Alho[3] e R. Coelho[4]

1 Museu Nacional de História Natural, Universidade de Lisboa, Rua da Escola Politécnica, 58, 1250-102 Lisboa. Portugal. vsantos@museus.ul.pt, fbarriga@museus.ul.pt, galopim@sapo.pt
2 Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Rua de Santa Marta, 55, 1169-230 Lisboa. Portugal. liasico@gmail.com, monteiroc@icnb.pt, silveiras@icnb.pt, fernandesm@icnb.pt
3 Câmara Municipal de Ourém, Praça do Município, 2490 Ourém. Portugal. jose.alho@mail.cm-ourem.pt
4 Escola EB/S Artur Gonçalves, Av. Sá Carneiro, 2350 Torres Novas. Portugal. rjrcoelho@gmail.com

Resumo: As pegadas de dinossáurios reflectem a anatomia dos seus pés e mãos, e as pistas revelam aspectos da sua locomoção, assim como do seu comportamento individual e social, uma vez que são produzidas durante a vida destes organismos. Em Portugal há jazidas excepcionais que têm contribuído com uma visão dinâmica deste grupo biológico e que merecem ser protegidas, conservadas, valorizadas e divulgadas, porquanto têm, igualmente, o potencial de sensibilizar os cidadãos para a geoconservação.

Palavras-chave: Pegadas, património paleontológico e geoconservção.

Abstract: *Dinosaur tracks show manus and pes anatomy and trackways disclose aspects of locomotion, as well as individual and social behaviours, once they are produced during the life of the animals. Portugal has exceptional dinosaur track sites, which have contributed to a dynamic vision of this biological group. These sites should be protected and integrated in educational programmes and activities because they are proper places to learn Palaeontology and other geosciences, and they have the potential to stimulate public interest and awareness for the preservation of the natural heritage.*

Key words: *Footprints, palaeontological heritage and geoconservation.*

INTRODUÇÃO

Estudos icnológicos realizados em diversos locais de Portugal têm permitido descrever e interpretar um vasto conjunto de pistas de dinossáurios desde o Jurássico Médio ao Cretácico Superior, proporcionando dados relevantes sobre a sua paleobiologia e paleoecologia (e.g. Santos, 2003, 2008). Os dinossáurios ao passarem em zonas lamacentas puderam deixar rastos que reflectem aspectos da sua anatomia e do seu comportamento, permitindo-nos obter uma perspectiva dinâmica destes animais que é impossível conseguir a partir do estudo dos ossos fossilizados.

O Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa (MNHN) tem tido desde 1991 um muito relevante papel nestes estudos, conferindo a justificação para a inclusão de importantes jazidas com pegadas de dinossáurios na rede nacional de áreas protegidas, sob responsabilidade directa do Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB), na gestão do património natural e no seu enquadramento legal. A óbvia contribuição científica deste registo icnológico e a sua singularidade são as razões da classificação de cinco locais como Monumento Natural, em 1996 e 1997: Pedreira do Galinha (Serra de Aire, Ourém – Torres Novas), Avelino (Zambujal, Sesimbra), Pedra da Mua e Lagosteiros (Cabo Espichel, Sesimbra) e Carenque (Sintra).

No âmbito da proposta de candidatura *IDPI – Icnitos de Dinossáurios da Península Ibérica* à Lista de Património Mundial, na categoria património natural, (WHL, UNESCO), as jazidas de Vale de Meios (Alcanede, Santarém), Pedra da Mua e Pedreira do Galinha foram seleccionadas, juntamente com oitos jazidas em Espanha, tendo em conta a sua destacada importância científica (FCPTD, 2009). Actualmente, aguarda-se a decisão da Unesco acerca desta candidatura apresentada por Espanha e Portugal. Tendo em conta os critérios utilizados para a avaliação científica das jazidas com pegadas de dinossáurios, e apesar do valor científico, pedagógico e cultural da jazida de Carenque, esta ocorrência não faz parte da lista dos onze bens propostos, tal como dezenas de outras jazidas em Espanha igualmente importantes. No entanto, todas as jazidas da Península Ibérica valorizam a candidatura IDPI e as pegadas de dinossáurios de Carenque, que foram alvo de uma campanha pioneira na protecção e geoconservação do património paleontológico português, constituem um excelente exemplo de boas práticas ambientais em Portugal, que a UNESCO certamente louvará (Santos e Alho, 2008). A protecção já conseguida, e a sua situação, em plena Grande Lisboa, onde residem mais de 2,5 milhões de

pessoas, faz de Carenque um local privilegiado para musealização do sítio, para o que é preciso continuar a endereçar esforços e encontrar soluções sustentáveis com o envolvimento das autoridades responsáveis e comunidade científica.

RELEVÂNCIA DAS PEGADAS DE DINOSSÁURIOS

As jazidas da Pedreira do Galinha e de Vale de Meios (classificada em 2003, pela Câmara Municipal de Santarém, como Imóvel de Interesse Municipal) são os locais, por excelência, onde se podem observar e interpretar pistas de dinossáurios do Jurássico Médio, um momento que corresponde a uma fase precoce da evolução destes organismos. Estas duas jazidas permitem uma imagem muito mais rica sobre a dinâmica destes animais, completando toda a vasta, mas insuficiente, informação de que dispomos através do estudo dos seus esqueletos, sendo muito grande, por isso, o seu contributo para o progresso da Ciência (e.g. Santos, 2003, 2008; Santos et al., 2008; 2009a,c).

A Jazida da "Pedreira do Galinha", onde se conhecem vinte pistas de saurópodes de diferentes dimensões constitui, claramente, uma importante fonte de informação que contribui significativamente para o estudo dos dinossáurios, e são vários os pontos de interesse a referir: 1) É a jazida com pegadas de saurópodes do Jurássico Médio mais bem conservadas à escala mundial, algumas apresentando mesmo marcas de dedos. Numa das pistas, as impressões das mãos revelam uma estrutura osteológica diferente de todas as até então descritas, revelando, assim, a existência de um saurópode distinto dos até então conhecidos e, por essa razão, novo para a ciência. Actualmente sabemos que saurópodes semelhantes aos do género *Turiasaurus* terão sido responsáveis por alguns dos rastos (Santos et al., 2009a); 2) Estão ali presentes algumas das mais longas pistas de saurópodes conhecidas; 3) Contém algumas das maiores pegadas de saurópodes conhecidas, indicando a passagem de animais de grande porte; 4) Nesta jazida existem algumas pistas apenas com as impressões das mãos, o que permite compreender melhor os fenómenos relacionados com a preservação das pegadas; 5) Na rocha que contém as pegadas também se podem observar pequenos moluscos fósseis associados a estas pegadas, o que permite supor que a fossilização destes moluscos está relacionada com a pressão exercida no solo pela passagem dos dinossáurios de que as pegadas são testemunhos.

Na Jazida de "Vale de Meios" há pistas de terópodes que revelam a presença de dinossáurios carnívoros no Jurássico Médio, com 2 a 3 metros do solo à anca, a deslocarem-se a cerca de 4 a 7 km/h. Também se conhecem pelo menos duas pistas de saurópodes nesta jazida. Os elementos científicos disponíveis até ao momento permitem-nos fazer algumas reflexões que consideramos de interesse para uma correcta apreciação desta jazida: 1) Esta jazida revela centenas de pistas de terópodes de diferentes dimensões que seguiam segundo uma direcção preferencial NW-SE, havendo vários cruzamentos entre elas, nos quais, por vezes, é possível definir-lhes seriação no tempo; 2) O estado de conservação dos icnitos é muito bom, às vezes mesmo esplêndido, permitindo observar aspectos morfológicos dos pés dos terópodes que os produziram; 3) A jazida em análise é a única no país onde é possível realizar estudos aprofundados sobre a presença de terópodes, devido à elevada quantidade e qualidade de icnitos existentes; 4) O elevado número de pistas e a sua excelente conservação vem contribuir, a nível mundial, para melhorar o conhecimento dos dinossáurios terópodes.

Na escarpa sul da baía dos Lagosteiros conhecida como "Pedra da Mua" foram identificadas oito camadas do topo do Jurássico Superior com pistas de dinossáurios. Há aqui diversos aspectos a destacar que contribuíram para um melhor conhecimento dos dinossáurios e justificam o interesse desta ocorrência (e.g. Santos, 2003, 2008): 1) A existência de pegadas de terópodes e saurópodes bem preservadas que indicam aspectos da morfologia dos pés destes dinossáurios, como, por exemplo, o número de garras e a sua orientação; 2) As sete pistas paralelas de pequenos saurópodes indicam que havia comportamento gregário entre estes dinossáurios ainda juvenis. Tinham 1,5 a 1,8 m do solo à anca e estariam a deslocar-se a cerca de 3 a 5 km/h; 3) As três pistas paralelas de grandes saurópodes que seguiam os mais pequenos revelam um outro grupo com indivíduos de maiores dimensões que teriam cerca de 2,8 m do solo à anca e que estariam a deslocar-se a cerca de 3 a 4 km/h; 4) Também as pistas de um saurópode e de um terópode indicam a passagem de dinossáurios coxos, pois deixaram marcadas pegadas com passo irregular.

GEOCONSERVAÇÃO DE PEGADAS DE DINOSSÁURIOS

São vários os locais em Portugal, com pegadas de dinossáurios, reconhecidos como bens naturais de enorme raridade, a conservar, tendo em conta as suas qualidades excepcionais em termos científicos, pedagógicos, culturais e turísticos. Alguns destes locais foram já classificados como Monumento Natural: Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios Ourém – Torres Novas; Monumento Natural de Carenque; Monumento Natural da Pedra da Mua; Monumento Natural dos Lagosteiros; e, Monumento Natural da Pedreira do Avelino. Outras jazidas, como a da Praia Grande do Rodízio, têm protecção conferida pelo Plano de Ordenamento da Área Protegida onde está localizada.

Todos os Monumentos Naturais têm condições especiais para, *in situ*, se ensinar Geologia e Paleontologia e se procurar estimular o interesse do público para a geoconservação de locais excepcionais e insubstituíveis (e.g. Cachão et al., 1999; Galopim de Carvalho, 1994; Santos et al., 2008, 2009b) sendo, por isso, elementos fundamentais na sensibilização para defesa do Património Paleontológico e Geológico. A Pedreira do Galinha é o local onde foi possível, até

agora e com êxito, desenvolver estratégias de valorização e divulgação com a coordenação do ICNB e do MNHN.

Aos aspectos positivos que fazem das jazidas da Pedra da Mua e de Vale de Meios bens naturais de grande valor do Património Paleontológico Português, e até mundial, junta-se o facto de ser relativamente simples a implementação de medidas conducentes à sua valorização e divulgação. A colocação de painéis explicativos no local e a produção de materiais pedagógicos de apoio às visitas autónomas da população interessada serão, numa primeira fase, as medidas a incrementar. Como em qualquer outra parte do mundo é manifesto o interesse das populações por este tipo de testemunhos da história da Terra e da Vida, pelo que é de prever que o investimento aplicado na sua geoconservação, com a musealização *in situ*, acabará por ter repercussão positiva na educação e cultura científica, na formação do cidadão, no plano económico através da sua inclusão em programas de geoturismo e, em particular, nos aspectos ligados à Conservação e Valorização do Património Natural. É realmente compensador contribuir para o sucesso dos alunos de geociências e para a cultura científica do público em geral, uma vez que aprender *in situ* permite compreender melhor vários processos geológicos. Por outro lado, a divulgação do conhecimento científico adquirido ao longo dos anos é um retorno que é devido à sociedade pelo investimento realizado no estudo das jazidas com pegadas de dinossáurios. Assim, e neste sentido, o MNHN e o ICNB desenvolvem um esforço conjunto na criação de condições para contribuir para a divulgação científica, fomentar as visitas a estes locais, quer de escolas quer do público em geral, e para o desenvolvimento de estratégias para a conservação das jazidas.

REFERENCIAS

Cachão, M., Silva, C. M. da, Santos, V. F. e Galopim de Carvalho, A. M. (1999): Paleontological heritage as a driving force for geoconservation: the portuguese experience. In: *Towards the Balanced Management and Conservation of the Geological Heritage in the New Millenium* (D. Barettino, M. Vallejo, e E. Gallego, eds.). Sociedad Geológica de Espanha, Madrid, pp. 398-401.

FCPTD (Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis), Coord. (2009): *Icnitas de dinosaurio de la Península Ibérica, World Heritage Candidacy*. Ministerio de Cultura de España y Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimiento Regional de Portugal, 460 p. (Inédito).

Galopim de Carvalho, A. M. (1994): *Dinossáurios e a batalha de Carenque*. Editorial Notícias, Lisboa, 291 pp.

Santos, V. F. (2003): *Pistas de dinossáurio no Jurássico-Cretácico de Portugal. Considerações paleobiológicas e paleoecológicas*. Tese de Doutoramento, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 365 pp. (Inédito).

Santos, V. F. (2008): *Pegadas de dinossáurios de Portugal*. Museu Nacional de História Natural, Museus da Politécnica, Universidade de Lisboa, 123 pp.

Santos, V. F. e Alho, J. M. (2008): Relatório geral de acompanhamento técnico-científico da proposta de candidatura *Icnitos de Dinossáurios da Península Ibérica* à Lista de Património Mundial (WHL, UNESCO), 16pp.

Santos, V. F., Moratalla, J. J. e Royo-Torres, R. (2009a): New sauropod trackways from the Middle Jurassic of Portugal. *Acta Palaeontologica Polonica*, 54(3): 409-422.

Santos, V. F., Rodrigues, L. A. e Lucas, P. (2009b): Aprender *in situ*. In: *Conferência Internacional Colecções e Museus de Geociências: missão e gestão* (J.M. Brandão, P.M. Callapez, O. Mateus e P. Castro, eds.). Coimbra, Portugal, 5 e 6 de Junho, 2009. *Journal of Paleontological Techniques*, Special Volume, 6: p. 48.

Santos, V. F., Silva, C. Marques da e Rodrigues, L. A. (2008): Dinosaur track sites from Portugal: Scientific and cultural significance. *Oryctos*, 8: 77-88.

Santos, V. F., Rodrigues, L. A., Rodrigues, N. P. C. e Royo-Torres, R. (2009c): Middle Jurassic Theropod tracks from Portugal. In: *Tenth International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems and Biota* (A. Buscalioni e M. Fregenal-Martínez, eds.), Teruel, Spain, September 17-19, 2009, 151-152.

Trilha do Tempo Geológico: maneira lúdica de ensino

Geological Time Trail: playful way of teaching

M.V. Silva[1], E. P. R. de Araujo[2] e E. P. R. de Araujo[3]

1 Aluna Licenciatura em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências, USP, Rua do Lago, 562, Cidade Universitária. 05508-080 São Paulo. Brasil. macoruja@usp.br.
2 Aluno Licenciatura em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, USP, Rua do Lago, 562, Cidade Universitária. 05508-080 São Paulo. Brasil. edu_desenho@bol.com.br.
3 Msc Ensino e História de Ciências da Terra. Universidade de Campinas, UNICAMP. Brasil. elias.araujo@usp.br.

Resumo: A compreensão do tempo geológico gera uma dificuldade muito grande para alunos, e como ensinar este tema para os professores. Para isto, foi planejada esta trilha com os passos delimitados pela escala geológica e assim trazer um entendimento da variabilidade e do espaço entre um evento e outro, terminando com o homem na Terra e sua atuação no ambiente. Com figuras associadas aos principais fatos pretende-se atingir o objetivo que é o ensino de uma maneira didaticamente mais fácil.

Palavras-chave: Geociencias, escala de tempo, material didático, educação básica.

Abstract: *The understanding of geologic time creates a great difficulty for students, and how to teach this subject for teachers. For this, one game was planned with the steps defined by geologic time and thus brings an understanding of variability and the time between one event and another, ending with the man on the Earth and its action on the environment. Events associated with major facts in Earth's history, intended to produce a form of teaching easier.*

Key words: *Geosciences, timescale, materials, basic education.*

INTRODUÇÃO

A necessidade de tratar temas complexos nas escolas brasileiras traz aos professores um problema de como passar os conteúdos de forma que os alunos entendam. Ensinar não é tarefa fácil, exige transformar a linguagem complexa de especialistas em uma de pronto entendimento da população. A tarefa ainda fica mais difícil se o educador tiver a preocupação em não vulgarizar ou deturpar conceitos, proporcionando aos educados a explicação de um fenômeno de maneira coerente e levando a perceberem que isto também é ciência aplicada ao seu dia-a-dia.

A ciência busca entender a natureza, fazer modelos e utilizá-los para aprofundar conceitos. Os temas propostos nos primeiros anos do ensino fundamental, denominado assim no Brasil o ensino de crianças de 6 a 10 anos, englobam a gênese da Terra, principal tema relacionado com a geociência de dimensões complexas com unidade temporal contada em bilhões de anos. As denominadas geociências, linha de ensino que tem o universo como foco, tem aplicação em formações humanísticas, sensibilizando o educando para o Sistema Terra, como um processo que sofre interação entre seus participantes – os seres vivos e meio ambiente . A parte biótica interfere com suas ações nas feições geológicas. Para ter um entendimento de como a Terra funciona a abordagem interdisciplinar deve estar presente.

Na grade curricular do ensino básico no Brasil o tema sobre o planeta Terra é diluído entre várias disciplinas como Geografia, Biologia, Física, Química, proporcionando um saber fragmentado que afeta o entendimento na visão geral. Segundo Piranha e Carneiro (2009), os sistemas educativos têm que contribuir para a formação de pessoas que entendam o lugar onde vivem e percebam sua interação com este lugar.

Na Universidade de São Paulo em seu campus principal na capital do estado de São Paulo/Brasil, há seis anos existe um curso de Licenciatura em Geociências e Meio Ambiente onde o graduando se prepara para ensinar nas escolas brasileiras conceitos sobre geociências, diferente do ensino europeu em que o tema englobado pelas geociências é ensinados nas escolas básicas. Com a diluição ocorrida no Brasil, carecia do educador com a preocupação de que a educação seja a ponte entre os conceitos relacionados com as geociências e os educando das escolas brasileiras. A geologia, biologia, astronomia, física, química, entre outras, e como elas interagem vira objeto de estudo para este curso de graduação colocando no mercado este educador diferenciado.

METODOLOGIA

Na licenciatura existe uma disciplina "Recursos Didáticos para as Geociências" com a discussão de como podemos trabalhar conceitos, principalmente aqueles mais abstratos sobre o Sistema Terra, buscando o entendimento de uma maneira lúdica para o educando. Unida à disciplina de Paleontologia, percebe que o conceito de tempo geológico tem abordagem muito superficial devido à dificuldade encontrada para o educador de mostrar os bilhões de anos da Terra para crianças que o conceito de mais velhos são humanos como a sua família. Carneiro et al., (2004) discute o conceito de tempo geológico seria um dos temas geológicos mais importantes, pois mudanças temporais afetam o planeta e seres vivos.

Pensando nisso, foi proposta para a efetiva compreensão de conceitos uma trilha (Fig. 1) que trabalharia o tempo geológico desde o começo do universo, o surgimento da Terra até a presença do homem nela e como em poucos anos a interferência humana afeta a sustentabilidade do planeta. A idéia de um jogo surgiu justamente da necessidade de prender a atenção da criança para o tema e despertar o interesse, que será trabalhado posteriormente, mas a base se daria de uma forma muito lúdica, apresentando conceitos sem impô-los. A trilha consiste em um tabuleiro com a possibilidade de cinco participantes, autoexplicativa em cada fase do percurso, com ilustrações muito simples mas carregada de significados.

Os desenhos da trilha foram formatados de uma maneira bem lúdica de fácil entendimento dos educando, apresentando as primeiras casas com a história da Terra, mas com a preocupação de mostrar as proporções no que se refere à divisão do tempo geológico. Depois passa a descrever o começo da vida na Terra: as primeiras formas, o surgimento da cobertura vegetal, a separação das placas, o aparecimento do homem, sua presença na Terra e sua interferência na natureza.



FIGURA 1: *Trilha Geológica confeccionada por alunos da Licenciatura em Geociências e Meio Ambiente.*

Com regras simples e de fácil entendimento, inseridas dentro do jogo, precisando apenas de dados e marcadores, que foram especialmente feitos para ela, para ser diversão com aprendizado que produz um conhecimento para a vida inteira. A maneira de ensinar proporcional um começo do entendimento do tema, sem cansar ou fazer os educados decorar a tabela do tempo geológico, mas trazendo a ele uma divisão entre um evento e outro.

RESULTADOS

Como foi desenvolvida para ser um trabalho dentro da disciplina, contava com a efetiva aplicabilidade para a verificação se ela era funcional ou não. Trabalhada com crianças, mostrou-se que ela pode ser um forte aliado ao professor para o ensino. Houve alguma melhora e vários conselhos de docentes de como poderia mudar a linguagem do jogo melhorando a sua aplicabilidade. Para fomentar a discussão entre as pessoas sobre a praticidade da trilham, ela foi apresentada em Feira de Ciências ocorrida no Instituto de Geociencias na universidade, em estagio obrigatório, além de congresso temático no Brasil. O que possibilitou uma interação com escolas, servindo de um bom parâmetro para constatar a aplicabilidade da trilha, perceber que o Tempo Geológico trabalhado desta nas escolas traz algum entendimento.

CONCLUSÃO

Percebeu-se que a forma de ensino carece de meios menos decorativos e mais explicativo para ser entendido. A educação brasileira esta em constante revisão para proporcionar ao educando um entendimento único do lugar em que vive. Que nossas ações afeta o futuro, para que isto não ocorre devemos entender o passado. Verificando a ínfima presença dos humanos como parte do Sistema Terra, a população deve passar a ver com outros olhos suas ações para com a natureza.

O trabalho tem prosseguimento com revisões periódicas e alterações estão sendo formatadas para aplicabilidade em cursos de difusão de ciências que futuramente serão implementadas como trabalhos de futuros pós graduandos no Instituto de Geociencias em conjunto com o Museu de Geociencias para a transmissão de conceitos geológicos muito necessário para o entendimento do sistema Terra a professores e público interessado na compreensão do homem junto a natureza, não separado sem interações na convivência. Esta interação ocorrerá com as geociências vista através de processos geológicos, biológicos, físicos, etc. de uma maneira mais simples e conceitualmente aplicada através de experimentos pensados e confeccionados pelos educadores.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos aos professores que ajudaram na revisão da trilha especialmente ao Professor Paulo C. Boggiani e Professora Denise de La Corte Bacci do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

BIBLIOGRAFIA

Carneiro, C. D. R., Toledo, M. C. M. de e Almeida, F. F. M. de (2004): Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na educação básica. *Revista Brasileira de Geociências,* 34(4): 553-560.

Piranha, J. M. e Carneiro, C. D. R. (2004): O ensino de Geologia como instrumento formador de uma cultura de sustentabilidade. *Revista Brasileira de Geociencias,* 39(1): 129-137.

Paleontologia, Geodiversidade urbana e geoconservação: O exemplo da cidade de Almada (Portugal)

Palaeontology, urban geodiversity and geoconservation: The example of the city of Almada (Portugal)

C. Ventura[1], A. R. Pires[2], M. Ribeiro[3] e C. M. da Silva[2]

1 Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Estrada da Portela Zambujal Alfragide Apartado 7586. 2720-866 Amadora. Portugal.
2 Departamento de Geologia, Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal. a.rita.pires@gmail.com e paleo.carlos@fc.ul.pt.
3 Instituto Hidrográfico. Rua das Trinas, nº 49, 1249-093 Lisboa. Portugal. monica.ribeiro@hidrografico.pt.

Resumo: Actualmente, a maioria da população mundial já vive em cidades, afastada da realidade natural. A geodiversidade e a paleontologia urbana são uma excelente ferramenta para cativar o público citadino para o gosto e o respeito pela Natureza e, consequentemente, para a geoconservação. Das calçadas às telhas dos edifícios e ao vidro das janelas, passando pelo cimento e pelas rochas ornamentais, tudo são materiais geológicos. Almada não é excepção. Vários aspectos paleontológicos interessantes podem ser observados nos elementos construtivos da cidade: somatofósseis de belemnites jurássicas, de rudistas cretácicos e de gastrópodes miocénicos, bem como icnofósseis, túneis, de crustáceos cretácicos.

Palavras-chave: Almada, Paleontologia, Geodiversidade urbana, Fóssil, Somatofóssil, Icnofóssil.

Abstract: *Presently, most of the world's population lives in cities, away from the natural environment. Therefore, urban geodiversity and palaeontology is an excellent tool to captivate the public's attention to Nature and to direct it to geoconservation. Almost all the materials used to construct the city, from the stone used in the causeways to the tiles in the roofs, including the cement and the ornamental stones used in buildings, are geological. The city of Almada is no exception. Several interesting palaeontological aspects may be seen here: somatofóssils (body fossils) of Jurassic belemnites, cretaceous rudist bivalves and Miocene gastropods, as well as ichnofossils (trace fossils), burrows, of cretaceous crustaceans.*

Key words: *Almada, Palaeontology, Urban geodiversity, Fóssil, Somatofossil, Ichnofossil.*

INTRODUÇÃO

Actualmente, o meio urbano é o ambiente mais próximo da maioria da população da Terra, cada vez mais concentrada nas grandes cidades e, como tal, desligada do contacto com o mundo natural.

É na Natureza que os aspectos geológicos do mundo em que vivemos – a Geodiversidade – ocorrem no seu contexto original e em todo o seu esplendor. Contudo, contrariamente ao que à primeira vista poderia parecer, as cidades são também propícias à observação de aspectos da Geodiversidade e, por vezes, consoante o contexto geológico em que foram implantadas, ricas de aspectos paleontológicos. As cidades são construídas sobre um contexto geológico particular e utilizam na sua edificação os materiais geológicos que ocorrem nesse contexto. Por vezes, utilizam também materiais geológicos exóticos.

Das pedras da calçada às telhas dos edifícios e ao vidro das janelas, passando pelos metais, pelo cimento e pelas rochas ornamentais, tudo são materiais geológicos. E essa geologia pode ser observada e interpretada, para benefício do grande público, sem se sair do ambiente citadino. Os exemplos de geodivulgação em meio urbano, nomeadamente a nível nacional, são já numerosos (Silva & Cachão, 1998; Caetano et al., 2003; Caetano et al., 2006; Silva, 2009).



FIGURA 1. "Lisbon, from Fort Almeida [SIC]". Gravura inglesa de 1832 mostrando Almada alcandorada sobre a costeira sobranceira ao rio Tejo. Ao fundo, do outro lado do Rio Tejo, a cidade de Lisboa.

Mais concretamente, no tocante à paleontologia, percursos citadinos ao longo de trajectos de todos os dias, e por isso familiares aos habitantes da urbe, podem ser facilmente convertidos em oportunidades de observação de aspectos da Geodiversidade e de divulgação de elementos paleontológicos ricos de significado patrimonial e cultural (Silva, 2009). Assim, pode levar-se os habitantes da cidade, sem saírem do

seu habitat quotidiano, a compreender a paleontologia e a necessidade da sua preservação, no contexto mais amplo do respeito pela diversidade em geral e pelo equilíbrio dinâmico e frágil entre diversidade natural – geológica e biológica – e cultural (Silva, 2009).

Além do mais, esta paleontologia urbana, porque muito acessível, é um excelente complemento às aulas de Ciências da Natureza (Geologia e Biologia). Ela ocorre, por vezes, dentro dos "muros" da própia escola e, em caso de necessidade, pode constituir uma alternativa possível às saídas de campo convencionais.



FIGURA 2. Fóssil, em corte oblíquo, do rostro do esqueleto interno de uma belemnite jurássica no Fórum Romeu Correia, no centro de Almada.

Almada não é excepção. Aspectos como os referidos existem um pouco por todo o lado, e com base na sua observação e interpretação, reconhecer que existe uma relação entre a história da cidade e a geodiversidade local, transformando o seu ambiente urbano em mais um bom local para a divulgação da geologia e para a sensibilização para a salvaguarda da Natureza.

A GEOLOGIA SOB A CIDADE DE ALMADA

Almada localiza-se no extremo noroeste da Península de Setúbal, na margem esquerda do Rio do Tejo, imediatamente em frente a Lisboa. A cidade está implantada sobre uma costeira sobranceira ao Tejo, sobre formações de idade miocénica com idades numéricas que variam entre os cerca de 18 Ma (Unidade MII de Cotter, Burdigaliano), na base da arriba ribeirinha e os 10 Ma (MVIIab, Tortoniano) no vale da Cova da Piedade. No topo do Monte Pragal, onde está edificado o monumento a Cristo-Rei, as rochas aflorantes têm cerca de 16-13 Ma de idade (Unidade MVbc de Cotter, Langhiano) (Pais et al., 2005).

A costeira de Almada é abrupta e alcantilada a norte, virada para o rio (Fig. 1), e tem a vertente mais suave, onde a cidade de Almada se instalou, virada a sul. A costeira reflecte a estrutura monoclinal da sequência estratigráfica subjacente, pendendo para sul.

A sequência estratigráfica miocénica – muito fossilífera – aflorante na região de Almada e do seu concelho é importante cientificamente não apenas regionalmente, mas também a nível da Europa ocidental. A sequência regista uma parte muito significativa da Série Miocénica e apresenta grande riqueza e diversidade paleontológica, permitindo caracterizar de modo bastante detalhado a evolução paleogeográfica, paleoecológica e paleoclimática da região durante o período de tempo correspondente (Estevens et al., 1999).

As litologias mais frequentes no Miocénico de Almada são os arenitos finos a grosseiros com abundante cimento carbonatado, antes conhecidos como "molassos", os siltes e as argilas. Os "molassos", por vezes muito fossilíferos, foram usados no passado, sobretudo, para o enchimento de paredes e para a construção de muros de alvenaria.

PALEONTOLOGIA URBANA EM ALMADA

Os pontos de observação e os fósseis que neles ocorrem foram escolhidos com o intuito de mostrar alguns exemplos dos diferentes tipos de fósseis e dos fósseis de grupos biológicos variados que se podem encontrar na cidade, dando-se uma breve descrição, de modo o tornar possível o seu uso, nomeadamente, em actividades educativas dirigidas ao Ensino Básico e Secundário.

Pode encontrar-se informação adicional sobre alguns destes locais (e sobre outros) e os seus fósseis "online" em "Fósseis na Cidade: Paleontologia e Geologia urbana em Almada" de Silva (2007).

Belemnites e crinóides jurássicos

No calcário margoso cinzento do muro exterior do Centro Cultural Romeu Correia, na Rua Padre António Vieira, no centro da cidade, é possível observar vários fósseis de rostros de belemnites e de pedúnculos de crinóides.

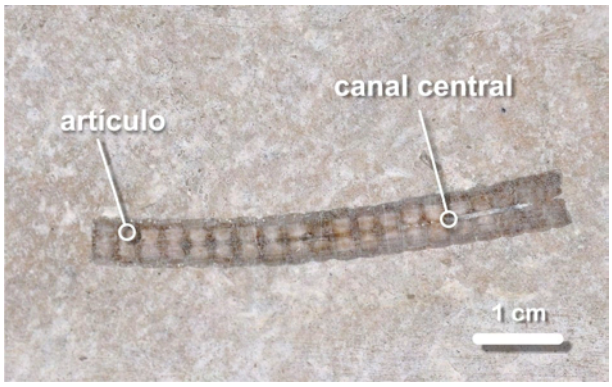


FIGURA 3. Fóssil, em corte longitudinal, do pedúnculo de um crinóide jurássico no Fórum Romeu Correia, no centro de Almada.

A rocha ornamental utilizada para forrar o exterior do Fórum Romeu Correia é provavelmente originária de pedreiras localizadas na Serra dos Candeeiros, na região de Porto de Mós, sendo de idade jurássica média (Dogger).

As belemnites, moluscos cefalópodes coleóides, constituem um grupo biológico extinto. Existiram desde o Devónico (Paleozóico) até finais do Cretácico (mesozóico). Os fósseis do esqueleto interno de belemnites jurássicas podem ser observados aqui. Existem vários exemplos de cortes longitudinais expondo alguns elementos da morfologia interna destas estruturas esqueléticas: o rosto e o alvéolo (Fig. 2).

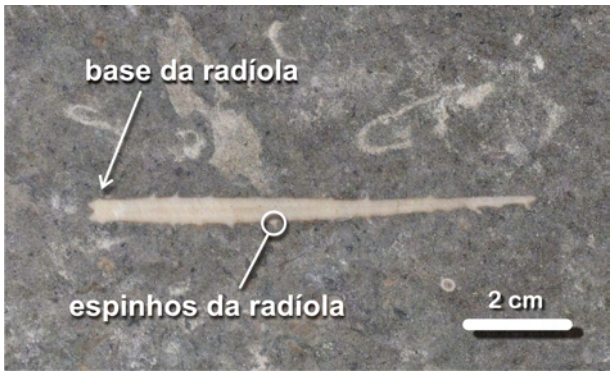


FIGURA 4. Fóssil, em corte transversal, de radíola de equinóide cidaróide no Nº 9 da Rua Rua Mendo Gomes Seabra.

Os crinóides, também conhecidos actualmente como lírios-do-mar, são equinodermes pertencentes à classe Crinoidea. Surgiram no Ordovício e ainda existem nos mares da actualidade. São organismos sésseis, fixando-se ao substrato por meio de um pedúnculo formado pelo empilhamento de inúmeros ossículos, elementos carbonatados do seu esqueleto interno. Podem observar-se troços preservados destes pedúnculos, em cortes longitudinais, em vários locais do Fórum (Fig. 3). Para além dos fósseis de belemnites e de crinóides, nos muros do Fórum Romeu Correia, na Rua D. Francisco Xavier de Noronha, é ainda possível observar alguns exemplos de fósseis de estromatoporóides.

Fósseis de nautilóides e de equinóides jurássicos

No chão da galeria coberta frente ao Nº 9 da Rua Mendo Gomes Seabra, na esquina com a Rua São Salvador da Baía, numa calcário margoso cinzento-escuro, provavelmente de idade jurássica, é possível observar fósseis de conchas de nautilóides com enrolamento espiral plano. Os nautilóides são moluscos cefalópodes. Nestes fósseis distinguem-se os septos procélicos (isto é, com a concavidade dirigida para diante, em direcção ao habitáculo da concha) típicos dos nautilóides e as câmaras por eles definidos.

É ainda possível observar várias radíolas (popularmente conhecidas como "espinhos") muito alongadas de equinóides, de ouriços-do-mar, cidaróides (Fig. 4). Os ouriços-do-mar, tal como os nautilóides, são organismos tipicamente marinhos o que atesta a génese marinha da rocha que inclui estes fósseis.

Fósseis de bivalves rudistas cretácicos

Os rudistas são um grupo de bivalves actualmente extinto. Existiram no Jurássico Superior e no Cretácico. Os seus fósseis são um elemento importante do "Liós" (ou "Lioz"), uma rocha ornamental muito utilizada em Lisboa, nos seus arredores, mas não só.

Liós é a designação industrial dada a calcários cretácicos rosados a avermelhados, microcristalinos, calciclásticos a bioclásticos e mesmo bioedificados que ocorrem na região a norte de Lisboa, da Terrugem (Sintra) a Montemor (Loures), passando por Pêro Pinheiro (Sintra). O lioz e os rudistas que neles ocorrem encontram-se um pouco por todo o lado na cidade. Podem observar-se fósseis de dois tipos básicos de rudistas: rudistas radiolitídeos e caprinídeos. A título de exemplo, na fachada do Nº 63D, na Rua Capitão Leitão, ocorrem bonitos exemplares fossilizados de conchas de rudistas caprinídeos (Fig. 5), com a estrutura interna alveolar da parede bem patente (Silva, 2007).

Na parede do Nº 66 da Rua Capitão Leitão e no seu seguimento na Rua Manuel de Sousa Coutinho, estão patente numerosos exemplares fossilizados de rudistas radiolitídeos em cortes transversais e longitudinais. Em alguns deles é possível observar as valvas dos bivalves em conexão anatómica.

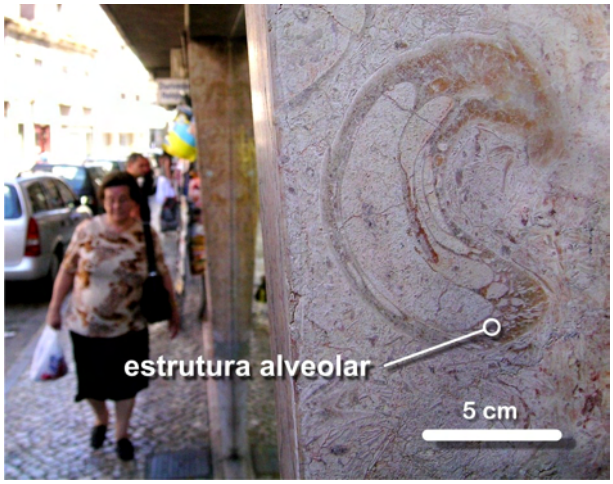


FIGURA 5. Fóssil, em corte oblíquo, da concha de um bivalve rudista caprinídeo, vendo-se a estrutura interna, na Rua Capitão Leitão.

Fósseis de bivalves e de gastrópodes miocénicos

As rochas do Miocénico da região de Almada mais usadas em construção são os arenitos com cimento carbonatado. Estes são frequentemente muito fossilíferos, apresentando sobretudo fósseis de bivalves e de gastrópodes. Mais frequentemente, são encontrados os moldes (internos e externos) das suas conchas aragoníticas. No caso de estruturas originalmente calcíticas – como as conchas dos bivalves pectinídeos e ostreídeos e as carapaças dos equinodermes – encontram-se os seus fósseis mineralizados.

Actualmente, nas zonas mais antigas da cidade, na Rua do Castelo, por exemplo, ainda se encontra este material de construção, exposto em paredes degradadas ou em muros de quintas, constituindo um eloquente exemplo da ligação da cidade à geologia local (Fig. 6).

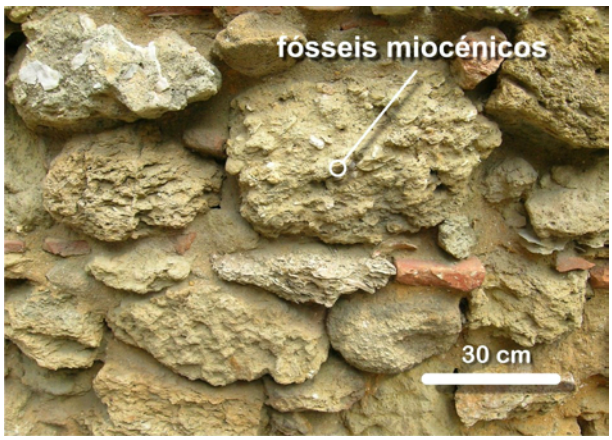


FIGURA 6. Aspecto do enchimento de uma parede com os arenitos fossilíferos miocénicos na Almada velha, na Rua do Castelo.

Somatofósseis e icnofóssseis

Os exemplos mais conhecidos e apelativos de fósseis na cidade correspondem a somatofósseis, isto é, a fósseis de elementos corpóreos, de partes integrantes de organismos do passado (fósseis de conchas, de carapaças e de outros elementos esqueléticos). Um outro tipo de fósseis, quanto à sua génese, são os icnofósseis: vestígios fossilizados de actividade vital de organismos do passado.

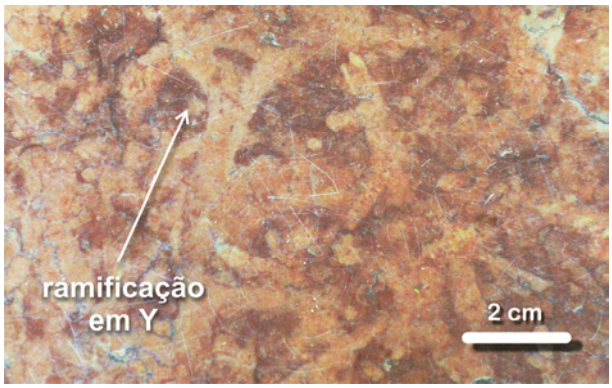


FIGURA 7. Aspecto do enchimento de uma parede com os arenitos fossilíferos Miocénicos na Almada velha, na Rua do Castelo.

Na soleira da porta do Nº 83 da Rua Capitão Leitão, num calcário "Encarnado de Pêro Pinheiro", de idade cretácica, podem ver-se vários exemplos de fósseis de galerias atribuíveis ao icnogénero *Thalassinoides*, com as suas típicas ramificações em Y, segundo ângulos de 120º (Fig. 7). Estas galerias, ou túneis, são escavadas no substrato por crustáceos decápodes do tipo pertencente ao actual género *Callianassa*.

CONCLUSÃO

Na actualidade, a maioria da população mundial vive em cidades, afastada da realidade natural. Assim, a geodiversidade urbana pode e deve ser usada para mobilizar o público citadino para o gosto e o respeito pela Natureza (a geoconservação).

Existem no meio citadino aspectos e elementos geológicos e paleontológicos capazes de cativar a atenção dos seus habitantes e de serem utilizados para a divulgação da geologia e da paleontologia. Assim, a realização de actividades urbanas de observação de fósseis e de aspectos geológicos é uma óptima ferramenta de sensibilização para as questões relacionadas com a Geodiversidade e a sua preservação, para a geoconservação (Silva, 2009).

Tal como acima demonstrado, a cidade de Almada não é excepção, sendo possível a observação de interessantes aspectos geológicos e paleontológicos nas fachadas dos edifícios, nos muros e nas calçadas. Há, inclusive, afloramentos perdidos na cidade, vestígios da geologia original ao alcance de qualquer habitante da cidade. Estes afloramentos, associados ao próprio local de implantação da cidade, sobre uma costeira ribeirinha, permitem facilmente mostrar a forte relação existente entre a história e cultura da cidade e a geodiversidade local.

BIBLIOGRAFIA

Caetano, P.S., Verdial, P.H., Gregório, P., Heitor, A.P., Pedro, B. e Silva, I. (2003): A criação de circuitos geológicos no Almada Forum, um exemplo de divulgação da Geologia em meio urbano. *Ciências da Terra* (UNL), Lisboa, nº esp. 5: 106-107.

Caetano, P.S., Verdial, P.H., Lamberto, V., Gomes, A. e Freire, R.V. (2006): Geologia eclesiástica na cidade de Lisboa. O exemplo da Igreja do Convento dos Cardaes. *Livro Resumos VII Congresso Nacional de Geologia*, Estremoz, 3: 933-936.

Estevens, M., Legoinha, P., Sousa, L. e Pais, J. (1999): O Miocénico das Arribas do Litoral da Península de Setúbal. Um património geológico a preservar. *Seminário sobre o Património Geológico Português*, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

Pais, J., Silva, A.P., Simões, M.; Lamas, P.; Azevedo, T.; Freitas, C.; Zungailia, E. & Dionísio, S.; Frias, A.; Monteiro, P., Arroja, R. e Amado, A. R. (2005): *Carta geológica do Concelho de Almada*, à escala 1: 20.000. Câmara Municipal de Almada.

Silva, C.M. da e Cachão, M. (1998): "Paleontologia Urbana". Percursos citadinos de interpretação e educação (paleo)ambiental. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 84(2): H33-H35.

Silva, C.M. da (2007): Fósseis na Cidade: Paleontologia e Geologia Urbanas em Almada. *Online* em: http://paleoviva.fc.ul.pt/almafossil/index/rcapleit.htm. Consultado em 2010.04.25.

Silva, C.M. da (2009): Fósseis ao virar da esquina. Um percurso pela Paleontologia e pela Geodiversidade urbana de Lisboa. *Paleolusitana*, 1: 459-463.

Tema Libre

Tema Livre

Presencia del género *Eupsammia* en el Eoceno de la Cuenca de Igualada (NE de España)

Presence of the genus Eupsammia in the Eocene basin of Igualada (NE Spain)

G. Álvarez-Pérez

Universitat de Barcelona. Facultat de Geologia. Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines.c/ Martí i Franquès s/n. 08028 Barcelona. galvarez@xtec.cat

Resumen: En la cuenca eocena de Igualada hemos encontrado 45 ejemplares de un coral solitario que corresponde al género *Eupsammia*, creado por Vaughan y Wells en 1943 para distinguir aquellos ejemplares de *Balanophyllia* no adheridos al substrato duro. Comparando estos ejemplares con los encontrados en las cuencas eocenas del sur de Francia y del Norte de Italia, utilizando el método CLUSTER mediante el programa informático PAST, llegamos a la conclusión de que puede tratarse de una nueva especie.

Palabras clave: Eoceno, Igualada, *Eupsammia*.

Abstract: *In the Eocene basin of Igualada have found 45 samples of a solitary coral that corresponds to the genus Eupsammia, created by Vaughan and Wells in 1943 to distinguish those samples of Balanophyllia no adhering to a firm substratum. Comparing these samples with the found in the Eocene basin of the South of France and North of Italy, using the method CLUSTER with the program PAST, concluded that it can treat of a new species.*

Key words*: Eocene, Igualada, Eupsammia.*

INTRODUCCIÓN

Searles Wood propuso en 1844 el género *Balanophyllia*. En 1848, Milne-Edwards y Haime propusieron el género *Eupsammia* para aquellos ejemplares atribuídos al género *Balanophyllia* que carecían de base de fijación. En 1943, Vaughan y Wells dudaron de la validez del género *Eupsammia* al considerar que la base de fijación no era un criterio suficiente para diferenciar dichos géneros y consideraron *Eupsammia* como un subgénero de *Balanophyllia*.

La Cuenca eocena de Igualada forma parte de la Cuenca del Ebro y se halla situada al sur de los Pirineos. El género *Eupsammia* aparece citado por primera vez en Alvarez (1993), donde se describe y figura una *Eupsammia sp.* Desde entonces se han recogido 45 ejemplares pertenecientes a la Formación Collbás (Bartoniense Inferior) y a la Formación Igualada (Priaboniense Inferior).

COMPARACIÓN DE LAS ESPECIES

Hemos comparado *Eupsammia sp.* con las especies presentes en las cuencas eocenas del sur de Francia y Norte de Italia, que son las cuencas eocenas más próximas a la cuenca de Igualada y en las que podríamos hallar las mismas especies (Tabla I).

Especie	Epoca	Lugar
E. trochiformis Pallas, 1766	Luteciense	París
E. allonensis Barta-Calmus, 1973	Priaboniense	Provenza
E. flabelloides Oppenheim, 1900	Priaboniense	Treviso
E. praelonga (Michelotti, 1838)	Priaboniense	Turín
E. cylindrica (Michelotti, 1838)	Eoceno M.	Verona

TABLA I. *Especies eocenas del sur de Francia y Norte de Italia*

Para comparar dichas especies de *Eupsammia* con la especie *Eupsammia sp* de Igualada, usaremos el método CLUSTER utilizando el programa informático PAST, tomado como variables de similitud la altura (h) de los ejemplares y los diámetros mayor (2a) y menor (2b) del cáliz correspondiente, tal como aparecen en la Tabla II.

Especie	h (mm)	2a (mm)	2b (mm)
E. trochiformis	30	27	22
E. allonensis	25	27	19
E. flabelloides	19	18	12
E. praelonga	70	30	26
E. cylindrica	15	7,5	6
Eupsammia sp.	15,36	13,4	9,8

TABLA II. *Matriz de las variables (h), (2a) y (2b).*

Introducimos los valores de la tabla en el programa PAST y aplicando el algoritmo euclidiano y tomando como medida de similitud la euclidiana obtenemos el siguiente dendrograma (Fig. 1).

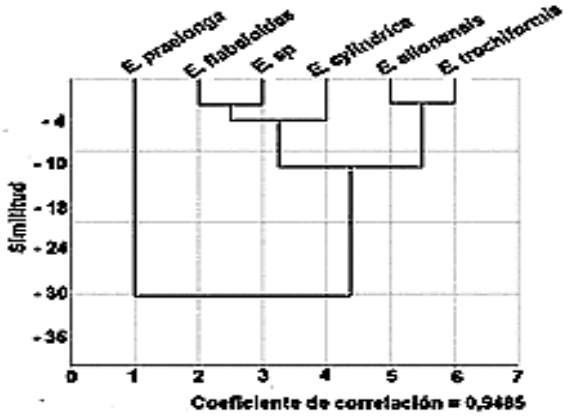


FIGURA 1. *Dendrograma de les especies comparadas.*

En la gráfica observamos que la especie de Igualada *Eupsammia. sp.* se halla próxima a *Eupsammia flabelloides* y a *Eupsammia cylindrica* y que se aleja de *Eupsammia praelonga*, de *Eupsammia allonensis* y de *Eupsammia trochiformis.*

Aplicamos de nuevo el método CLUSTER a las tres especies más próximas, utilizando como nuevas variables el ángulo de la base (ab), el número de ciclos septales (nc) y el número de septos (ns) (Tabla III).

Especies	ab	nc	ns
E. flabelloides	80º	5	96
E. cylindrica	30º	4	48
E. sp.	41º	6	140

TABLA III. *Matriz de las variables (ab), nc) y (ns).*

Aplicando el algoritmo euclidiano y tomado como medida de similitud la de correlación obtenemos el siguiente dendrograma (Fig. 2).

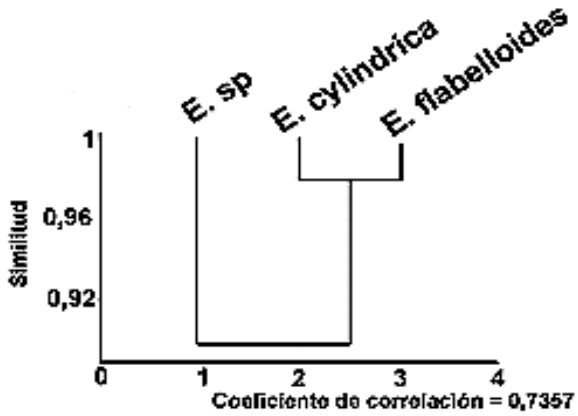


FIGURA 2.*Dendrograma de las tres especies comparadas.*

En la gráfica obtenida observamos que las especies *E. cylindrica* (Fig. 3) y *E. flabelloides* (Fig. 4) quedan agrupadas entre sí, a la vez que separadas de la especie de Igualada *Eupsammia sp.* (Fig.5)

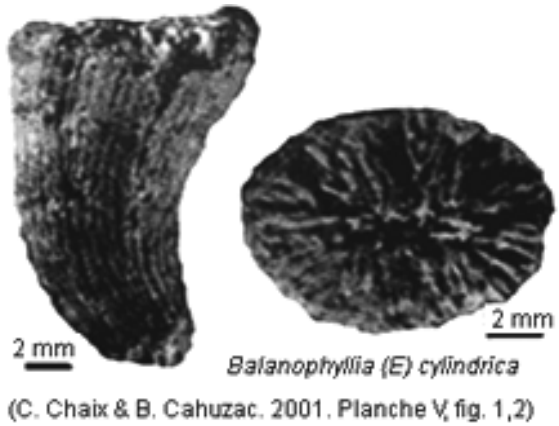


FIGURA 3. *Eupsammia cylindrica .*

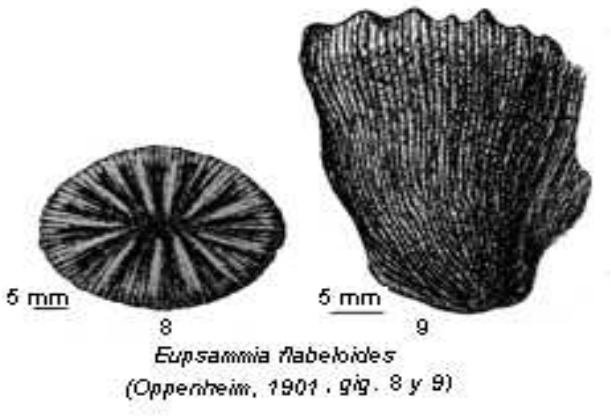


FIGURA 4. *Eupsammia flabeloides* .



FIGURA 5. *Eupsammia sp.*

CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos al comparar la especie de Igualada con las más próximas en el lugar y en el tiempo, podemos admitir que la especie de Igualada es una nueva especie.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Sr. Hasdrúbal Climent, miembro del "Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines" de la Universidad de Barcelona, la ayuda prestada en la aplicación del método CLUSTER, utilizando el programa PAST.

REFERENCIAS

Alvarez Pérez, G. (1993): *Cnidaria fòssils de la conca d'Igualada*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona 270 p.

Chaix, C. y Cahuzac, B.(2001): Une faune inédite de coraux scléractiniaires dans le gisement chattien d'Escornebéou (Landes, SW France) ; stratigraphie, systématique et paléoécologie.*Annales de Paléontologie,* 87(1): 3-47.

Milne-Edwards, H. y Haime, J. (1848): Recherche sur les Polypiers. Troisième mémoire : monographie des Eupsammides. *Annales des sciences naturelles, zoologie*, 3 (10): 65-114.

Oppenheim, P. (1901): Über erinige Alttertiäre Faunen der österreichsich-ungarischen Monarchie. *Beitr. Paläont. Geol. Osterreich-ungarns und des Orients,* 13: 227 p.

Searles Wood, W. (1884): Descriptive catalogue of the zoophytes from the Crag. *Annals and magazine of natural history,* 13(81): 10-21.

Vaughan, T.W. y Wells, J.W. (1943): Revision of the suborders, families, and genera of the Scleractinia. *Special pepers. Geological society of America,* 44 (XV): 363 p.

Los braquiópodos del Toarciense Superior de la región de Alvaiázere de la Cuenca Lusitánica (Portugal). Datos preliminares

The Upper Toarcian brachipods of the Alvaiázere region in the Lusitanian Basin (Portugal). Preliminary data

B. Andrade[1], L. V. Duarte[2] y F. García Joral[3]

1 I.E.S. Valle Inclán. Gran Vía Montero Ríos s/n, 36001 Pontevedra. España. bandrade@mundo-r.com
2 IMAR-CMA. Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Largo Marquês de Pombal. 3000-272 Coimbra,. Portugal. lduarte@dct.uc.pt
3 Departamento – UEI de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). José Antonio Novais, 2, (pl. 2ª) E. 28040 Madrid. España. fgjoral@geo.ucm.es

Resumen: Se estudia la distribución de los braquiópodos en el Toarciense Superior de la región de Alvaiázere (Portugal). En la sección analizada, la de Boca da Mata, se han podido identificar 9 especies, dos de ellas citadas por primera vez en la Cuenca Lusitánica. La comparación de las asociaciones de Alvaiázere con otras descritas en esta cuenca permite comprobar el carácter transicional de las mismas entre los ambientes más proximales y los más distales reconocidos en ella. La comparación con asociaciones de otras cuencas próximas permite interpretar su carácter paelobiogeográfico, en el que se destaca el alto porcentaje de endemismos.

Palabras-clave: braquiópodos, bioestratigrafía, paleobiogeografia, Toarciense, Cuenca Lusitánica.

Abstract: *The distribution of the brachiopods in Upper Toarcian of the Alvaiázere region (Portugal) is studied. In the analyzed sectio of Boca da Mata, we have been able to identify 9 species, two of them mentioned for the first time in the Lusitanian Basin. The comparison between the Alvaiázere assemblages and others described in this basin allows us to check its transitional carácter between the proximal and distal sectors of the basin. The comparison with assemblages of other neighboring basins allows to interpret its palaeobiographic character, emphasizing the high percentage of endemic taxa.*

Key words: *brachiopods, biostratigraphy, palaeoebiogeography, Toarcian, Lusitanian Basin.*

INTRODUCCIÓN

Son varios los trabajos dedicados al estudio de los braquiópodos en el Toarciense de Portugal o que contienen citas y referencias a los organismos de este grupo. Son de destacar, desde una perspectiva histórica, los trabajos realizados por Paul Choffat, remarcando su obra póstuma sobre la Fauna Jurásica de Portugal de la que solo se ha publicado el volumen sobre braquiópodos (Choffat, 1947). Más recientemente, Alméras (1994, 1996) y Alméras et al. (1996) estudian la fauna de braquiópodos jurásicos de Portugal, desde una perspectiva taxonómica y bioestratigráfica. Por último, Andrade (2006) analiza los braquiópodos del intervalo Toarciense Superior – Bajociense Inferior en numerosas localidades repartidas por toda la cuenca.

En el caso concreto de Alvaiázere (Fig. 1), la litología y la fauna del Toarciense de la región han sido estudiadas por Mouterde y Ruget (1967). Estos autores identifican con dudas en el primer tramo del Toarciense superior un ejemplar juvenil de *Rhynchonella jurensis*, muy probablemente haciendo referencia a *Pseudogibbirhynchia bothenhamptonensis*, de morfología similar y con distribución en este tramo; también refieren un ejemplar largo y estrecho a *Terebratula* gr. *vari*; durante el estudio de la sección de Boca da Mata aparece efectivamente en los niveles superiores del Toarciense medio material fragmentario claramente atribuible a *Sphaeroirdothyrtis vari*. Estos autores citan asimismo la presencia en la parte más alta del Toarciense superior de *Rhynchonella* aff. *bouchardi* Dav., var. r*ustica* Dubar 1931, seguramente para referirse a *Soaresirhynchia renzi*, abundante en el Toarciense superior de la zona. Por último, los ejemplares identificados por los autores como *Rhynchonella riveiroi* Choffat *in coll.* en las zonas con *D. levesquei* y *P. aalensis* han sido incluidos por Alméras (1994) en *Soaresirhynchia renzi*, probablemente provenientes de la Zona Speciosum.

En este trabajo se presentan por primera vez, de forma sistemática, los primeros datos referentes a la distribución de los braquiópodos en el Toarciense Superior de la región de Alvaiázere. Teniendo en cuenta que este sector de la Cuenca Lusitánica es decisivo en las reconstrucciones paleogeográficas del Toarciense (Duarte, 1997), la evolución vertical y las evidencias paleoecológicas y paleoambientales que proporciona este grupo bentónico permitirán una mejor comprensión de la dinámica sedimentaria que se produjo en el área más proximal de la cuenca.

MARCO ESTRATIGRÁFICO

La región de Alvaiázere constituye una referencia para el estudio del Toarciense de la Cuenca Lusitánica (Duarte, 1995, 1997). El perfil estudiado, referenciado en Duarte (1995) por Boca da Mata (coordenadas 39º 48'N, 8º 23'W), muestra una sucesión estratigráfica con cerca de 37 metros de espesor, abarcando el techo de la Formación de S. Gião (engloba los miembros Margas e calcários margosos com bioconstruções de espongiarios y Margas e margas calcárias com braquiópodes) y la base de la Formación de Póvoa da Lomba (Duarte y Soares, 2002). Los datos bioestratigráficos de ammonites conocidos en el resto de la cuenca y los publicados por Mouterde y Ruget (1967) para el Toarciense de la región de Alvaiázere, permiten situar el perfil estudiado entre la Biozona Gradata y la base de la Biozona Opalinum (Fig. 2). Los dos miembros de la Formación de S. Gião a pesar de sus diferencias litológicas y estratonómicas (Duarte, 1997; Duarte y Soares, 2002), muestran una sucesión margocalcárea alternante, de claro dominio margoso, muy abundante en fauna bentónica (esencialmente braquiópodos, bivalvos, crinoideos y silicoespongiarios) y en ammonoideos. La base de la Formación de Póvoa da Lomba estudiada en Boca da Mata, con cerca de 19 metros de espesor, muestra un conjunto alternante de margas y calizas que se vuelve casi exclusivamente calcáreo en el techo (Fig. 2). Esta unidad es extremadamente rica en amonoideos, lo que permite un buen control bioestratigráfico.

Dadas las características sedimentarias y su abundancia en macrofauna bentónica (Duarte, 1997), este mismo perfil fue recientemente objeto de un estudio con vistas a la descripción de los ostrácodos presentes (Pinto, 2008), revelando que Alvaiázere es un sector decisivo de la Cuenca Lusitánica para el estudio de la microfauna bentónica.

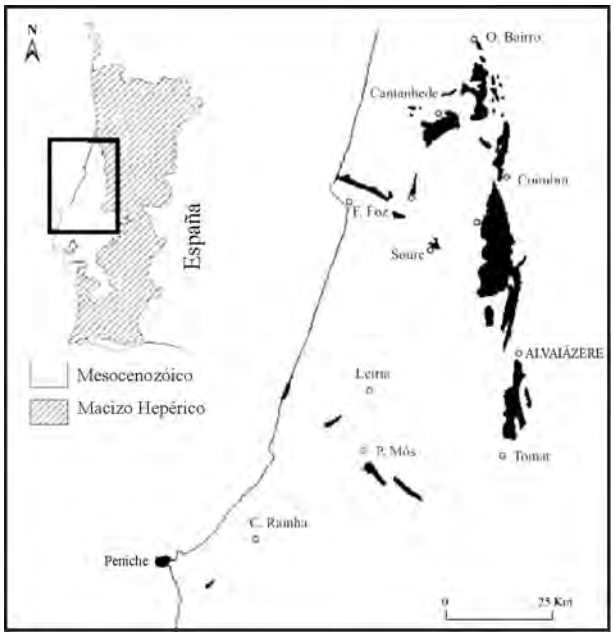


FIGURA 1. *Localización de los afloramientos del Jurásico Inferior de la Cuenca Lusitánica. Destacada la situación de la región de Alvaiázere. Adaptado de Duarte y Soares (2002)*

DISTRIBUCIÓN DE LOS BRAQUIÓPODOS

Se ha realizado un muestreo pormenorizado en todos los niveles de la sección de Boca da Mata (Fig. 2) y se han recogido un total de 218 ejemplares de braquiópodos, en general en buen estado de conservación, de ellos 162 se han podido atribuir a 8 especies conocidas y a una especie indeterminada del género *Praemonticlarella*. El orden Rhynchonellida es el mejor representado, tanto en número de especies (6) como de ejemplares.

Soaresirhynchia renzi (Choffat *in* Alméras, 1994) es una especie común en común en el Toarciense superior de la Cuenca Lusitánica que ya fue citada por Alméras en esta zona en la descripción formal de la misma (Alméras, 1994). En esta cuenca se asocia a las áreas de rampa de profundidad media, estando ausente en las secciones que se corresponden con ambientes más proximales o más someros como en las secciones de Tomar y en la más distal de Quiaios Praia (Andrade, 2006). *S. renzi* muestra las características de las especies generalistas con una gran variabilidad en la morfología y en la talla de los ejemplares adultos. El lote de ejemplares estudiados no presenta ningún carácter diferencial con el resto de los ejemplares de la cuenca apareciendo ejemplares de toda la gama de tallas y costulación, siendo su distribución también similar a la que la especie presenta en otras secciones donde aparece principalmente en las biozonas Bonarellii y Speciosum extendiéndose en la base hacia la Biozona Gradata del Toarciense Medio.

Pseudogibbirhynchia bothenhamptonensis (Walker, 1892) está también extendida por toda la cuenca; Almerás (1996) la encuentra en diversas zonas de la misma y también en la Región de Alvaiázere. *P. bothenhamptonensis* es una especie que muestra también un cierto grado de variabilidad y una amplia distribución bioestratigráfica apareciendo a lo largo de casi todo el Toarciense superior y, al igual que *S. renzi*, prefiere las condiciones ambientales de las zonas de transición, no apareciendo ni en los ambientes más distales y abiertos al mar ni en los más proximales restringidos y someros.

Se han encontrado un total de 10 ejemplares que se distribuyen por las zonas Bonarellii, Speciosum y Meneginii.

Pamirorhynchia? jorali Andrade, 2006 es una especie con amplia distribución bioestratigráfica si bien no es abundante en número de ejemplares habiendo aparecido tan solo uno en la sección de Boca da Mata y dentro de los rangos más bajos de distribución vertical de la misma. *P?. jorali* es una especie restringida también, al igual que las anteriores, a las secciones con condiciones ambientales de transición.

Praemonticlarella conimbriguensis Andrade, 2006 solo ha sido encontrada hasta ahora en esta cuenca y es una especie que ha aparecido también en sus zonas

intermedias. Los ejemplares ahora encontrados, 19 en total, presentan una distribución que se extiende, aparte de por la zona Speciosum a la que pertenecen los ejemplares que han aparecido en otras secciones, por la zona Meneghinii. La morfología de los ejemplares de Boca da Mata no difiere por lo demás de los ejemplares de otras secciones y los tamaños encajan en el margen conocido para la especie.

Homeorhynchia cynocephala (Richard, 1840) ya había sido citada por Alméras et al. (1996) en la región de Tomar. El hallazgo de 6 ejemplares de esta especie en la Biozona Meneghinii permite establecer correlaciones y relaciones paleoambientales entre esta área y la de Tomar, que serían las más proximales de la cuenca, en donde presenta una distribución bioestratigráfica equivalente a la de los ejemplares de la Cordillera Ibérica (cf. García Joral y Goy, 2000).

Por último, se han recogido 6 ejemplares de un pequeño rinconélido con caracteres que permiten asignarlos al género *Praemonticlarella*, aunque sin precisar esta atribución a nivel específico.

Dentro del Orden Terebratulida Waagen, 1888 se incluyen 3 especies:

Neozeilleria lycetti (Davidson, 1851) es una especie descrita a partir de material del Lias superior de Inglaterra y a la que se ha atribuido material de diversa procedencia y morfología, Choffat (*in* Teixeira 1947) la cita en el Toarciense medio y en el Aaleniense de otras localidades de la Cuenca Lusitánica pero no ha figurado ningún ejemplar. En la sección de Boca da Mata, aparecen por primera vez ejemplares de esta especie en el Toarciense Superior de la Cuenca Lusitánica, lo que implica el registro más antiguo del género *Neozeilleria* en la cuenca.

Neozeilleria nuskae Andrade, 2006 es la especie que presenta una distribución más amplia en la Cuenca Lusitánica apareciendo en las diferentes zonas salvo, hasta el momento, en la zona de Peniche y en la de Tomar. No sorprende por lo tanto el hallazgo la especie en la Biozona Meneghinii de la sección de Boca da Mata, ni que haya aparecido un único ejemplar ya que siempre son escasos los ejemplares encontrados en diferentes secciones de la cuenca.

Stroudithyris stephanoides Alméras & Moulan, 1982 es una especie típica de las cuencas Ibero-Pirenaicas que ya fue citada en Portugal por Alméras et al. (1996) en las secciones de la región de Tomar. Se han encontrado

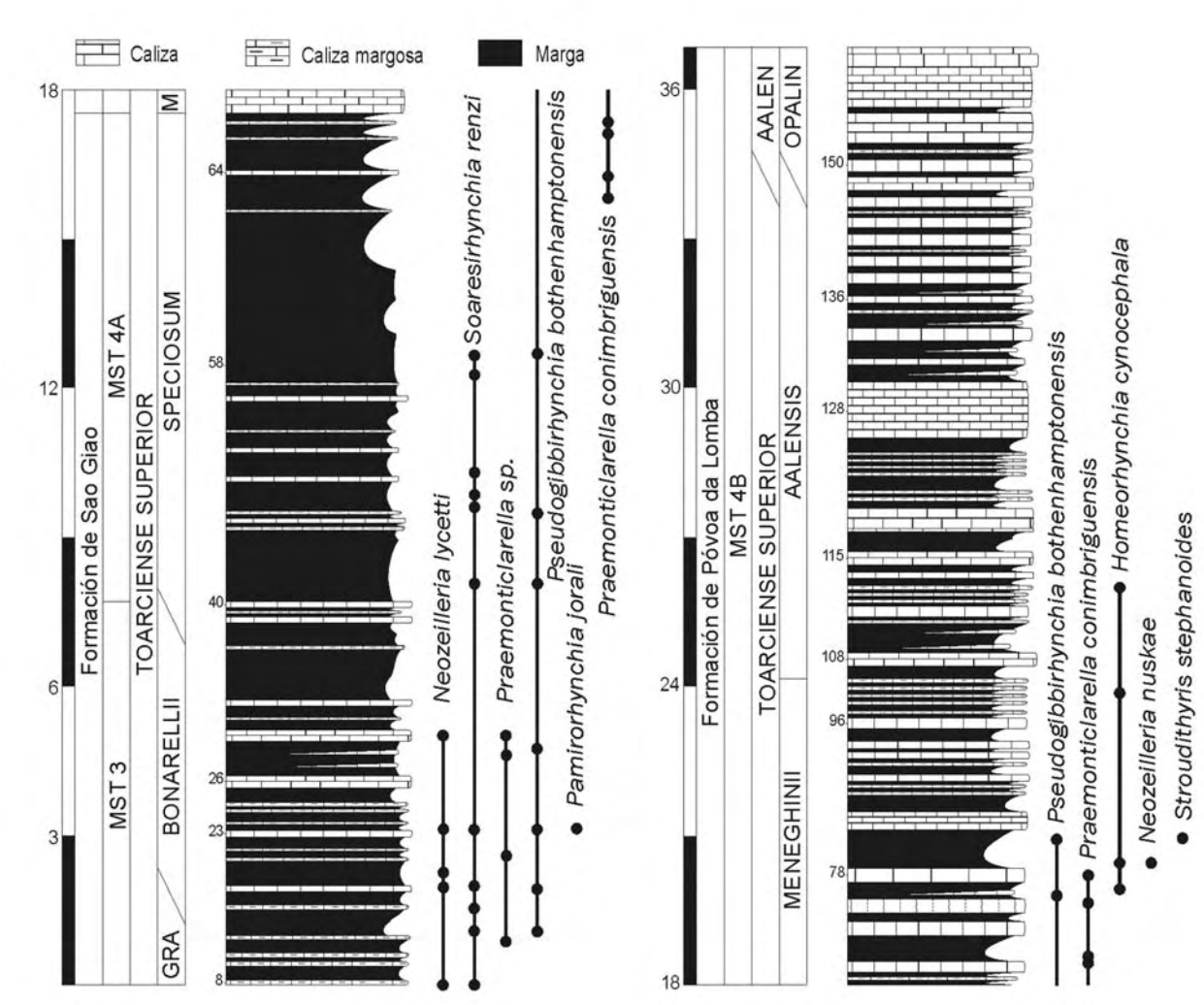


FIGURA 2. *Columna estratigráfica de la sección de Boca da Mata mostrando la distribución de los braquiópodos encontrados. MST3 - MST4: unidades de Duarte (1995)*

ahora 3 ejemplares fragmentarios pero con el suficiente grado de conservación como para permitir asegurar la presencia de la especie en la región.

CONCLUSIONES

Se han identificado un total de 9 especies en la sección de Boca da Mata de la región de Alvaiázere. El contenido fósil presente en la sección estudiada, con un gran número de grupos zoológicos representados, nos indica que se trataba de fondos en los que la diversidad y abundancia de fauna estaría asociada con condiciones ambientales favorables. Entre las especies de braquiópodos encontradas se encuentran tanto las propias de los ambientes más someros y proximales que afloran en la región de Tomar, como las de otros más distales que se pueden estudiar en la región del Cabo Mondego. El registro de braquiópodos de la sección encaja así en un esquema de paleoambientes gradados entre el borde de la cuenca y las zonas más distales de la rampa carbonatada donde representa la transición entre ambos.

Solo dos de las especies reconocidas tienen una distribución paleobiogeográfica amplia (*H. cynocephala* y *N. lycetti*); las otras cuatro especies son conocidas en cuencas próximas que rodean la Meseta Ibérica (*S. renzi, P. bothenhamptonensis, S. stephanoides* y *P?: jorali*), y tres son solamente conocidas en la Cuenca Lusitánica (*P. conimbrigensis, P.* sp. y *N. nuskae*). Esto indica un grado de aislamiento importante de la Cuenca Lusitánica en el Toarciense Superior.

REFERENCIAS

Alméras, Y. (1994): *Le genre* Soaresirhynchia *nov.(BRACHIOPODA, RHYNCHONELLACEA) dans le Toarcien du sous-bassin nord-lusitanien (Portugal)*. Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon, 130: 136 p.

Alméras, Y. (1996): The genus Pseudogibbirhynchia (BRACHIOPODA, RHYNCHONELLACEA) from the Toarcian of Portugal. En: *Brachiopods Proc. Trird Intern. Brachiopod Congress,* (P. Cooper y J. Jin, eds.) 7-12.

Alméras, Y., Mouterde, R., Benest, M, Elmi, S. y Basoullet, J.P. (1996): Les Brachiopodes toarcienses de la rampe carbonate de Tomar (Portugal). Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon, 138: 125-191.

Andrade, J. B. (2006): Los braquiópodes del tránsito Jurásico Inferior-Jurásico Medio de la Cuenca Lusitánica (Portugal). *Coloquios de Paleontología,* Madrid, 56: 5-194.

Choffat, P. (1947): Description de la faune jurassique du Portugal. Brachiopodes. (obra póstuma) *Serviço Geologico de Portugal*, 46 p. Lisboa

Duarte, L. V. (1995): *O Toarciano da Bacia Lusitaniana. Estratigrafía e Evolução Sedimentogenética*. Tese de Doutoramento (no publicada). Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, 349 p.

Duarte, L. V. (1997): Facies analysis and sequencial evolution of the Toarcian-Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal), *Comun Inst. Geol. Minero,* Lisboa, 83: 65-94.

Duarte, L. V. & Soares, A. F. (2002): Litostratigrafía das series margo-calcárias do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica (Portugal), *Comun Inst. Geol. Minero,* Lisboa, 89: 115-134.

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

Mouterde, R. y Ruget, C. (1967): Stratigraphie du Lias de la région d'Alvaiázere. Comun. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, LI: 153-168.

Pinto, S.V. (2008): Ostracodos do Toarciano da Bacia Lusitánica (Peniche e Alvaiázere) sistemática, aspectos biostratigráficos, paleoecológicos e paleobiogeográficos. Maestrado en geología dinámica. Departamento de geología. Facultade de ciències. Universidade de Lisboa.

Los Bovini del Villafranquiense de España: el género *Leptobos*

Bovini of the Villafranchien of Spain: the genus Leptobos

M. Andrés[1], B. Azanza[1, 2] y J. Morales[2]

1 Departamento de Ciencias de la Tierra - IUCA, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. España. mandresr@unizar.es, azanza@unizar.es

2 Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, C/ José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. España. mcnm166@mcnm.csic.es

Resumen: La tribu Bovini estuvo representada en el Villafranquiense de Europa Occidental por el género *Leptobos*. La taxonomía de estos bóvidos ha sido discutida por distintos autores. Los análisis morfológicos y biométricos realizados sobre los elementos postcraneales, han revelado la existencia de un importante dimorfismo sexual en las distintas especies de este género y nos han permitido reafirmar que *Leptobos (Smertiobos) bravardi* sería un sinónimo de *Leptobos (Leptobos) elatus* y por lo tanto consideramos que los subgéneros *L. (Smertiobos)* y *L. (Leptobos)* carecerían de validez.

Palabras clave: Plio-Pleistoceno, Bovidae, *Leptobos*, dimorfismo sexual.

Abstract: *The Bovini tribe was represented in the Villafranchian of Western Europe by the genus Leptobos. The taxonomy of these bovids has been discussed by different authors. Morphological and biometric analyses of the postcranial elements have revealed an important pattern of sexual dimorphism in the species of this genus and allow us to corroborate the hypothesis that Leptobos (Smertiobos) bravardi represents a junior synonymous of Leptobos (Leptobos) elatus and consequently we consider that the sub-genus L. (Smertiobos)* and *L. (Leptobos) are invalid.*

Key words: *Plio-Pleistocene, Bovidae, Leptobos, sexual dimorphism.*

INTRODUCCIÓN

El género *Leptobos* Rütimeyer 1877-1878 se incluye en la tribu Bovini (Gray, 1821) que está representada en la actualidad por los bisontes, los búfalos y los yacs. Esta tribu incluye algunos de los bóvidos más pesados, con un rango de tallas que varía desde los 90 kg que presenta *Bubalus depressicornis* (anoa) hasta los 1200 kg de *Bubalus bubali*s (búfalo de agua).

Los representantes actuales de esta tribu, ocupan hábitats boscosos y praderas, su dieta es pacedora y se desplazan al galope en grandes manadas, ya que su comportamiento es migratorio. Actualmente estos bóvidos muestran una amplia distribución geográfica (Norte América, África y Eurasia). En el Villafranquiense de Europa Occidental estuvo restringida al género *Leptobos*.

La taxonomía y las relaciones filogenéticas del género *Leptobos* son discutidas (Masini, 1989; Duvernois y Guèrin, 1989; Duvernois, 1990; Duvernois, 1992; Gerards, 1992; Garrido, 2008). Según Duvernois (1990, 1992) y Masini (1989), dentro de *Leptobos* se distinguen dos subgrupos con rango de subgénero que han sido denominados *Leptobos* (*Leptobos*) y *Leptobos* (*Smertiobos*). En Europa occidental ambos subgéneros están bien representados, mientras que las especies descritas en China se atribuyen sólo al subgénero *Leptobos (Smertiobos)* (Dong, 2008).

LOS LEPTOBOS DEL VILLAFRANQUIENSE DE EUROPA OCCIDENTAL

En Europa, ambos linajes se registran desde el inicio del Villafanquiense. Según Duvernois (1990), por un lado se agruparían las especies *L. (Leptobos) elatus (= L. stenometopon = L. merlai)* y *L. (Leptobos) furtivus*, y por otro las especies, *L. (Smertiobos) bravardi* y *L. (Smertiobos) etruscus (=L. vallisarni).*

El dimorfismo sexual en los actuales bovini es muy acusado. El peso de los machos llega a duplicar al de las hembras en la mayor parte de las especies y, si bien ambos sexos poseen cuernos, la morfología es distinta y son más pequeños en las hembras. El dimorfismo sexual en *Leptobos* es igualmente importante, aunque en un principio fue ignorado y condujo a la definición de numerosas especies. La ausencia de núcleos óseos en las hembras de *Leptobos etruscus* fue señalada por Stehlin (1923) al encontrar asociados en el yacimiento de Senèze cráneos con y sin cuernos. Inicialmente los cráneos inermes que se habían recuperado en otros yacimientos se atribuyeron a la especie *L. strozzii.* Otro problema añadido es la escasez de ejemplares en las muestras de algunos yacimientos, de manera que no representan la totalidad de la población, pudiendo registrar por azar sólo uno de los sexos o un menor rango de las tallas. Al ser comparadas entre sí, las

diferencias de talla han conducido a la definición de especies o subespecies distintas.

El dimorfismo sexual en los elementos postcraneales está menos documentado. En los actuales bóvidos de gran talla, existe un dimorfismo sexual importante que se manifiesta sobre todo en los metápodos. Los machos poseen metápodos claramente más robustos que los de las hembras.

Depéret en 1884, sugiere ya la existencia de dimorfismo sexual en *L. (Leptobos) elatus* al señalar que las diferencias métricas encontradas en el material de Perrier-Les Etouaires estarían comprendidas dentro de los límites de las variaciones individuales de talla o de sexo. Merla (1949) señala la existencia de dimorfismo sexual en los metápodos de *L. (Smertiobos) etruscus* de las poblaciones de Montopoli y Olivola. Según este autor, el metatarsiano estaría mucho más desarrollado en la región anterior, llegando a desarrollar una cresta presente en los machos y ausente en las hembras. Sin embargo, esta cresta no la hemos observado en el material estudiado de Senèze. Moyá-Sola (1987), también ha señalado el dimorfismo sexual en la talla del metacarpo de *L. (Smertiobos) etruscus* de Senèze, siendo éste equiparable al de *Bison* sp. de Venta Micena.

Para Duvernois y Guèrin, (1989) y Duvernois (1990), estas diferencias no podrían ser atribuidas a variaciones entre sexos, lo que les lleva a pensar que en los yacimientos de Perrier- Les Etouaires y Villarroya existieron dos especies, *L. (Leptobos) elatus* y *L. (Smertiobos) bravardi*, y que en Senèze existieron *L. (Leptobos) furtivus* y *L. (Smertiobos) etruscus*. Sin embargo Garrido (2008) reconoce la existencia de dimorfismo sexual entre el material de Fonelas P-1 y establece la sinonimia entre *L. (Leptobos) furtivus,* que corresponde al grupo de las hembras, y *L. (Smertiobos) etruscus* que corresponde al grupo de los individuos machos, prevaleciendo por antigüedad esta última denominación. Además, dicha autora sugiere la posibilidad de que con *L. (Leptobos) elatus* y *L. (Smertiobos) bravardi* ocurra un caso similar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los objetivos de este trabajo comprenden el estudio del esqueleto postcraneal de este género para poder esclarecer si en cada yacimiento realmente existen dos especies, o si por el contrario existe una única especie con un marcado dimorfismo sexual. Para ello, previamente se estudió el dimorfismo sexual en una especie actual (*Ammotragus lervia*) procedente de la colección de la Estación Experimental de las Zonas Áridas (Almería). El material de *Leptobos* estudiado procede de los yacimientos de Villarroya (MN16, Logroño, España), Perrier-Les Etouaires (MN16, Francia), Saint-Vallier (MN17, Francia) y Senèze (MNQ18, Francia), que se encuentra depositado en diversas instituciones (Instituto Paleontológico de Sabadell, Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, Musée des Confluences de Lyon y Muséum national d'Histoire Naturelle de Paris).

Se analizó la morfología de los elementos postcraneales con el objeto de contrastar los caracteres diagnósticos señalados por Duvernois (1990) y se tomaron datos métricos relativos a los diámetros y las longitudes con un calibre digital. Se realizaron gráficos de dispersión bivariantes y análisis de componentes principales (PCA) mediante el paquete estadístico SPSS.

RESULTADOS

Tanto los gráficos de dispersión bivariantes como los análisis de componentes principales (Fig. 1) revelan la existencia de grupos de individuos bien separados, de manera similar a la separación existente entre los grupos sexuales de la especie actual *Ammotragus lervia.* Interpretamos por ello que *Leptobos* muestra un patrón de dimorfismo sexual comparable al de la especie actual. Por otro lado se ha observado que sobre un mismo elemento anatómico se asocian caracteres morfológicos que Duvernois (1990) señaló como diagnósticos de distintas especies. Tal es el caso del radio, donde al menos dos ejemplares de la muestra de Villarroya presentan en la epífisis proximal caracteres morfológicos propios de *L. (Smertiobos) bravardi*, mientras que en la epífisis distal se observan rasgos característicos de *L. (Leptobos) elatus*. Además existen ejemplares donde se observan los caracteres morfológicos típicos de una especie mientras que, por el contrario, las dimensiones corresponden con las de la otra especie, como ocurre en uno de los ejemplares de los húmeros (Fig. 1, B).

CONCLUSIONES

Según Duvernois (1990) en los yacimientos de Villarroya y Perrier-Les Etouaires habrían coexistido dos especies, *L. (Leptobos) elatus* y *L. (Smertiobos) bravardi*, dada la gran diferencia de talla entre los diferentes individuos de *Leptobos*. Sin embargo nuestros resultados muestran que estas diferencias en talla estarían explicadas por un marcado dimorfismo sexual, comparable al de otros grandes bóvidos actuales. Por lo tanto consideramos que ambas especies deberían ser sinónimas, prevaleciendo por antigüedad el nombre de *L. (Leptobos) elatus*. De este modo, los ejemplares con un esqueleto postcraneal de mayor tamaño y robustez atribuidos por Duvernois (1990) a *L. (Smertiobos) bravardi*, corresponderían en realidad a los individuos machos de *L. (Leptobos) elatus*.

Por último, tras el establecimiento de la sinonimia de *L. (Leptobos) elatus* y *L. (Smertiobos) bravardi* en este trabajo que se suma a la de *L. (Leptobos) furtivus* y *L. (Smertiobos) etruscus* (Garrido, 2008), los subgéneros *L. (Leptobos)* y *L. (Smertiobos)* creados por Duvernois (1990) carecen de validez, cambiando considerablemente la taxonomía y sistemática previamente establecidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las instituciones y conservadores el acceso al material de estudio. Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos de investigación MEC CGL2006-01773/BTE, CGL2008-05813-CO2-01, CGL2007-60790/BTE MICINN y Grupo de Investigación CAM-UCM 910607. M. Andrés ha disfrutado de una beca de investigación pre-doctoral FPI del Gobierno de Aragón y de una beca del Programa CAI Europa XXI.

REFERENCIAS

Depéret, C. (1884): Nouvelles études sur les Ruminants pliocènes et quaternaires d'Auvergne. *Bulletin de la société géologique de France*, 3º série, 12: 247-284.

Dong, W. (2008): Nouveau matériel de *Leptobos* (*Smertiobos*) *crassus* Artiodactyla, Mammalia) du Pléistocène inférieur à Renzidong (Chine de l'Est). *Geobios*, 41(3): 355-364.

Duvernois, M.-P. y Guérin, C. (1989) : Les Bovidae (Mammalia, Artiodactyla) du Villafranchien supérieur d'Europe occidentale. *Geobios*, 22(3): 339-379.

Duvernois, M.-P. (1990) : Les *Leptobos* (Mammalia, Artiodactyla) du Villafranchien d'Europe Occidentale. Systématique Évolution Biostratigraphie Paléoécologie. *Documents des Laboratoires de Geologie Lyon*, 113: 1-213.

Duvernois, M.-P. (1992) : Mise au point sur le genre *Leptobos* (Mammalia, Artiodactyla, Bovidae); implications biostratigraphiques et phylogénétiques. *Geobios*, 25(1): 155-166.

Garrido, G. (2008): Primera cita de *Leptobos etruscus* (Falconer, 1868) (Bovidae, Artiodactyla, Mammalia) en la Península Ibérica (Fonelas P-1, Cuenca de Guadix, Granada). En: *Vertebrados del Plioceno terminal en el suroeste de Europa: Fonelas P-1 y el proyecto Fonelas* (A. Arribas, ed.) Cuadernos del Museo Geominero, 10: 489-516.

Gentili, S y Masini, F. (2005): An outline of Italian *Leptobos* and a first sight on *Leptobos* aff. *vallisarni* from Pietrafitta (early pleistocene, Perugia), *Quaternarie, Hors-série*, 2: 81-89.

Geraads, D. (1992): Phylogenetic analysis of the tribe Bovini (Mammalia: Artiodactyla). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 104: 193-207.

Masini, F. (1989): *I bovini villafranchiani d'Italia*. Tesis doctoral, Univeridad de Módena, Bologna, Firence y Roma. V-I-II: 152 y 55.

Moyà-Solà, S. (1987): Los bóvidos (Artiodactyla, Mammalia) del yacimiento del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce Granada, España). *Paleontologiai Evolució*, Memoria Especial, 1: 181-236.

Merla, G. (1949): I Leptobos italiani. *Palaeontographia Italica*, 46: 41-155.

Stehlin, H G. (1923): Die Oberpliocäne Fauna von Senèze (Haute-Loire). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, Basel, 18(2): 268-281.

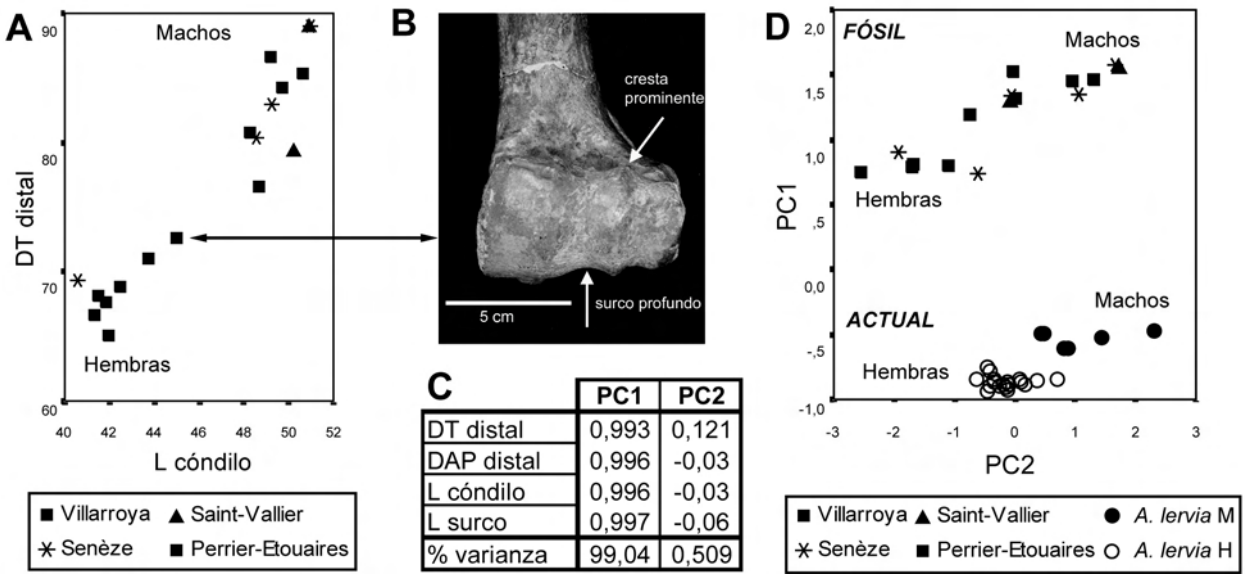


FIGURA 1. *Dimorfismo sexual en el húmero. A Gráfico de dispersión bivariante donde se enfrentan el diámetro transversal distal del húmero y la longitud del cóndilo humeral. B Ejemplar VYA211 con caracteres morfológicos propios de L. (Smertiobos) bravardi y dimensiones correspondientes a la especie de menor talla, L. (Leptobos) elatus. C Matriz de componentes principales. D Gráfico de dispersión PC1-PC2 donde se observan grupos sexuales separados en los dos primeros ejes tanto para la muestra actual como para la fósil.*

Mastodonte em depósitos marinhos da Praia do Penedo (Portugal)

A mastodon in marine deposits from Praia do Penedo

M. T. Antunes[1, 2], A. V. Mazo[3] e P. Legoinha[2]

1 Academia das Ciências de Lisboa, R. da Academia das Ciências, 19, 1249-122 Lisboa. migueltellesantunes@gmail.com
2 CICEGe, Dep. Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Uiversidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica. Portugal. pal@fct.unl.pt
3 Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid. Espanha. mcnam611@mncn.csic.es

Resumo: O achado de um dente de mastodonte, cf. *Tetralophodon longirostris,* em depósitos marinhos expostos na praia de Penedo Norte, na Península de Setúbal, permitiu datação rigorosa. Provém da camada 8 do corte, parte basal da sequência deposicional T1; data do início do Tortoniano, ca. de 11.6 Ma, com base em foraminíferos planctónicos (zona N14) e em $^{87}Sr/^{86}Sr$ e K/Ar. O dente de mastodonte parece pertencer a *Tetralophodon longirostris,* espécie conhecida em Portugal em depósitos continentais da primeira parte do Miocénico superior.

Palavras-chave: Mastodonte, depósitos marinhos, Tortoniano, Miocénico superior, Portugal.

Abstract: *A mastodon tooth* (*cf. Tetralophodon longirostris*) *was collected in marine deposits exposed at Penedo Norte beach section in the Setúbal Peninsula. This finding allowed its accurate dating. It was found in bed 8 of this section, T1 depositional sequence that dates from basal Tortonian, ca. 11.6 Ma after N14 planctonic forams and $^{87}Sr/^{86}Sr$ and K/Ar ages. The concerned tooth seems to belong to Tetralophodon longirostris, a species already known in Portugal in continental deposits from the first part of Upper Miocene.*

***Key-words*: *Mastodon, marine deposits, Tortonian, Upper Miocene, Portugal*.**

INTRODUÇÃO

Em Março de 2010, o Sr. José Vicente Ventura, a quem muito agradecemos, ofereceu a M.T.A. um fóssil por ele recolhido havia uns 5 anos (ca. de 2005) num bloco caído no sopé da arriba da Praia do Penedo Norte, a Norte do Cabo Espichel, na Península de Setúbal.

Provinha de meia-encosta. Segundo disse José Ventura, o resto do bloco terá entretanto sido destruído pelo mar.

Exame preliminar mostrou que se tratava de um fragmento de dente de mastodonte. A julgar por restos de ganga de areia fina, cinzenta, um tanto consolidada, podem ser estas as características essenciais do depósito fossilífero.

Nas imediações da praia estão expostas camadas sedimentares, quase invariavelmente marinhas, do Miocénico e do Pliocénico. Enquadram-se na parte sudoeste da região vestibular da Bacia do Tejo (Lisboa e Península de Setúbal).

A série é conhecida na totalidade. Não seria tecnicamente possível conseguir melhores datações, dadas conjuntamente por foraminíferos planctónicos e por isótopos (Sr, K-Ar). Ainda que restos de mamíferos terrestres tenham sido obtidos, a sua ocorrência é verdadeiramente excepcional.

Pela peça, em si e pelo que representa, e pela possibilidade ímpar de chegar a uma datação particularmente rigorosa, o seu estudo foi considerado prioritário. Estamos, também, perante uma rara oportunidade de aproximar escalas cronostratigráficas marinhas e continentais.

ENQUADRAMENTO ESTRATIGRÁFICO E CRONOLÓGICO

A ocorrência do fóssil situa-se no afloramento exposto na praia do Penedo Norte. O fóssil foi extraído de um arenito de grão médio, conglomerático, rico de glauconite e com fragmentos de crostas fosfáticas. Deu fósseis, entre os quais pectinídeos, equinídeos, restos de peixes e ossos de cetáceos. Provavelmente, corresponde a um nível de condensação relacionado com uma elevação do nível do mar (Fig. 1, camada 8). A idade $^{87}Sr/^{86}Sr$ determinada a partir de uma concha pectinídeo desta mesma camada é de 11.5 a 13 Ma, enquanto que a idade radiométrica K/Ar da glauconite da camada 9 (Fig. 1) foi de 10.95±0.25 Ma. As margas imediatamente sobrepostas (Fig. 1, camada 10) contêm *Globorotalia* cf. *menardii*, *G. mayeri*, *Neogloboquadrina continuosa*, *Globorotalia scitula*, *Globigerina druryi.* Não foi encontrado

Globigerinoides subquadratus. Aquela associação foi correlacionada com N14 (Legoinha, 2001).

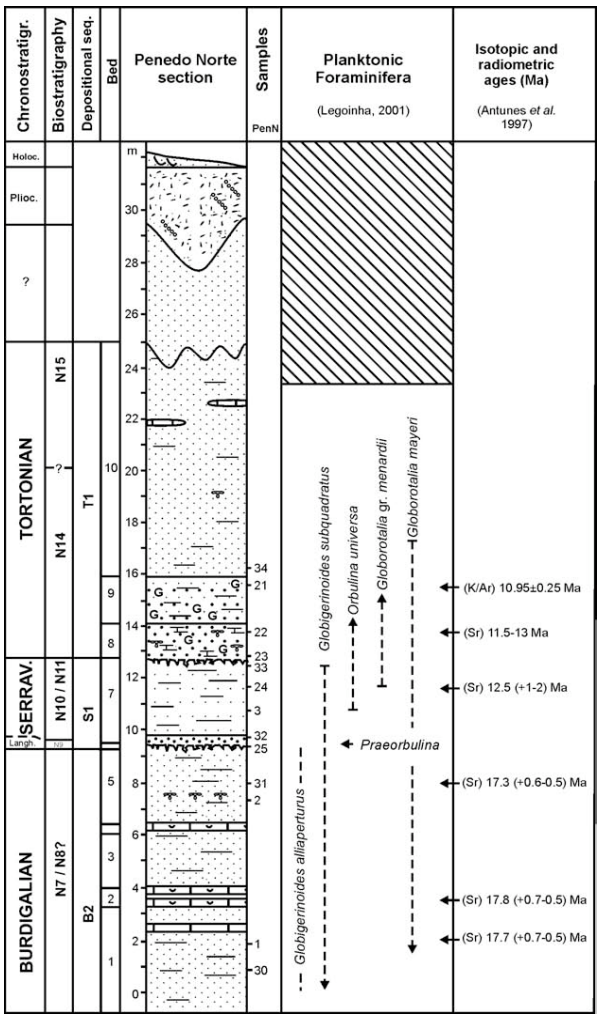


FIGURA 1. *Corte do Penedo Norte: biostratigrafia de foraminíferos planctónicos, sequências deposicionais e datações (in Legoinha 2008).*

Estas camadas constituem a parte basal da sequência deposicional T1 (*vide* Figura 4, *in* Legoinha, 2008) da Bacia do Baixo Tejo (Antunes et al., 2000; Legoinha, 2001; Legoinha, 2008). Mais acima, a sequência é constituída por areias argilosas finas, micáceas, com níveis de concreções carbonatadas; deu uma associação de foraminíferos planctónicos atribuída a N15. Conjugando os dados biostratigráficos referentes aos foraminíferos planctónicos com datações isotópicas, a sequência deposicional T1 tem início em N14 (Tortoniano inferior, 11,6 Ma; ICS 2009) e atinge N15. Pode, deste modo, ser correlacionada com a elevação do nível do mar e o máximo eustático do ciclo de 3ª ordem TB3.1.

Na região de Lisboa, a sequência deposicional T1 engloba as unidades litostratigráficas VIc e VIIa (Cotter, 1956). Começa por biocalcarenitos grosseiros ricos de moluscos de grande tamanho (VIc), que passam a arenitos amarelados finos (VIIa). A idade isotópica $^{87}Sr/^{86}Sr$ de uma concha de pectinídeo proveniente de biocalcarenitos da unidade VIc é de 11.6 (+2, - 0.6) Ma (Legoinha, 2001). Esta sequência sobrepõe-se em disconformidade a arenitos fluviais/deltaicos (unidade litostratigráfica VIb) datada do Serravalliano, relacionados com a fase regressiva da prévia sequência deposicional S2 (*vide* Figura 4, *in* Cunha et al., 2009).

Em suma, a idade do dente de mastodonte é, muito aproximadamente, de uns 11.6 Ma, início do Tortoniano.

DENTE DE MASTODONTE

A peça (Figs. 2, 3 e 4) é aproximadamente a metade distal de um molar inferior esquerdo, presumivelmente o 2º (menos provavelmente o 1º). Conserva a coroa, com ténues vestígios de abrasão no ponto mais elevado do penúltimo lófido. As raízes não estariam completamente formadas, o que deve ter contribuído para a sua perda. Pertenceu a um indivíduo que morreu antes da plena maturidade.

A peça revela abundância de cemento, o que não condiz com as observações no numeroso material de Lisboa, mais antigo (fins do Miocénico inferior aos primeiros tempos do Miocénico médio), onde o cemento ocorre, em bastantes casos, em dentes com acentuados vestígios de uso - mas é escasso. Contudo, a presença de cemento deve ser avaliada com prudência, pois pode verificar-se em bastantes *G. angustidens*, ainda que não seja uma característica geral desta espécie.

Acresce que a altura dos elementos da coroa excede nitidamente a dos homólogos dos *Gomphotherium* de Lisboa. Por tudo isto e pela maior separação do talão relativamente ao último lófido, e deste para o penúltimo, parece representar uma forma mais evolucionada e mais moderna que as homólogas de Lisboa; portanto, de idade post-Langhiano, se apenas considerássemos os caracteres do dente, mas é óbvio que dispomos de melhor informação cronológica (ver acima).

Para a sua identificação foi tida em conta a morfologia das colinas do molar, com tubérculos bunodontes bastante elevados e distanciados entre si, bem como o grau de individualização e a altura do talão. Quanto às dimensões, foi comparada a largura do fragmento, que corresponde à largura máxima do dente, com as larguras máximas dos M2 inferiores de *Gomphotherium angustidens* do Langhiano Vb (dados de A. Mazo), já que não dispomos em Portugal de dados acerca deste taxon de idades mais recentes. Verifica-se que a largura do molar de Penedo é significativamente maior que a largura média desta população (61,5 mm, n=38).



FIGURA 2. *Fragmento (cerca da metade distal) de 2º (1º?) molar inferior esquerdo de mastodonte, sem raízes conservadas nem vestígios evidentes de abrasão: cf.* Tetralophodon longirostris*, vista oclusal. Praia do Penedo Norte (Península de Setúbal), camada 8 do corte, base do Tortoniano, sequência deposicional T1, aproximadamente 11.6 Ma.*



FIGURA 3. Idem, idem, *vista externa (labial). Notar a altura dos lófidos (penúltimo e último) e do talão.*



FIGURA 4. Idem, idem, *vista interna (lingual). Cemento em quantidade importante*.

Seria tentador estabelecer comparações com um M2 inferior proveniente de um nível mais elevado da série em Lisboa, o "Helveciano" VIc, colhido outrora a SW da Pirâmide do Desterro, na Quinta de Vale Formoso; o seu comprimento é de 125.2 mm, a largura de 64.2 mm e a altura, reduzida por desgaste médio, de 42.2 mm. No entanto, um de nós (M.T.A) verificou a presença de vestígios de ganga de biocalcarenito marinho, pelo que parece tratar-se tão só de um fóssil re-depositado, proveniente certamente de antigos afloramentos do Vb. É, portanto, mais antigo do que o depósito, e sem significado em termos de comparação com o mastodonte do Penedo, cuja idade é sensivelmente a mesma do VIc.

Esta largura também foi comparada com a dos M2 de *Gomphotherium angustidens* (Cuvier 1825) e *Tetralophodon longirostris* (Kaup 1835) do Miocénico médio (biozonas MN5 a MN 7/8) e do princípio do Miocénico superior (biozona MN 9) de Espanha (dados de A. Mazo), o que parece permitir atribuir a *T. longirostris* o dente de Penedo.

Em Portugal, *Tetralophodon longirostris* foi identificado com segurança (Antunes e Mazo, 1983) em Carvalhal Novo (níveis médio e superior de Azambujeira), Valverde (perto de Azambuja) e Vale de Matança (Zbyszewski, 1951). Incisivos inferiores de grande tamanho, recuperados em Portas do Sol (Santarém) e atribuídos por Zbyszewski a *T. longirostris*, estariam provavelmente relacionados, segundo Antunes e Mazo (1983), com os que Schlesinger denominou *"Mastodon grandincisivus"*.

CONCLUSÕES

Pela 1ª vez foi encontrado um resto de mastodonte em depósitos marinhos da Bacia do Baixo Tejo, na área da Península de Setúbal (camada 8 do Corte do Penedo Norte, parte basal da sequência deposicional T1), o que permite datação rigorosa.

Os depósitos em causa estão datados do início do Tortoniano, ca. de 11.6 Ma, com base em foraminíferos planctónicos (N14) e datações $^{87}Sr/^{86}Sr$ e K/Ar.

O dente de mastodonte é reconhecido como cf. *Tetralophodon longirostris,* espécie já conhecida em Portugal em depósitos continentais da primeira parte do Miocénico superior.

AGRADECIMENTOS

Proyecto "Respuesta al cambio climático: evolución ecología y biogeografía de artiodáctilos y proboscideos durante el óptimo climático y crisis del Aragoniense y Vallesiense". Ministerio de Educación y

Ciencia, España, dirigido por J. van der Made./ Museo Nacional de Ciencias Naturales (A. Mazo).

REFERÊNCIAS

Antunes, M.T., Legoinha, P., Cunha, P. e Pais, J. (2000): High resolution stratigraphy and Miocene facies correlation in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus basin, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 183-190. *http://www.cienciasdaterra.com/index.php/vol/article/view/197*

Antunes, M. T. e Mazo, A. V. (1983): Quelques mastodontes miocènes du Portugal. *Ciências da Terra (UNL),* Lisboa, 7: 115-128. *http://www.cienciasdaterra.com/index.php/vol/article/view/86*

Cotter, J.B. (1956): O Miocénico marinho de Lisboa. *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, XXXVI: 1-170.

Cunha, P. P., Pais, J. e Legoinha, P. (2009): Evolução geológica de Portugal continental durante o Cenozóico - sedimentação aluvial e marinha numa margem continental passiva (Ibéria ocidental). En: *6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico* MIA09: xi-xx, Oviedo. *http://run.unl.pt/handle/10362/2351*

Legoinha, P. (2001): *Biostratigrafia de foraminíferos do Miocénico de Portugal (Bacia do Baixo Tejo e Algarve).* Tesis Doctoral, Univ. Nova de Lisboa, 238 pp. *http://run.unl.pt/handle/10362/1865*

Legoinha, P. (2008): The Serravallian-Tortonian boundary in the Lower Tagus Basin (Portugal) and the new GSSP of the Tortonian Stage. e-Terra, 6 (1): 10 p. *http://metododirecto.pt/ojs/index.php/e-terra*

Zbyszewski, G. (1951): *«Tetralophodon longirostris»* de Vale de Matança (Alcácer do Sal). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal,* Lisboa, XXXII, 1ª parte: 71-73.

Los macromamíferos del yacimiento del Pleistoceno Superior de Prado Vargas (Burgos, España)

The macromammals from the Upper Pleistocene site of Prado Vargas (Burgos, Spain)

D. Arceredillo[1-2]

1 Dpto. Geología (Paleontología), Universidad de Salamanca, pza. de la Merced. 37008 Salamanca. rebaqui@hotmail.com
2 Dpto. Ciencias Históricas y Geografía (Arqueología), Universidad de Burgos, Pza. Misael Bañuelos. 09001 Burgos.

Resumen: La fauna de macromamíferos recuperada en Prado Vargas no es muy amplia. Destacan los herbívoros frente a los carnívoros de los que únicamente se han recuperado tres especies: *Canis lupus*, *Panthera pardus* y *Ursus spelaeus*. Los herbívoros están representados por: Rhinocerotidae indet. *Equus ferus*, *Sus scrofa*, *Cervus elaphus*, *Rupicapra rupicapra* y *Capra pyrenaica*. La mayor parte de los restos son fragmentos diafisiarios de difícil asignación. El material dentario es el que permite realizar un estudio taxonómico y comparativo. Posteriores intervenciones pueden ayudarnos a conocer las relaciones faunísticas y las preferencias cinegéticas de los homínidos de la cordillera cantábrica y la meseta norte.

Palabras clave: Prado Vargas, Macromamíferos, Pleistoceno Superior, Meseta norte.

Abstract: *The small cave of Prado Vargas has not yield a great collection of macromammals. Herbivores are more abundant than carnivores that are represented by: Canis lupus, Panthera pardus and Ursus spelaeus. The recorded association of herbivores is constituted by the following taxa: Rhinocerotidae indet., Equus ferus, Sus scrofa, Cervus elaphus, Rupicapra rupicapra and Capra pyrenaica. To make a taxonomical and comparative analysis we have used dental remains because most of the postcranial remains are diaphysial fragments. Future field works can help us to define faunal relationships and hunting preferences of the hominids of both Cantabrian Mountains and North Plateau.*

Key words: *Prado Vargas, Macromammals, Upper Pleistocene, North Plateau.*

INTRODUCCIÓN

La cueva de Prado Vargas se emplaza en la Merindad de Sotoscueva, a escasos 500 metros de la localidad de Cornejo, en el norte de la provincia de Burgos, en un paso natural entre la región cantábrica y la Meseta norte (Torres et al., 1989; Navazo et al., 2005). Integrante del complejo kárstico de Ojo Guareña, se trata de una antigua surgencia situada a 20 m por encima del curso actual del río Trema (Navazo et al., 2005).

Sus depósitos han sido objeto de dos campañas de excavación (1986, 2006). En la primera intervención se realizaron cuatro catas en diferentes puntos de la cavidad aportando la mayor parte del material arqueopaleontológico la más cercana a la entrada, la cata α (Navazo et al., 2005). En 2006 se abren 4 m^2 más, contiguos a la cata α con el fin de conocer, delimitar y datar la ocupación neandertal.

Durante la campaña de 1986 se estableció la estratigrafía de los depósitos de la cata α. Se asignaron cinco niveles estratigráficos aportando únicamente material arqueopaleontológico el 4 (Torres et al., 1989; Navazo et al., 2005).

Los taxones identificados hasta el momento en el nivel 4 incluyen: *Oryctolagus* sp., *Canis lupus*, *Panthera pardus*, *Ursus spelaeus* Rhinocerotidae indet., *Equus ferus*, *Sus scrofa*, *Cervus elaphus*, *Rupicapra rupicapra* y *Capra pyrenaica*.

El yacimiento ha sido datado mediante racemización de aminoácidos, dando una edad aproximada de 46,2 ka BP (Navazo et al., 2005)

El objeto de este trabajo consiste en el análisis taxonómico y comparativo de los restos recuperados en el nivel 4 con el fin de poder aportar datos sobre el espectro faunístico de esta área durante el Pleistoceno Superior y las relaciones ecológicas de los neandertales y los ungulados.

MATERIAL

El material objeto de estudio procede en su totalidad del nivel 4. Los restos recuperados no son muy abundantes (909) y sólo una pequeña parte de la muestra (81) ha podido ser identificada y asignada a un grupo taxonómico concreto. La mayor parte de los restos identificables son piezas dentarias mientras que el resto son en su mayoría fragmentos diafisarios que no permiten un estudio más allá de la mera asignación taxonómica.

MÉTODOS

La terminología y las medidas empleadas en los carnívoros proceden de García (2003). El análisis del

material dentario de los herbívoros procede de Eisenmann et al., 1988 y Made (1996). El material postcraneal de los ungulados se ha medido según los criterios desarrollados por Von den Driesch (1976). Todas las medidas han sido tomadas en milímetros. Los restos recuperados se han comparado con los de otros yacimientos cercanos como Valdegoba (Arceredillo, 2008) y Cueva Millán ambos en Burgos. El MNI se ha estimado a partir de la pieza más frecuente, la lateralidad y el grado de desgaste (en el caso de las piezas dentarias).

RESULTADOS

Orden Carnivora Bowdich, 1821
Familia Canidae Fischer, 1817
Género *Canis* Linnaeus, 1758
Canis lupus Linnaeus, 1758

Material: se ha recuperado un dP_4.

Diente	Variables Métricas				
	N	LdP_4	$LtdP_4$	AdP_4	$AmdP_4$
dP_4	1	10,5	8,4	6,8	5,9

TABLA I. *Medidas del dP_4 de C. lupus*.

Se trata de un diente en muy buen estado de conservación. Presenta una morfología similar a la de la especie actual. La escasez de este tipo de piezas en sitios cercanos nos impide llevar a cabo una comparación métrica.

El NMI es de 1.

Orden Carnivora Bowdich, 1821
Familia Felidae Fischer, 1817
Género *Panthera* Oken, 1816
Panthera pardus Linnaeus, 1758

Material: se ha recuperado un hueso del carpo, el pisiforme.

Hueso	Variables métricas			
	N	Lm	Am	Hm
Psiforme	1	23,4	14,3	10,7

TABLA II. *Dimensiones del pisiforme recuperado de P. pardus.*

Se trata de un pisiforme derecho de pequeño tamaño que presenta un buen estado de conservación.

El NMI es 1.

Orden Carnivora Bowdich, 1821
Familia Ursidae Fischer, 1817
Género *Ursus* Linnaeus, 1758
Ursus spelaeus Rosenmuller, 1794

Material: 24 son los restos recuperados de esta especie, 22 de los cuales son identificables. De estos 22, 5 son fragmentos craneales, 1 fragmento de escápula, 1 fragmento de tibia, 1 fragmento de radio, 1 metacarpiano, 1 fragmento de costilla y 12 dientes que incluyen 3 deciduales, 6 gérmenes y 3 piezas permanentes. Los deciduales son 3 caninos; los gérmenes son: $1I^2$, $2I^3$, 1 M^1, 1 I_1, $1I_3$; y los permanentes incluyen: 2 M_2 y 1 C^S.

Diente	Variables Métricas				
	N	LM_2	AtM_2	$AtaM_2$	AcM_2
M_2	1	29,3	16,2	15,9	14,6

TABLA III. *Medidas tomadas en el M_2 de U. spelaeus*.

Los restos craneales aparecen muy fragmentados lo que impide la toma de medidas diagnósticas. El M_2 tiene un protocónido doble. Este carácter es propio de *U. spelaeus* y permite separarlo tanto de los *U. arctos* del Pleistoceno Superior como de los actuales, los cuales presentan un protocónido simple.

El MNI lo establecemos en 2, 1 juvenil y 1 adulto. Parece ser que los restos craneales, los caninos deciduales y los gérmenes pueden pertenecer todos a un mismo individuo juvenil (Torres et al. 1986), mientras que los M_2 pertenecerían a un individuo adulto.

Orden Perissodactyla Owen, 1848
Familia Rhinocerotidae Gray, 1821
Rhinocerotidae indet.

Material: fragmento de esmalte.

La asignación a esta familia se debe al grosor y a la rugosidad del esmalte (característico de los rinocerontes). El fragmento recuperado no nos permite la toma de medidas diagnósticas.

El MNI es de 1.

Orden Perissodactyla Owen, 1848
Familia Equidae Gray, 1821
Género *Equus* Linnaeus, 1758
Equus ferus Linnaeus, 1758

Material: se han recuperado dos piezas dentarias: $1P^{3-4}$ y 1 P_2.

Diente	Variables Métricas					
	N	DAP	DT	H	PL	KL
P_2	1	31,5	15,5	42,6		15,5
P^{3-4}	1	20,19r	23,6	12,32	r	

TABLA IV. *Medidas tomadas en la dentición de E. ferus*.

En el premolar inferior, el entofléxido, el ectofléxido y el pliegue pticostílido están poco desarrollados. El premolar superior tiene el lado anterior roto. Asimismo, tanto el pliegue caballino como el surco central del mesostilo están bien desarrollados y presentan un surco central. El parastilo, por otra parte, es simple y liso.

El análisis morfométrico nos permite descartar al otro équido característico del Pleistoceno Superior, el *Equus hydruntinus*. Por otra parte, sus dimensiones son mayores que los caballos de Valdegoba y similares a los

de Cueva Millán. Teniendo en cuenta el grado de desgaste que presentan ambas piezas hemos establecido el MNI en 2. El premolar inferior presenta un desgaste moderado mientras que el premolar superior carece casi de corona.

Orden Artiodactyla Owen, 1848
Familia Suidae Gray, 1821
Género *Sus* Linnaeus, 1758
Sus scrofa Linnaeus, 1758

Material: se han recuperado dos falanges proximales.

Hueso	Variables Métricas						
	N	GL	Glpe	BP	SD	BD	PD
Falange proximal	2	24,7	24,7	14,5	11,7	14	10,3

TABLA V. *Medidas tomadas en las falanges proximales de S. scrofa.*

Ambas piezas pertenecen a un ejemplar infantil. Sus epífisis proximales no están fusionadas. A pesar de esto, la forma redondeada de la superficie proximal junto con la anchura de la diáfisis nos indica que se trata de un suido.

Establecemos un NMI de 1 al ser una derecha y otra izquierda.

Orden Artiodactyla Owen, 1848
Familia Cervidae Goldfuss, 1820
Género *Cervus* Linnaeus, 1758
Cervus elaphus Linnaeus, 1758

Material: Se han recuperado 34 restos de los cuales 29 han podido ser identificados a nivel anatómico. De estos 29, 10 son dientes, 2 son fragmentos de asta, 17 son fragmentos de metápodos y uno es un metacarpo. Los restos dentarios son los que nos permiten realizar un estudio taxonómico y comparativo. Los dientes recuperados son los siguientes: 1 P_2, 2 P_3, 2 M_1, 1 M_2, 1 C^S, 1 P^3, 1 M^2 y 1 M^3.

Diente	Variables Métricas				
	N	DAPb	DTb	DTa	DTp
P_2	1	12,23	9,46	7,37	9,46
P_3	2	16,6	11,0	9,0	11,0
M_1	2	20,5	14,6	12,8	14,6
M_2	1	26,6	17,57	15,72	17,57
P^3	1	15,91	20,94	16,96	20,94
M^2	1	23,07	23,14	26,66	24,88
M^3	1	24,97	25,38	25,38	23,84

TABLA VI. *Medidas tomadas en los dientes de C. elaphus.*

La dentición inferior carece de la cresta que conecta el protocónido con el entocónido, presenta un cíngulo anterior muy desarrollado y los surcos contiguos a la metaectocrístida y a la entoectocrístida están acentuados (Lister, 1996). La dentición superior presenta unos estilos poco marcados y tanto el protocono como el hipocono muestran una morfología más o menos redondeada. Además, carecen de pliegue en la

proprecrístida (Lister, 1996). Estos caracteres morfológicos apuntan a *Cervus* descartando a otros cérvidos como *Capreolus capreolus*, *Dama dama* y *Rangifer tarandus*, presentes también en el Pleistoceno Superior de la Península Ibérica. Los ejemplares recuperados son más grandes que los de Valdegoba y similares a los de Cueva Millán.

El MNI se ha determinado a partir del P_3 y es 2, ambos adultos.

Orden Artiodactyla Owen, 1848
Familia Bovidae Gray, 1821
Género *Rupicapra* Blainville, 1816
Rupicapra rupicapra Linnaeus, 1758

Material: se han recuperado cuatro dientes y una falange proximal. Las piezas dentales recuperadas son: 2 M_1, 1 M_2 y un fragmento de P^4.

Diente	Variables métricas				
	N	DAPb	DTb	Dta	Dtp
M_1	2	11,5	8,2	7,1	8,2
M_2	1	10,8	6,9	6,77	6,91

TABLA VII. *Medidas tomadas en los dientes de R. rupicapra.*

Los dientes recuperados presentan un buen estado de conservación. Tienen unos estilos marcados y carecen de islote central de esmalte. Uno de los primeros molares inferiores presenta un grado de desgaste marcado, mayor que el de las otras dos piezas cuya erosión no está muy avanzada. La escotadura que separa los cóndilos articulares distales de la falange es poco profunda lo que nos permite asignarla a esta especie. La epífisis proximal está rota por lo que no permite tomar medidas diagnósticas. Sus dimensiones son similares a las de los ejemplares de Cueva Millán y Valdegoba.

El NMI es 2 y ha sido establecido a partir de los primeros molares inferiores.

Orden Artiodactyla Owen, 1848
Familia Bovidae Gray, 1821
Género *Capra*, Linnaeus, 1758
Capra pyrenaica Schintz, 1838

Material: se han recuperado 12 restos, de los cuales 10 son identificables siendo todos ellos dientes. Las piezas recuperadas incluyen: 1 I_1, 1 P_3 1 P_4, 1 M_3, 1 P^4, 3 M^2, 2 M^3.

Diente	Variables métricas				
	N	DAPb	DTb	Dta	Dtp
P_3	1	7,1	5,1	4,7	5,1
P_4	2	8,8	6,4	5,9	6,2
M_1	1	8,2	7,2	6,3	7,2
M_2	1	12,2	7,7	7,4	7,7
M_3	2		7,8	7,9	7,7
M^2	3	13,1	12,1	11,9	11,9
M^3	2			11,7	9,9

TABLA VIII. *Medidas tomadas en los dientes de C. pyrenaica.*

Su dentición presenta unos estilos poco marcados, carentes de islote central de esmalte en los dientes superiores. Sus dimensiones son similares a las encontradas en Valdegoba y Cueva Millán.

El NMI es de 2 adultos y se ha determinado a partir del M^2.

DISCUSIÓN

Prado Vargas es el único yacimiento del Pleistoceno Superior situado entre los sitios del norte de la cordillera cantábrica y su estribación meridional. Estudios arqueológicos y zooarqueológicos previos (Navazo et al., 2005) revelan un uso alterno de la cavidad por parte de los homínidos y carnívoros. El escaso volumen de material así como de marcas de mordeduras descarta el uso como cubil por parte de los carnívoros aunque hay evidencias de uso como osera en momentos puntuales (Torres et al., 1986). Sin embargo, la abundancia de marcas de corte, en concreto de marcas de descarnación, junto con la presencia de reavivados y reciclados líticos evidencian un uso estacional y recurrente de la cueva por grupos de cazadores (Navazo et al., 2005). La predominancia de marcas de descarnación frente a señales de desarticulación indica una posible selección de partes esqueléticas en el exterior de la cueva. La interpretación como refugio estacional por grupos de cazadores y el escaso uso que por parte de los carnívoros se hacía de la cavidad puede explicar el escaso volumen de material recuperado.

Parece existir una selección de herbívoros adultos de entre 30 y 160 kg. El NMI para cada especie no es muy alto. El hecho de que exista un transporte diferencial de unidades anatómicas y la alta fragmentación ósea permiten suponer la existencia de un mayor número de individuos. Salvo en los cápridos (*Rupicapra* y *Capra*), el resto de los herbívoros presenta un patrón similar. Son de mayores dimensiones que los ejemplares de la cueva de Valdegoba (OIS 5e) y de tamaño similar a los de Cueva Millán (OIS 3). Estudios posteriores de la fauna de los yacimientos cantábricos y de la meseta norte pueden ayudarnos a conocer los cambios de tamaño de estos taxones a lo largo del Pleistoceno Superior en esta área.

Las especies recuperadas en Prado Vargas son consideradas euritérmas indicando un ecosistema mixto en la zona. Especies como *E. ferus*, *C. elaphus* y *S. scrofa* están relacionadas con ambientes forestales abiertos aunque también pueden estar presentes en zonas adehesadas y praderas. La presencia de *R. rupicapra* y *C. pyrenaica* nos indica zonas montañosas con presencia de roquedos.

CONCLUSIONES

La fauna de macromamíferos recuperada en Prado Vargas no es muy amplia. Los herbívoros son más abundantes que los carnívoros. En relación a los ungulados parece existir una selección de presas de talla media. Destacan los artiodáctilos sobre los perisodáctilos. Las dimensiones de los herbívoros, salvo en los cápridos, son mayores que las de otros sitios de la Meseta norte del Pleistoceno Superior antiguo, y similares a las de especies coetáneas del mismo entorno geográfico.

AGRADECIMIENTOS

A los doctores Carlos Díez y Marta Navazo por permitirme analizar el material de Prado Vargas y por sus consejos e ideas. Trabajo inserto en los proyectos (BU01/04 de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León; BOS2003-08938-C03-02 y CGL 2006-13532-CO3-03 del Ministerio de Educación y Ciencia.

REFERENCIAS

Arceredillo, D. (2008): Estudio Paleontológico de los Herbívoros de la Cueva de Valdegoba (Huérmeces, Burgos). Tesis de Licenciatura, Universidad de Salamanca, 297 p.

Eisenmann, V., Alberdi, M. T., De Guili, C. y Staesche, U. (1988): Studying fossil horses 1. Methodology. En: *Collected papers after the "New York International Hipparion Conference, 1981"* (M. Woodburne y P. Sondaar eds.), 1-7.

García, N. (2003): *Osos y otros carnívoros de la Sierra de Atapuerca*. Fundación oso de Asturias. 575p.

Lister, A. M. (1996): The morphological distinction between bones and teeth of fallow deer (*Dama dama*) and red deer (*Cervus elaphus*). International *Journal of Osteoarchaeology*, 6: 119-143.

Made, J. van der (1996): Listriodontidae (Suidae, Mammalia), their evolution, systematic and distribution in time and space. *Contributions to Tertiary and Quaternary Geology*, 33 (1-4): 3-254.

Navazo, M., J. C. Díez, Torres, T., Colina, A. y Ortiz, J.E. (2005): La cueva de Prado Vargas. Un yacimiento del Paleolítico Medio en el sur de la Cordillera Cantábrica. En: *Neandertales Cantábricos, Estado de la Cuestión* (R. Montes Barquín y J. A. Lasheras Corruchaga eds.). Santillana del Mar, Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira, 20: 151-166.

Torres, T., Rodríguez, B. y González, A. (1989): Excavación en el yacimiento de la cueva de Prado Vargas, merindad de Sotoscueva (Cornejo, Burgos). Memoria Científica, Junta de Castilla y León, 1-116.

Von den Driesch, A. (1976): *A guide to the measurements of animal bones from archaeological sites*. Peabody Museum Bulletins. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard, 136p.

Edad de muerte y dimorfismo sexual del *Cervus elaphus* de tres yacimientos del Pleistoceno Superior a partir del estudio de sus caninos superiores

Age of death and sexual dimorphism based on the study of the upper canines of Cervus elaphus from three different sites of the Upper Pleistocene

D. Arceredillo[1, 2] y C. Díez[2]

1 Dpto. Geología (Paleontología), Universidad de Salamanca, Pza. de la Merced. 37008 Salamanca. rebaqui@hotmail.com
2 Dpto. Ciencias Históricas y Geografía (Prehistoria), Universidad de Burgos, Pza. Misael Bañuelos. 09001 Burgos. clomana@ubu.es

Resumen: El estudio del dimorfismo sexual y la edad de muerte a partir de los caninos superiores de *Cervus elaphus* no es un método muy utilizado debido a la escasez de estas piezas dentarias en los yacimientos paleontológicos. Sin embargo, las diferencias morfológicas y métricas entre machos y hembras permiten una separación de sexos aceptable. La edad de muerte, por el contrario, no presenta una estricta correlación entre los valores métricos y la evolución morfológica, debido al particular desgaste de estos dientes. Los cálculos sobre edad de muerte y sexo de varios ejemplares del Pleistoceno Superior permiten realizar inferencias sobre composición de los rebaños y el origen de las acumulaciones.

Palabras clave: *Cervus, caninos,* edad de muerte, dimorfismo sexual, Pleistoceno Superior.

Abstract: *The age of death and sexual dimorphism study of the upper canines of Cervus elaphus is not very common in paleontological sites due to the lack of these remains. However, the differences in morphological features and measurements among males and females allow us to make a good sex differentiation. On the contrary, morphological features and metrical variables do not present a good correlation to establish the age of death due to the special wear of these teeth. The establishment of the age of death and sexual dimorphism of several individuals of the Upper Pleistocene allow us to make inferences about the composition of the herds and the origin of the accumulations.*

Key words: *Cervus, canines, age of death, sexual dimorphism, Upper Pleistocene.*

INTRODUCCIÓN

El estudio de la edad de muerte y el dimorfismo sexual es uno de los métodos paleontológicos que permiten aproximarnos a la composición de los rebaños y determinar el posible origen de una acumulación arqueológica.

Los dientes y los huesos son los materiales más utilizados para estimar la edad de muerte. El desarrollo de las astas y la fusión de los huesos craneales son también métodos válidos pero poco habituales en esta disciplina debido a su escasez y la mala conservación. La metodología más frecuente es el estudio, por un lado, de la fusión epifisial y por el otro el análisis de la erupción y el desgaste dental. La fusión epifisial tiene una serie de limitaciones como son la dificultad a la hora de identificar especies a partir de huesos inmaduros, la escasa conservación tanto de epífisis como de diáfisis de individuos infantiles, así como la poca información que aportan, ya que sólo se pueden establecer dos clases de edad: antes y después de la fusión, y que además cambian con el tipo de hueso y la especie (Klein y Cruz-Uribe, 1984). Por estas razones, el material dental es el más común en estos estudios. Su composición los hace más resistentes, son muy abundantes, son buenas herramientas biocronológicas y su asignación específica es más clara (Grant, 1982).

Además, su uso está muy extendido en herbívoros debido a su hipsodoncia dental (Greenfield y Arnold, 2008). Este hecho hace que las variaciones morfológicas y métricas puedan ser observadas y cuantificadas con facilidad.

La estimación del sexo requiere abundantes series de medidas osteológicas para especies muy dimórficas, aspectos ambos que muchas veces no suelen ser posibles por la escasez de material en contextos arqueológicos. Igualmente, algunos huesos diagnósticos como los coxales suelen manifestarse en bajo número o están dañados por el consumo humano o de los carnívoros en numerosos yacimientos.

La estimación del sexo y de la edad de muerte a partir de incisivos y caninos no ha sido un método muy desarrollado en Paleontología. Sin embargo, se pueden destacar dos estudios. El primero corresponde a Greer y Yeager (1967), los cuales establecieron una serie de criterios morfológicos para determinar el sexo y la edad del *Cervus canadensis*. Sin embargo, su modelo tiene una aplicación limitada en Paleontología ya que parte de los criterios observados por estos autores se pierden en el proceso tafonómico. Más aplicable es el modelo desarrollado por d'Errico y Vanhaeren (2002). Su método, a diferencia del anterior, permite sexar, estimar

la edad de muerte y aplicar los resultados al material paleontológico.

El objetivo de este trabajo es la estimación de la edad de muerte y del dimorfismo sexual de *Cervus elaphus* aplicando el modelo de d'Errico y Vanhaeren (2002) a los caninos superiores recuperados en tres yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica

MATERIAL

El material objeto de estudio corresponde a los caninos superiores de *Cervus elaphus* recuperados en los yacimientos del Pleistoceno Superior antiguo de la Cueva de Valdegoba, Cueva Millán, y Prado Vargas todos ellos situados en la provincia de Burgos (España) (Díez et al., 2008). En total se han analizado 12 piezas, nueve procedentes de Valdegoba, dos de Cueva Millán y una de Prado Vargas.

METODOLOGÍA

Se ha seguido el modelo desarrollado por d'Errico y Vanhaeren (2002). Hemos registrado cuatro variables morfológicas y nueve métricas. Las morfológicas incluyen cinco estados de desgaste dental (DD), tres etapas de desarrollo de la raíz (DR), el estado de calcificación de la cavidad pulpar (CP) y la desaparición por desgaste del lóbulo disto-lingual-cervical (DLC) (prominencia localizada en el borde posterior del lado lingual de la corona; Greer y Yeager, 1967). Las medidas han sido tomadas todas en milímetros y son las siguientes (figura 1): (1) LC: longitud de la corona, (2) AC: anchura de la corona, (3) LR: longitud de la raíz, (4) AR: anchura de la raíz, (5) ABR: anchura de la base de la raíz, (6) EC: espesor de la corona, (7) AD: anchura del desgaste, (8) LD: longitud del desgaste, (9) ER: espesor de la raíz.

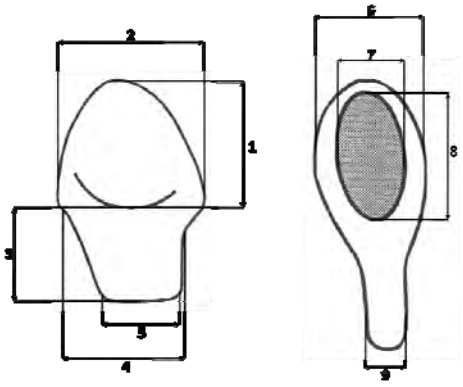


FIGURA 1. *Medidas realizadas en los caninos: izqda: cara bucal; drcha: superficie oclusal (A partir de d'Errico y Vanhaeren (2002).*

Dimorfismo sexual

Estimar el sexo a partir de los caninos superiores definitivos es relativamente sencillo ya que entre machos y hembras existe una gran variabilidad morfológica. Los caninos de los machos presentan una forma globular que tiende a hacerse triangular con la edad. Las piezas de las hembras son apuntadas, con el desgaste adquieren una morfología rectangular y presentan un abultamiento en la base de la corona. Las raíces son cuadradas o trapezoidales en los machos mientras que en los caninos de las hembras son rectangulares o en forma de "V". También existe una diferencia en cuanto al tamaño, ya que la anchura es casi siempre más del doble que el espesor en machos y menor en las hembras (d'Errico y Vanhaeren, 2002).

Edad de muerte

A cada una de las variables morfológicas se le dio un valor numérico según el grado de desgaste que presentaban (tabla I). Una vez asignado el valor, se compararon todas las variables entre sí y se las asignó una edad (en años), de acuerdo con la tabla desarrollada por d'Errico y Vanhaeren (2002).

Valor	Variables Morfológicas			
	DD	DR	CD	DLC
0			Visible	Presente
1	Sin desgaste	Abierta	No visible	Ausente
2	Ligero desgaste	Cerrándose		
3	Moderado desgaste	Cerrada		
4	Marcado desgaste			
5	Máximo desgaste			

TABLA I. *Valores asignados a cada una de las variables morfológicas según su grado de desgaste.*

Para estimar la edad a partir de las variables métricas se utilizaron las ecuaciones desarrolladas por los mismos autores. La edad (Y) obtenida a partir de estas ecuaciones se da en meses (tabla IV).

Para los machos:

$$Y = 300{,}13 + (-16{,}80\ LC) + (9{,}18\ LD) + (-\ 6{,}69\ LR) + (-12{,}74\ AC) + 7{,}64\ AR + (-3{,}93\ AD)$$

Para las hembras

$$Y = 222{,}09 + (-10{,}83\ LC) + (5{,}14\ LD \times AD\ /2) + (-5{,}75\ AC \times EC\ /2)$$

Con el fin de obtener una mayor precisión en la estimación de la edad y el dimorfismo sexual, hemos combinado los resultados obtenidos a partir de las variables morfológicas y las variables métricas.

RESULTADOS

Dimorfismo sexual

Los resultados partir del análisis de los caracteres morfológicos y las variables métricas para determinar el dimorfismo sexual son similares (tabla II). Se han identificado cinco machos (todos ellos procedentes de la cueva de Valdegoba) y siete hembras (en Valdegoba, Cueva Millán y Prado Vargas).

Sigla	Morfológico	Métrico
	Sexo	
VB-sp-2286	Macho	Macho
VB-sp-2283	Macho	Macho
VB-sp-2279	Macho	Macho
VB-sp-2339	Macho	Macho
VB06.L13.Dad.85-90	Macho	Macho
PV06 45 H31 208	Hembra	Hembra
CM86.1A.8J	Hembra	Hembra
CM86.1A.8J	Hembra	Hembra
VB06.L13.Ad.65-70	Hembra	Hembra
VB06.J12.Cc.70-75	Hembra	Hembra
VB-sp-2268	Hembra	Hembra
VB-sp-3178	Hembra	Hembra

TABLA II. *Dimorfismo sexual obtenido a partir del estudio de los caracteres morfológicos y las variables métricas. VB: Valdegoba, CM: Cueva Millán, PV: Prado Vargas.*

Edad de muerte

En cuanto a la edad de muerte, los caracteres morfológicos (tabla III) nos indican que los individuos de entre 2 y 4 años son los más abundantes, seguidos de los ejemplares de entre 3 y 6 años. Los individuos de más de 8 años se encuentran representados por cuatro especímenes.

	Variables Morfológicas				Edad
Sigla	DD	DR	CD	DLC	(Años)
	Machos				
VB-sp-2286	1	2	0	0	2-4
VB-sp-2283	4	3	1	1	10-14
VB-sp-2279	1	1	0	0	2-4
VB-sp-2339	1	1	1	0	2-4
VB06.L13.Dad.85-90	4	3	1	1	10-14
	Hembras				
PV06.45.H31.208	2	1	0	0	3-6
CM.86.1A.8J	1	2	0	0	3-6
CM.86.1A.8J	1	2	0	0	3-6
VB06.L13.Ad.65-70	3	3	1	0	8-19
VB06.J12.Cc.70-75	3	2	1	0	8-19
VB-sp-2268	1	1	0	0	2-4
VB-sp-3178	1	1	0	0	2-4

TABLA III. *Resultados obtenidos a partir del análisis de los caninos. Las referencias han sido tomadas de d'Errico & Vanhaeren (2002).*

Las variables métricas aportan valores más bajos que los obtenidos mediante el patrón morfológico y de desgaste en cinco de los casos (tabla IV), de los que cuatro son machos. Predominan ahora los ejemplares con edades comprendidas entre los 2 y 4 años, pero seguidos en este caso por los de menos de dos años. Los ejemplares de más de 4 años son los menos abundantes.

Sigla	Sexo	Edad en Meses (métrica)	Edad en Años (morfológica)
VB-sp-2286	Macho	12	2-4
VB-sp-2283	Macho	101	10-14
VB-sp-2279	Macho	22	2-4
VB-sp-2339	Macho	14	2-4
VB06.L13.Dad.85-90	Macho	135	10-14
PV06 45 H31 208	Hembra	39	3-6
CM86.1A.8J	Hembra	37	3-6
CM86.1A.8J	Hembra	28	3-6
VB06.L13.Ad.65-70	Hembra	108	8-19
VB06.J12.Cc.70-75	Hembra	150	8-19
VB-sp-2268	Hembra	38	2-4
VB-sp-3178	Hembra	51	2-4

TABLA IV. *Resultados obtenidos a partir del análisis morfométrico y su relación con el dimorfismo sexual.*

Si relacionamos la edad de muerte con el dimorfismo sexual, vemos que en las hembras predominan los individuos de 3 a 6 años, mientras que en los machos abundan los infantiles a nivel métrico y los juveniles atendiendo a la morfología.

DISCUSIÓN

Los caracteres métricos y morfológicos definidos por d'Errico y Vanhaeren (2002) han permitido desarrollar un modelo para determinar el dimorfismo sexual y la edad de muerte a partir del análisis de los caninos superiores de *Cervus elaphus*. La escasez de estudios sobre dimorfismo y edad de muerte a partir del análisis de estas piezas puede deberse a diferentes causas, entre las que sobresale un patrón de desgaste diferencial. Los caninos se encuentran separados de la fila dentaria premolar – molar superior y además no están en contacto con ninguna pieza mandibular ya que se encuentran situados justo sobre el diastema mandibular (entre los incisivos y los dientes yugales). Su desgaste es así más lento, produciéndose sobre todo por el contacto con la lengua y los labios (Greer y Yeager, 1967), lo que traduce una clara influencia de los ácidos salivares.

La dificultad a la hora de establecer un modelo de desgaste junto con la escasez de este material hace que los caninos no sean muy utilizados para establecer la edad de muerte. No debería ocurrir lo mismo a la hora de sexar los restos, ya que las diferencias morfológicas son notables y más evidentes que en los dientes yugales. Las diferencias morfométricas entre machos y hembras permiten una estimación del sexo aceptable. No ocurre lo mismo con la estimación de la edad donde en ocasiones los resultados métricos y morfológicos no coinciden, dando los resultados métricos valores más bajos en particular sobre los machos algunos casos. Esto se hace patente después de atribuir edades inferiores a los 17 meses en varios ejemplares, lo que parece incompatible con el consenso existente sobre la edad de erupción de los caninos en esta especie, que suele acontecer hacia los 17-18 meses (Azorit et al., 2002). Estos valores nos hacen sospechar una cierta subestimación de la edad en las ecuaciones desarrolladas por d'Errico y Vanheren (2002), quizás debido a que estas ecuaciones se desarrollaron a partir del análisis de dos poblaciones actuales diferentes: una silvestre y otra cautiva. Los grados de desgaste en ambas poblaciones no son iguales, siendo más marcado en la cautiva debido al mejor acceso al alimento. Estudios similares en otras especies como el Wapiti (Greer y Yeager, 1967) también refieren entre los 17 y 36 meses de edad una gran variabilidad en el desgaste de estas piezas.

El material utilizado es escaso por lo que sacar conclusiones acerca del origen o de los agentes de acumulación no sería del todo correcto. Sin embargo, los resultados pueden complementarse con aquellos obtenidos a partir del análisis de los dientes yugales. Un estudio conjunto puede fortalecer los resultados, así como aportar datos sobre la selección sexual.

En unión de estudios previos llevados a cabo en la cueva de Valdegoba, nuestros resultados nos permiten profundizar en la interpretación de este yacimiento. De los 37 ciervos identificados, al menos 5 serían machos y 4 hembras. Esta especie muestra una estacionalidad muy marcada en Valdegoba, siendo el verano el periodo de mayor acumulación (Arceredillo y Díez, 2009). Durante esta estación la unidad social básica de *Cervus elaphus* es la de grupos de hembras con sus descendientes. Este patrón podría explicar la presencia de hembras de todas las edades junto con machos de 2-3 años, los cuales estarían a punto de emanciparse y dispersarse a otras áreas para formar grupos de machos de edades similares (Carranza, 2004).

CONCLUSIONES

El estudio morfométrico de los caninos superiores de *Cervus elaphus* permite estimar tanto el dimorfismo sexual como la edad de muerte. Las diferencias morfológicas y métricas entre ambos sexos permiten una separación bastante exacta. En algunos casos los resultados morfológicos y métricos en la edad de muerte no coinciden. En Valdegoba predominan los machos, la mayoría de unos 2-3 años, mientras que en las hembras son mayoría las adultas. Inferimos una caza sobre rebaños de hembras con crías. En Cueva Millán y Prado Vargas sólo se han identificado hembras con edades comprendidas entre los 3 y los 6 años.

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora Marta Navazo por permitirnos analizar el material de Prado Vargas; y a Marta Negro por facilitar el acceso a los materiales de Cueva Millán. Trabajo inserto en los proyectos (BU01/04 de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León; BOS2003-08938-C03-02 y CGL 2006-13532-CO3-03 del Ministerio de Educación y Ciencia.

REFERENCIAS

Arceredillo, D. y Díez, C. (2009). Age of death and seasonality base on ungulate tooth remains from the Upper Pleistocene site of Valdegoba (Burgos, Spain). *Journal of Taphonomy*, 7 (2-3): 75-91.

Azorit, C., Analla, M., Carrasco, R., Calvo, J. A. & Muñoz-Cobo, J. (2002). Teeth eruption pattern in red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) in southern Spain. *Anales de Biología*, 24: 107-114.

Carranza, J. (2004). Ciervo – *Cervus elaphus*. En: *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. (L. M. Carrascal y A. Salvador, eds.) Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

d'Errico, F. y Vanhaeren, M. (2002): Criteria for identifying red deer (*Cervus elaphus*) age and sex from their canines. Application to the study of Upper Palaeolothic and Mesolithic ornaments. *Journal of Archaeological Science,* 29: 211-232.

Díez, C., Alonso, R., Bengoechea, A., Colina, A., Jordá, J.F., Navazo, M., Ortiz, J.E., Pérez, S. y Torres, T. (2008). El Paleolítico Medio en el valle del Arlanza (Burgos). Los sitios de La Ermita, Millán y La Mina. *Rev. C. & G*., 22 (3-4): 135-157.

Grant, A. (1982): The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates. En: *Ageing and sexing animal bones from archaeological sites*. (B. Wilson, C. Grigson, C. y S. Payne, eds.) Oxford: British Archaeological Reports British Series, 91-108.

Greenfield, H. J y Arnold, E. R. (2008): Absolute age and tooth eruption and wear sequences in sheep and goat: determining age-at-death in zooarchaeology using a modern control sample. *Journal of Archaeological Science*, 35: 836-849.

Greer, K. R. y Yeager, H. W. (1967): Sex and age indications from upper canine teeth of Elk (Wapiti). Journal of Wildlife Management, 31 (3): 408-417.

Klein, R. G. & Cruz-Uribe, K. (1984): *The analysis of animal bones from archaeological sites*. University of Chicago Press, Chicago.

Diversidad microtextural de guembelítridos en el tránsito Cretácico-Paleógeno: implicaciones taxonómicas y evolutivas en foraminíferos planctónicos

Microtextural diversity of guembelitrids across the Cretaceous-Paleogene transition: taxonomic and evolutive implications in planktic foraminifera

I. Arenillas[1], J. A. Arz[1] y C. Náñez[2]

1 Dpto. Geología (Paleontología) e IUCA, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. ias@unizar.es, josearz@unizar.es
2 Servicio Geológico Minero Argentino y CONICET, Benjamín Lavaisse 1194. C1107BJD Buenos Aires. Argentina. carolina.nanez@yahoo.com

Resumen: Los guembelítridos son considerados el grupo ancestral de la mayor parte de los foraminíferos planctónicos del Cenozoico. Un análisis detallado de la superficie de la pared de guembelítridos del tránsito Cretácico-Paleógeno (*Guembelitria*, *Palaeoglobigerina*, *Parvularugoglobigerina*, *Chiloguembelitria?*, *Woodringina*, *Postrugoglobigerina?* y *Globoconusa*) sugiere que su variabilidad microtextural es mayor a lo previamente considerado. Esta variabilidad microtextural podría tener importantes implicaciones taxonómicas y filogenéticas, ya que una amplia diversidad críptica podría no haber sido considerada en las tradicionales taxonomías morfológicas.

Palabras clave: *Guembelitria*, textura de pared, filogenia, Maastrichtiense, Daniense.

Abstract: *The guembelitrids are considered the ancestral group of most of the Cenozoic planktic foraminifera. A detailed analysis of the wall surface of guembelitriids across the Cretaceous-Paleogene transition (Guembelitria, Palaeoglobigerina, Parvularugoglobigerina, Chiloguembelitria?, Woodringina, Postrugoglobigerina? and Globoconusa) suggests that its microtextural variability is higher than previously considered. This microtextural variability could have significant taxonomic and phylogenetic implications, since a high cryptic diversity could have not been considered in the classical morphological taxonomies.*

Key words: *Guembelitria, wall texture, phylogeny, Maastrichtian, Danian.*

INTRODUCCIÓN

Los guembelítridos tienen un gran significado en la historia evolutiva de los foraminíferos planctónicos, ya que fueron uno de los pocos supervivientes del evento de extinción del límite Cretácico-Paleógeno (K-Pg) y podrían ser el grupo ancestral de todos los foraminíferos planctónicos del Cenozoico (Arenillas et al., 2000, 2007). En el tránsito K-Pg, la Familia Guembelitriidae Montanaro-Gallitelli incluye los géneros *Guembelitria* Cushman, *Palaeoglobigerina* Arenillas, Arz y Náñez, *Parvularugoglobigerina* Hofker, *Woodringina* Loeblich y Tappan, y *Globoconusa* Khalilov, de los cuales los cuatro últimos aparecieron en el Daniense basal. A estos géneros habría que añadir *Chiloguembelitria* Hofker y *Postrugoglobigerina* Salaj, cuya validez taxonómica está todavía por determinar (Arenillas et al., 2007; Arz et al., 2010).

El género *Guembelitria* se caracteriza por la disposición triseriada de las cámaras y por la presencia de poros en túmulo (*pore-mounds*) bien desarrollados (Fig. 1). Sin embargo, la variabilidad morfológica y microtextural tanto de *Guembelitria* como de los guembelítridos del tránsito K-Pg parece ser mucho mayor que la sugerida previamente, sobre todo en el Daniense (Arenillas et al., 2007). Así, por ejemplo, el género *Chiloguembelitria* podría diferenciarse de *Guembelitria* por la presencia en la superficie de la pared de rugosidades y papilas irregularmente distribuidas, tanto perforadas como imperforadas (Arenillas et al., 2007). El objetivo de este trabajo es mostrar la variabilidad de la microtextura de la pared de los guembelítridos en el tránsito K-Pg, y sugerir algunas implicaciones evolutivas y taxonómicas.

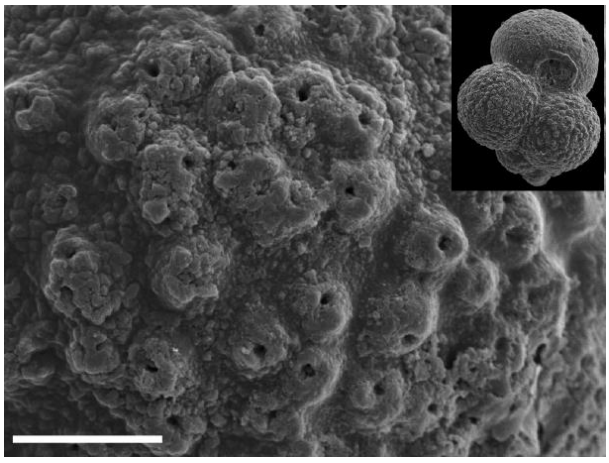


FIGURA 1. *Superficie de pared de* Guembelitria blowi *Arz, Arenillas y Náñez, Maastrichtiense superior, El Kef (escala = 10 micras).*

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el análisis de la variabilidad microtextural de los guembelítridos, se han realizado microfotografías de detalle de la superficie de la pared de ejemplares de estos géneros, utilizando un Microscopio Electrónico de Barrido JEOL JSM 6400. Las diferentes microtexturas en Guembelitriidae (Fig. 2) son comparadas con las de algunos géneros trocoespiralados típicos del Daniense: *Globanomalina* Haque, *Praemurica* Olsson, Hemleben, Berggren y Liu, y *Eoglobigerina* Morozova (cuyo tipo de pared es semejante a la de *Subbotina* Brotzen y Pozaryska, y *Parasubbotina* Olsson, Hemleben, Berggren y Liu). Aunque no se ha mostrado el género biseriado *Chiloguembelina* Loeblich y Tappan, su textura de pared es parecida a la de *Woodringina*, al menos en las especies del Daniense.

Se eligieron secciones donde la conservación de los foraminíferos planctónicos es buena o muy buena. Las localidades de donde provienen los ejemplares mostrados en el presente trabajo son: El Kef y Aïn Settara (Túnez), Ben Gurion (Israel), Bajada del Jagüel (Argentina) y Nye Klov (Dinamarca). Además, se ha tenido en cuenta para el análisis de la variabilidad microtextural trabajos previos, principalmente los de Olsson et al. (1992, 1999). La variabilidad morfológica de este grupo ha sido analizada también en secciones de diferentes regiones y latitudes del mundo, tales como Caravaca, Agost y Zumaya (España), Gubbio y Cesselli (Italia), o Bochil, Guayal, El Mulato y El Mimbral (México).

Las muestras fueron previamente preparadas con el clásico método del levigado (con H_2O_2), estudiadas en la fracción superior de 63 micras y las morfoespecies han sido identificadas de acuerdo con la taxonomía de Arenillas et al. (2007). La biozonación utilizada se basa en la de Arenillas et al. (2004), quienes reconocieron tres biozonas: Zonas de *G. cretacea*, de *Parvularugoglobigerina eugubina* y de *Parasubbotina pseudobulloides*, las cuales se subdividieron en varias subbiozonas. Los principales datos bioestratigráficos son: último registro de *Abathomphalus mayaroensis* (o límite K/Pg, datado en ~65,5 Ma), y primeros registros de *Parvularugoglobigerina longiapertura* (~6.000 años después del límite K/Pg), de *Pv. eugubina* (~20.000 años), de *Eoglobigerina simplicissima* (~35.000 años) y de *Parasubbotina pseudobulloides* (~60.000 años).

TIPOS DE PARED

Los tipos de pared identificados en los guembelítridos del tránsito K-Pg son los siguientes:
- Papilada con poros en túmulo (Fig. 1): típica de *Guembelitria* del Maastrichtiense, también encontrada en el Daniense.
- Granular con poros cilíndricos (Fig. 2.1): identificada en *Guembelitria* del Maastrichtiense de Túnez.
- Papilada con papilas imperforadas (Fig. 2.2): identificada en *Guembelitria* del Maastrichtiense de Bajada del Jagüel.
- Granular con poros en túmulo, y pequeños cristalitos (Fig. 2.3): identificada en *Guembelitria* del Maastrichtiense de Nye Klov.
- Granular en mosaico, con poros cilíndricos enmascarados por cristalitos serrados muy apiñados (Fig. 2.4): identificada en *Guembelitria* del Daniense basal de Túnez.
- Lisa papilada, con poros en túmulo desgastados y poros generalmente descentrados o periféricos dentro de la papila (Fig. 2.5-2.6): identificada en *Guembelitria* triseriadas, tetraseriadas (*G.* cf. *alabamensis*) y multiseriadas del Daniense basal de Túnez.
- Granular dentada, con poros cilíndricos enmascarados por cristalitos aplanados muy apiñados (Fig. 2.7): identificada en *Palaeoglobigerina* y *Parvularugoglobigerina* del Daniense basal de Túnez.
- Lisa, con poros cilíndricos (*pore-murals*) (Fig. 2.8): identificada en *Palaeoglobigerina* y *Parvularugoglobigerina* del Daniense basal de Túnez.
- Rugosa, con rugosidades perforadas (Fig. 2.9): identificada en *Guembelitria*? *alabamensis* y *Chiloguembelitria danica* del Daniense basal de Túnez.
- Rugosa, con rugosidades imperforadas (Fig. 2.10): identificada en *Guembelitria*? *alabamensis* y *Chiloguembelitria danica* del Daniense basal de Túnez.
- Pustulada, con alta densidad de pústulas, generalmente redondeadas (Fig. 2.11): típica de *Woodringina* y *Chiloguembelina* del Paleoceno.
- Pustulada, con baja densidad de pústulas, generalmente puntiagudas (Fig. 2.12): típica de *Globoconusa* del Daniense.

La Fig. 2 también incluye los tipos de pared típicos de algunos de los géneros que predominan en el Daniense inferior y medio:
- Lisa punteada, con poros en copa (*pore-pits*) (Fig. 2.13): típica de *Globanomalina* del Paleoceno.
- Reticulada espinosa (visible por las inserciones de las espinas), con poros en copa (Fig. 2.14): típica de *Eoglobigerina, Subbotina* y *Parasubbotina* del Paleoceno.
- Reticulada no espinosa, con poros en copa (Fig. 2.15): típica de *Praemurica* del Paleoceno.

DISCUSIÓN

Olsson et al. (1992, 1999), entre otros, mostraron la importancia de la textura de la pared tanto para la taxonomía como para el análisis filogenético de los foraminíferos planctónicos del Paleoceno. Sin embargo, pasaron por alto una buena parte de la variabilidad microtextural que puede ser identificada entre los guembelítridos del Daniense basal.

La filogenia morfológica de este grupo parece sugerir que, a partir de *Guembelitria* (triseriada), surgieron en el Daniense basal dos grandes líneas evolutivas: la de los trocoespiralados y la de los biseriados. Los primeros representantes de la línea trocoespiralada fueron *Palaeoglobigerina* y *Parvularugoglobigerina* en la parte superior de la Zona de *G. cretacea* (base de la Subzona de *Pv. longiapertura*), siendo considerada *Guembelitria*?

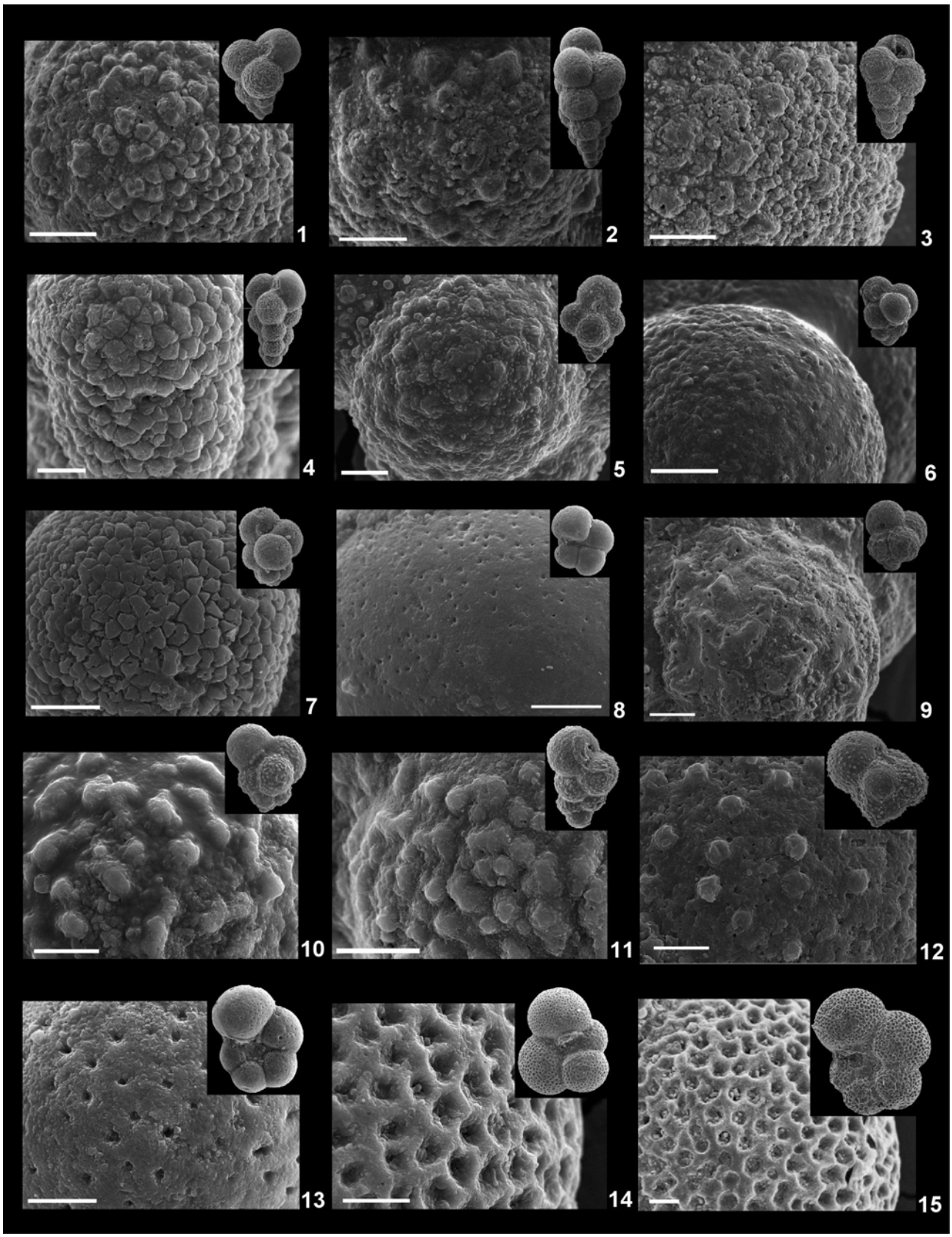


FIGURA 2. *Superficies de pared de guembelítridos (y taxones relacionados) en el tránsito K-Pg (escalas = 10 micras): (1)* Guembelitria cretacea *Cushman, Maastrichtiense superior, El Kef; (2)* Guembelitria aff. dammula, *Maastrichtiense superior, Bajada del Jagüel; (3)* Guembelitria dammula Voloshina, *Maastrichtiense superior, Nye Klov; (4)* Guembelitria dammula Voloshina, *Daniense basal, Aïn Settara; (5)* Guembelitria cf. alabamensis, *Daniense basal, Aïn Settara; (6)* Guembelitria cf. alabamensis, *Daniense basal, Aïn Settara; (7)* Palaeoglobigerina alticonusa (Li, McGowran y Boersma), *Daniense basal, El Kef; (8)* Palaeoglobigerina luterbacheri Arenillas y Arz, *Daniense basal, El Kef; (9)* Guembelitria? alabamensis Li y Olsson, *Daniense inferior, El Kef; (10)* Guembelitria? alabamensis Li y Olsson, *Daniense inferior, Aïn Settara; (11)* Woodringina claytonensis Loeblich y Tappan, *Daniense inferior, El Kef; (12)* Globoconusa daubjergensis (Brönnimann), *Daniense inferior, Ben Gurion; (13)* Globanomalina archaeocompressa (Blow), *Daniense inferior, El Kef; (14)* Eoglobigerina simplicissima (Blow), *Daniense inferior, El Kef; (15)* Praemurica inconstans (Subbotina), *Daniense medio, Ben Gurion.*

alabamensis (mixta triseriada-trocoespiralada) como la forma intermedia. El otro guembelítrido trocoespiralado, *Globoconusa*, parece haber surgido de *G.*? *alabamensis* de una forma independiente en el tránsito entre las Zonas de *Pv. eugubina* y *P. pseudobulloides*. Por otro lado, el primer representante de la línea biseriada (*Woodringina-Chiloguembelina*) fue *Woodringina claytonensis* (base de la Subzona de *Pv. longiapertura*). Esta especie y género tienen en realidad una disposición de las cámaras mixta triseriada-biseriada. Esta radiación evolutiva ocurrió en menos de 60.000 años.

Sin embargo, la variabilidad textural aquí mostrada podría indicar una historia filogenética diferente y, por tanto, sugerir una taxonomía mucho más rica y una evolución más compleja. Arenillas et al. (2007) sugirieron que tanto la variabilidad morfológica como la textural permitía identificar nuevos géneros y especies, y tal vez reconsiderar de nuevo la validez de otros géneros y especies que habían sido descartados o sinonimizados (p.e., *Chiloguembelitria* y *Postrugoglobigerina*). Arz et al. (2010) han demostrado recientemente que también en el Maastrichtiense existe un cierto grado de variabilidad microtextural en el género *Guembelitria*, relacionado tal vez a factores paleoambientales y paleobiogeográficos (ver Fig. 1, y Figs. 2.1, 2.2, 2.3).

Estudios biomoleculares y genéticos en foraminíferos planctónicos vivos indican que su diversidad es considerablemente más alta que la inferida en la mayoría de las taxonomías morfológicas (Darling et al., 2000), las cuales han sido generalmente muy agrupacionistas y han considerado dicha diversidad como parte de la variación ecofenotípica. Se ha podido demostrar que la variabilidad microtextural y morfológica de la mayor parte de las morfoespecies actuales, como *Orbulina universa* o *Truncorotalia truncatulinoides*, está relacionada de hecho a diferencias genéticas y que, por tanto, cada una de ellas puede incluir varias bio-especies diferentes (Norris, 2000; Darling y Wade, 2008).

Si, como ocurre en la actualidad, la variabilidad morfológica y microtextural identificada entre los guembelítridos no es consecuencia de una variación ecofenotípica sino de diversidad críptica, el número de especies podría ser mucho más alto, y tal vez se podrían reconsiderar de nuevo los géneros *Chiloguembelitria* y *Postrugoglobigerina*. Por otro lado, algunas de las paredes granulares mostradas (ej., Figs. 2.4 y 2.7) podrían tener un origen ontogenético. Dado que la identificación rutinaria de especies para los estudios bioestratigráficos se realiza con estereomicroscopio binocular donde la textura de la pared es casi imperceptible, la mayor parte de estas especies crípticas (y/o pseudocrípticas) han pasado y pasarán desapercibidas. Por esta razón, es aconsejable que los estudios bioestratigráficos (y paleoambientales) sigan basándose exclusivamente en el análisis cualitativo y cuantitativo de morfoespecies. No obstante, para los estudios estrictamente taxonómicos y filogenéticos, la variabilidad microtextural deberá ser tenida muy en cuenta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia (proyecto CGL2007-63724/BTE), por el Departamento de Educación y Ciencia del Gobierno de Aragón (DGA grupo E05), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (proyecto PIP 0820) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de Argentina (proyecto PICTO 36315).

REFERENCIAS

Arenillas, I. y Arz, J.A. (2007): Análisis morfoestadístico del género *Palaeoglobigerina* (Foraminifera, Globigerinida) del Paleoceno basal, y descripción de una nueva especie. *Revista Española de Micropaleontología*, 39(1-2): 1-28.

Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E. y Dupuis, C. (2000): An independent test of planktic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary at El Kef, Tunisia: Catastrophic mass extinction and possible survivorship. *Micropaleontology*, 46(1): 31-49.

Arenillas, I., Arz, J.A. y Molina, E. (2004): A new high-resolution planktic foraminiferal zonation and subzonation for the lower Danian. *Lethaia* 37: 79-95.

Arenillas, I., Arz, J.A. y Náñez, C. (2007): Morfología, Biometría y Taxonomía de foraminíferos planctónicos del Daniense basal: *Palaeoglobigerina* n. gen. *Revista Española de Paleontología*, 22(1): 21-62.

Arz, J.A., Arenillas, I. y Náñez, C. (2010): Morpho-statistical analysis of Maastrichtian populations of *Guembelitria* from El Kef, Tunisia. *Journal of Foraminiferal Research,* 40(2): 148-164.

Darling, K.F. y Wade, C.M. (2008). The genetic diversity of planktic foraminifera and the global distribution of ribosomal RNA genotypes. Marine Micropaleontology, 67: 216-238.

Darling, K.F., Wade, C.M., Stewart, I.A., Kroon, D., Dingle, R. y Brown, A.J.L. (2000): Molecular evidence for genetic mixing of Arctic and Antarctic subpolar populations of planktonic foraminifera: Nature, 405: 43-47.

Olsson, R.K., Hemleben, C., Berggren, W.A. y Liu, C. (1992): Wall texture classification of planktonic foraminifera genera in the Lower Danian. *Journal of Foraminiferal Research,* 22(3): 195-213.

Olsson R.K., Hemleben C., Berggren W.A. & Huber B.T. (1999): Atlas of Paleocene Planktonic Foraminifera. *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 85: 1-252.

Norris, R. D. (2000): Pelagic species diversity, biogeography and evolution. En: *Deep Time*, *Paleobiology's Perspective* (D.M.Erwin y S.L.Wine, eds.). *Suplement of Paleobiology*, 26(4): 237-258.

Fossil nodules of free-rolling biota from the Upper Pleistocene Mulegé Formation; Playa La Palmita, Baja California Sur, Mexico

Nódulos fossilizados de biota rolantes do Plistocénico Superior da Formação de Mulegé: Playa La Palmita, Baja California Sur, México

B. G. Baarli[1], M. Cachão[2], C. M. da Silva[2], M. E. Johnson[1], J. Ledesma-Vázquez[3], E. Mayoral[4] and A. Santos[4]

1 Department of Geosciences, Williams College, Williamstown, MA 01267. USA. Gudveig.Baarli@williams.edu and Markes.E.Johnson@williams.edu.
2 Departamento de Geologia, Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 LISBOA. Portugal. mcachao@fc.ul.pt and paleo.carlos@fc.ul.pt.
3 Faculdad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC 22800, México. ledesma@uabc.mx.
4 Departamento de Geodinámica y Paleontologia, Universidad de Huelva Avd. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva. Spain. mayoral@uhu.es and asantos@dgyp.uhu.es.

Abstract: Nodules composed of free-rolling organisms living on level sea-bottoms – herein in general designated as rolloliths – are well known. Rhodoliths, accretions of red coralline algae are frequent. Also known are nodules of accreted corals (coralliths), barnacles (balanuliths) and serpulids. Herein are reported and discussed balanuliths and other rolling accretions with a highly diverse composition of encrusters and bioeroders from the Upper Pleistocene of Baja California Sur, México. Represented are several taxa of corals, bryozoans, serpulids, vermetid gastropods and bivalves in addition to *Balanus* sp., a brachiopod and a wealth of bioeroders. Possibly, this is the first record of fossil free-rolling vermetids: vermetuliths.

Key words: Fossil nodules, rolloliths, balanuliths, Vermetidae, Pleistocene, Baja California, Mexico.

Resumo: A existência de nódulos de organismos com esqueleto biomineralizado rolando livremente em fundos marinhos nivelados, aqui genericamente designados como "rolótitos", e já do conhecimento geral. Os rodólitos, concreções de algas rodofíceas coralinas, são os mais frequentes. Também são comuns os nódulos de corais, de cracas (balanulitos) e de serpulídeos (serpulitos). Neste trabalho são referidos e discutidos balanulitos e outras bioconcreções rolantes constituidas por associações muito biodiversificadas de organismos encrustantes e bioerosivos do Plistocénico Superior da Baja California Sur, México. Nestes rolólitos estão presentes vários taxa de corais, briozoários, serpulídeos, gastrópodes vermetídeos e de bivalves, bem como *Balanus* sp., um braquiópode e vários organismos bioerosivos. Este é, provavelmente, o primeiro registo fóssil de vermetídeos rolantes: vermetulitos.

Palavras-chave: *Nódulos fósseis, rolólitos, balanulitos, Vermetidae, Plistocénico, Baja California, Mexico.*

INTRODUCTION

Nodules composed of free-rolling organisms living on a level sea-bottom are well known from the literature (see overview by Moisette et al., 2010). A general name for free-living, free-rolling, encrusting organisms of circumrotary growth has so far not been in common use, so we propose the word rolloliths here. Of these, rhodoliths consisting of red coralline algae occur frequently as fossils and the living representatives are so abundant that they are commercially mined from the sea-bottom off Brazil. Other rolling nodules formed by corals and bryozoa (called coralliths and bryoliths, respectively) are common; both groups known already from the Paleozoic. Ostreoliths consisting of free-rolling oysters and nodules formed mainly by serpulids are rarer. The latest addition under this topic are nodules of accreted barnacles described by Cadée (2007) as balanuliths from the North Sea off The Netherlands. Cadée (2007) ended his article with a plea to paleontologists to look out for balanuliths in the fossil record. Nielsen (2009) answered that call by describing balanuliths from the Pliocene in northern Chile. These examples from Cadée and Nielsen both occur as encrusters around empty mollusk shells.

This study documents balanuliths and other rolling accretions with a highly diverse composition of encrusters and bioeroders from the upper Pleistocene of Baja California Sur, México (Fig. 1). These comparatively small nodules (1.5 to 6 cm in diameter) show several stages in development from initial encrustation on broken coral-fragments and small bivalve shells to fully encrusted nodules with a complex biota. The final step is the slow overgrowth by coralline red algae leading to the formation of rhodoliths.

GEOLOGICAL SETTING

The Upper Pleistocene Mulegé Formation at Playa La Palmita in Baja California Sur is described by Libby & Johnson (1997). Playa La Palmita is a coastal flat in the sheltered lee of the Punta Chivato promontory of Comondú Group andesite to the north and the related ridge of Mesa El Coloradito to the west (Fig. 2). The Mulegé Formation is up to 4 m thick in this area. It represents the sea-level highstand tagged as oxygen isotope 5e and constitutes a transgressive deposit against a former shore. Cintra-Buenrostro et al. (2002) described over 155 species of fossil bivalves and gastropods from these deposits. Thus, the study site was situated within a protected sandy bay and represents the accumulation of shallow subtidal deposits with very high productivity.

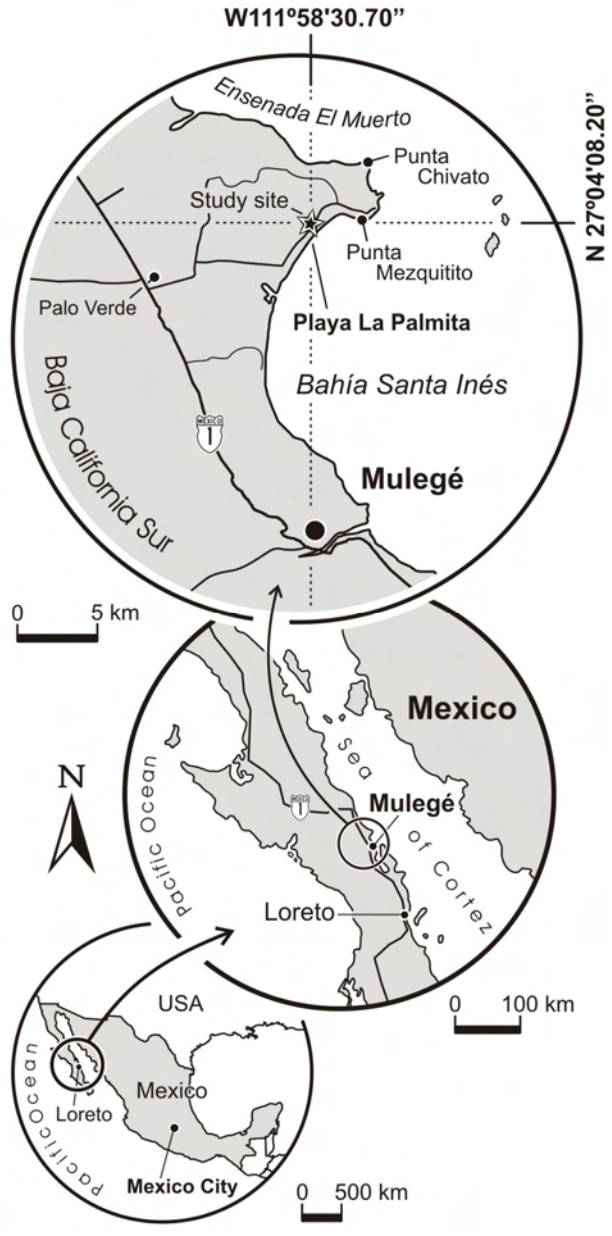


FIGURE 1. Geographic location of the study site at Playa La Palmita (Punta Chivato, Mulegé).

The described nodules come from a site 500 m from the north end of the beach and about 150 m inland from Bahía Santa Inés (N 27º04'08.20" W111º58'30.70"). Near the south end of the beach, Libby & Johnson (1997) described an abandoned sea cliff with 2 m relief of dark andesite. The Mulegé Formation is about 3.5 m thick at the study site (Fig. 3). The section can be divided coarsely into two parts with about 2.0 m of mollusk-rich sands followed by finer sands rich in rhodolith debris and sand dollars. Towards the top of the mollusk-rich section, at 1.70 m, there occurs a firm-ground with the nodules resting above. The firm-ground level shows abundant fossilized thickets of the little encrusting coral *Astrangia* sp., small fingers of *Porites panamensis*, tiny oyster shells and *Balanus* sp. The size of the encrusters and the friability of the sand on the firm-ground suggest that the hiatus in deposition was brief.

STUDIED MATERIAL

From a sample of 45 specimens, the nodules are small and vary from 1.5 to 6 cm in diameter with most 3-5 cm in diameter. They tend to be oblong, possibly echoing encrustation around a branch of coral. All, with the exception of three rhodoliths where the core is not visible, consist of remains of organisms of several taxa. The coral *Astrangia* sp. is the dominant taxon in 18 (40%), of the nodules. There are 10 balanuliths (22%), 6 rhodoliths (13%), 4 each with dominant bryozoa or serpulids (8%), one with the vermitid *Serpulorbus* sp. as dominant, and two that are evenly diverse with no dominant taxa.

DISCUSSION

The presence of *Astrangia* sp. is not necessarily indicative of coralliths, because it is difficult to distinguish if their remains corresponded to a broken branch or a free living colony. This coral genus is not known to occur unattached in the modern sea. However, a worn specimen of *A. poculata* at the Smithsonian Institution from S. Carolina, USA (USNM 80195) appears to have encrusted a bivalve shell entirely, thus having corallites on all sides – "a roller" (Stephen D. Chairns, pers. comm., 2010). Only one of the specimens (Fig. 3a) was certainly free living. It shows corallites growing on all sides, even facing the cavity within. Dissecting the other nodules might reveal their true nature. Fossils of the coral *Porites panamensis* are common *in situ* on the firm ground and living *Porites* have been found as coralliths in rhodolith beds just offshore the study site (Reyes-Bonilla et al., 1997). Surprisingly, it is rare in the nodules occurring only as a few, small broken fragments.

Coralline red algae are present on all the nodules in the sample collection ranging from the smallest patch to heavy encrustations that leave no original encrusters visible (Fig. 3b). Clearly, the non-algal components constitute the core of well developed rhodoliths in the area. The fine sands with echinoderms above the

mollusk-rich sands that enclose the firm-ground consist of abundant rhodolith debris indicating the presence of rhodolith banks just offshore.



FIGURE 2: Photo taken from airplane showing the study site. The earlier shoreline follows approximately the road to the west and it is below the airstrip to the north.

The balanuliths display a clear succession from a few individuals encrusting on a fragment of *Porites*, to a scallop valve encrusted on both sides, to nodules that are spherical and fully encrusted around a core (Fig. 3c). The balanuliths often are infested with serpulids, something that might reflect the relative fast growth-rate of both types of organisms (Cadée, 2007; Bosence, 1979). Cadée (2007) noted that the balanuliths he studied were generated in a matter of months.



FIGURE 3. The Playa La Palmita Pleistocene sediments. Note the firm-ground on the upper part of the sequence.

Several kinds of bryozoa are found encrusting on the nodules, but only one taxon of cheilostomate bryozoans occurs in clumps capable of dominating a nodule. Modern bryoliths also are found in rhodolith beds outside Punta Chivato (James et al. 2006), as are large Piocene bryoliths from the nearby Loreto Basin (Cuffey & Johnson, 1997). However, the fossil colonies described herein are mostly irregular in shape and would not have constituted a bryolith alone. Combined with encrusting corals and barnacles, they undoubtedly rolled loose on the sea bottom (Fig. 3d).

The serpulids dominating the free-rolling biota are always associated with other organisms. Aguierre et al. (1993) reports on serpulid nodules from the Upper Pliocene in Spain. Most are encrusted by red algae. It is not quite clear if these nodules represent active growth by serpulids. In our examples, balanids are entwined by serpulids on all sides and they undoubtedly lived together (Fig. 3e).

Loose aggregations of vermetids living free on the sea bottom, *Vermetus* and *Dendropoma*, are described from the modern East Atlantic and Mediterranean (Calvo & Templado, 2004). Specimens of *Dendropoma* were cemented by red algae. The nodule with vermetids in this study are abraded and encrusted with red algae so it is hard to know for sure if the gastropods were alive during the time when the nodule rolled free on the sea-bottom. Possibly, this is the first example of free-rolling vermetids from the fossil record (Fig. 3f).

CONCLUSION

Overall, the nodules show a very high diversity. Represented are several genera and species of corals, bryozoa, serpulids, vermetids and bivalves in addition to *Balanus* sp., a brachiopod and a wealth of bioeroders. Thus, the nodules provide the opportunity to investigate community development constrained to a very limited space. Sectioning also will reveal how common the coralliths and possibly vermetuliths are and the succession from a bioclast, acting as hard substrate, to a free-rolling nodule composed of living organisms.

ACKNOWLEGMENTS

Johnson's participation was supported by a travel grant from the Class of 1945 Faculty World Fellowship during sabbatical leave. A. Santos received financial support from the Ministry of Science and Technology of Span in the form of a Juan de la Cierva contract (Refª JCI-2008-2431). Financial support was also given by the Junta de Andalucía (Spanish government) to the Research Group RNM316 (Tectonics and Palaeontology).

REFERENCES

Aguirre, J., Braga, J. and Martín, J.M. (1993): Algal nodules in the Upper Pliocene deposits at the coast of Cadiz (S Spain). In: *Studies on fossil benthic algae* (F. Barattolo, P. de Castro and M. Parente, eds.). *Bolletino della Società Paleontologica Italiana, Special Volume*, 1: 1–7.

Bosence, D.W.J. (1979): The factors leading to aggregation and reef formation in *Serpula vermicularis*. In: *Biology and systematics of colonial organisms* (G. Larwood and B.R. Rosen, eds.), *Systematics Association Special Publications*, 11. Academic Press, New York, 299–318.

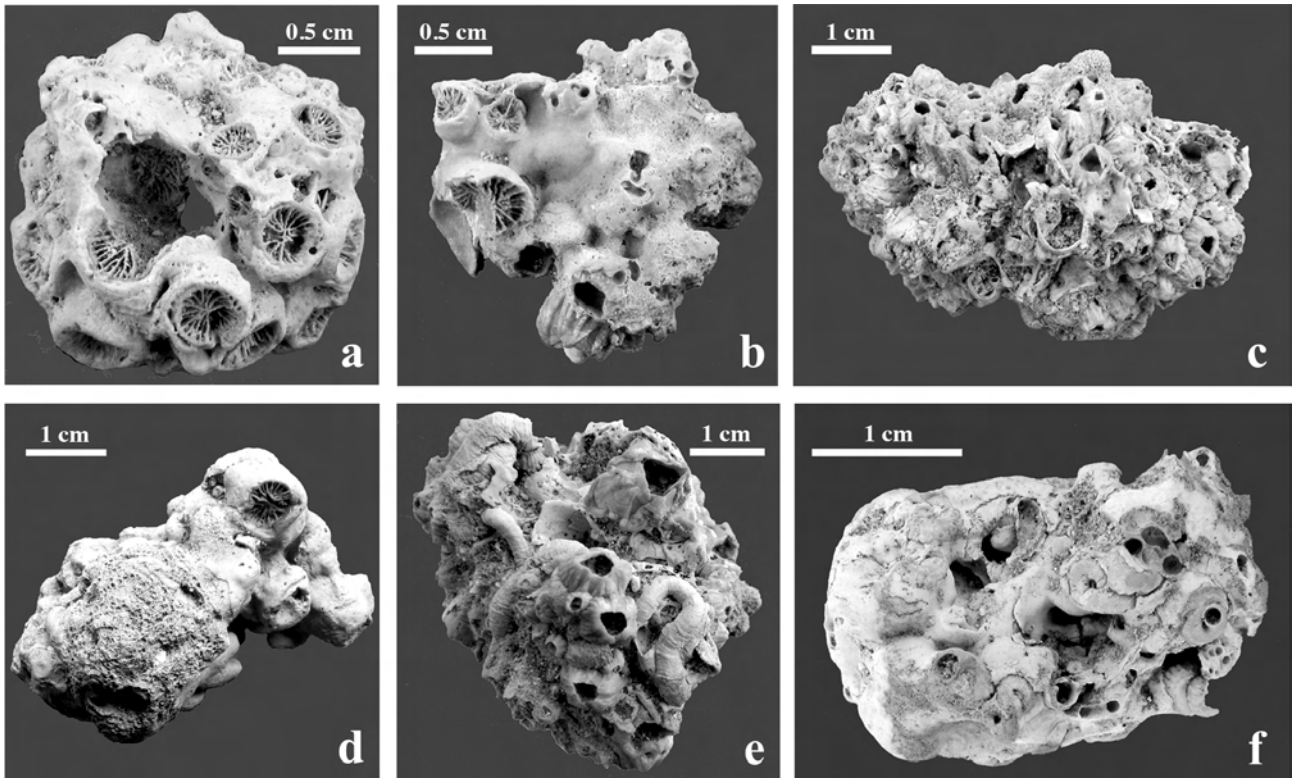


FIGURE 3. Different types of rollolíths: A. Corallith; B. Nodule with partial red algae cover; C. Balanulith; D. Nodule with bryozoan, *Astrangia* sp. and coralline algae; E. Balanulith with serpulids; F. Vermetulith overgrown by red coralline algae.

Cadée, G.C. (2007): Balanuliths: Free-living clusters of the barnacle *Balanus crenatus*. *Palaios*, 22: 680-681.

Calvo, M. and Templado, J. (2004): Reproduction and development in a vermetid gastropod, *Vermetus triquetrus*. *Invertebrate Biology*, 123: 289-303.

Cintra-Buenrostro, C.E., Foster. M. S., Meldahl, K.H. (2002): Response of nearshore marine assemblages to global change: a comparison of molluscan assemblages in Pleistocene and modern rhodolith beds in the southwestern Gulf of California, México. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183: 299-320.

Cuffey, R.J., and Johnson, M.E. (1997): Bryozoan nodules built around andesita clasts from the Upper Pliocene of Baja California: Paleoecological implications and closure of the Panama Isthmus. In: *Pliocene Carbonates and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja California, Mexico* (M.E. Johnson and J, Ledesma-Vázquez, eds.). *Geological Society of America Special Paper*, 318: 111–117.

James, D. W., Foster, M.S. and O'Sullivan, J. (2006): Bryoliths (Bryozoa) in the Gulf of California. *Pacific Science*, 60: 117–124.

Libby, L.K. and Johnson, M.E. (1997): Upper Pleistocene rocky shores and intertidal biotas at Playa La Palmita (Baja California Sur, Mexico). *Journal of Coastal Research*, 13: 216–225.

Moissette, P., Cornée, J.-J. and Koskeridou, E. (2010): Pleistocene rolling stones or large bryozoan nodules in a mixed siliciclastic-carbonate environment (Rhodes, Greece). *Palaios*, 25: 24-39.

Nielsen, S.N. (2009): Pliocene balanuliths from northern Chile: the first report of fossil balanuliths. *Palaios*, 24: 334-335.

Reyes-Bonilla, H., Riosmena, R. and Fosters, M.S. (1997): Hermatypic corals associated with rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. *Pacific Science*, 51: 328-337.

Fotogrametria e análise espacial em estudos paleoicnológicos – Caso de estudo Foz da Fonte (Sesimbra, Portugal)

Photogrammetry and Spatial Analysis in paleoichnological studies

E. Barreira[1], P. Redweik[2], M. Cachão[3], C. Catita[4], J. Dinis[1], C. M.da Silva[3], A. Santos[5] e E. Mayoral[5]

1 Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal. edgar.barreira@gmail.com; dinis.joel@gmail.com
2 Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia e Centro de Geologia, Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal. predweik@fc.ul.pt
3 Departamento de Geologia e Centro de Geologia, Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal mcachao@fc.ul.pt; cmsilva@fc.ul.pt
4 Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia e LATTEX/IDL, Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal. ccatita@fc.ul.pt
5 Departamiento. de Geodinâmica y Paleontologia, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, Campus de El Carmen, Avenida 3 de Marzo, S/N. 21071 Huelva. Spain. asantos@dgyp.uhu.es; mayoral@uhu.es

Resumo: Este trabalho pretende mostrar uma faceta da Paleontologia baseada em estudos quantitativos, recorrendo a outros métodos científicos como sejam a Fotogrametria e a Análise Espacial de Informação Geográfica. O presente caso de estudo envolveu a identificação de padrões e distribuições espaciais das duas espécies de icnofósseis predominantes existentes na jazida Miocénica de Foz da Fonte (Portugal). A produção de ortofotos recorrendo a técnicas de Fotogrametria Terrestre, a extracção exaustiva dos elementos e a análise estatística das populações de icnofósseis permitiram validar análises precedentes e obter novas conclusões acerca do habitat contemporâneo da colonização do afloramento de Foz da Fonte.

Palavras-chave: Bioerosão, Análise Espacial, Foz da Fonte.

Abstract: *This work applies quantitative analysis to Palaeontology using methods and techniques common in Photogrammetry and Spatial Analysis of Geographic Information. The present study involved the identification of patterns and spatial distributions of the two predominant trace fossils occurring in the Foz da Fonte Miocene outcrop in Sesimbra, Portugal. A systematic photographic survey of the outcrop (36m x 7 m) was executed as well as the setup of a common reference frame for all blocks of the surveyed area by topographic methods. Orthophoto mosaics were photogrammetrically produced after triangulation and the generation of a digital elevation model. All identifiable specimens were located and biometric attributes were collected for each one. An assemblage of 1272 specimens of Gastrochaenolites torpedo and a population of 4734 specimens of G. lapidicus have been statistically analysed for their spatial distribution and pattern (the whole assemblage and classes of different dimensions) as well as for the spatial orientation of their longest axis. The results obtained are usefull for confrontation with and complementation of previous ichnological studys of this site.*

Key words: *Bioerosion, Spatial Analysis, Foz da Fonte outcrop.*

INTRODUÇÃO

A jazida Miocénica de Foz da Fonte apresenta uma associação de somatofósseis e icnofósseis rica e bem conservada importante para a reconstituição paleoambiental da região. Na superfície bioerosionada ocorrem *in situ* somatofósseis de ostreídeos e de colónias isoladas de corais. Os icnofósseis ali existentes consistem essencialmente em estruturas biogénicas produzidas por bivalves perfurantes atribuíveis ao icnogénero *Gastrochaenolites*. Foram identificadas duas espécies predominantes: *Gastrochaenolites torpedo* e *Gastrochaenolites lapidicus*. A extensão da plataforma bioerosionada e o elevado número e densidade destas estruturas permite desenvolver o tipo de estudos que até ao momento têm sido realizados (por ex. Silva et al., 1999). Dispondo a Fotogrametria de métodos que permitem a observação e interpretação objectivas e a medição rigorosa de um objecto, surgiu a intenção de realizar um levantamento fotogramétrico desta jazida tendo em vista estabelecer o censo das populações de icnofósseis e respectivas características biométricas. Pelas características dos dados associados a cada indivíduo (sua localização e dados biométricos) as populações levantadas prestam-se a uma análise espacial, efectuada através de diversos operadores estatísticos, com o objectivo de estudar o comportamento espacial das populações, no seu conjunto ou em classes de iguais características, e eventualmente inferir desse comportamento factores paleoambientais. Assim, os principais objectivos do presente estudo são:

- testar a aplicabilidade de métodos fotogramétricos ao estudo de superfícies bioerosionadas;

- obter uma amostragem georreferenciada das duas icnoespécies predominantes na área de estudo (*Gastrochaenolites lapidicus* e *Gastrochaenolites torpedo*) e os respectivos dados biométricos;
- estudar os resultados da análise espacial de ambas as espécies representadas na área de estudo;
- investigar a existência de relações espaciais entre *G. lapidicus* de diferentes dimensões;
- investigar o padrão espacial de orientação de *G. torpedo*.

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

A área de estudo localiza-se junto ao Oceano Atlântico, 30 quilómetros a sudoeste de Lisboa, no concelho de Sesimbra, em Portugal (Fig. 1). A superfície bioerosionada ali existente foi produzida sobre calcários do Cretácico Inferior durante o ciclo transgressivo do Miocénico Inferior (há cerca de 18 milhões de anos). A superfície exposta do que resta deste paleolitoral rochoso, apresenta elevada densidade de perfurações produzidas por actividade bioerosiva, numa extensão de cerca de 36m de comprimento por 7m de largura máxima. Composta por quatro blocos separados por fracturação posterior, ocorre actualmente à cota +10m, com orientação geral SW-NE. Os primeiros três blocos encontram-se aproximadamente na horizontal e o quarto está actualmente basculado por *topling* apresentando uma inclinação aproximada de 13º SW.

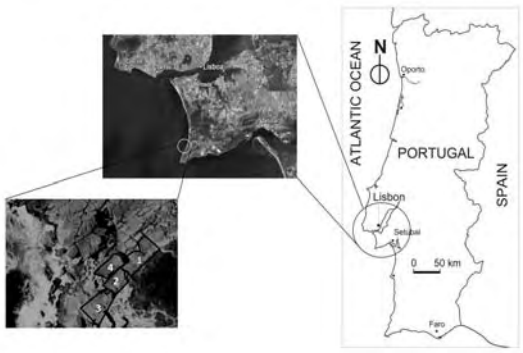


FIGURA 1. *Enquadramento geográfico da área de estudo e a disposição dos quatro blocos investigados.*

PROCESSAMENTO FOTOGRAMÉTRICO

O uso da fotogrametria neste trabalho permitiu um levantamento fotográfico exaustivo da parte bioerosionada da laje. Tal levantamento exigiu um planeamento rigoroso da disposição dos pontos de tomada de fotos, testes prévios a diversos tipos de pontos fotogramétricos, a calibração da máquina fotográfica digital a utilizar e a consideração de diversos aspectos logísticos.

As fotografias foram adquiridas com uma câmara fotográfica digital Canon EOS 450D, com 12 M *pixels* de resolução e uma lente 18-55 mm, com focagem manual. A câmara foi colocada a 1.85m de altura sobre a laje, segura numa estrutura de alumínio construída para o efeito, sendo operada remotamente a partir de computadores portáteis, permitindo controlar o enquadramento e a luminosidade bem como analisar a qualidade de cada fotografia, em tempo real (Fig. 2).

Para criar um referencial espacial comum a todos os blocos, foram distribuídas ao longo da laje 31 marcas circulares de 5 cm de diâmetro, materializando pontos fotogramétricos que foram coordenados topograficamente com uma estação total (Leica TC4700).

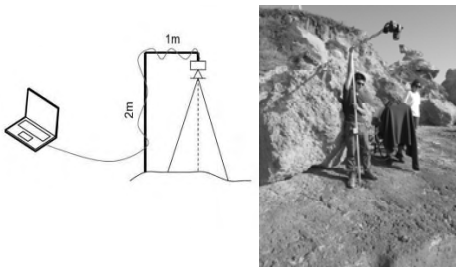


FIGURA 2. *Estrutura logística para cobertura fotográfica da laje.*

Os quatro blocos foram cobertos independentemente com conjuntos de faixas paralelas de fotografias com 60% de sobreposição longitudinal e 20% de sobreposição lateral (Redweik et al., 2010). No total foram registadas 88 fotografias ao longo dos blocos considerados, com excepção do bloco três, que não se encontra ainda totalmente levantado. Todas as fotografias foram orientadas espacialmente por triangulação fotogramétrica no referencial comum, tendo sido então gerados modelos digitais de superfície e ortofotos de cada bloco (Fig. 3).

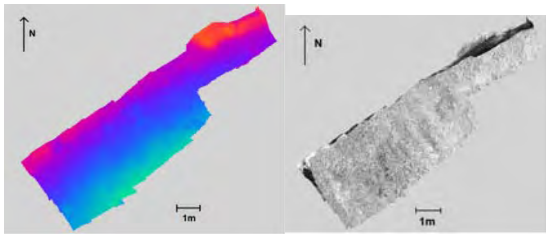


FIGURA 3. *À esquerda MDS do Bloco 2 e à direita a respectiva ortofoto gerada.*

O processamento fotogramétrico realizado até à data de submissão do presente texto envolveu dois dos três blocos levantados (Bloco 1 e Bloco 2), tendo estes sido processados de forma independente. Não sendo de interesse para o estudo a distribuição dos fósseis em altura, as ortofotos geradas a partir dos modelos digitais de superfície serviram de base à extracção monoscópica dos fósseis e respectivos atributos biométricos indicados na tabela 1.

	G. lapidicus	*G. torpedo*
Centróide (X,Y)	X	X
Diâmetro	X	
Comprimento		X
Largura		X
Orientação		X

TABELA I. *Atributos dos elementos a extrair para formato digital.*

EXTRACÇÃO E ANÁLISE ESPACIAL DOS ESPÉCIMES LEVANTADOS

Adoptaram-se duas estratégias na extracção dos espécimes: manual e semi-automática. A extracção manual foi realizada em ambiente SIG, recorrendo a operadores geométricos para quantificar todas as características de cada indivíduo requeridas para este estudo (Fig. 4). Para *G. lapidicus* foram usados círculos, com centro colocado manualmente e para *G. torpedo* foram usados quadriláteros inscritos no contorno da cavidade. Para ambos os casos foram calculadas as coordenadas do centróide e, no caso de *G. torpedo*, foi definida a orientação espacial pelos extremos do comprimento máximo observado no quadrilátero. Estes atributos constituiram as amostras a ser sujeitas a análise espacial.

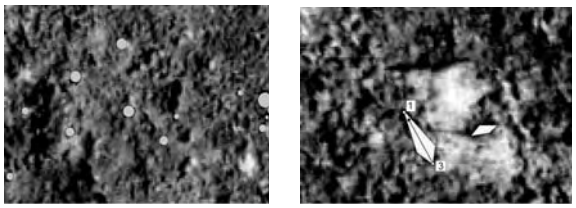


FIGURA 4. *Formas geométricas usadas na extracção manual dos espécimes.*

Deste modo, nos dois blocos já concluídos (Bloco 1 e Bloco 2), foram extraídos um total de 1272 espécimes de *G. torpedo* e 4734 espécimes de *G. Lapidicus* (Fig. 5). Encontra-se em estudo um modo de extracção semi-automática para tornar mais efectiva a extracção de icnofósseis com características semelhantes às dos presentes. Uma abordagem promissora passa pela geração de um modelo digital de elevação de alta resolução a partir das fotografias originais. Algoritmos semi-automáticos indicarão as localizações prováveis dos espécimes sendo as coordenadas planimétricas dos seus centróides determinadas.

A distribuição dos icnofósseis dos dois tipos referidos na laje de Foz da Fonte pode ser visto como um padrão de pontos (Diggle,1983). Para analisar estatisticamente a sua distribuição espacial aplicou-se a função de *Kernel Density* implementada no software MATLAB. Este método tem como resultado a densidade de indivíduos, calculada em função do número de indivíduos dentro de uma região de influência, centrada no local onde pretende ser realizada a estimativa. O resultado gráfico permitiu identificar um padrão de aglomerados ("clusters") (Fig.6). Esta tendência de "clustering" foi ainda confirmada através do método do vizinho mais próximo, comparando a média das distâncias mínimas entre indivíduos da amostra com a média das distâncias mínimas em amostras da mesma dimensão geradas aleatoriamente no espaço (Clark e Evans, 1954). O resultado da variável teste foi confrontado com o resultado obtido pelas 9999 simulações de Monte Carlo, corroborando a conclusão da existência de "clustering" na amostra (Fig.7).

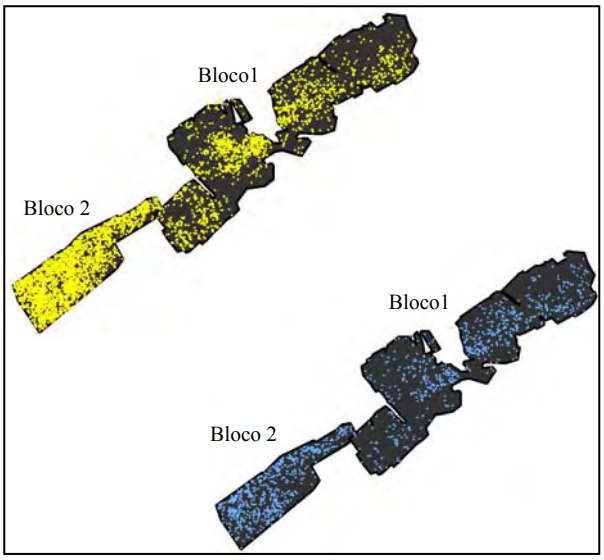


FIGURA 5. *Distribuição espacial dos icnofósseis medidos nos blocos 1 e 2: G.lapidicus (em cima), G.torpedo (em baixo)*

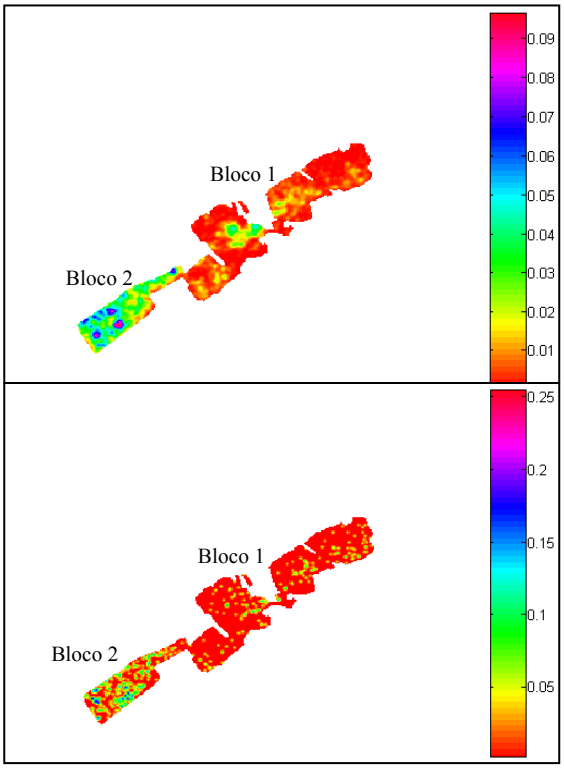


FIGURA 6. *Densidade de G.lapidicus (em cima) e de G.torpedo (em baixo) nos blocos 1 e 2. Unidades da escala: indivíduo por dm^2.*

Adicionalmente, analisou-se a distribuição espacial de classes de *G.lapidicus* de diferentes dimensões, verificando-se igual tendência de "clustering" dentro de cada classe, mostrando os agrupamentos uma disposição tendencial paralela, mais evidente no Bloco2. Este bloco apresenta igualmente as maiores densidades, tanto de *G.lapidicus* como de *G. torpedo.*

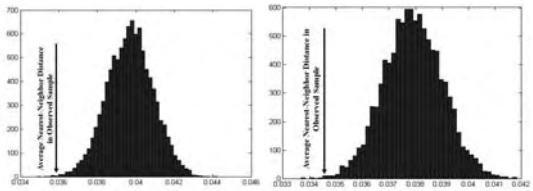


FIGURA 7. *Histograma das simulações de Monte Carlo para os G. lapidicus (à esquerda) e G. torpedo (à direita). As barras verticais indicam o número de amostras simuladas com a média das distâncias dos vizinhos mais próximos (metros), no eixo dos x.*

Para analisar o padrão espacial de orientação das estruturas de *G. torpedo* foram geradas 20 classes de 18º de azimute e classificadas as orientações da amostra. Verificou-se que as classes de orientação predominante se localizam entre 0º e 36º e entre 180º e 216º de azimute. Esta tendência mantém-se quando os blocos 1 e 2 são classificados independentemente (Fig. 8).

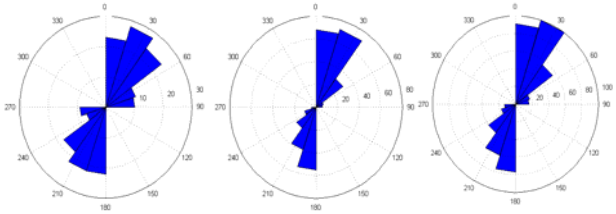


FIGURA 8. *Resultado do estudo das direcções de G. torpedo .Da esq. para a dir.: bloco1, bloco2 e total*

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A Fotogrametria provou ser uma técnica eficaz de obtenção dos dados requeridos para estudos de grandes e densas amostras de icnofósseis, como é o caso da laje de Foz da Fonte. As suas principais vantagens relativamente a métodos tradicionais de recolha de dados em campo são neste trabalho intensamente aproveitadas, nomeadamente o reduzido tempo necessário no local e a capacidade dos registos fotográficos para levantamentos sistemáticos e recolhas exaustivas de dados espaciais. A aplicação de técnicas de Análise Espacial às amostras extraídas, evidencia comportamentos que poderão não ser óbvios em campo, pela dimensão e densidade de estruturas bioerodidas. Assim, os resultados obtidos vieram mostrar que em ambos os blocos estudados:

- existem tendências de "clustering" para ambas as espécies estudadas ;
- analisando classes de diferentes diâmetros, para *G. lapidicus*, surge igualmente "clustering" em cada classe;
- a orientação da maioria dos exemplares de *G. torpedo* apresenta-se na mesma direcção, em ambos os sentidos (~NNE-SSW);
- a colonização no Bloco 1 apresenta características de *hot-spot* e as densidades de *G.torpedo* e *G.lapidicus* são significativamente maiores no Bloco 2;

Da discussão dos resultados, poderão extrapolar-se algumas importantes conclusões:

- a existência de "clusters" de exemplares de *G. lapidicus* de maior diâmetro (mais antigos) do lado NW, com os diâmetros a diminuírem (mais recentes) para o lado SE podem indicar que a colonização evoluiu nesse sentido, NW-SE, à medida que o mar avançava também nessa direcção proporcionando novos habitats favoráveis. Esta tendência é mais visível no Bloco 2;
- os aglomerados de maiores e menores *G. lapidicus* apresentam uma disposição sub-paralela, com orientação SW-NE, sugerindo que essa seria a orientação da linha de costa antes de fossilizarem;
- o facto de a associação de *G. torpedo* apresentar uma orientação aproximadamente NNE-SSW mas sem um sentido preferencial, poderá sugerir que os produtores de *G. torpedo* se dispunham na normal à direcção do rebentamento das ondas. Nesse pressuposto, a direcção predominante das ondas marinhas no paleolitoral em questão no Miocénico Inferior estaria rodada cerca de 25º no sentido directo em relação à direcção predominante actual[1] .

TRABALHOS FUTUROS

As metodologias apresentadas serão aplicadas a toda a superfície bioerosionada após o levantamento fotogramérico dos restantes blocos. Prevê-se que a extracção semi-automática dos elementos das amostras seja integrada na metodologia a curto prazo, assim como a sua validação.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Ministerio de Ciencia y Tecnologia de España (Contrato Juan de la Cierva a Ana Santos, Refª: JCI-2008-2431). A Junta de Andaluzia apoiou o Grupo de Investigación RNM 316 "Tectónica y Paleontologia". Dr. Wilfried Linder disponibilizou o software fotogramétrico utilizado.

REFERÊNCIAS

Clark, P.J. and Evans F.C. (1954): Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 35: 23–30

Diggle, P.J. (1983): *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Academic Press, New York.

Redweik, P., Dinis, J., Barreira, E., Cachão, M., Catita, C., Santos, A., Mayoral, E., da Silva, C.M. and Linder, W. (2010): Spatial analysis of trace fossils for paleogeographic studies, In: *AGILE2010, Guimarães, Proceedings*, 11pp.

Silva, C. M. da, Cachão, M., Martinell, J. and Domènech, R. (1999): Bioerosional evidence of rocky paleoshores in the Neogene of Portugal: environmental and stratigraphical significance, *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 45: 156-1.

[1] Veja-se http://www.puertos.es/externo/clima/BD/PpalOleaje.html

Interpretação paleoambiental de Nanofósseis calcários neríticos Holocénicos ao largo de Faro (Core VC2B, South Portugal)

Palaeoenvironmental interpretation by Calcareous nannofossils from a neritic Holocene section offshore of Faro (S Portugal)

A. Bento[1], M. Cachão[2] e T. Drago[3]

1 Universidade de Lisboa, Centro de Geologia_CeGUL, Campo Grande 1749-016 Lisboa. Portugal. anamargaridabento@gmail.com
2 Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia_GeoFCUL, Campo Grande 1749-016 Lisboa. Portugal. mcachao@fc.u.pt
3 INRB I.P., L-IPIMAR, 8700-305 Olhão. Portugal. tdrago@ipimar.pt

Resumo: Foi estudado e interpretado o conteúdo de Nanofósseis calcários holocénicos, da sondagem VC2B realizada ao largo de Faro. Por Análise Factorial à matriz de dados constatou-se que os parâmetros sedimentológicos e a matéria orgânica, estão representados pelo Factor 2. Os Factores 1 e 3 estão representados por dois grupos distintos de Nanofósseis calcários. No primeiro caso, o *cluster* constituído pelas variáveis *Gephyrocapsa ericsonii, Emiliania huxleyi* e Reworked, que está a caracterizar as correntes de W de *upwelling* do Cabo de São Vicente. *Gephyrocapsa oceanica* e *Syracosphaera* sp. dominam o Factor 3, sugerindo um mecanismo de transporte de águas quentes da região de Gibraltar – Golfo de Cádiz a E, realizado a uma maior profundidade.

Palavras-chave: Sondagem VC2B, Paleoecologia, Nanofósseis calcários e Análise Factorial.

Abstract: *Calcareous nannofossils from the Holocene section of the section VC2B core, retrieved from the continental shelf offshore of Faro, were studied and interpreted. The Factorial Analysis carried out in the matrix data identified three main occurring factors Factor 1 and 3, are represented by two distinct groups of Calcareous nannofossils. The first factor is constituted by* Gephyrocapsa ericsonii, Emiliania huxleyi *and Reworked variables, which characterize the eastward upwelling currents from São Vicente Cape.* Gephyrocapsa oceanica *and* Syracosphaera sp. *dominate the third factor, suggesting a mechanism of transport westward of warm water from the Gibraltar region – Cadiz Golf. Sedimentological parameters and organic matter are represented by Factor 2;*

Key words: *Core VC2B, Paleoecology, Calcareous nannofossils, Factorial Analysis.*

INTRODUÇÃO

Enquanto produtores primários os Cocolitóforos são importantes constituintes dos ecossistemas da plataforma continental e as suas comunidades variam em função de vários parâmetros que caracterizam os ambientes marinhos. O seu potencial de fossilização, como Nanofósseis calcários, torna-os assim importantes ferramentas em reconstituições paleoambientais.

Este estudo incidiu sobre a sondagem VC2B (Fig. 1) realizada na plataforma continental do Algarve (36.8878º N; 8.0684º W), em Janeiro de 2008, à profundidade de 99.21 m e que permitiu a recolha de um testemunho com 499 cm de comprimento e uma taxa de sedimentação de 0.52cm/ano.

TRABALHO LABORATÓRIAL

O procedimento laboratorial consistiu na realização das lâminas, observação, contagem, identificação dos Nanofósseis calcários e interpretação paleoecológica de 51 amostras.

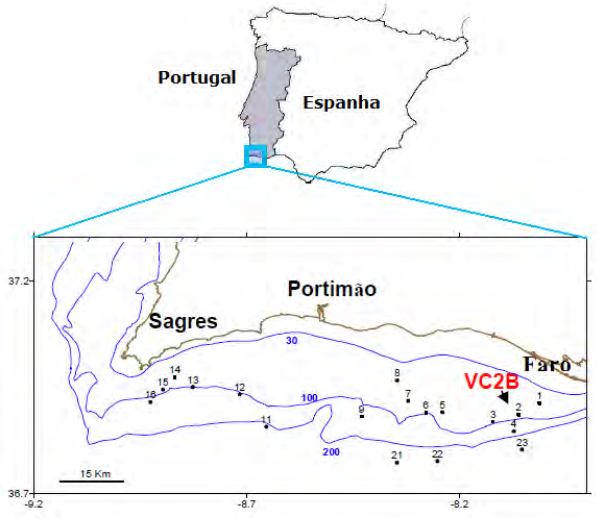


FIGURA 1. *Localização da sondagem VC2B.*

Todas as amostras, foram secas na estufa a 50ºC. Pesaram-se 0,2g de sedimento que foi colocado num frasco com 10 ml de água tamponada (Flores e Sierro, 1997) e levados aos ultrassons por 10 min. Colocaram-

se lamelas nas caixas de petri e revestiram-se de água tamponada. Pipetou-se dos frascos um determinado volume com a micropipeta e deixou-se o sedimento a decantar durante 24h na caixa de petri, no interior do nanódromo (**F**erreira & Cachão, 2003).

Por fim, observam-se as lâminas para a identificação e contabilização de 300 nanofósseis calcários grandes (>3µm) (Fatela & Taborda, 2002) e o número de campos observado em cada amostra e contabiliza-se o número de nanólitos calcários pequenos (<3µm) para 5 campos.

No total foram contabilizados 11 espécies de Nanofósseis calcários actuais, 6 espécies de Nanofósseis calcários grandes (*Anoplosolenia brasiliensis*, *Calcidiscus leptoporus, Coccolithus pelagicus, Gephyrocapsa muellerae, Gephyrocapsa oceanica, Helicosphaera carteri, Syracosphaera* sp., *Syracosphaera pulchra* e *Umbilicosphaera sibogae*) e 2 espécies de Nanofósseis calcários pequenos (*Gephyrocapsa ericsonii* e *Emiliania huxleyi*), e um conjunto de formas remobilizadas, que globalmente foram contabilizadas como Reworked.

Posteriormente calcularam-se os valores de abundância absoluta dos *taxa* presentes nas amostras, que é expressa em número de nanólitos por grama de sedimento *N*, a partir do número de nanólitos observado por lâmina delgada, segundo a equação:

$$N = n \times \left(\frac{V}{V_P}\right) \times \left(\frac{A_P}{A_O}\right) \times \left(\frac{1}{P}\right)$$

O *n* é o número de nanólitos contabilizados de determinada espécie por amostra, o *V* é o volume contido no frasco de vidro (10.000 µL), o *Vp* é o volume extraído por micropipetagem e bombeado para a caixa de petri, o *AP* é a área da caixa de petri, o *AO* é a área observada que é obtida pelo produto entre o número de campos de visão observados por amostra e a área unitária do microscópio utilizado, e *P* é o peso de sedimento amostrado.

RESULTADOS

Foram realizadas diversas análises factoriais (AF), com auxílio do *software* STATISTICA®, como medida exploratória dos dados, a pequenas variantes da matriz de dados original constituída por todos os *taxa* dos nanólitos, parâmetros sedimentológicos e matéria orgânica MO.

Das análises preliminares reconheceram-se na matriz de dados três amostras *outliers* (amostras 80, 90 e 100; Fig. 2) por apresentarem variações no seu padrão de abundância.

A análise factorial foi optimizada para *varimax raw,* fornecendo 3 factores, com valores de *eigenvalues* superiores a 1, que explicam cerca de 64% do total de informação da matriz de dados.

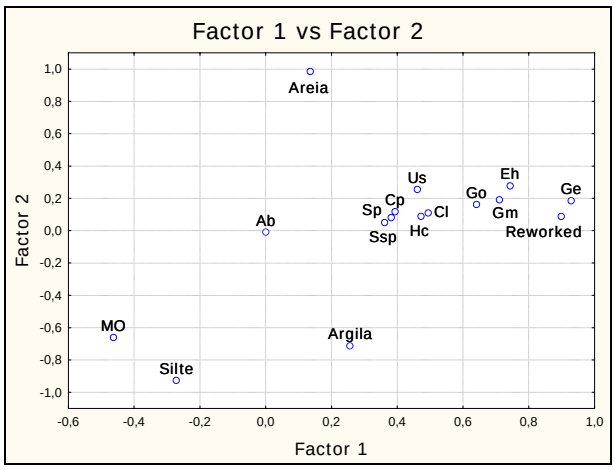


FIGURA 2. *Representação dos* factor loadings *para os Factores 1 e 2 pela AF, para os Nanofósseis calcários, os parámetros sedimentológicos e MO.*

O Factor 1 apresenta três valores de *factor loadings* acima de 0.75, no semi-eixo positivo, nomeadamente nas variáveis *G. muellerae,* Reworked e *E. huxleyi*.

O Factor 2 é definido pelos parâmetros sedimentológicos que apresentam os valores mais altos, encontram-se no semi-eixo positivo a variável Areia, em oposição às restantes variáveis que se encontram no semi-eixo negativo, nomeadamente a Argila e o Silte.

O Facto 3 é definido por valores abaixo de 0.75, para as variáveis *Syracosphaera* sp. e *G. oceanica.*

CONCLUSÕES

Podemos constatar que os parâmetros sedimentológicos estão exclusivamente associados ao Factor 2, pelo que podemos afirmar que são independentes e não condicionam as abundâncias de Nanofósseis calcários. Neste sentido o sinal dos Nanofósseis calcários é independente da sedimentologia, ou seja, não estão a responder a processos biostratonómicos, como por exemplo, a existência de correntes de fundo.

O padrão do Factor 1 não é muito claro, o facto de os Nanofósseis calcários *G. ericsonii, E. huxleyi* e Reworked se encontrarem juntos no espaço factorial, não permitindo uma clara interpretação do significado paleoecológico.

Numa primeira abordagem sugerimos que o primeiro grupo possa caracterizar uma maior influência de correntes de oeste transportando massas de água enriquecidas em nutrientes no centro de *upwelling* de Cabo de São Vicente.

Para o segundo grupo sugerimos um mecanismo que favorece o transporte de águas quentes da região de Gibraltar – Golfo de Cádiz a este, mas que se faz a uma maior profundidade.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é uma contribuição do projecto de investigação "*Paleo-productividade oceânica e alterações ambientais de alta resolução. Correlação com populações de peixe – POPEI"* (Ref.: PDCT/MAR/55618/2004), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

BIBLIOGRAFIA

Fatela, F. and Taborda, R. (2002): Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages. *Marine Micropaleontology*, 45: 169-174.

Ferreira, J. e Cachão, M. (2003): Nanofósseis calcários em fácies costeiras: revisão de técnicas de estudo. VI *Congresso Nacional de Geologia, Ciências da Terra* (UNL), Monte de Caparica, nº esp. V, CD-ROM: A76-A78.

Flores, J. A. and Sierro, F. (1997): Revised technique for calculation of calcareous nannofossil accumulation. *Marine Micropalaeontological*, 43 (3): 321-324.

Alteración y neocristalización en la superficie de conodontos de la rama norte de la Unidad del Ponga (Zona Cantábrica)

Alteration and neocrystallization on the conodont surfaces from the northern branch of the Ponga Unit (Cantabrian Zone)

S. Blanco-Ferrera[1], J. Sanz-López[2], S. García-López[1] y F. Bastida[1]

1 Dpto. Geología, Universidad de Oviedo, c/ Arias de Velasco s/n. 33005 Oviedo. silvia.blanco@geol.uniovi.es, sgarcia@geol.uniovi.es, bastida@geol.uniovi.es
2 Facultade de Ciencias da Educación, Universidade da Coruña, Campus de Elviña s/n. 15071 A Coruña. jasanz@udc.es

Resumen: Valores bajos del CAI de los conodontos indican condiciones diagenéticas en la rama norte de la Unidad del Ponga asociados generalmente a una movilización y precipitación del apatito en la superficie de los mismos. Estos cristales forman una o varias envolturas con características distintas que son denominadas microtexturas. La secuencia de desarrollo de las mismas se establece de acuerdo con su superposición sobre la superficie de los conodontos, y en algunos casos con relación a fracturas cuya generación es interpretada como producto de la compactación, antes de la litificación completa de las calizas que los contienen.

Palabras clave: diagénesis, CAI, texturas en conodontos, Zona Cantábrica.

Abstract: *Low conodont CAI values from the northern branch of the Ponga Unit are indicating diagenetic conditions in spite of extended migration and precipitation of apatite on the conodont surfaces. Crystals are forming one or several envelopes with different characteristics that are named microtextures. The sequence of microtexture development is established according to its superimposed presence on different conodonts, and sometimes based on the relationships with fractures originated probably during compaction and before the complete lithification of limestone that is hosting.*

Key words: *diagenesis, CAI, conodont textures, Cantabrian Zone.*

INTRODUCCIÓN

El índice de alteración del color de los conodontos (CAI) es un marcador de la temperatura máxima a la que han estado sometidas las rocas que los contienen (Epstein et al., 1977). Este método ha sido complementado por el análisis de la textura superficial de estos microfósiles, y ha permitido reconocer la actividad de distintos procesos geológicos, tales como diagénesis, hidrotermalismo o diferentes tipos de metamorfismo (Rejebian et al., 1987). La Zona Cantábrica es un área en donde se pueden estudiar conodontos afectados por condiciones desde la diagénesis al metamorfismo de grado bajo y metamorfismo de contacto (García-Lopez et al., 2007). Este área muestra una tectónica de piel delgada y está formada por un cinturón de pliegues y cabalgamientos en la parte externa de la rama meridional de la cadena Varisca europea, concretamente en el núcleo del arco Ibero-Armoricano. El sector nororiental de la Zona Cantábrica constituye la rama norte de la Unidad del Ponga (Fig. 1), cuya estructura Varisca está compuesta por un sistema imbricado de cabalgamientos que convergen hacia el norte, en un cabalgamiento basal. Los cabalgamientos producen múltiples repeticiones de la sucesión estratigráfica compuesta principalmente por calizas y lutitas. La estructura está modificada por algunas fallas de edad alpina y la reactivación de algunos cabalgamientos. Los estudios preliminares sobre el CAI de los conodontos en este sector (Blanco-Ferrera et al., 2006) obtuvieron usualmente valores muy bajos del índice asociados con superficies poco brillantes o mates de los conodontos, por lo que el estudio de sus texturas resulta significativo, ya estas alteraciones no suelen estar generalmente descritas en conodontos con valores del CAI tan bajos.

El CAI Y LAS TEXTURAS SUPERFICIALES

Los conodontos estudiados proceden de más de un centenar de muestras de calizas (5-10 kg por muestra). Las rocas fueron procesadas utilizando ácido fórmico amortiguado y la metodología empleada para determinar el CAI puede encontrarse en García-López et al. (1997). Los conodontos tienen valores del CAI muy bajos (CAI 1-2) que indican temperaturas entre 50 y 140ºC. Los valores del CAI 2-3 se encuentran sólo localmente y son considerados anómalos (Fig. 2). Este rango corresponde a unas condiciones diagenéticas (concretamente diacaizonales según García-López et al., 2001). La dispersión de los valores del CAI dentro de una muestra es baja, excepto para una localidad con una dispersión de 2,5 y otras en las que los valores bajos coexisten con otros elementos con un valor anómalo de 7.

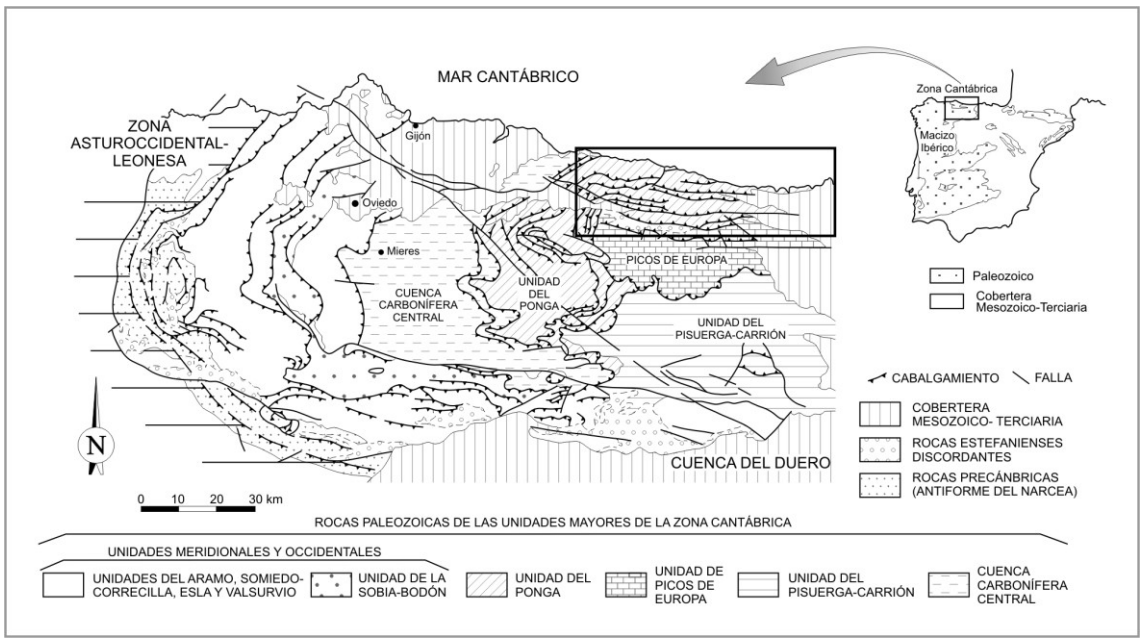


FIGURA 1. *Esquema de situación de la rama norte de la Unidad del Ponga en la Zona Cantábrica.*

Las superficies de los conodontos sin alterar, son lisas y brillantes, pero se observan en muy pocos elementos estudiados, o sólo en partes de mismos. La mayoría de los elementos tienen, en mayor o menor medida, una textura sacarosa, con superficies mates y en ocasiones corroídas. Además, algunos elementos muestran pátinas grises, lixiviado, tonos ahumados y crecimiento mineral. El estudio sistemático de 1 a 15 elementos por muestra bajo el microscopio electrónico de barrido permite observar con grandes aumentos la textura sacarosa y otras alteraciones que denominaremos microtexturas.

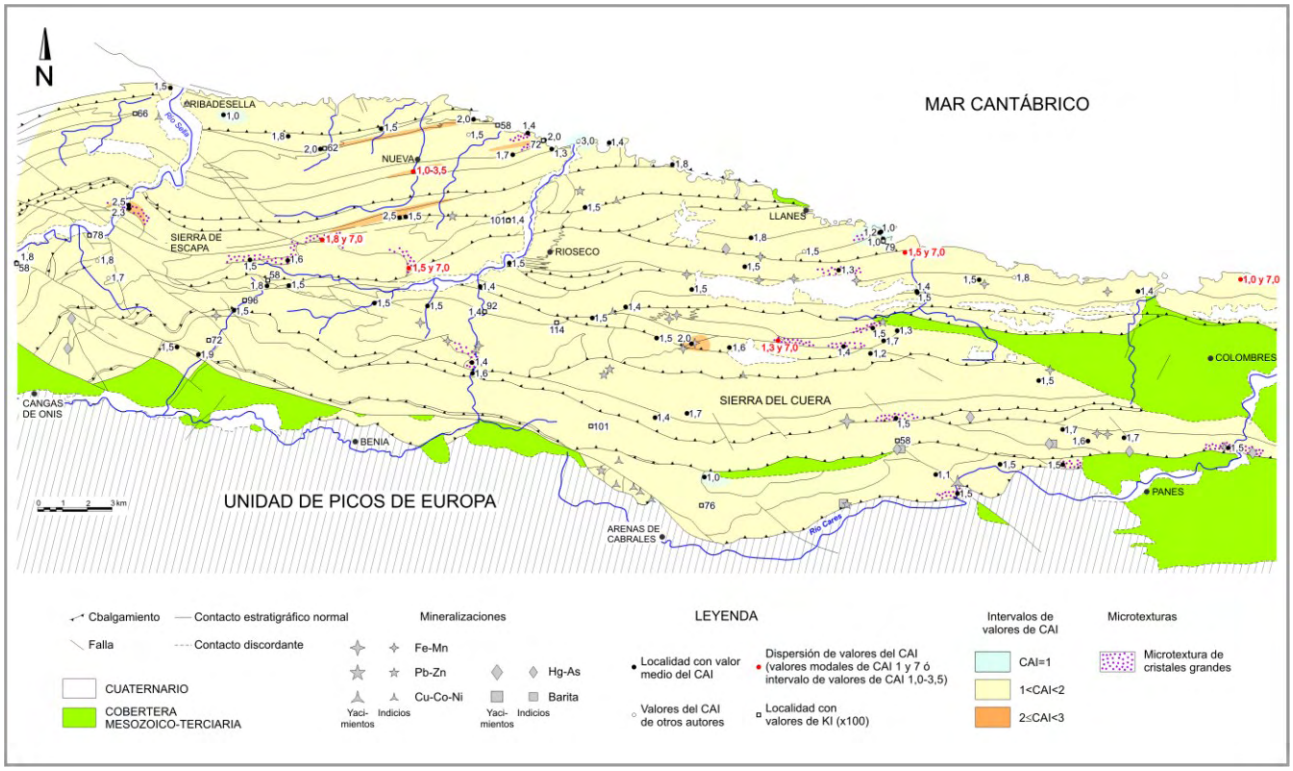


FIGURA 2. *Mapa con la distribución de los valores de índice de alteración del color de los conodontos (CAI), el índice de Kübler (KI) de la cristalinidad de la illita y los yacimientos minerales, así como áreas en donde se ha reconocido una microtextura de cristales grandes.*

Sobre la superficie del conodonto está desarrollada parcialmente o completamente una envoltura de cristales de apatito (Fig. 3). En las envolturas aparecen combinadas con frecuencia microtexturas denominadas de moldes externos, de cristales pequeños y de envoltura irregular. La microtextura de moldes externos consiste de una red irregular de polígonos limitados por empalizadas compuestas por cristales de apatito pobremente individualizados (Fig. 3a). El área ocupada por cada polígono puede ser variable y las

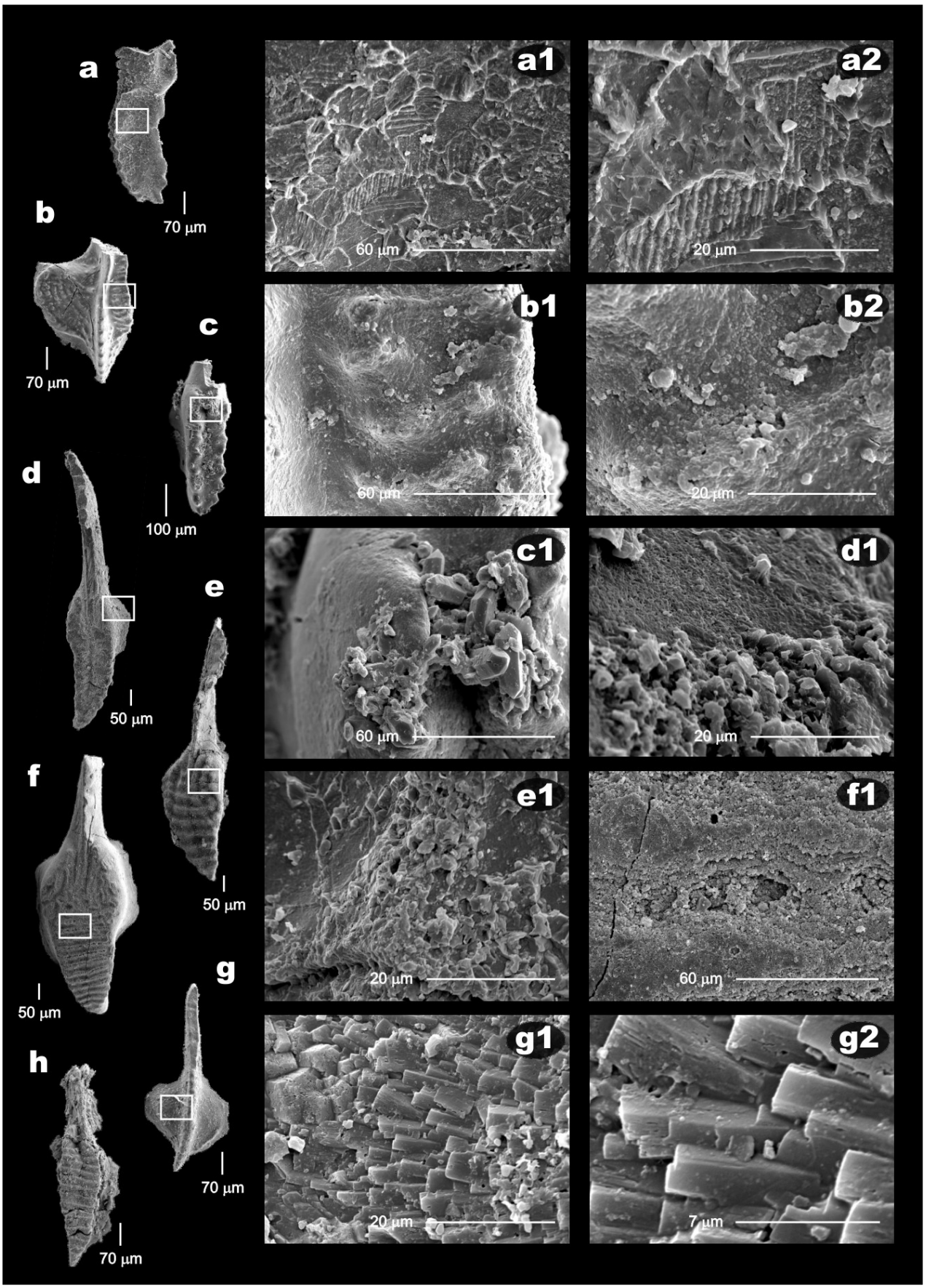


FIGURA 3. *Microtexturas en conodontos de la Unidad del Ponga. (a1, a2) Microtextura de moldes externos con moldes de maclas de calcita en algunos polígonos. (b1, b2) Microtextura de cristales pequeños con algunos cristales mayores de la microtextura de envoltura irregular encima. (c1) Relleno parcial por la microtextura de envoltura irregular con cristales bipiramidales de cuarzo autigénico. (d1) Cristales anhedrales grandes aislados de la microtextura de envoltura irregular (debajo) desarrollados sobre la microtextura de cristales pequeños (arriba). (e1) Cristales de la microtextura de envoltura irregular crecidos sobre los márgenes de una fractura. (f1) Detalle de una cresta disuelta en la ornamentación, en la que se observan las láminas internas de cristales de apatito. (g1, g2) Cristales euhedrales, más o menos orientados, de la microtextura de cristales grandes. CAI 1 en b y g, 1,5 en a, 1,5-2 en h, 2 en c, d, e, f.*

empalizadas también varían en altura y grosor. Sin embargo, las redes suelen ser similares en los elementos procedentes de la misma muestra y son claramente distinguibles de la microornamentación poligonal original de los conodontos. La microtextura está de acuerdo con las características litológicas de la roca de la que proceden los conodontos. Además, el interior de los polígonos puede ser liso o estar rellenado por otras microtexturas. Ocasionalmente se observan moldes de cristales maclados de calcita (Fig. 3a2). La microtextura de cristales pequeños corresponde a una envoltura delgada de cristales anhedrales o subhedrales de apatito (Fig. 3b), mientras que la envoltura irregular está formada por una cubierta parcial heterogénea de apatito con otros minerales, como cuarzo y carbonatos (Fig. 3c-d). Otras microtexturas con una presencia ocasional y local son la microtextura de cristales grandes y las microtexturas de disolución (Fig. 3f). La microtextura de cristales grandes está formada principalmente por cristales euhedrales dispuestos sobre la superficie oral del conodonto (Fig. 3g).

La relación entre las microtexturas observadas reconstruye una secuencia en el desarrollo de las mismas. La microtextura de moldes externos es la primera en formarse o se desarrolla a la vez que las microtexturas de cristales pequeños y cristales grandes. Todas estas microtexturas pueden estar afectadas por microtexturas de disolución o cubiertas por la de envoltura irregular. Con posterioridad a las microtexturas de moldes externos, cristales pequeños y cristales grandes se desarrolla una fracturación irregular interpretada como producto de compactación. La microtextura de envoltura irregular aglutina después los fragmentos del conodonto. Finalmente, no se ha observado una relación directa entre las microtexturas y los valores del CAI de los conodontos.

INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES

La rama norte de la Unidad del Ponga muestra valores bajos del CAI (condiciones diagenéticas), con independencia de la posición estratigráfica de las muestras. El valor más frecuente del CAI es 1,5 y requiere unas temperaturas entre 50 y 90ºC de acuerdo con Epstein et al. (1977) y teniendo en cuenta el intervalo durante el que tuvo lugar el calentamiento. Los valores del CAI anormalmente altos y con una gran dispersión en una misma muestra parecen estar asociados con procesos de actividad hidrotermal de edad principalmente Pérmica, que tienen efectos muy locales. Valores del CAI anormalmente altos se encuentran en conodontos con un fuerte desarrollo de la disolución. La mayor parte de los conodontos con valores muy bajos del CAI muestran neocristalización y, sólo ocasionalmente, disolución en la superficie de estos. Estas alteraciones han sido descritas para conodontos con valores del CAI ≥ 3, que han sufrido dolomitización, o bien deformación y/o la acción de fluidos hidrotermales (Rejebian et al., 1987; Helsen, 1995, 1997; Könighof, 2003). Las muestras estudiadas son calizas sin dolomitizaciones y sin deformación, en las que la actividad hidrotermal sólo tuvo una influencia muy local. Las microtexturas deben haberse producido, en su mayor parte, antes de la litificación completa de la roca, ya que es necesaria una porosidad alta del sedimento para la formación de la microtextura de moldes externos. En ella, el crecimiento de apatito por neocristalización rellena el espacio intergranular adyacente al conodonto, e incluso refleja moldes de maclas de calcita. Con posterioridad se produjeron fracturas por compactación, procesos de disolución, así como una microtextura de envoltura irregular formada por granos de diferente composición.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es fruto del proyecto CGL2009-09109 del Ministerio de Ciencia e Innovación y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS

Blanco-Ferrera, S., Sanz-López, J., García-López, S., Bastida, F. y Valín, M.L., (2006): Variscan Thermal conditions of the North-eastern Ponga Unit (Cantabrian Zone, NW Spain). En: *International Conodont Symposium (ICOS 2006)*: 20.

Epstein, A.G., Epstein, J.B. y Harris, L.D. (1977): Conodont Colour Alteration -an Index to Organic metamorphism. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 995: 1-27.

García-López, S., Bastida, F., Aller, J.A. y Sanz-López, J. (2001): Geothermal paleogradients and metamorphic zonation from the conodont colour alteration index (CAI). *T*erra *Nova*, 13: 79-83.

García-López, S., Brime, C., Bastida, F. y Sarmiento, G.N. (1997): Simultaneous use of thermal indicators to analyse the transition from diagenesis to metamorphism: an example from the Variscan Belt of northwest Spain. *Geological Magazine*, 134: 323-334.

García-López, S., Brime, C., Valín, M.L., Sanz-López, J., Bastida, F., Aller, J. y Blanco-Ferrera, S. 2007. Tectonothermal evolution of a foreland fold and thrust belt: the Cantabrian Zone (Iberian Variscan belt, NW Spain). *Terra Nova*, 19: 469-475.

Helsen, S. (1995): Conodont alteration in Devono-Carboniferous dolomites from southern Belgium. *Geologie in Mijnbouw*, 74: 225-234.

Helsen, S. (1997): Conodont colour alteration in Walsortian buildups of the type area (Lower Carboniferous, Belgium). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 120: 155-182.

Königshof, P. (2003): Conodont deformation patterns and textural alteration in Paleozoic conodonts: examples from Germany and France. *Senckenbergiana lethaea*, 83: 149-156.

Rejebian, V.A., Harris, A.G. y Huebner, J.S. (1987): Conodont colour and textural alteration: An index to regional metamorphism and hydrothermal alteration. *Geological Society of America Bulletin*, 99: 471-479.

Una aproximación a la diversidad de icnitas de saurópodo en el tránsito Jurásico-Cretácico (Titónico-Berriasiense) de la Cordillera Ibérica (España)

An approach to diversity of Sauropod footprints in Jurassic-Cretaceous transition (Tithonian-Berriasian) in the Iberian Range (Spain)

D. Castanera[1], J. L. Barco[1,2] y J. I. Canudo[1]

1 Grupo Aragosaurus-IUCA. Paleontología. Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. Spain. dcastanera@hotmail.es; jicanudo@unizar.es

2 Paleoymás. Polígono INBISA – Empresarium, C/Retama, 17 Nave 24C, 50720 Cartuja Baja, Zaragoza. Spain. jlbarco@paleoymas.com

Resumen: La Cordillera Ibérica destaca por el elevado número de yacimientos con icnitas de saurópodo en el tránsito Jurásico-Cretácico (Titónico-Berriasiense). Se han diferenciado al menos siete morfotipos distintos con representación de rastros estrechos y anchos. La presencia de ambos tipos de rastros, unido a la escasez de yacimientos berriasienses a nivel mundial, sitúa a la Cordillera Ibérica como un lugar único para el estudio de las icnitas de saurópodo en el tránsito Jurásico-Cretácico.

Palabras clave: icnitas, saurópodo, Cordillera Ibérica, Titónico-Berriasiense.

Abstract: *The number of sauropod tracksites is so important in the Iberian Range during Jurassic-Cretaceous (Tithonian-Berriasian) transition. They are located in three principal areas: Cameros Basin, Maestrazgo Basin and Sud-Iberian Basin. At least seven different morphotypes are described that show two styles of locomotion (narrow-gauge and wide-gauge trackways). The presence of both types of trackways and the scarcity of berriasian tracksites in the global record, situate the Iberian Range as an extraordinary place to study sauropod footprints during Jurassic-Cretaceous transition*

Key words: *footprints, sauropod, Iberian Range, Tithonian-Berriasian.*

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos con icnitas de saurópodo en el tránsito Jurásico-Cretácico (Titónico-Berriasiense) de la Cordillera Ibérica son abundantes, especialmente en la provincia de Soria y la de Teruel. También se han citado yacimientos con icnitas de este grupo en La Rioja, Burgos y Valencia (Royo-Torres, 2009).

Los yacimientos están situados en tres zonas principales dentro de la Cordillera Ibérica: en la Cuenca de Cameros (provincias de Soria, Burgos y La Rioja), en la Cuenca del Maestrazgo (provincia de Teruel) y en la Cuenca SurIbérica (provincia de Valencia). Los yacimientos de la provincia de Burgos se ubican en la Formación Rupelo (Titónico-Berriasiense), los yacimientos sorianos pertenecen a la Aloformación Huérteles (Berriasiense) mientras que los riojanos se incluyen en el Grupo Oncala (Berriasiense). El resto de los yacimientos de la Cordillera Ibérica (yacimientos turolenses y valencianos) se localizan en la Formación Villar del Arzobispo (Titónico-Berriasiense).

Castanera et al., (2010) diferencian cuatro morfotipos de icnitas de saurópodo en la Aloformación Huérteles, utilizando como parámetros el tipo de rastro (ancho o estrecho), el índice de heteropodia, la forma del par mano-pie, la orientación de las icnitas y las marcas digitales. El objetivo de este trabajo es estudiar la diversidad de los morfotipos de icnitas de saurópodo del tránsito Jurásico-Cretácico en la Cordillera Ibérica usando los mismos criterios.

RESULTADOS

La caracterización y diferenciación de morfotipos de icnitas de saurópodos en la Cordillera Ibérica tiene una serie de limitaciones como consecuencia de la conservación de las icnitas y la ausencia de rastros en muchos de los yacimientos. Además algunos de éstos aún no se han descrito en detalle y resulta tentativo asignarlas a alguno de los morfotipos.

Únicamente, en los yacimientos de Las Cerradicas (Canudo et al., 2008) y Cañada Paris (Santiesteban et al., 2009) se han descrito rastros con todos los caracteres y parámetros. Los rastros de estos yacimientos se caracterizan por ser de vía ancha y una baja heteropodia (1:2). Aparentemente la forma del pie de Las Cerradicas (ovalada-triangular) es distinta de la de Cañada Paris (ovalada-circular), siendo la forma de la mano similar (media luna). En ambos casos las icnitas están orientadas hacia fuera del rastro, y únicamente en el caso de Las Cerradicas se han descrito marcas de dedos tanto en los autopodios anteriores como posteriores. Una diferencia importante entre ambos rastros es el tamaño de las icnitas. Las de Cañada Paris se atribuyen a un saurópodo de talla media-grande, mientras que en Las Cerradicas las icnitas son unas de las más pequeñas descritas para este grupo de dinosaurios.

DISCUSIÓN

Las icnitas de las Cerradicas y de Cañada Paris son bastante similares, excepto en su tamaño. La diferencia en la forma del par pie-mano, la orientación de las icnitas y ausencia (Cañada Paris)/ presencia (Las Cerradicas) de marcas digitales, no son criterios totalmente excluyentes para diferenciar dos morfotipos distintos ya que dichas diferencias podrían deberse a la conservación de las icnitas y al estado del sustrato. Santiesteban et al., (2009) relacionan las características "similares" del yacimiento de Cañada París con los de Benicatazara y Fonseca, si bien hacen referencia a su estado de conservación. Por lo tanto las icnitas de dichos yacimientos quizá podrían incluirse en el mismo morfotipo. Los rastros descritos en Cañada Paris y Las Cerradicas son completamente distintos a los cuatro (Fig.1) representados en la Aloformación Huérteles (Castanera et al., 2010), ya que ninguno de éstos presenta rastro ancho y heteropodia de 1.2. Por tanto se trataría del morfotipo V representado en el tránsito Jurásico-Cretácico de la Cordillera Ibérica.

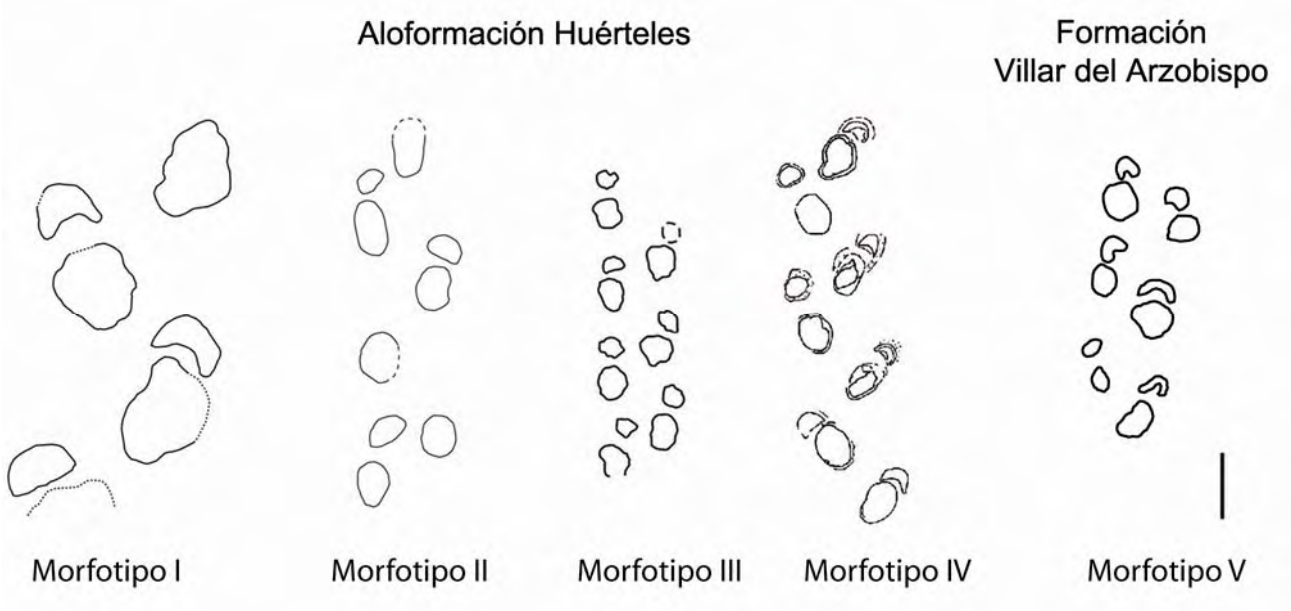


FIGURA 1: *Comparación de los cuatro morfotipos descritos en la Aloformación Huérteles con el morfotipo V, descrito en el yacimiento de Cañada Paris en la Formación Villar del Arzobispo(modificado de Castanera et al., 2010 y redibujado de Santiesteban et al., 2009).. Los morfotipos VI y VII descritos en esta formación presentan distintos caracteres pero no se han conservado sus rastros por lo que no se les ha incluido en la figura. Barra de escala = 1 m.*

Royo-Torres (2009) asigna las icnitas del yacimiento de Ababuj al icnotaxón *Gigantosauropus asturiensis* en base a la enorme diferencia entre el tamaño de pies y manos (heteropodia 1:5 a 1:6). *G. asturiensis* está descrito en el Kimmeridgiense de la playa la Griega en Asturias (Lockley et al., 2007), por lo que supondría la presencia de este icnotaxón hasta el tránsito Jurásico-Cretácico. En la Aloformación Huérteles (Berriasiense) no se han descrito icnitas con rangos de heteropodia tan elevados, por lo que consideramos las icnitas de Ababuj como el morfotipo VI.

En el yacimiento de El Pozo se puede observar la marca del dedo V en una de las icnitas de la mano (Andrés et al., 2007), siendo un carácter descrito únicamente en el morfotipo IV de la Aloformación Huérteles. En este yacimiento y en el de El Mirador se han descrito relaciones de heteropodia de 1:2 y marca de dedo I (falange ungeal), caracteres descritos únicamente en el morfotipo I de la Aloformación Huérteles. Sin embargo Royo-Torres (2009), incluye las icnitas de estos dos últimos yacimientos dentro de su morfotipo A5, que se caracteriza por ser de rastro ancho por lo que en principio no tendrían relación con los morfotipos I y IV de Aloformación Huérteles. Provisionalmente los asignamos a un morfotipo VII.

En el yacimiento de El Molino, Andrés et al., (2007) describen icnitas de saurópodo con heteropodia de 1:2 y que "se asimilan" a *Parabrontopodus*, que se caracteriza por ser de rastro estrecho. Estos caracteres sólo se han descrito en el morfotipo I de la Aloformación Huérteles por lo que las icnitas del yacimiento de El Molino podrían incluirse dentro de este morfotipo.

CONCLUSIONES

La Cordillera Ibérica es uno de los pocos lugares del mundo donde se encuentra un registro de icnitas de saurópodo del final del Jurásico y del comienzo del Cretácico. Especialmente significativas son las del Berriasiense, por su escasez a nivel mundial. La distinción de morfotipos en base al tipo de rastro, la heteropodia, la forma del par pie-mano, orientación y marcas digitales, está limitada por la conservación y la presencia de rastros. A pesar de estas limitaciones el número de morfotipos de icnitas atribuidas a saurópodos en el tránsito Jurásico-Cretácico de la Cordillera Ibérica sería como mínimo de siete. A los cuatro morfotipos descritos anteriormente en el Berriasiense de Soria, habría que sumar al menos tres distintos en las provincias de Teruel y Valencia.

Otro aspecto destacable es la presencia conjunta de rastros estrechos y rastros anchos en las mismas formaciones. Esta es una de las consecuencias de la presencia en el tránsito Jurásico – Cretácico de la Península Ibérica de saurópodos diplodocimorfos (estrecho) y Titanosauriformes (ancho), además de grupos de difícil ubicación (Canudo, 2009). Desde un punto de vista paleoicnológico la asociación de la Cordillera Ibérica representa la transición del Jurásico donde abundan los rastros estrechos, al Cretácico donde son abundantes los rastros anchos, llegando a ser exclusivos en el Cretácico Superior (Lockley et al., 1994; Wilson y Carrano, 1999; Wright, 2005).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado por el proyecto CGL2007/62469/BTE (Ministerio de Educación y Ciencia y fondos Feder) y por el Gobierno de Aragón (Financiación de Grupos Consolidados 2010). D.Castanera es beneficiario de una Beca de Formación de Profesorado Universitario del Ministerio de Educación (Ref. AP2008-01340).

REFERENCIAS

Andrés, J.A., Alcalá, L., Barco, J.L., Canudo, J.I., Cobos, A. y García Pimienta, J.C. (2007): *Un paseo con los dinosaurios por Aragón (Yacimientos de icnitas de dinosaurios)*. Ed. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, 110 pp.

Canudo, J. I. (2009): Dinosaurios ibéricos, final del Jurásico y la Formación Morrison. *Zubía*, 27: 53-80.

Canudo, J. I., Pérez-Lorente, F., Badiola, A., Barco, J. L., Cruzado-Caballero, P., Díaz-Martínez, I., Gasca, J. M., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M. y Herrero-Gascón, J. (2008). Evidencia de gregarismo en pequeños dinosaurios saurópodos del Titónico-Berriasiense (Formación Villar del Arzobispo, Galve, Teruel). En: *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología* .Libro de resúmenes, 23-24.

Castanera, D., Barco, J.L., Canudo, J.I. y Pascual, C. (2010): Aproximación a la diversidad de morfotipos de icnitas de saurópodo en la Aloformación Huérteles (Berriasiense) en Soria (España). En: Moreno-Azanza, M., Díaz-Matínez, I., Gasca, J.M., Melero-Rubio, M., Rabal-Garcés, R. y Sauqué, V.(coords). *Cidaris*, 30, número especial, VIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología, volumen de actas, 91-98.

Lockley, M.G., Meyer, C. A., Hunt, A.P. y Lucas, S.G. (1994): The distribution of sauropod tracks and trackmakers, *Gaia*, 10: 233-249.

Lockley, M. G., Lires, J., García-Ramos, J. C., Piñuela, L. y Avanzini, M. (2007): Shrinking the world´s largest dinosaur tracks: Observations of the Ichnotaxonomy of *Gigantosauropus asturiensis* and *Hispanosauropus hauboldi* from the Upper Jurassic of Asturias, Spain. *Ichnos*, 14: 247-255.

Royo-Torres, R. (2009): Los dinosaurios saurópodos en la Península Ibérica. *Actas de las IV Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Salas de los Infantes, Burgos, 139-166.

Santiesteban, C., Suñer, M. y Vila, B. (2009): El yacimiento de icnitas de dinosaurios de Cañada Paris, Alpuente, Valencia. *Actas de las IV Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Salas de los Infantes, Burgos, 301-309.

Wilson, J.A. y Carrano, M.T. (1999): Titanosaurs and the origin of “”wide-gauge”” trackways: a biomechanical and systematic perspectives on sauropod locomotion. *Paleobiology*, 25(2): 252-267.

Wright, J.L. (2005): *Steps in understanding sauropod biology: the importance of sauropod tracks*. En: The Sauropods: Evolution and Paleobiology. (K.A.Curry Rogers y J.A. Wilson, eds.). University of California Press, 252-284.

Modelo de cambio de fauna en el Cuaternario de las Islas Canarias Orientales: Resultados preliminares

Pattern of fauna change from Quaternary deposits in Eastern Canary Islands. Preliminary results

C. Castillo[1], C. García[1], M. Ibáñez[1], M. R. Alonso[1], M. L. Quesada[2], J. De la Nuez[2], M. Valido[3], J. Cedrés[4], F. La Roche[5], A. Delgado[6], T. Torres[7] y J. E. Ortiz[7]

1 Departamento de Biología Animal, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Fco. Sánchez, s/n. 38206 La Laguna, Tenerife. ccruiz@ull.es.
2 Departamento de Edafología y Geología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna, Avda Astrofísico Fco. Sánchez s/n, 38206 La Laguna, Tenerife. jnuezpes@ull.es
3 Dirección General de Ordenación e Innovación educativa. C/ León y Castillo, 57; 35003. Las Palmas de Gran Canaria.
4 Instituto de Enseñanza Secundaria Lomo de La Herradura. Nicolás Copérnico S/N. Telde, Gran Canaria.
5 Departamento de Análisis Matemático. Facultad de Matemáticas. Universidad de La Laguna. Avda. Astrofísico Fco. Sánchez, s/n. 38.206. La Laguna, Tenerife. froche@ull.es
6 Laboratorio de Biogeoquímica de Isótopos Estables, Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Granada. Prof. Albareda 1, 18008 Granada. antonio.delgado@eez.csic.es
7 Laboratorio de Estratigrafía Molecular, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, C/ Ríos Rosas 21, 28003 Madrid.

Resumen: El análisis del cambio taxonómico en el contexto de las aminozonas del Cuaternario superior de las islas de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria, muestra que la tasa de extinción de taxones supera a la tasa de origen en el periodo de tiempo estudiado, a excepción de dos momentos, uno en la aminozona 4 (de 29,4 ±4,8 ka de edad) y el otro en la aminozona 7 (de 11,0 ±4,0 ka). Los grupos de gasterópodos terrestres con mayor tasa de cambio taxonómico son los helícidos y coclicélidos.

Palabras clave: Modelo de cambio**,** aminozonas, fauna terrestre, Cuaternario, Islas Canarias orientales.

Abstract: *The analysis of taxonomic change in the context of Quaternary aminozones from Lanzarote, Fuerteventura and Gran Canaria islands (Canary Island), shows that the rate of extinction of taxa exceeds the rate of origin within interval studied, except for two times, one in the aminozone 4 (29.4 ± 4.8 ka old) and the other in aminozone 7 (11.0 ± 4.0 ka). Terrestrial gastropod with a higher rate of taxonomic change are the Helicidae and Cochlicellidae.*

Key words: *Pattern of change, aminozone, terrestrial fauna, Quaternary; eastern Canary islands.*

INTRODUCCIÓN

Las islas canarias orientales (Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria) muestran un amplio registro de yacimientos fosilíferos Cuaternarios, constituidos principalemente por depósitos de origen eólico, que se caracterizan por una alternancia de dunas y paleosuelos (Ortiz et al., 2006, Castillo et al., 2008, entre otros). Y una abundancia de gasterópodos terrestres e icnitas de insectos muy bien conservados (Yanes et al., 2007, entre otros)

Los datos faunísticos que se analizan en este trabajo proceden del estudio paleontológico de 31 secciones estratigráficas procedentes de Lanzarote (9), Fuerteventura (14) y Gran Canaria (8). La mayoría de estas localidades se sitúan actualmente entre 0 y 300 m snm, a excepción de una que está por encima de los 450 m. El estudio aminoestratigráfico de dichas secciones realizado por el método de racemización de aminoácidos según Ortiz et al., (2006), nos ha permitido asignar los diferentes niveles estratigráficos a una determinanda aminozona (*am*). En el área estudiada hemos reconocido ocho aminozonas de edades comprendidas entre 48,6 ± 6,4 ka la más antigua y 5,4 ± 1,1 ka) la más moderna (ver Ortiz et al., op.cit.).

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los primeros resultados del análisis de cambio taxonómico en el Cuaternario de las islas canarias orientales en el contexto de las aminozonas, con el fin de determinar los posibles modelos de cambio y analizar sus causas.

METODOLOGÍA

El análisis de los cambios de fauna se ha realizado analizando la pérdida y ganancia de taxones en cada aminozona. Para ello hemos considerado cuatro categorías de taxones (Fig.1): t1: taxones cuya presencia es anterior a la aminozona en cuestión, y su última aparición local o regional ocurre en dicha aminozona; t2: taxones cuya primera aparición local o regional comienza con la aminozona en cuestión y continua después de dicha aminozona; t3: taxones cuyo rango de

aparición local o regional coincide con la aminozona; y t4: los taxones que tienen su primera aparición local o regional anterior a la amizona en cuestión, y su última aparición posterior a dicha aminozona. La proporción y tasa de cambio taxonómico por aminozona se ha realizado según la metodología de Foote y Miller (2007).

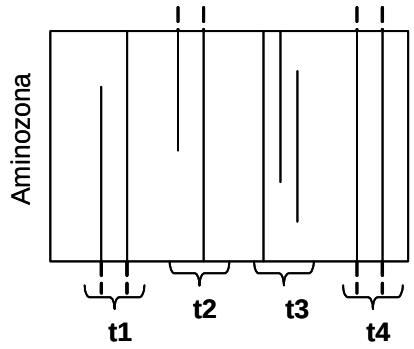


FIGURA 1. *Tipos de taxones (t1 a t4) utilizados en el análisis de los modelos de cambio taxonómico en las aminozonas establecidas en las islas canarias orientales (adaptado de Foote y Miller, 2007).*

CONSIDERACIONES TAXONÓMICAS

En este estudio hemos utilizado el rango estratigráfico de 51 taxones de gasterópodos terrestres del Cuaternario final de las islas canarias orientales, y queremos reseñar las siguientes particularidades: a) las babosas del género *Cryptella* que están representadas por más de una especie, las hemos considerado a nivel de género (como un único taxón) por la dificultad de asignar el material, a partir de la concha, a una especie determinada; y b) en el género *Theba* hemos considerado cuatro nuevas formas que tienen caracteres morfológicos distintivos de las especies descritas en el archipiélago canario (Fig. 2):

- *Theba* n sp1: hallada en Lanzarote en los niveles más modernos (*am*7), y que se caracteriza por tener la concha con una ornamentación distinta a todas las especies conocidas (Castillo et al., 2009).

- *Theba* n sp2: concha de tamaño grande y forma globosa, con una abertura muy grande y en algunos casos con un esbozo de carena en la última vuelta; aparece en el sur de Fuerteventura en los niveles más antiguos (*am*1).

- *Theba* n sp3: aparece en el sur de Fuerteventura en la aminozona 2; la concha es grande y delgada, y con una tasa de traslación muy pequeña y carena desarrollada.

- *Theba* n sp4: concha de muy pequeño tamaño, forma cónica y abertura redondeada; aparece en el norte de la isla en las aminozonas 5 y 6.

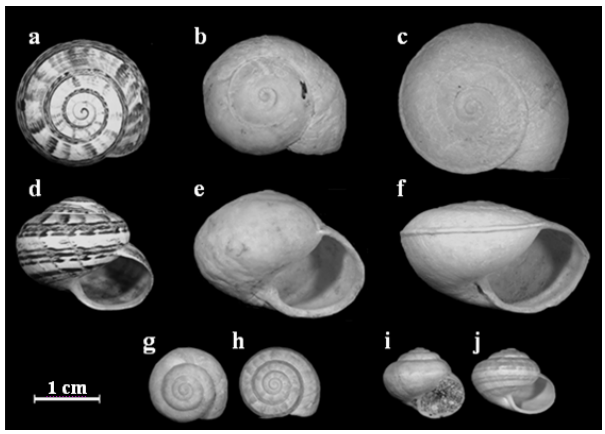


FIGURA 2. *Nuevas formas fósiles del género Theba de la isla de Fuerteventura, y su comparación con los taxones afines actuales T. geminata (a, d) y T. arinagae (h, j); b, e: Theba n sp2; c, f: Theba n sp3; g, i: Theba n sp4. Todas las conchas tienen 4,5 vueltas de espira.*

RESULTADOS

Los taxones de caracoles terrestres identificados en el registro fósil estudiado pertenecen a 13 familias (Fig. 3). Los más comunes son los helícidos (30 % de los taxones) y los coclicélidos (24 %) que se distribuyen en las tres islas. Los énidos sólo aparecen en el registro fósil de Gran Canaria, aunque existen especies actuales en Lanzarote y Fuerteventura (Ibáñez et al., 2007), mientras que los fósiles de las familias Ferussacidae e Hygromiidae son exclusivas de Lanzarote y Fuerteventura. Las tres islas estudiadas sólo comparten dos especies, *Theba arinagae*, una especie endémica cuya localidad tipo se encuentra en Arinaga (Gran Canaria), y *Caracolina lenticula* que es una especie cosmopolita.

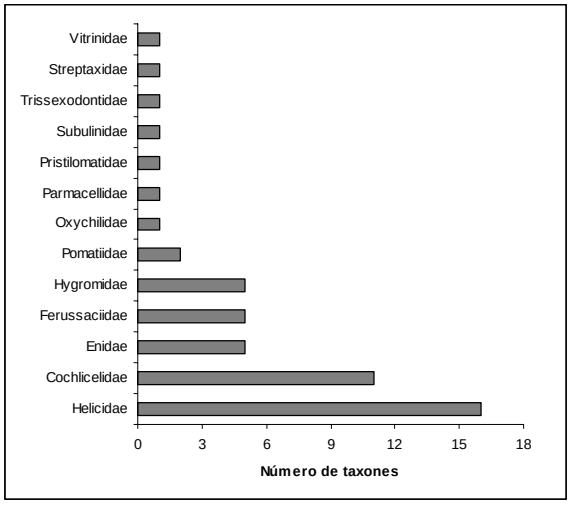


FIGURA 3. *Número de taxones por familias presentes en el registro fósil del Cuaternario superior de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria.*

El modelo de cambio de fauna en el Cuaternario superior de las islas orientales del Archipiélago canario (Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria) se observa en la figura 4. La ganancia de taxones ocurre fundamentalmente en las aminozonas 4 y 7, y la pérdida en las aminozonas 2, 5 y 7.

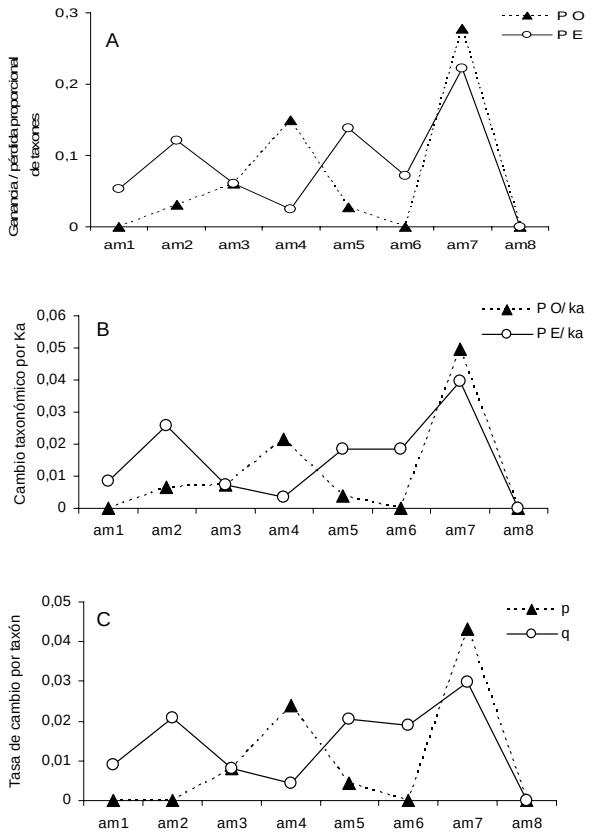


FIGURA 4. *Modelo general de cambio taxonómico en las aminozonas definidas en las islas orientales del Archipiélago canario. PO: entrada de taxones; PE: pérdida de taxones; p: tasa de pérdida de taxones; q: tasa de ganancia de taxones.*

En todos las aminozonas la pérdida de taxones proporcional (Fig. 4A), por ka (Fig.4B) o la tasa de pérdida por taxón (Fig. 4C), a excepción de la *am*4 y *am*7, supera a la ganancia o entrada de taxones nuevos. En la aminozona 3 (37,8 ± 4,6 ka) se iguala la tasa de pérdida y ganancia de especies. En la *am*7 (11,0 ± 4,0 ka de edad) se producen las tasas más altas de cambio taxonómico.

DISCUSIÓN

Los datos preliminares de nuestro estudio revelan un patrón de cambio de fauna terrestre en el Cuaternario de las Canarias orientales (Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria), con tres momentos donde se produce pérdida de taxones que ocurre en las aminozonas 2 (42,5 ± 6,0 ka de edad), 5 (22,4 ± 4,5) y 7 (11,0 ± 4,0 ka); y dos momentos con mayor entrada de taxones nuevos, uno en tormo a los 37,8 ±4,6 ka (aminozona 4) y el otro en la *am*7. La tasa máxima de cambio taxonómico (origen/extinción) ocurre en la misma aminozona *(am*7), cuya edad fue establecida por Ortiz et al., (2006) en torno al límite Pleistoceno/Holoceno. Los yacimientos que se agrupan en esta aminozona se distribuyen en una franja altitudinal más amplia (entre 0 y 460 m, Castillo et al., 2009), que los que se incluyen en las restantes aminozonas (que corresponden a los primeros 300 m sobre el nivel del mar), por lo que es posible que en la *am*7 se sumen los procesos de cambio de mayor número de hábitats y más variados.

Es importante destacar que las extinciones parciales (en una isla) o totales (en el Archipiélago), al igual que la aparición de nuevos taxones, corresponden principalmente a especies de los grupos mayoritarios desde el punto de vista taxonómico, los helícidos y los coclicélidos. Los helícidos también son importantes constituyentes de las asociaciones de gasterópodos terrestres de otras islas oceánicas como Madeira (Cameron y Cook, 2001).l

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto de investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación CGL2009-12949.

REFERENCIAS

Cameron, R.A.D y Cook, L.M. (2001): Madeiran snails: Faunal differentiation on small island. *Journal of Molluscan Studies*, 67: 257-267.

Castillo, C., García, C., Quesada, M., De La Nuez, J., La Roche, F. y Delgado, A. (2009): Nuevas asociaciones de fósiles de gasterópodos terrestres del Pleistoceno y Holoceno de Lanzarote (Islas Canarias). Implicaciones paleocológicas. En: *XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.* Comunicaciones (P. Palmqvist, y J.A. Pérez-Claros coords.). Univ. de Málaga, 151-155.

Castillo, C., Ibáñez, M., Alonso, M.R., Quesada, M.L, De La Nuez, J., Valido, M., Cedrés, J., Torres, T., Ortiz, J.E. y García, C. (2008): Los gasterópodos terrestres del Cuaternario Superior de Gran Canaria (Islas Canarias). *Geo-Temas,* 10: 1253-1256.

Foote, M y Miller, A.I. (2007). Evolutionary rates and trends. In: *Priciples of Paleontology*, W.H. Freemand and Company, New York, 175-210.

Ortiz, J.E., Torres, T., Yanes, Y., Castillo, C., De la Nuez, J., Ibáñez, M. y Alonso, M.R. (2006): Climatic cycles inferred from the aminostratigraphy and aminochronology of Quaternary dunes and palaeosols from the eastern islands of the Canary Archipelago. *Journal of Quaternary Science,* 21(3): 287–306.

Yanes, Y., Tomašovŷch, A., Kowalewski, M., Castillo, C., Aguirre, J., Alonso, M.R. y Ibáñez, M. (2007). Taphonomy and compositional fidelity of Quaternary fóssil assemblages of terrestrial gastropods from carbonate-rich environments of the Canary Islands. *Lethaia,* 41: 235–256.

Los géneros *Crioceratites* y *Pseudothurmannia* (Ancyloceratina, Ammonitida) del Hauteriviense superior (Cretácico inferior) de la Cordillera Bética

The genera Crioceratites *and* Pseudothurmannia *(Ancyloceratina, Ammonitida) from the Upper Hauterivian (Lower Cretaceous) of the Betic Cordillera*

M. Company, J. Sandoval y J. M. Tavera

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. 18002 Granada. mcompany@ugr.es; sandoval@ugr.es; jtavera@ugr.es.

Resumen: Se lleva a cabo una revisión de las especies de *Crioceratites* y *Pseudothurmannia* presentes en el Hauteriviense terminal de la Cordillera Bética (Zonas de *Cr. balearis* y *Ps. ohmi*). En la Zona de *Cr. balearis* se suceden las especies *Cr. balearis*, *Cr. binelli*, *Cr. krenkeli* y *Cr. angulicostatus*, que constituyen un linaje con tendencia a un progresivo reforzamiento de la ornamentación. En la Zona de *Ps. ohmi*, las sucesivas especies de *Pseudothurmannia* (*Ps. ohmi*, *Ps. mortilleti*, *Ps. pseudomalbosi* y *Ps. picteti*) muestran, en general, un enrollamiento cada vez más involuto y una mayor persistencia de la tuberculación ventrolateral.

Palabras clave: Ammonites, Crioceratitinae, Hauteriviense, Revisión sistemática.

Abstract: *The uppermost Hauterivian (*Cr. balearis *and* Ps. ohmi *Zones) stratigraphy in the Mediterranean Tethys is largely based on species of the genera* Crioceratites *and* Pseudothurmannia*. Many of these species, however, were defined in classic papers and some confusion still persists about their interpretation and stratigraphic distribution. In order to solve these problems, we have carried out a revision of this group, based on a rich, systematically collected material from the Betic Cordillera. Four subzones, defined by the consecutive appearances of four different species of the same lineage, can be recognized within the* Cr. balearis *Zone. These species are* Cr. balearis, Cr. binelli, Cr. krenkeli, *and* Cr. angulicostatus*, which correspond to four steps in an evolutionary trend towards a stronger ornamentation. In the* Ps. ohmi *Zone, the successive* Pseudothurmannia *species (*Ps. ohmi, Ps. mortilleti, Ps. pseudomalbosi, *and* Ps. picteti*) show a general trend towards a more involute coiling and a more persistent ventrolateral tuberculation. This revision has enabled us to assess the range of morphologic variability of the species and, as a consequence, to put in synonymy many nominal taxa which had previously been described.*

Key words: *Ammonites, Crioceratitinae, Hautervivian, Systematic revision.*

INTRODUCCIÓN

Los materiales pelágicos de edad Hauteriviense terminal de la provincia mediterránea están caracterizados por la presencia, a veces abundante, de ammonites pertenecientes a diversas especies de los géneros *Crioceratites* y *Pseudothurmannia*. La mayor parte de estas especies fueron descritas originalmente en trabajos clásicos (d'Orbigny, 1840-42; Astier, 1851; Pictet y de Loriol, 1858; Pictet, 1863; Nolan, 1894; Sarasin y Schöndelmayer, 1901-02, etc.) en los que las indicaciones sobre su posición estratigráfica son, lógicamente, muy imprecisas. Por otra parte, muchas de las figuras que acompañaban a las descripciones eran deficientes o estaban muy idealizadas, lo que introdujo una considerable confusión en la identificación de las diferentes especies por los autores posteriores. Sarkar (1955), con su monografía basada fundamentalmente en especímenes de colecciones antiguas, complicó aún más la sistemática del grupo al crear numerosas especies nominales nuevas a partir de pequeñas diferencias morfológicas. Las revisiones posteriores de Wiedmann (1962) e Immel (1978) no contribuyeron sustancialmente a solventar estos problemas.

Durante los últimos treinta años, se han publicado numerosos trabajos sobre las asociaciones y la bioestratigrafía de ammonoideos del Hauteriviense terminal en diversas áreas del ámbito mediterráneo. En estos trabajos juegan un papel principal los géneros antes mencionados, ya que en ellos se basan, mayoritariamente, los diferentes esquemas zonales propuestos para ese intervalo estratigráfico, incluida la zonación estándar vigente (Reboulet et al., 2009). Sin embargo, resulta difícil comparar los resultados de esos trabajos debido a la persistente confusión sobre la interpretación y la distribución estratigráfica de las especies de *Crioceratites* y *Pseudothurmannia.*

Se puede concluir que este grupo de ammonites necesita una profunda revisión que contribuya a esclarecer sus problemas taxonómicos y estratigráficos. El abundante material, recogido sistemáticamente y relativamente bien preservado, procedente de la

Cordillera Bética ofrece condiciones óptimas para ese estudio.

MATERIAL ESTUDIADO

La presente revisión está basada en el análisis de más de 3000 ejemplares recolectados en muestreos nivel a nivel llevados a cabo en 15 secciones situadas en diferentes dominios paleogeográficos de la Cordillera Bética (Fig. 1). Las sucesiones litológicas en todas esas secciones están compuestas por alternancias rítmicas de margas y margocalizas pelágicas y hemipelágicas que, localmente pueden incluir algunos niveles turbidíticos. La sedimentación parece continua a lo largo de todo el Hauteriviense terminal en las secciones más distales (Dominio Subbético), mientras que se detectan algunos hiatos en las áreas más proximales (Dominio Prebético).

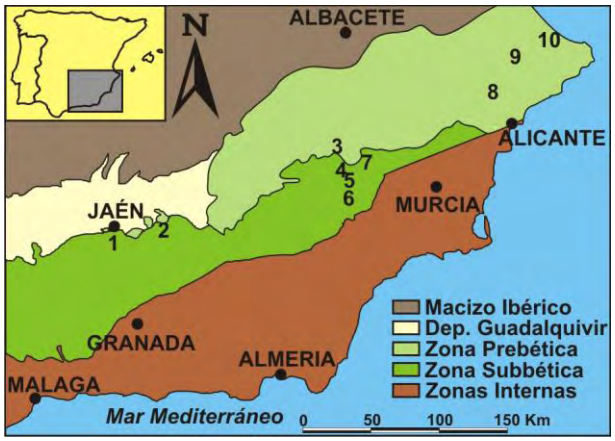


FIGURA 1. *Localización geográfica de las secciones estudiadas: 1) XG y XG1 (Bco. de la Aguzadera, La Guardia de Jaén), 2) XEC (Ermita de Cuadros, Bedmar), 3) XM (Sierra de la Muela, Moratalla), 4) XAg1, XAg4 y XAg5 (Río Argos, Caravaca), 5) XKv3 (Bco. de Cavila, Caravaca), 6) XTj1 y XTj2 (Cerro del Tornajo, Lorca), 7) XV1 (Arroyo Gilico, Cehegín), 8) XA1 y XA2 (L'Almadrava, Petrer), 9) XQ (La Querola, Cocentaina), 10) XO (L'Almuixic, Oliva).*

La inmensa mayoría de los ejemplares estudiados están preservados como moldes internos. El grado de fracturación y deformación varía según las localidades y el horizonte estratigráfico. Pero, en general, su estado de conservación es aceptable y permite la identificación a nivel específico.

MARCO BIOESTRATIGRÁFICO

Las especies de ammonoideos analizadas se distribuyen a lo largo de la parte terminal del Hauteriviense, que corresponde a las Zonas de *Crioceratites balearis* y *Pseudothurmannia ohmi*. De acuerdo con el esquema propuesto por Company et al. (2003), cada una de esas dos zonas se puede dividir a su vez en varias subzonas caracterizadas por las apariciones sucesivas de especies pertenecientes a los géneros *Crioceratites* y *Pseudothurmannia* (Fig. 2). Así, dentro de la Zona de *Cr. balearis*, se pueden reconocer, da abajo arriba, las Subzonas de *Cr. balearis*, *Cr. binelli*, *Cr. krenkeli* y *Cr. angulicostatus*, mientras que en la Zona de *Ps. ohmi* se suceden las Subzonas de *Ps. ohmi*, *Ps. mortilleti* y *Ps. picteti*.

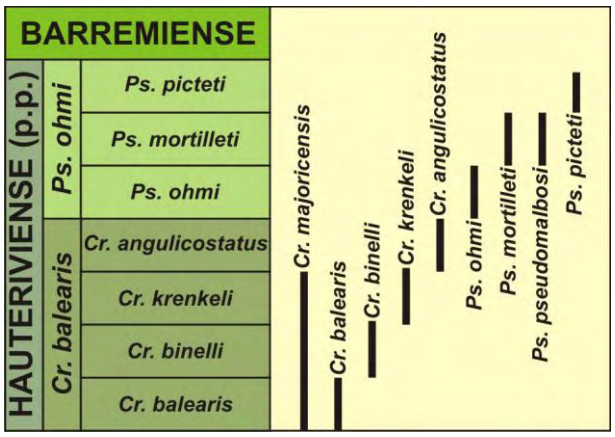


FIGURA 2. *Distribución estratigráfica de las especies analizadas.*

RESULTADOS

El gran número de ejemplares analizados en este estudio ha permitido que se puedan evaluar aspectos como la variabilidad intraespecífica y la expresión del dimorfismo que, por lo general, no han sido tenidos en cuenta en los trabajos anteriores sobre este grupo de especies. En la mayor parte de las especies reconocidas, la variabilidad intraespecífica es muy amplia, sobre todo en cuanto al vigor de la ornamentación en estadios medios y adultos. Por otra parte, en todos los casos se ha reconocido un dimorfismo, probablemente de origen sexual, que se expresa en una gran diferencia de tamaño máximo entre las macroconchas, que llegan a medir más de 30 cm de diámetro, y las microconchas, que no sobrepasan los 10 cm. El reconocimiento de esa variabilidad morfológica nos ha llevado a reconsiderar la validez de muchos de los taxones nominales previamente descritos y a su integración como sinónimos más recientes de otros, simplificando así notablemente la sistemática del grupo.

El género *Crioceratites* Léveillé es un taxón de larga duración que aparece en el Valanginiense superior y cuyos últimos representantes son, precisamente, las especies analizadas en este trabajo y que se desarrollan a lo largo de la Zona de *Cr. balearis.* Estas especies son: *Cr. balearis* (Nolan), *Cr. binelli* (Astier), *Cr. krenkeli* (Sarkar), *Cr. angulicostatus* (d'Orbigny) y *Cr. majoricensis* (Nolan). Estas especies se caracterizan por tener un enrollamiento con vueltas tangentes a moderadamente separadas, un estadio trituberculado en vueltas internas y un estadio adulto en el que alternan costillas principales más marcadas y costillas intercaladas más finas. Los géneros *Balearites* Sarkar, *Binelliceras* Sarkar y, probablemente, *Spathicrioceras* Sarkar se consideran sinónimos de *Crioceratites*.

La primera especie del grupo en aparecer es *Cr. balearis* (Nolan), que presenta un estadio intermedio persistente con costillas simples, finas, sinuosas y uniformes (que denominamos estadio *balearis*), entre el estadio trituberculado y el estadio adulto con costillas diferenciadas. *Crioceras krishnae* Sarkar sería una mera variedad de esta especie.

Cr. balearis es sustituida en el tiempo por *C. binelli* (Astier), caracterizada por la aparición de tubérculos umbilicales y costillas fasciculadas en el estadio intermedio. En esta especie podrían incluirse *Crioceras rogeri* Sarkar, *Cr. nowaki* Sarkar, *Balearites labroussae* Sarkar, *B. nolani* Sarkar, *B. paramhansi* Sarkar, *B. shankariae* Sarkar, *Cr. balearis ibizensis* Wiedmann y *Cr. motclusensis* Wiedmann.

El siguiente miembro de grupo es *Cr. krenkeli* (Sarkar), especie en la que el estadio con costillas diferenciadas se instala en vueltas intermedias a expensas de la ornamentación con costillas fasciculadas presentes en la especie anterior. *Crioceras schindewolfi* Sarkar y *Crioceratites fabreae* Thomel caerían dentro del campo de variabilidad de esta especie.

Cr. angulicostatus (d'Orbigny), que aparece en la parte más alta de la Zona de *Cr. balearis*, se diferencia de su antecesora, *Cr. krenkeli*, por una ligera disminución de tamaño y un reforzamiento de la ornamentación, sobre todo del vigor relativo de las costillas intercaladas con respecto a las principales en los estadios intermedio y adulto. *Crioceras lardyi* Ooster y *Cr. seitzi* Sarkar son probables sinónimos de *Cr. angulicostatus*.

Además de estas especies, en la Zona de *Cr. balearis* está presente también *Cr. majoricensis*, una forma en la que el estadio trituberculado persiste hasta las vueltas intermedias y es inmediatamente seguido por el estadio con costillas diferenciadas. A esta especie se pueden asimilar *Crioceras andersoni* Sarkar, *Cr. basseae* Sarkar, *Cr. sornayi* Sarkar, *Crioceratites kraptshenensis* Dimitrova y *Cr. irregularis* Dimitrova.

El género *Crioceratites* es substituido por *Pseudothurmannia* en la base de la Zona de *Ps. ohmi*. Este género, morfológicamente similar al anterior, se caracteriza por presentar ya un ligero recubrimiento de las sucesivas vueltas de espira y por carecer del estadio trituberculado juvenil. De acuerdo con nuestra interpretación, *Parathurmannia* Busnardo y *Prieuriceras* Vermeulen, serían sinónimos más recientes de *Pseudothurmannia* Spath.

La primera de las especies de *Pseudothurmannia* es *Ps. ohmi* (Winkler), que presenta mínimo recubrimiento de las vueltas de espira, y una ornamentación con costillas finas y densas (de tipo *balearis*) en los estadios juveniles y costillas discretamente diferenciadas en vueltas intermedias y adultas. *Hoplites renevieri* Sarasin y Schöndelmayer, *Pseudothurmannia biassalensis* Dimitrova y *Balearites lorioli* Dimitrova pueden ser asimiladas a esta especie.

El género *Pseudothurmannia* está representado en la Subzona de *Ps. mortilleti* por dos especies. Una de ellas es *Ps. mortilleti* (Pictet y de Loriol), que muestra un enrollamiento más involuto y una diferenciación de costillas menos marcada que *Ps. ohmi*. Es una especie con un amplio espectro de variabilidad en el que pueden incluirse *Hoplites catulloi* Parona y *Pseudothurmannia isocostata* Kakabadze

La otra especie de *Pseudothurmannia* presente en la Subzona de *Ps. mortilleti* es *Ps. pseudomalbosi* (Sarasin y Schöndelmayer). Su enrollamiento es tan evoluto como el de *Ps. ohmi*, pero en ella se acentúa la diferenciación de costillas y se prolonga la presencia de tubérculos marginoventrales hasta el comienzo del estadio adulto. *Pseudothurmannia sarasini* Sarkar, *Ps. karakaschi* Mandov y *Ps. belimelensis* Dimitrova son consideradas sinónimas de esta especie.

La última especie del grupo es *Ps. picteti* Sarkar. Se diferencia de las anteriores por tener una mayor involución en el enrollamiento y por la persistencia de los tubérculos marginoventrales a lo largo de toda la ontogenia. Dentro de la sinonimia de esta especie incluimos a *Pseudothurmannia simionescui* Sarkar, *Ps. provencalis* Wiedmann, *Ps. lurensis* Busnardo, *Ps. grandis* Busnardo, *Ps. rugosa* Busnardo y *Sornayites spinatus* Busnardo.

CONCLUSIONES

El análisis de las ricas poblaciones de los géneros *Crioceratites* y *Pseudothurmannia* presentes en el Hauteriviense terminal de la Cordillera Bética ha permitido establecer los espectros de variabilidad de las sucesivas especies y, en consecuencia, incluir en sinonimia muchos de los taxones nominales creados con anterioridad, simplificando notablemente la sistemática del grupo.

A lo largo de la Zona de *Cr. balearis* se suceden las especies *Cr. balearis*, *Cr. binelli*, *Cr. krenkeli* y *Cr. angulicostatus* en lo que parecen ser cuatro pasos de un mismo linaje evolutivo con una tendencia hacia una ornamentación más vigorosa en estadios intermedios. Junto a los tres primeros coexiste también *Cr. majoricensis*, que probablemente corresponde a morfotipos del mismo linaje con un estadio trituberculado más prolongado.

El género *Crioceratites* es reemplazado por el género *Pseudothurmannia* en la Zona de *Ps. ohmi.* La primera especie de este género es *Ps. ohmi*, que da lugar a *Ps. mortilleti* y *Ps. pseudomalbosi* en la Subzona de *Ps. mortilleti*. *Ps. picteti* sería el último representante de este género en el que se observa una tendencia hacia un enrollamiento cada vez más apretado y una mayor persistencia de los tubérculos marginoventrales.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es una contribución al Proyecto CGL2008-00533 (Ministerio de Ciencia e Innovación) y al Grupo de Investigación RNM 178 (Junta de Andalucía).

REFERENCIAS

Astier, J.E. (1851): Catalogue descriptif des *Ancyloceras* appartenant à l'étage Néocomien d'Escragnolles et des Basses Alpes. *Annales de la Société Nationale d'Agriculture, d'Histoire Naturelle et des Arts Utiles de Lyon*, 3(2): 435-456.

Company, M., Sandoval J. y Tavera, J.M. (2003): Ammonite biostratigraphy of the uppermost Hauterivian in the Betic Cordillera (SE Spain). *Geobios*, 36: 685-694.

Immel, H. (1978): Die Crioceratiten (Ancyloceratina, Ammonoidea) des mediterranen und borealen Hauterive-Barreme (Unterkreide). *Palaeontographica Abt. A*, 163: 1-85.

Nolan, H. (1894): Note sur les *Crioceras* du groupe du *Crioceras Duvali*. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3(22): 183-196.

Orbigny, A. d' (1840-42): *Paléontologie française. Description zoologique et géologique de tous les animaux mollusques et rayonnés fossiles de France. Terrains Crétacés. Vol. 1. Céphalopodes.* D'Orbigny, Paris, 662 p.

Pictet, F.J. (1863): Sur l'enroulement varié de l'*Ammonites angulicostatus* et sur la limite des genres *Ammonites* et *Crioceras*. *Mélanges Paléontologiques*, 1(1): 11-14.

Pictet, F.J. y Loriol, P. de (1858): Description des fossiles contenus dans le terrain Néocomien des Voirons. Description des animaux invertébrés. *Matériaux pour la Paléontologie Suisse*, 2 (2): 1-64.

Reboulet, S., Klein, J., Barragán, R., Company, M., González-Arreola, C., Lukeneder, A., Raisossadat, S.N., Sandoval, J., Szives, O., Tavera, J.M., Vašíček, Z. y Vermeulen, J. (2009): Report on the 3rd International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the "Kilian Group" (Vienna, Austria, 15th April 2008). *Cretaceous Research*, 30: 496-502.

Sarasin, C. y Schöndelmayer, C. (1901-02): Étude monographique des ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis. *Mémoires de la Société Paléontologique Suisse*, 28-29: 1-195.

Wiedmann, J. (1962): Unterkreide-Ammoniten von Mallorca. 1. Lieferung: Lytoceratina, Aptychi. *Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Abhandlungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse, Jahrgang 1962*, 1: 1-148.

Ocorrência da flora *Desmopteris* na Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior, NW de Portugal)

Occurrence of Desmopteris genus in the Douro Carboniferous Basin (lower Gzhelian, NW of Portugal)

P. Correia[1], J. P. Loureiro[2] e A. Pinto de Jesus[3]

1 Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Centro de Geologia do Porto. Universidade do Porto. Portugal. pedro.correia@fc.up.pt
2 Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. Universidade do Porto. Portugal. loureiro.joaopaulo@gmail.com
3 Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Centro de Geologia do Porto. Universidade do Porto. Portugal. adelmar@fc.up.pt

Resumo: Assinalam-se pela primeira vez a ocorrência da flora fóssil *Desmopteris* (*Desmopteris* sp. nov. ?) nos terrenos do Carbonífero continental de Portugal, encontrada na região de São Pedro da Cova (Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior)). Este género foi encontrado conjuntamente com a flora *Taeniopteris* no mesmo reconhecimento paleontológico.

Palavras-chave: *Desmopteris*, Carbonífero, Bacia Carbonífera do Douro.

Abstract: *The Desmopteris flora is first reported in the Portuguese Carboniferous terranes, found in the São Pedro da Cova region, Douro Carboniferous Basin (lower Gzhelian). This flora was found with Taeniopteris flora in the same paleontological site.*

Key words: *Desmopteris, Carboniferous, Douro Carboniferous Basin.*

INTRODUÇÃO

Os últimos estudos de Wenceslau de Lima sobre a possibilidade da existência do género *Desmopteris* (Stur) no Carbonífero continental de Portugal foram revistos pelos trabalhos de Carlos Teixeira. No presente trabalho, pretende-se ilustrar a flora *Desmopteris*, encontrada, recentemente, na região de São Pedro da Cova (Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior)), assinalada pela primeira vez nos terrenos do Carbonífero português.

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DA BCD

Vide Correia et al. "Novos espécimens de licófitas na Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior, NW de Portugal)" (Resumos deste congresso).

OCORRÊNCIA DO GÉNERO *DESMOPTERIS* NA BCD

A flora *Desmopteris* (Stur) foi referida pela primeira em estudos sobre o Carbonífero português pelos trabalhos de Wenceslau de Lima, os quais fazem referência à primeira ocorrência desta flora nas formações do Carbonífero continental português, encontrada por este autor na Bacia Carbonífera do Buçaco (Teixeira, 1942a). Esta flora descrita por W. Lima, foi posteriormente revista pelos trabalhos de Teixeira (1942a). Segundo este autor, esta flora encontra-se apenas num único fragmento que mede 4,5 cm de comprimento e 2,5 cm de largura, com uma nervação cerrada, na qual as nervuras secundárias se dividem a partir da nervura média (principal) em dois ramos, que por sua vez voltam a dividir-se (2ª ordem de bifurcação), tratando-se, sim, de uma extremidade de uma pínula de *Taeniopteris jejunta* (Grand'Eury).

No âmbito de um novo reconhecimento paleontológico, a flora *Desmopteris* (Stur) foi, efectivamente, encontrada conjuntamente com a flora *Taeniopteris* (Brongniart), descoberta nos terrenos do Carbonífero continental da região de São Pedro da Cova. Deste modo, esta flora é assinalada pela primeira vez nos terrenos do Carbonífero continental de Portugal, agora ilustrada no presente trabalho.

Descrição e classificação taxonómica da flora:

Ordem - Pteridophylla (Boureau, 1975)
Familia - Pecopterideae (Brongniart, 1822)**?**
(série paralela à Gigantopteridaceae) *in* Boureau (1975)
Género - *Desmopteris* (Stur, 1883) *in* Boureau (1975)

As pínulas do género *Desmopteris* (Stur) são caracterizadas por serem alongadas e unicoalescentes; os seus bordos (nervuras marginais) são relativamente paralelos e rectilíneos. A nervação (principal e secundária) é muito semelhante à dos géneros *Pecopteris* (Brongniart) e *Validopteris* (Bertrand), e a sua base de fixação é da forma pecopterídea, no entanto, a sua posição sistemática é ainda incerta (Boureau, 1975).

Espécie - *Desmopteris* sp. nov. (?) (Figuras 2 e 3)

Colhido juntamente com a flora *Taeniopteris* (Brongniart) no mesmo reconhecimento paleontológico, o espécimen ilustrado nas figuras 2 e 3 é uma pínula praticamente completa de 4,5 cm de comprimento e 0,7 cm de largura máxima. É uma folha fortemente lanceolada, comprida e estreita. A nervura média é nítida mas fina, prolongando-se até à extremidade da pínula (âpice). As nervuras secundárias são fortes, muito pouco numerosas e muito espaçadas. As mesmas nascem a partir da nervura média sob ângulos muito agudos, bifurcando-se depois em dois ramos. Estes últimos, por sua vez, tocam obliquamente no bordo do pínula, sendo um deles mais oblíquo que o outro. Estes caracteres morfológicos e anatómicos correspondem ao padrão do género *Desmopteris* (Stur). Relativamente à espécie, este exemplar é morfologicamente e anatomicamente muito semelhante com as espécies *Desmopteris robustus* (Doubinger) e *Desmopteris longifolia* (Presl), as duas mais próximas, no entanto, estas duas apresentam cerca de 12 e 20 nervuras secundárias por cada 1cm de bordo (nervura marginal), respectivamente (Figura 1), ao contrário deste espécimen (Figuras 2 e 3) que apresenta entre 5 a 6 nervuras secundárias por cada 1cm de bordo. Portanto, baseando no diferente número de nervuras secundárias que difere das espécies referidas, julgamos que este espécimen pode corresponder a uma nova espécie de *Desmopteris*.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Chris Cleal do Museu da História Natural de Gales (Reino Unido) e ao Dr. Zbynek Simünek dos Serviços Geológicos de Praga (República Checa) pela troca de opiniões de cariz científico.

BIBLIOGRAFIA

Boureau, Ed. (1975): *Traité de Paléobotanique*, Paris. Vol. IV (2): 768 pp.

Teixeira, C. (1942a): Elementos para o estudo da flora fóssil do Antuniano do Bussaco. *Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciênc. Porto.* 2ª sér., 27: 32 p.

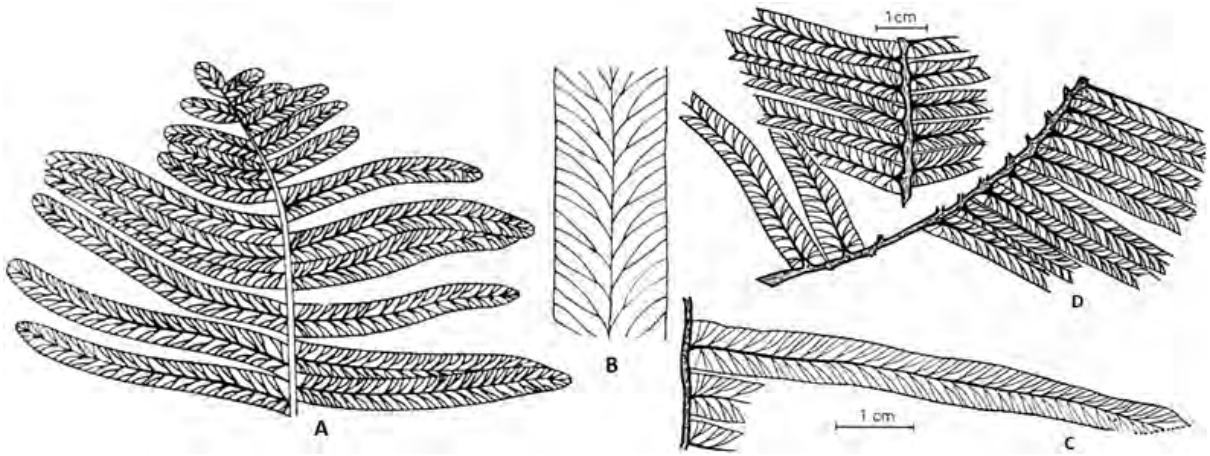


FIGURA 1. *Esquema das espécies Desmopteris longifolia (A e B) e Desmopteris robustus (C e D), (segundo Boureau, 1975).*



FIGURA 2. *Desmopteris sp. nov. (?)*

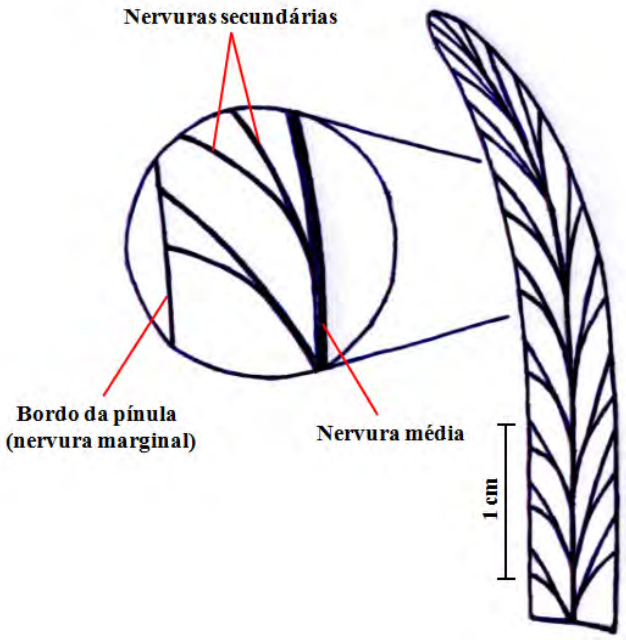


FIGURA 3. *Reconstituição da Desmopteris sp. nov. (?)*

Novos espécimens de licófitas na Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior, NW de Portugal)

New specimens of lycopsids in the Douro Carboniferous Basin (lower Gzhelian, NW of Portugal)

P. Correia[1], J. P. Loureiro[2] e A. Pinto de Jesus[3]

1 Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Centro de Geologia do Porto. Universidade do Porto. Portugal. pedro.correia@fc.up.pt
2 Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. Universidade do Porto. Portugal. loureiro.joaopaulo@gmail.com
3 Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Centro de Geologia do Porto. Universidade do Porto. Portugal. adelmar@fc.up.pt

Resumo: Assinalam-se novos espécimens de licófitas na Bacia Carbonífera do Douro (Gzheliano inferior), recentemente encontrados na região de São Pedro da Cova (Gondomar).

Palavras-chave: Licófitas, Carbonífero, Bacia Carbonífera do Douro.

Abstract: *Recently new specimens of lycopsids were found in the São Pedro da Cova region (Gondomar), Douro Carboniferous Basin (lower Gzhelian).*

Key words:*. Lycopsids, Carboniferous, Douro Carboniferous Basin.*

INTRODUÇÃO

Os novos espécimens de licófitas, recentemente encontrados na região de São Pedro da Cova (Gondomar), são assinalados pela primeira vez na Bacia Carbonífera do Douro (BCD).

O reconhecimento destes novos espécimens nesta região que complementam o vasto número de trabalhos anteriores de enorme importância científica, visa a revisão da lista de flora da BCD, perspectivando a realização de novos estudos sobre o seu paleoclima e diversidade paleontológica.

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DA BCD

Situando-se no NW de Portugal e inserida no Maciço Ibérico da Cadeia Hercínica do Terreno Autóctone Ibérico, a BCD constitui uma das várias bacias límnicas que se estruturou, em regime de *pull-apart,* ao longo do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão (SCDB) durante o Carbonífero, o qual, geograficamente, se estende desde de São Pedro Fins (Este do Porto) até Janarde (Este de Arouca), (Pinto de Jesus, 2001), (Fig. 1). Por apresentar padrões geológicos e estruturais actuais, a BCD foi dividida em cinco sectores, os quais diferem uns dos outros estruturalmente. A região de São Pedro da Cova é um dos sectores que constituem a BCD, e o qual apresenta uma complexidade geológico-estrutural bastante grande (Lemos de Sousa, 1983).

Os últimos trabalhos sobre a megaflora do Carbonífero da BCD foram reportados por Wagner (1983), Wagner e Lemos de Sousa (1983a), Lemos de Sousa e Oliveira (1983) e por Lemos de Sousa e Wagner (1983a, b; 1985) que atribuíram a idade Gzheliano inferior (Estefaniano C inferior) à BCD.

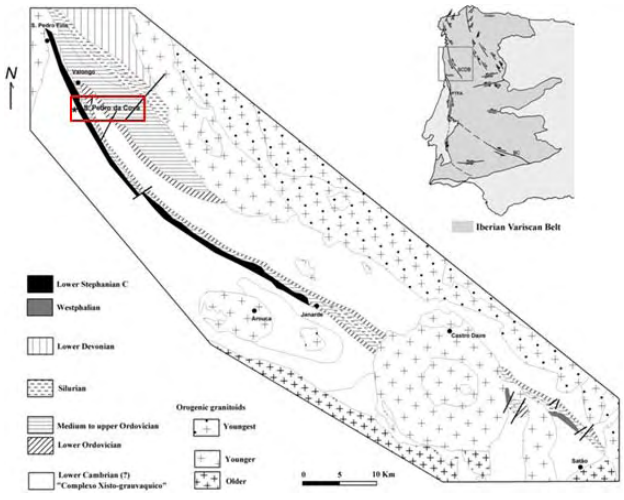


FIGURA 1. *Enquadramento geográfico e geológico do sector de São Pedro da Cova, incorporado na BCD (Gzheliano inferior, NW de Portugal). Modificado de Pinto de Jesus (2001).*

OCORRÊNCIA DE NOVOS ESPÉCIMENS DE LICÓFITAS NA BCD

As licófitas, plantas hoje todas de pequeno porte tais como os géneros *Selaginella* e *Lycopodium*, eram plantas arbóreas, de grande porte, que tiveram um extraordinário desenvolvimento durante o período Carbonífero. Estas plantas primitivas que podiam atingir 25 ou 30 metros de altura, viviam em ambientes pantanosos e húmidos em regiões baixas, e as quais tiveram um papel preponderante na formação de

florestas hulheiras. Existe uma enorme variedade de espécies desta flora, mas o principal elemento de caracterização e classificação está na morfologia dos escudetes foliares que se encontram dispostos em torno dos seus troncos e ramos, entre elas, estão os géneros *Sigillaria* e *Lepidodendron*, duas floras que apresentam escudetes com forma romboedral e hexagonal, respectivamente. Ao contrário do género *Lepidodendron*, os caules de *Sigillaria* eram, em geral, longitudinalmente canelados, mostrando cicatrizes foliares verticiladas. Os caules de *Lepidodendron* e de *Sigillaria* estavam habitualmente fixados no solo por raizes sub-aéreas, dispostas em cruz e ramificadas dicotomicamente, designadas por *Stigmarias*. O seu processo de reprodução é hoje ainda muito discutível, devido a algumas licopodiales estarem providas, nas extremidades dos ramos, com estróbilos cilíndricos, alongados, em forma de pinha. Estas espécies, muitas vezes designadas por lepidospérmicas, tinham orgãos reprodutores (cones) muito semelhantes aos das gimnospérmicas e das pteridospérmicas, tal como nos géneros *Lepidostrobus*, *Sigillariostrobus* e *Lepidostrobophyllum* e das sementes do tipo *Lepidocarpon*. Contudo, a maioria das espécies das licófitas estão agrupadas taxonomicamente na classe das Pteridófitas, devido à maioria das espécies não terem os órgãos reprodutores fossilizados (Teixeira, 1937a; Teixeira & Pais, 1976).

Os primeiros estudos sobre a ocorrência de licófitas no Carbonífero continental português, encontram-se nos trabalhos de Wenceslau de Lima e Bernadino António Gomes. Os trabalhos de B. A. Gomes foram particularmente importantes, uma vez que, fazem referência à ocorrência da espécie *Lepidodendron aculeatum* (Sternberg) nos terrenos do Carbonífero da região de São Pedro da Cova, e reconhecida pela primeira vez nos terrenos do Carbonífero de Portugal (Teixeira, 1937a). Os últimos estudos sobre a presença de licófitas nos terrenos da BCD, aparecem nos trabalhos de Teixeira (1937a, 1956), Fonseca (1954, 1959) e Teixeira e Pais (1976), nos quais, estão referidas as espécies *Sigillaria brardi* (Brongniart) e *Sigillariostrobus serreatus* (Teixeira), entre outros, como as *Sigillarias* caneladas, floras, todas encontradas na região de São Pedro da Cova, e assinaladas pela primeira vez na BCD.

No presente trabalho, pretende-se, no âmbito de um novo reconhecimento paleontológico, ilustrar novos espécimens de licófitas recentemente encontrados na região de São Pedro da Cova. A descoberta destes novos elementos florísticos são assinalados pela primeira na BCD (Estampas 1 e 2):

Sigillaria sp. (*Syringodendron* e Leodermaria)
Lepidostrobophyllum cf. *hastatum* (Lesquereux)
Lepidodendron sp.
Lepidostrobus sp.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os vários espécimens de licófitas encontrados na região de São Pedro da Cova são restos de uma flora de grande porte que formou um **maciço florístico** e que reinou nesta região durante o Carbonífero. Os restos destas plantas (caules, folhas, cones reprodutores, esporos, etc.), acumulados em ambientes palustres, nos quais se desenvolviam, contribuíram fortemente para a formação dos depósitos de carvão, que outrora foram explorados na região de São Pedro da Cova.

Neste artigo, o reconhecimento destes novos espécimens nesta região que complementam o vasto número de trabalhos anteriores de enorme importância científica, visa a revisão da lista de flora da BCD, perspectivando a realização de novos estudos sobre o seu paleoclima e diversidade paleontológica.

BIBLIOGRAFIA

Fonseca, N. C. (1954/59): A propósito dos carvões da zona Oriental do Carbonífera de São Pedro da Cova. Ver. Faculdade de Engenharia do Porto, 24(1): 3-19.

Lemos de Sousa, M. J. and Oliveira, J. T. (1983): The Carboniferous of Portugal. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*. Lisboa, 29: 153-177.

Lemos de Sousa, M. J. and Wagner, R. H. (1983a): General description of the terrestrial Carboniferous basins in Portugal and history of investigations. In: *The Carboniferous of Portugal* (Lemos de Sousa M.Jand Oliveira, J.T. eds.). Memórias dos Serviços geológicos de Portugal, Lisboa, 29: 117-126.

Lemos de Sousa, M. J. and Wagner, R. H. (1983b): Precisões sobre a flora fóssil do Couto Mineiro do Pejão e da mina Paraduça nº1 (Bacia Carbonífera do Douro). In: *Contributions to the Carboniferous Geology and Palaeontology of the Iberian Peninsula* (Lemos de Sousa, M.J. Ed.). Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Mineralogia e Geologia, Porto. p.157-169.

Lemos de Sousa, M.J. and Wagner, R.H. (1985): Annotated Catalogue of the Bernardino António Gomes fossil plant collection in Lisbon. In: *Papers on the Carboniferous of the Iberian Peninsula (Sedimentology, Stratigraphy, Palaeontology, Tectonics and Geochronology).* (Sousa, M. J. L. and Wagner, R. H. eds.), Anais – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Suppl.Vol.64 (1983): 411-434.

Pinto de Jesus, A. (2001): Génese e Evolução da Bacia Carbonífera do Douro (Estefaniano C inferior, NW de Portugal); Um Modelo. 2 Vols; Texto 232 pp.; Atlas 71pp. Universidade do Porto. (Tese de Doutoramento).

Teixeira, C. (1937): Lycopodiales do Antracolítico português. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Universidade de Lisboa*. 2ª série (6): 131-139.

Teixeira, C. (1956): Une nouvelle espèce de Sigillariostrobus du Stéphanien portugais. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Faculdade de Ciências de Lisboa*. 7ª série. 24: 121-124.

Teixeira, C. e Pais, J. (1976): *Introdução à Paleobotânica*, 210pp. Lisboa.

Wagner, R. H. (1983): The palaeogeographical and age relationships of the Portuguese Carboniferous floras with those of other parts of the Western Iberian Peninsula. In: *The Carboniferous of Portugal.* (Lemos de Sousa, M. J. And Oliveira, J. T. Eds.). Memórias dos Serviços geológicos de Portugal. Lisboa, 29: 153-177.

Estampa 1

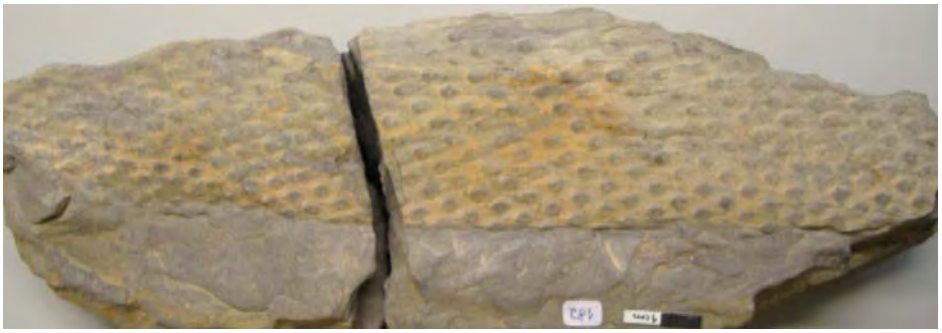


FIGURA 1. *Lepidodendron sp.*



FIGURA 2. *Lepidodendron sp.*

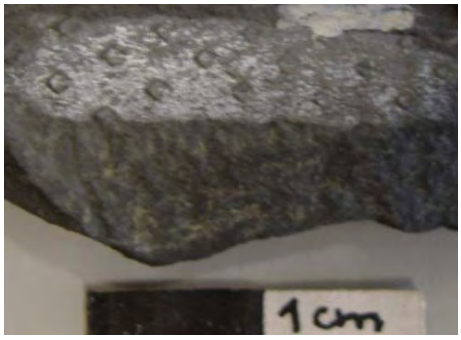


Figura. 3. *Sigillaria sp. (Leodermaria).*

Estampa 2

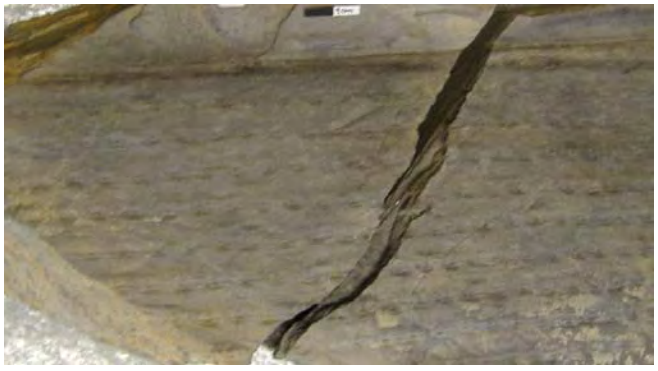


FIGURA 1. *Sigillaria sp.* (*Syringodendron*).



FIGURA 2. *Sigillaria* sp. (*Syringodendron*).



FIGURA 3. *Lepidostrobus* sp.



FIGURA 4. *Lepidostrobophyllum cf. Hastatum*.

Nuevo yacimiento de vertebrados del Cuaternario del Sur del Ebro en Aguilón, Zaragoza, España

New Quaternary fauna of the South of the Ebro River in Aguilón, Zaragoza, Spain

G. Cuenca-Bescós[1], I. Martínez[2], C. Mazo[3], V. Sauqué[1], D. Ramón-del Río[1], R. Rabal-Garcés[1] y J. I. Canudo[1]

1 Grupo Aragosaurus-IUCA. Paleontología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. Spain.. cuencag@unizar.es, vsauque@unizar.es, dianapaleontologa@gmail, rrabal@unizar.es, jicanudo@unizar.es

2 Paleontología Departamento de Geología, Universidad Alcalá de Henares, 28801 Alcalá de Henares. Centro de investigación (UCM-ISCIII) sobre Evolución y Comportamiento Humanos, c/Sinesio Delgado 4, Pab 14, 28029 Madrid. Spain. imartinezm@isciii.es

3 Área de Prehistoria, Departamento de Ciencias de la Antigüedad Facultad de Filosofía y letras Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. Spain. cmazo@unizar.es

Resumen: Se ha descubierto un nuevo yacimiento de vertebrados fósiles del Pleistoceno Superior en el complejo cárstico del Cerro del Pezón, en Aguilón, Zaragoza. Durante las campañas de prospección y limpieza superficial de una de las cavidades, la P-7, se extrajo el material de vertebrados que ha proporcionado una fauna de pequeños y grandes mamíferos que evidencian una diversidad y unas condiciones ecológicas distintas a las actuales. Se detectan faunas frías como *Chionomys* y faunas de afinidad mediterránea como *Iberomys y Crocidura*.

Palabras clave: Pleistoceno Superior, Aguilón, mamíferos. *Iberomys brecciensis*, *Chionomys nivalis.*

Abstract: *A new vertebrate locality of Upper Pleistocene age have been discovered in the south of the Ebro River. The site forms part of the karstic complex of Cerro del Pezón, near Aguilón, Zaragoza, Spain. It has a probable age, between 40.000 and 30.000 y B.P. During this period an important replacement takes place between the species* Homo neanderthalensis *and* Homo sapiens*. While important localities document this exchange in the north, as El Castillo, the interior Peninsular is poorer. Therefore, the localities of Aguilón are of outmost importance in this context. During the field campaigns in the cave P-7, an interesting fossil fauna have been recovered. The small and large mammals show diversity and ecological conditions that differ from today. There are cold taxa as Chionomys, and Mediterranean taxa as Iberomys and Crocidura.*

Key words: *Upper Pleistocene, Aguilón, mammals, Iberomys brecciensis, Chionomys nivalis.*

INTRODUCCIÓN

Uno de los episodios más interesantes del Cuaternario de la Península Ibérica lo constituye la llegada de nuestra propia especie (*Homo sapiens*) y la desaparición de los neandertales (*Homo neanderthalensis*). Mientras que en el resto de Europa, el proceso de sustitución de los neandertales por los humanos modernos parece haber sido muy rápido, fulminante en términos geológicos, no parece que éste haya sido el caso en la Península Ibérica. Las primeras evidencias de cromañones en la península proceden de la cornisa cantábrica como las del yacimiento de El Castillo (Cabrera et al., 2005) y otros yacimientos de Cataluña, que se datan en torno a los 40.000 años de antigüedad. Por su parte, los últimos neandertales aparecen en yacimientos del levante y el sur de España y Portugal, con antigüedades algo inferiores a los 30.000 años (Finlayson et al., 2006). De manera que ambas humanidades co-existieron en la Península Ibérica durante unos 10.000 años, ofreciéndonos la oportunidad de caracterizar y comprender los aspectos fundamentales del mencionado proceso de sustitución. En esta línea es de gran importancia el establecimiento, con la mayor precisión posible de los correspondientes marcos cronológico, geográfico y ecológico en los que el proceso tuvo lugar. Solo desde ese conocimiento podrán postularse y contrastarse hipótesis referidas al cómo, cuándo, dónde y por qué de la sustitución de los neandertales por los cromañones.

Como ya se ha comentado, los datos actuales muestran un panorama con los cromañones al norte del Ebro desde hace 40.000 años y los neandertales al sur del Ebro hasta hace unos 30.000 años. Por otra parte, la mayoría de los yacimientos de la época de la co-existencia se sitúan en las fachadas cantábrica y mediterránea, siendo mucho menos numerosos los situados tierra adentro. Por todo ello, reviste un interés muy especial el estudio de aquellos yacimientos del interior peninsular situados al sur del Ebro y con una cronología situada entre hace 40.000 y 30.000 años.

Los yacimientos cuaternarios de la comarca del Campo de Cariñena, en la zona de Fuendetodos-Villanueva de Huerva-Aguilón, son desconocidos. Sin embargo, nos comunicaron la existencia de pequeñas cavidades rellenas de sedimentos con restos de

mamíferos fósiles (Samuel Zamora com. pers., 2005) en la zona de Aguilón. Por esta razón en el año 2005, iniciamos un proyecto de estudio de las cavidades del Cerro del Pezón situado en el término municipal de Aguilón (Fig. 1). Las cuevas que se abren en el Cerro Pezón de la Sierra de Herrera, especialmente las denominadas P-7 y P-5, contienen depósitos fosilíferos cuyos estudios preliminares sitúan entre hace 40.000 y 30.000 años. El estudio del registro faunístico de estos depósitos nos ofrecerá información paleoecológica, que puede servir de marco a posibles hallazgos arqueológicos.

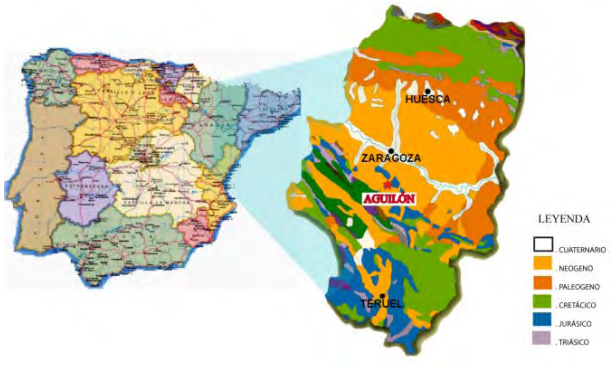


FIGURA 1. *Situación geográfica y geológica de Aguilón.*.

En resumen los yacimientos de las cuevas del Cerro del Pezón ofrecen una espléndida oportunidad de obtener información sobre la fauna, la flora, el clima y las actividades humanas en una región y un momento de extraordinario interés de la Prehistoria europea. En consecuencia, el objetivo de esta comunicación es presentar los resultados preliminares del estudio de los mamíferos fósiles de la cavidad P-7 obtenidos durante las prospecciones y tareas de limpieza, durante las campañas de 2005 y de 2009.

ANTECEDENTES

Los abrigos y cuevas de Aguilón son conocidas únicamente en el ámbito de la espeleología, reflejado en el informe del Boletín del Centro de Espeleología de Aragón (Pastor López y Gisbert León, 2003) y en el libro de las Cuevas y Cavidades de la Provincia de Zaragoza (Gisbert y Pastor, 2009). En sendos trabajos se describen 7 cavidades en la zona denominada Monte Pezón-Aguilón, la mayoría de escaso desarrollo. Tras la prospección inicial se han encontrado restos óseos en superficie en casi todas.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La Cueva de Aguilón P-7 se encuentra en el sistema cárstico del Pezón, en el municipio de Aguilón, en la Comarca del Campo de Cariñena. Como el resto de las cavidades del Pezón, se abre en el contacto entre las calizas tableadas de la Fm. Loriguilla (Kimmeridgiense) y las calizas masivas con oncolitos de la Fm. Higueruelas (Titónico), en el límite Jurásico Medio-Superior (Cortés Gracia y Casas Sainz, 1996, Ipas et al., 2004). La potencia de los rellenos cuaternarios es variable, siendo más potente en la entrada (sectores Hiedra, Entrada, Pendiente de la Fig.2) aunque en la Galería (sectores Galería Norte y Galería Sur) no se puede estimar todavía la profundidad del relleno.

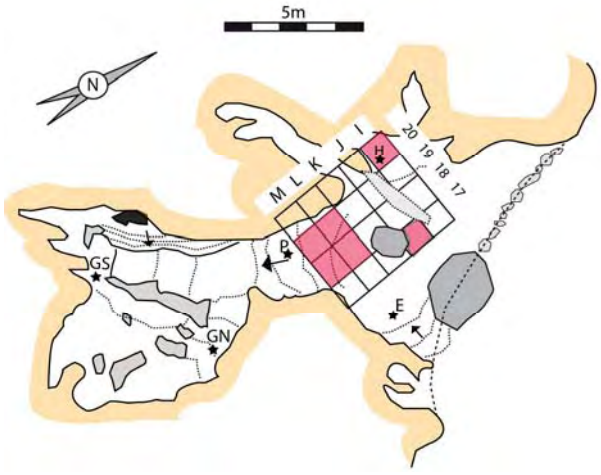


FIGURA 2. *Planta de la cavidad P7 modificada de Gisbert y Pastor 2009 y los sectores con la cuadrícula de excavación.GS: Galería Sur, GN: Galería Norte, E: Entrada, P:Pendiente, H hiedra. Los cuadros rosas marcan las zonas de limpieza en superficie..*

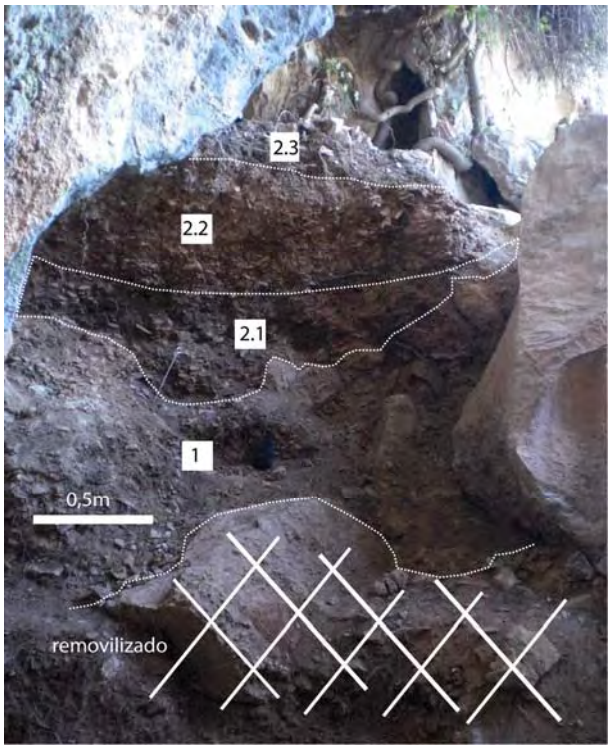


FIGURA 3. *Esquema estratigráfico del relleno de la cavidad P-7 en el sector pendiente.*

De momento se ha hecho un corte estratigráfico en la zona de la pendiente (Fig. 2), descubierta en su práctica totalidad durante las labores de limpieza de la campaña de 2009 (Fig. 3). De base a techo se observa un primer tramo de aproximadamente un metro de arcillas de color rojizo pardo con pequeños fragmentos centimétricos y grandes bloques decimétricos de caliza, angulosos y heterométricos. Un gran bloque cierra por el Este la sección, lo que ha permitido que la parte superior no se haya vaciado con la erosión. En el

segundo tramo se distinguen 3 niveles, el inferior (2.1), de unos 50cm de espesor, es color pardo-rojizo con algunos cantos de caliza decimétricos. El intermedio (2.2), de unos 15 cm de potencia, es más rojizo, los cantos son homométricos y la matriz arcillosa es más rojiza. El superior (2.3), 20cm, es de matriz de nuevo de color pardo-rojizo, probablemente contaminado por el suelo desarrollado en la parte superior, en donde había también inicialmente una gran cantidad de materia orgánica en descomposición. En este segundo tramo los clastos tienen una orientación subparalela al plano de estratificación y un ligero buzamiento hacia el Sur.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la prospección y limpieza de superficie se descubrió un importante paquete de materiales revueltos que fueron cribados en su totalidad para recuperar los posibles restos fósiles.

Durante la limpieza de los cuadros I20 y J17 se obtuvieron, a techo del estrato un astrágalo de cérvido, *Cervus sp* y un molar de *Ursus arctos* (Fig. 4) además de varios fragmentos de huesos indeterminados. Al fondo de la P-7, en la Galería Sur (GS) se hizo un pequeño sondeo para conocer la riqueza del sedimento de la zona más profunda de la P-7.

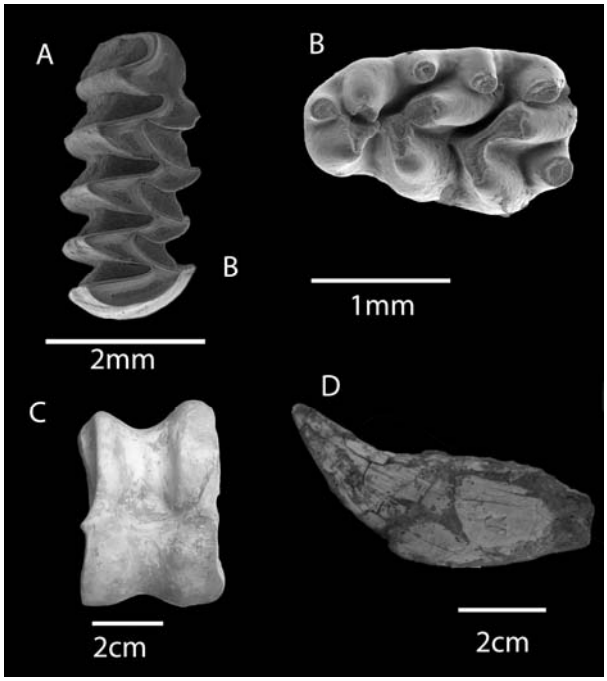


FIGURA 4. *A: primer molar inferior de* Iberomys brecciensis, *B: primer molar inferior de* Apodemus *sp., C: astrágalo de C*ervus sp., *D: canino inferior de* Ursus arctos.

RESULTADOS

El estudio paleontológico de los distintos niveles de la cavidad P-7 ha proporcionado la siguiente lista faunística:

Squamata indet., Aves indet., Chiroptera indet., *Crocidura* sp., *Ursus arctos,* Bovinae indet., Caprinae indet., *Capreolus capreolus,Cervus sp, Equus* sp.*,* Lagomorpha indet*., Apodemus* sp., *Microtus* sp.,*Terrícola* sp., *Iberomys brecciensis*, *Chionomys nivalis,*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los yacimientos Cuaternarios del Cerro del Pezón se estudian por primera vez, en el marco del proyecto de estudio del Cuaternario del sur del Ebro. Este estudio preliminar nos ha proporcionado una fauna de pequeños y grandes mamíferos que evidencian una diversidad y unas condiciones ecológicas distintas a las actuales. Se detectan faunas frías como *Chionomys* que apuntan condiciones glaciares. Por otra parte la presencia de faunas de afinidad mediterránea como *Iberomys y Crocidura* indican que durante el relleno de la cavidad P-7 se produjeron fluctuaciones climáticas importantes.

AGRADECIMIENTOS

La ayuda de los espeleólogos Mario Gisbert y otros miembros del CEA es inestimable, los proyectos MICINN CGL2006-13532-C03-02, CGL2009-12703-C03-03, y el Gobierno de Aragón 222/2005, 089/2009 han financiado parcialmente esta investigación. V. Sauqué disfruta de una beca predoctoral de la DGA (B019/09).

REFERENCIAS

Cabrera, V., Bernaldo de Quiros, F., Maíllo, J.M., Pike-Tay, A. y Garralda, M.D. (2005): *Museo de Altamira. MONOGRAFÍAS*, 20: 505-526.

Cortés Gracia, A.L. y Casas Sainz, A.M. (1996): La transición de pliegues de despegue a pliegues de propagación: el ejemplo del anticlinal de Aguilón (Cordillera Ibérica). *Geogaceta*, 19:7-10.

Finlayson, C., Giles Pacheco, F., Rodríguez-Vidal, J., Fa, D.A., Gutiérrez López, J.M., Santiago Pérez, A, Finlayson, G., Allué, E, Baena Preysler, J., Cáceres, I., Carrión, J.S., Fernández Jalvo, Y., Gleed-Owen, Ch. G., Jiménez Espejo, F.J., López, P., López Sáez, J.A., Riquelme Cantal, J.A., Sánchez Marco, A., Giles Guzmán, F., Brown, K., Fuentes, N., Valarino, C.A., Villalpando, A., Stringer, Ch.B., Martínez Ruiz, F., y Sakamoto, T. (2006): Late survival of Neanderthals at the southernmost extreme of Europe. *Nature* 443: 850-853.

Gisbert, M. y Pastor, M. (2009): Cuevas y Simas de la provincia de Zaragoza. CEA, Zaragoza. 479 p.

Ipas, J., Aurell, M. y Bádenas, B. (2004): Ambientes sedimentarios y secuencias en la Fm. Higuerulas (Jurásico Superior) en la Cordillera Ibérica Septentrional. *Geogaceta*, 35:7-10.

Pastor López, M., Gisbert León, M. (2003): Exploración en la zona de Tosos (Zaragoza). *Boletín PRIA-PA*, 2, 14.

Estudio de la microestructura de la concha de *Margaritifera idubedae* (Unionoida): una comparación con representantes actuales del género

Microstructure of the shell of Margaritifera idubedae *(Unionoida): a comparison to recent specimens of the same genus*

G. Delvene[1], R. Araujo[2], A. Márquez-Aliaga[3] y L. Márquez[3]

1 Instituto Geológico y Minero de España. c/. Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, Spain. g.delvene@igme.es
2 Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). c/. José Gutiérrez Abascal 2. 28006 Madrid. Spain. rafael@mncn.csic.es
3 Departamento de Geología e Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva (ICBiBE), Universidad de Valencia. C/. Dr. Moliner 50. Burjassot, Valencia, Spain. Ana.Marquez@uv.es; leopoldo.marquez@uv.es

Resumen: Se ha analizado la miscroestructura de la concha del bivalvo de agua dulce *Margaritifera idubedae* (Familia Margaritiferidae, Orden Unionoida), del Cretácico Inferior de la Cuenca de Cameros (España). A pesar de la alteración diagenética que ha sufrido, pueden diferenciarse tres capas principales: prismática, nacarada intermedia (masiva) y nacarada interna (tableada). Se ha comparado con las especies actuales *Margaritifera auricularia* y *Margaritifera margaritifera*, que presentan estas mismas capas, además del periostraco en su parte más externa, capa que en los fósiles es muy difícil de observar.

Palabras clave: *Margaritifera*, Unionoida, microestructura, Cretácico, España.

Abstract: *Shell microstructure of the freshwater bivalve* Margaritifera idubedae *(Family Margaritiferidae. Order Unionoida), has been analyzed. This species comes from the Lower Cretaceous of Cameros Basin (Spain), from the Unit B of the Urbión Group, representing a fluvial system. Its thick shell has been modified by the diagenesis. The original composition was aragonite which has changed to calcite , its more stable polymorph, by inverted neomorfism. In spite of this alteration, 3 main layers could be distinguished: prismatic layer, nacre intermediate sheet and nacre inner sheet*. Margaritifera idubedae *has been compared to recent species* Margaritifera auricularia *and* Margaritifera margaritifera*, which present the same layers, apart from the periostracum at the external area, which is very difficult to preserve in fossils. Some species as* M. margaritifera *incorporates layers of periostracum in the nacre intermediate sheet, probably for preserving the shell against acidification. Another species, as* M. auricularia*, doesn´t include this kind of periostracum layers.*

Key words: *Margaritifera*, Unionoida, microstructure, Cretaceous, Spain.

INTRODUCCIÓN

Los bivalvos constituyen uno de los grupos de invertebrados más abundante en el registro continental del Cretácico de España. En la Cuenca Vasco-Cantábrica, los trabajos clásicos más relevantes han sido realizados por González Linares (1878), Mengaud (1920) y Yen (1966). En la Cuenca de Cameros cabe resaltar los estudios de Palacios y Sánchez (1885) y Mongin (1966). Recientemente, Delvene (2005) y Delvene y Araujo (2009a y b) revisan exhaustivamente los mencionados trabajos y describen las grandes náyades del Cretácico Inferior de las cuencas de Cameros y Vasco-Cantábrica.

MARCO GEOLÓGICO

Los bivalvos de agua dulce estudiados proceden de la Cuenca de Cameros, en el noroeste de la Cadena Ibérica. En concreto, de los yacimientos de Valdehierro (Navajún) y Valdemadera (Valdemadera), ambos de la provincia de La Rioja, cuyos materiales pertenecen a la Unidad B del Grupo Urbión (Tischer, 1966; Barrenechea, 1993). En este sector esta unidad litológica está constituida por margas de color rojizo, alternando con niveles lenticulares de caliza con escasa continuidad lateral. Los bivalvos se registran en las margas y son bastante abundantes. El paleoecosistema ha sido interpretado como la llanura de inundación de un sistema fluvial meandriforme con pequeños lagos carbonatados someros y estacionales (Barrenechea, 1993). Esta unidad ha sido datada como Hauteriviense terminal-Barremiense inicial (Martín-Closas y Alonso Millán, 1998; Mas *et al*., 2005).

CONTEXTO PALEONTOLÓGICO

El estudio se ha centrado en la especie *Margaritifera idubedae* (Palacios y Sánchez, 1885) que recientemente ha sido redescrita por Delvene y Araujo (2009a) a partir de un registro de más de 250 ejemplares (Figura 1). Este bivalvo se caracteriza por tener una concha con un espesor elevado (7.2 mm máximo), y una charnela muy robusta con un único diente cardinal muy sólido en la

valva derecha y dos dientes cardinales masivos en la valva izquierda, siendo el posterior muy alto y piramidal a la vez que estriado.

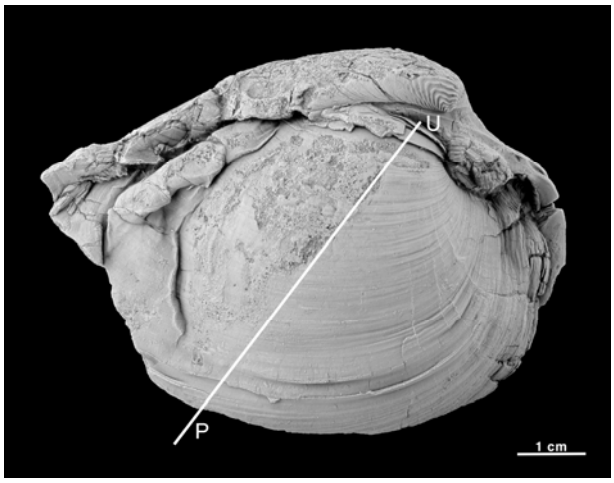


FIGURA 1. Margaritifera idubedae *(Palacios y Sánchez, 1885). Vista derecha de un ejemplar articulado con las valvas desplazadas. Cretácico Inferior en Valdehierro (Navajún, La Rioja). MGM 10462C (Museo Geominero, IGME). La diagonal U-P de color blanco indica la dirección en la que se han realizado los cortes.*

La asignación al género *Margaritifera* se basa en sus similares características externas (morfología de la concha y ornamentación umbonal), en su charnela y en las impresiones de los músculos aductores de tipo arborescente.

METODOLOGÍA

Se han realizado cortes en varias conchas de *Margaritifera*, embutiéndolas en resina previamente. Los cortes se han llevado a cabo desde el umbo hacia la región ventral, intentando abarcar la mayor dimensión posible de concha, en esa dirección umbo-paleal oblicua (U-P, Figura 1). Las secciones se han realizado tanto en fósiles (*Margaritifera idubedae*) de ejemplares adultos y juveniles, como en bivalvos adultos actuales (*Margaritifera auricularia* y *Margaritifera margaritifera*). *M. auricularia* procede la Cuenca del Ebro (provincia de Zaragoza) y *M. margaritifera* de la Cuenca del Duero (provincia de Zamora). A partir de estas secciones se han realizado láminas delgadas en el caso de los bivalvos actuales, y secciones pulidas, "acetate peels" y láminas delgadas en los fósiles. Las muestras han sido observadas en microscopio óptico, lupa binocular y SEM, metalizando las muestras o sin metalizar (ambiental) dependiendo de la conservación de las mismas.

DATOS Y RESULTADOS

La concha de los representantes del orden Unionoida es completamente aragonítica. En los organismos actuales, además del periostraco, se diferencian 3 capas principalmente. La capa más externa denominada prismática y las intermedia e interna de tipo nacaradas (Figura 2). Sin embargo, algunas especies como *Margaritifera margaritifera* (Figura 3) incorporan capas de periostraco dentro la capa nacarada, hecho que no se ha observado en otra de las especiales actuales analizadas: *Margaritifera auricularia*.



FIGURA 2. *Sección completa de la concha (en lámina delgada) de* Margaritifera auricularia *donde se observan las tres capas diferenciadas y el periostraco en el microscopio óptico.*

La concha de *M. idubedae* está completamente alterada, habiéndose neoformado por inversión de aragonito (su composición original) a su polimorfo más estable, calcita (composición actual). Sin embargo, en el análisis de la microestructura de las conchas hemos podido observar varias características importantes que nos han permitido comparar directamente con los representantes actuales de *Margaritifera*. En la mayor parte de las muestras se han podido diferenciar 3 capas (Figuras 4 y 5). La más externa y delgada (entre 96 µm y 475 µm), se corresponde con la capa prismática. Aunque la concha está neoformada, en varios sectores de la muestra se observan relictos de los prismas de aragonito.

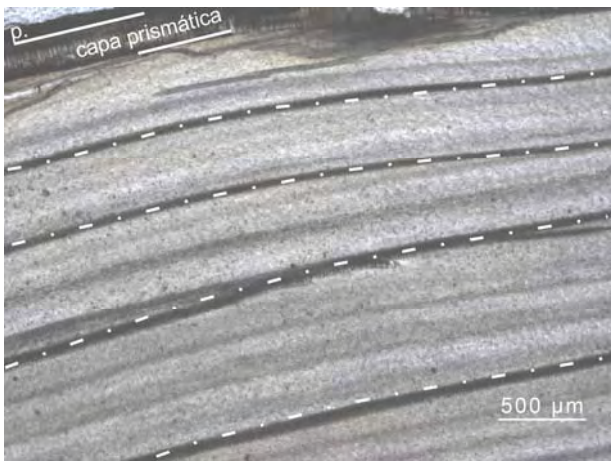


FIGURA 3. *Sección de la concha (en lámina delgada) de* Margaritifera margaritifera *donde se observan las capa de periostraco incluidas en la capa nacarada intermedia en el microscopio óptico; p.: periostraco*

Hacia el interior, podemos ver lo que se correspondería con la capa nacarada, de calcita actualmente, en la que se diferencian dos subcapas; la más externa masiva y la más interna tableada. Estas dos capas serían las equivalentes a la capa intermedia y capa interna de acuerdo a Taylor *et al*. (1969).



FIGURA 4. *Sección completa de la concha (en lámina delgada) de* Margaritifera idubedae *donde se observan las tres capas diferenciadas en el microscopio petrográfico (nicoles cruzados).*



FIGURA 5. *Sección completa de la concha ("acetate peel") de* Margaritifera idubedae *donde se observan las tres capas diferenciadas en el microscopio petrográfico (con filtro azul).*

El crecimiento de bandas ("anillos anuales"), puede observarse claramente en los ejemplos actuales (Figura 6). De acuerdo a Coker *et al*. (1921) y posteriormente Tevesz y Carter (1980) y García-March y Márquez-Aliaga (2007), la concha del bivalvo crece por el depósito de sucesivas láminas de carbonato cálcico desde la superficie del manto, sin embargo, se debe de tener en cuenta que un gran número de capas se forman en un mismo año. Estas parecen corresponder a pequeñas, frecuentes e irregulares retracciones del manto durante el proceso de formación de la concha (Coker *et al*., 1921: 131, Figura 4).

Cuando el margen del manto se retira dentro de la concha, y posteriormente se depositan nuevas capas de concha y periostraco, éstas no son continuas, y se depositan de modo superpuesto sobre la concha más antigua y periostraco. Los verdaderos "anillos anuales" de las conchas podrían explicarse igualmente por una retirada del manto al interior de la concha, implicarían un cierre completo de la misma por un tiempo más prolongado, coincidiendo con la estación más fría. Este "anillo anual", a su vez, incluiría muchos de estos anillos de segundo orden, anteriormente explicados (Coker *et al*., 1921: 132, Figura 5).

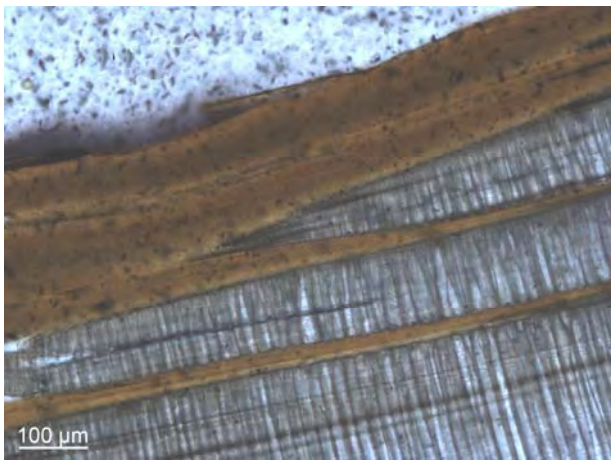


FIGURA 6. *Sección de la concha (en lámina delgada) de* Margaritifera auricularia *donde se observan las capa de periostraco (marrón oscuro) incluidas en la capa prismática en el microscopio óptico.*

En las muestras fósiles hemos observado la inclusión de restos de periostraco (que actualmente se conserva como restos de materia orgánica concentrada), incluidos en la capa prismática, es decir, se ha registrado lo que podría ser el límite de crecimiento de concha en un año. Este aspecto no es fácilmente observable a lo largo de toda la concha ni de todas las muestras, debido a la diagénesis de la concha original, pero un ejemplo puede verse en la Figura 7.

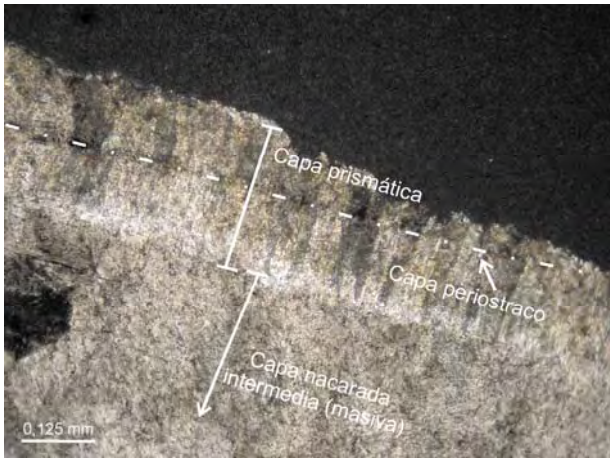


FIGURA 7. *Sección de la concha (en lámina delgada) de* Margaritifera idubedae *donde se observan la capa de periostraco incluida en la capa prismática en el microscopio petrográfico (nicoles cruzados).*

CONCLUSIONES

El análisis de la microestructura de la concha del bivalvo de agua dulce *Margaritifera idubedae* (Familia Margaritiferidae, Orden Unionoida) muestra, que a pesar de la diagénesis, se pueden reconocer las tres capas principales. La capa prismática, la intermedia nacarada y la interna nacarada, todas ellas de naturaleza aragonítica original. Este aspecto se aprecia bien en las especies actuales *M. auricularia* y *M. margaritifera*, con las que se ha realizado comparación, y en las que se observa el periostraco en su parte más externa. Además

M. margaritifera, como en otros bivalvos del mismo orden, es capaz de incluir capas de periostraco en la capa nacarada intermedia. De acuerdo con Kat (1983), quien analizó especies actuales y fósiles de la Superfamilia Unionoidea, estas capas de periostraco intermedias incluidas en la capa nacarada (de un sólo tipo en Margaritiferidae, y de dos tipos diferentes en Unionidae) previenen la disolución de la concha en ambientes donde la acidez del agua es elevada. Estas capas de periostraco, hasta el momento, no se han observado ni en la especie actual *M. auricularia* ni en la especie cretácica *M. idubedae*, lo que podría implicar diferencias ambientales, ya que M. *margaritifera* (con capas intermedias de periostraco) vive en aguas más ácidas que *M. auricularia*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2009-11838 y CGL2008-00093.

REFERENCIAS

Barrenechea J.F. (1993): *Evolución de la mineralogía de arcillas en el tránsito diagénesis-metamorfismo de bajo grado en el Grupo Urbión (Cretácico inferior) de la cuenca de Los Cameros (Soria - La Rioja).* Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Geológicas. Madrid, 299 pp.

Coker, R.E., Shira, A. F., Clark, H. W. y Howard, A. D. (1921): Natural history and propagation of freshwater mussels. *Bulletin of the Bureau of Fisheries*, 37: 75-181.

Delvene, G. (2005): El material tipo de las especies de "Unio" (Bivalvia) del Cretácico Inferior del Museo Geominero (IGME, Madrid). *Boletín Geológico y Minero*, 116 (2): 167-172.

Delvene, G. y Araujo, R. (2009a): Early Cretaceous non-marine bivalves from the Cameros and Basque-Cantabrian basins of Spain. *Journal of Iberian Geology*, 35 (1): 19-34.

Delvene, G. y Araujo, R. (2009b): *Protopleurobema*: a new genus of freshwater bivalve from the Lower Cretaceous of the Cameros basin (NW Spain). *Journal of Iberian Geology*, 35(2): 169-178.

García-March, J.R. y Márquez-Aliaga, A. (2007): *Pinna nobilis* L., 1758 age determination by internal shell register. *Marine Biology,* 151: 1077-1085.

González-Linares, A., (1878): La existencia del terreno Weáldico en la Cuenca del Besaya (provincia de Santander). *Annales de la Sociedad Española de Historia Natural,* 7: 487-489.

Kat, P.W. (1983): Conchiolin layers hmong the Unionidae and Margaritiferidae (Bivalvia): microstructural characteristics and taxonomic implications. *Malacologia*, 24 (1-2): 298-311.

Martín-Closas, C. y Alonso Millán, A. (1998): Estratigrafía y bioestratigrafía (Charophyta) del Cretácico Inferior en el sector occidental de la Cuenca de Cameros (Cordillera Ibérica). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 11**:** 253-269.

Mas, R., Benito, M.I., Arribas, J., Serrano, A., Guimerà, J., Alonso, A. y Alonso-Azcárate, J. (2005): La Cuenca de Cameros: desde la extensión finijurásica-eocretácica a la inversión terciaria-implicaciones en la exploración de hidrocarburos*. Zubía Monográfico*, 14 : 9-64.

Mongin, D. (1966) : Description paleontologique de quelques lamellibranches limniques des facies wealdiens d'Espagne. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 91: 41-60.

Palacios, P. y Sánchez, R. (1885): La formación Wealdense en las provincias de Soria y Logroño. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 12: 1-32.

Taylor, J.D., Kennedy, W.J. y Hall, A. (1969): The shell structure and mineralogy of theBivalvia. Introduction. Nuculacea-Trigonacea. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology Supplement* 3. 115 pp.

Tevesz, M.J.S., y Carter, J. G. (1980): Enviromental relationships of shell form and structure of Unionacean bivalves. En: *Skeletal growth of aquatic organisms*. Rhoads, D. C. y Lutz, R. A. (eds): 295-322, Plenum Publishing Corporation.

Tischer, G. (1966): El delta weáldico de las montañas ibéricas occidentales y sus enlaces tectónicos. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 81: 53-78.

Yen, J. T. C. (1966): A molluscan fauna of the Wealden Formation in Spain. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 82: 87-98.

La icnita triásica de Rillo de Gallo (Guadalajara, España)

The Triassic footprint from Rillo de Gallo (Guadalajara, Spain)

I. Díaz-Martínez[1, 2] y A. Pérez-García [3]

1 Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja. c/ Portillo 3. 26586, Enciso (La Rioja) / Edificio C. T. U. de la Universidad de La Rioja. c/ Madre de Dios 51. 26006 Logroño. inaportu@hotmail.com
2 Grupo Aragosaurus-Iuca. Dpto. Geología (Paleontología), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza.
3 Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040 Ciudad Universitaria, Madrid. paleontologo@gmail.com

Resumen: En este trabajo se estudia una icnita triásica depositada en el siglo XIX en el MNCN de Madrid. Procede de las facies Buntsandstein (Triásico Inferior) de la localidad de Rillo de Gallo en la comarca de Molina de Aragón (Guadalajara). Esta huella ha sido analizada históricamente por varios autores, asignándose a diferentes icnogéneros de la icnofamilia Chirotheriidae. Actualmente se encuentra en revisión icnotaxonómica ya que el conocimiento de este tipo de icnitas ha avanzado mucho en los últimos años. Esta icnita no sólo destaca por su valor histórico y sistemático, sino también por su preservación.

Palabras clave: icnita, Triasico, quiroteroide, Rillo de Gallo, España.

Abstract:. *A Triassic footprint deposited in the MNCN (Madrid) in the nineteenth century is studied. This specimen was found in the sandstones of the Buntsandstein Facies (Lower Triassic), in Rillo de Gallo (Molina de Aragón, Guadalajara). There were subsequently identified other vertebrate footprints, which have been assigned to several ichnotaxa. Since its discovery, MNCN 39925 has been analyzed by several authors, and assigned to different ichnogenus and ichnospecies, all belonging to the ichnofamily Chirotheriidae. It is currently under ichnotaxonomic review because the knowledge of the chirotherid footprints has advanced greatly in recent years. The importance of this footprint is not only related to its historical and systematic value, it is also important for its preservation. This specimen is a pentadactyl cast which has preserved the skin print of the trackmaker. In addition, the study of this specimen provides relevant information to the scarce record of Spanish chirotheroid footprints.*

Key words: *footprint, Triassic, chirotheroid, Rillo de Gallo, Spain.*

INTRODUCCIÓN

La Colección de Paleontología de Vertebrados del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid cuenta en sus fondos con varias icnitas de vertebrados españolas mesozoicas. Entre ellas cabe destacar, por su excelente conservación, el ejemplar MNCN 39925, que fue hallado en 1896. Dicho espécimen ha sido objeto de varios estudios icnotaxonómicos (Calderón, 1897; Navas, 1907; Leonardi, 1959), basándose en cada caso en los métodos propios de cada época. En los últimos años el conocimiento sobre las icnitas quiroteroides ha avanzado mucho, y por ese motivo, se requiere un nuevo estudio para situar a esta icnita dentro del conjunto actual. En este trabajo se recopilan algunas de las alusiones y determinaciones sistemáticas a las que ha sido sometido MNCN 39925 y las referencias actualmente vigentes sobre icnitas quiroteroides en España, mostrándose la escasez de este registro.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La icnita objeto de estudio fue encontrada en Rillo de Gallo, comarca de Molina de Aragón (Guadalajara) y descrita por primera vez por Calderón (1897). Dicho autor afirmó que estaba constituida por una arenisca silícea de grano fino, con restos de piritas, perteneciente al miembro inferior del Triásico. Posteriormente, Leonardi (1959) concretó más su datación, al afirmar que provenía del Buntsandstein. En estos mismo niveles de la comarca de Molina de Aragón, Demathieu et al. (1978) describieron también otras icnitas de vertebrados (*Rhynchosauroides*, *Synaptichnium*, *Chirotherium*, *Isochirotherium*, *Batrachopus* y *Coelurosaurichnus*). En dicho trabajo se afirmó que, teniendo en cuenta la distribución temporal de estos icnogéneros, la edad estimada para dichas facies se encontraba entre el límite Scytiense-Anisiense y el Carniense inferior.

OTRAS ICNITAS QUIROTEROIDES DE ESPAÑA

Comparando con el registro de icnitas de vertebrados de otras épocas en España, como por ejemplo el Jurásico y el Cretácico, las huellas triásicas son bastante escasas. Si nos centramos únicamente en las de la icnofamilia Chirotheriidae, aún es más pobre este registro.

Según la bibliografía disponible hasta el momento, hay poco más de 10 puntos citados con huellas de esta

icnofamilia. Se distribuyen en las provincias de Guadalajara, Zaragoza, Cuenca, Barcelona, Mallorca, Jaen y Teruel (ver por ejemplo: Leonardi, 1959; Casanovas-Cladellas et al., 1979; Pérez-López, 1993; Gand et al., 2009; Valdiserri et al., 2009).

ESTUDIO ICNOLÓGICO DE MNCN 39925

La huella de Rillo de Gallo es un contramolde (hiporrelieve cóncavo), pentadáctilo, asimétrico y semiplantígrado. Mide aproximadamente 18 cm de longitud por 13 de ancho. En gran parte de la superficie del contramolde se observan impresiones de la piel del icnopoyeta muy bien conservadas.



FIGURA 1.Icnita quiroteroide de Rillo de Gallo (MNCN 39925)..

Calderón (1897) en un principio la asignó al icnogénero *Cheirotherium* por comparación con material francés. Posteriormente, Navas (1907) en el trabajo en el que definió *Chirosaurus ibericus* en el Moncayo, denominó a la huella de Rillo de Gallo como *Chirosaurus barthi*. Leonardi (1959) hizo una revisión de todas las huellas triásicas encontradas hasta el momento en España y consideró que esta icnita era muy parecida a *Chirotherium barthi*, pero concluyó denominándola como *Chirotherium gallicum*.

Clásicamente la asignación a los diferentes icnogéneros de la icnofamilia Chirotheriidae se basaba en la relación de tamaño de los dedos I, II, III y IV del pie. Fitcher y Kunz (2004) propusieron un cambio en este paradigma y utilizaron el dedo V también en esta relación. Actualmente se está trabajando en el estudio icnotaxonómico de la icnita de Rillo de Gallo en función de esta última propuesta de clasificación. Es probable que la asignación icnogenérica de esta huella cambie gracias a estos últimos estudios, aunque sí que parece claro que pertenece a la icnofamilia Chirotheriidae.

CONCLUSIONES

La huella encontrada en el siglo XIX en la localidad de Rillo de Gallo (Guadalajara), en las facies Buntsandstein (Triásico Inferior), pertenece a la icnofamilia Chirotheiidae. Gracias a su excelente grado de conservación se espera poder asignarla a algún icnogénero de esta icnofamilia es estudios futuros. Este tipo de icnitas son escasas en el registro icnológico español, por lo que profundizar en su conocimiento es importante.

AGRADECIMIENTOS

IDM agradece a la Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja y a la Universidad de La Rioja su beca predoctoral y al Gobierno de La Rioja el Proyecto Fomenta (2008/02). La investigación de APG está financiada por una beca FPU (Ref. AP2007-00873).

REFERENCIAS

Calderón, S. (1897): Una huella de Chirotherium de Molina de Aragón. *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural*, 26: 27-29.

Casanovas-Cladellas, M.L., Santafé-Llopis, J.V, y Gómez-Alba, J. (1979): Presencia de *Chirotherium* en el Triásico catalán. *Butlleti Informatiu - Institut de Paleontologia de Sabadell*, 9: 34-43.

Demathieu, G., García Ramos, A., Sopeña , A. (1978): Fauna icnológica del Triásico del extremo nordocidental de la Cordillera Ibérica (provincia de Guadalajara). *Estudios Geológicos*, 34: 175-186.

Fitcher, J. y Kunz, R. (2004): New Genus and Species of Chirotheroid Tracks in the Detfurth-Formation (Middle Bunter, Lower Triassic) of Central Germany. *Ichnos*, 11: 183-193.

Gand, G., de la Horra, R., Galán-Abellán, B., López-Gómez, J., Fernández-Barrenechea, J., Arche, A. y Benito, M.I. (2009): New incites from the Middle Triassic of the Iberian Ranges (Spain): palaeoenviromenta and palaeogeographical implications. En: *Premier congrés International sur la Paleontologie des vertebrés du Nord de L´Afrique*. Abstracts book.

Leonardi, G. (1959): Orme Chiroteriane triassiche spagnole. *Estudios Geológicos*, 41-44: 208-213.

Navas, L. (1906): El *Chirosaurus ibericus*, sp. nov. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales*, 5: 208-213.

Pérez López, A. (1993): Estudio de las huellas de reptil, del icnogénero Brachychiroterium, encontradas en el Trias Subbético de Cambil. *Estudios Geológicos*, 49: 77-86.

Valdiserri, D., Fortuny, J. y Galobart, A. (2009): New insigth on old material: Triassic tetrapods footprints in catalonia (NE Iberian Peninsula). En: *Tenth*

International Symposium on Mesozoic Ecosystems. Abstract book, 163-164.

Análisis preliminar de un nuevo ejemplar de camptosáurido del Jurásico Superior de Portugal

A preliminary analysis on a new camptosaurid specimen from the Portuguese Upper Jurassic

F. Escaso[1,2], B. Silva[2], F. Ortega[2,3], P. Dantas[2,4], E. Malafaia[2,4], J. M. Gasulla[1] y J. L. Sanz[1]

1 Unidad de Paleontología, Dpto. de Biología, Universidad Autónoma de Madrid. c./ Darwin 2, 28049 Madrid.fernando.escaso@uam.es
2 Laboratorio de História Natural da Associação Leonel Trindade. Apartado-25, 2564-909 Torres Vedras.
3 Grupo de Biología, Dpto. de Física Matemática y de Fluidos, Facultad de Ciencias, UNED. Senda del Rey 9, 28040 Madrid.
4 Museu Nacional de História Natural (Universidade de Lisboa). Rua da Escola Politécnica 58, 1250-102 Lisboa.

Resumen: Durante el Jurásico Superior de la Península Ibérica, la fauna de grandes dinosaurios ornitópodos está constituida exclusivamente por formas relacionadas con los camptosáuridos. Hasta el momento, el registro portugués de ornitópodos del Jurásico Superior ha dado a conocer una única especie de camptosáurido, *Draconyx loureiroi*. En este trabajo se presenta un nuevo ornitópodo de gran tamaño, hasta ahora desconocido en el registro ibérico. El ejemplar muestra caracteres femorales que permiten diferenciarlo de *Draconyx*. Este material se atribuye provisionalmente al género *Camptosaurus*.

Palabras clave: camptosáuridos, ornitópodos, Jurásico Superior, Portugal.

Abstract: *Portuguese Upper Jurassic ornithopod fauna is poorly known but remains of dryomorphan ornithopods are quite important in the Portuguese record. Within this clade only dryosaurids and camptosaurids are represented in the Late Jurassic, and these groups are present in Portuguese Jurassic beds. Among them, a unique camptosaurid species have been reported from Portugal, Draconyx loureiroi. Here a new camptosaurid specimen from the late Kimmeridgian beds of the Alcobaça Formation in Praia da Corva cliffs (Torres Vedras Municipality) is preliminarly described. The material consists of a partial skeleton including a posterior dorsal vertebra, a left scapula, and a right humerus, femur and calcaneum of an adult specimen. Several femoral features not shared with Draconyx loureiroi shows this camptosaurid as a new species, not known in Jurassic Portuguese dinosaur record yet. This material is provisionally assigned to the genus Camptosaurus.*

Key words: *camptosaurid, ornithopod, Upper Jurassic, Portugal.*

INTRODUCCIÓN

Los restos fósiles de dinosaurios ornitópodos del Jurásico Superior de la Cuenca Lusitánica portuguesa están constituidos principalmente por elementos craneales, fundamentalmente dientes, y, en menor medida, elementos pertenecientes al esqueleto postcraneal de distintos taxones (Ortega et al., 2009). Generalmente, los restos atribuidos a ornitópodos de gran tamaño han sido relacionados con camptosáuridos (Ortega et al., 2009), un linaje de ornitópodos exclusivo del Jurásico Superior de Laurasia. En una primera aproximación, estos restos se habían relacionado con el género *Camptosaurus* (Galton 1980), pero tras la descripción de *Draconyx loureiroi* Mateus y Antunes, 2001, se había considerado que todo el material portugués podría pertenecer a esta última especie (Mateus, 2007). En este trabajo se analizan los restos de un nuevo camptosáurido procedente de la Formación Alcobaça en Praia da Corva (Concelho de Torres Vedras).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La fusión del centro vertebral al arco neural, junto con la presencia en el extremo distal del fémur de una superficie rugosa, indican que el ejemplar de Praia da Corva representa a un individuo adulto (en el extremo femoral proximal esta superficie se encuentra erosionada). Los restos del ejemplar discutidos en esta nota son una vértebra dorsal posterior, la escápula izquierda y el húmero, fémur y calcáneo derechos. La presencia de un proceso acromial en la escápula dirigido cranealmente y de un característico surco extensor en el extremo distal del fémur son rasgos diagnósticos del taxón Dryomorpha (Norman, 2004), presentes en el ejemplar de Praia da Corva. Este grupo de ornitópodos está representado en el Jurásico Superior por driosáuridos y los camptosáuridos y ambos grupos están citados en el registro del Jurásico Superior de Portugal (Mateus 2007; Ortega et al. 2009). La ausencia de una desarrollada y profunda fosa en el fémur, y la posición del 4º trocánter en la zona media de la diáfisis femoral, relaciona al ejemplar de Praia da Corva con los camptosáuridos. Dado que, a priori se asume que en el registro del Jurásico Superior de Portugal únicamente está presente una especie de camptosáurido, *D. loureiroi* (Mateus, 2007), la asignación del ejemplar descrito sería inmediata. Sin embargo, el ejemplar de Praia da Corva

no comparte algunos de los caracteres que constituyen la diagnosis de *Draconyx*, como la presencia de una proyección lateral en el surco extensor del cóndilo medial del fémur y la proyección posterior del cóndilo lateral del femúr. El ejemplar de Praia da Corva, comparte estos caracteres con el resto de las especies de camptosáuridos, todas ellas pertenecientes al género *Camptosaurus*. La presencia de estos rasgos, unida a la posesión de una marcada fosa supraglenoidea en la cara lateral de la escápula, permiten asignar de manera preliminar el ejemplar analizado al género *Camptosaurus*, previamente descrito en el registro portugués y europeo (Galton, 1980; Galton y Powell, 1980), quedando por discutir su posible asignación específica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto PTDC/CTEGEX/67723/2006 (VERT-JURA) y, financiado por la "Fundação para a Ciência e Tecnologia" (FCT, Portugal) y la Câmara Municipal de Torres Vedras.

REFERENCIAS

Galton, P.M. (1980): European Jurassic ornithopod dinosaurs of the families Hypsilophodontidae and Camptosauridae. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 160(1): 73-95.

Galton, P.M y Powell, H.P. (1980): The ornithischian dinosaur *Camptosaurus prestwichii* from the Upper Jurassic of England. *Palaeontology*, 23: 411-443.

Mateus, O. (2007): Notes and review of the ornithischian dinosaurs of Portugal. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27: 114A.

Mateus, O. y Antunes, M.T. (2001): *Draconyx loureiroi*, a new Camptosauridae (Dinosauria: Ornithopoda) from the Late Jurassic of Lourinhã, Portugal. *Annales de Paleontologie*, 87(1): 61-73.

Norman, D.B. (2004): Basal Iguanodontia. En: *The Dinosauria, Second Edition* (D.B. Weishampel, H. Osmólska y P. Dodson, eds.). University of California Press, Berkeley, 413-437.

Ortega, F., Malafaia, E., Escaso, F., Pérez García, A. y Dantas, P. (2009): Faunas de répteis do Jurásico Superior de Portugal. *Paleolusitana*, 1: 44-45.

Eventos climáticos con foraminíferos bentónicos del tránsito Oligoceno - Mioceno en la sección de Zarabanda (Cordilleras Béticas, España)

Climatic events based on benthic foraminifera from the Oligocene - Miocene transition from the Zarabanda section (Betic Cordillera, Spain)

R. Fenero[1], L. Alegret[1] y E. Molina[1]

1 Dpto. Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. rfenero@unizar.es, laia@unizar.es, emolina@unizar.es

Resumen: La sección de Zarabanda (Cordilleras Béticas, España) nos ha permitido estudiar el tránsito Oligoceno - Mioceno. El análisis cuantitativo de las asociaciones de los foraminíferos bentónicos proporciona información relevante sobre los cambios paleoambientales y paleoclimáticos. Los foraminíferos bentónicos indican una profundidad de depósito batial inferior (1000 m) para gran parte de esta sección. Además, se han reconocido dos probables caídas del nivel mar relacionadas con dos eventos globales de glaciación, los eventos Oi-2c y Mi-1.

Palabras clave: Foraminíferos bentónicos, paleoclimatología, paleoambiente, Oligoceno-Mioceno.

Abstract: *The Zarabanda section (Betic Cordillera, Spain) allowed us to study the Late Oligocene-Lower Miocene transition. The quantitative analysis of benthic foraminiferal assemblages provided us with relevant information about paleoenvironmental and paleoclimatological changes. Benthic foraminifera indicate a lower bathyal (1000 m) depth of deposition for most part of the studied section. Moreover, we identified two sea-level falls that might be related to two global glaciation events, namely the Oi-2c and Mi-1 events.*

Key words: *Benthic foraminifera, paleoclimatology, paleoenvironment, Oligocene-Miocene.*

INTRODUCCIÓN

La sección de Zarabanda se sitúa en la provincia de Granada, en la carretera que une Guadahortuna con Torre Cardela, en el sector central de la zona Subbética de las Cordilleras Béticas. Esta sección permite estudiar una serie de 80 m de potencia constituida por una alternancia de calcarenitas bioclásticas y margas hemipelágicas, siendo estas últimas predominantes. Los sedimentos depositados pertenecen al Oligoceno superior (Chatiense) y al Mioceno inferior (Aquitaniense).

El Oligoceno superior se caracteriza por fluctuaciones climáticas, ya que en esta época se ha reconocido un evento de calentamiento global y dos eventos de glaciación, que marcan una expansión del hielo antártico y con ello un descenso glacioeustático del nivel del mar (Zachos et al., 2001; Pekar et al., 2006).

Los foraminíferos bentónicos son extremadamente sensibles a las condiciones del medio en el que habitan, lo que les convierte en una herramienta muy útil para realizar reconstrucciones ambientales. Asimismo, son utilizados para indicar la profundidad del medio de depósito, la oxigenación de las aguas, la productividad de los océanos, el acúmulo de hielo e incluso la temperatura de las aguas (Murray, 2006).

El objetivo del presente trabajo es contribuir a mejorar el conocimiento global de cada uno de los eventos de glaciación registrados en el tránsito Oligoceno – Mioceno y a reconstruir el paleoambiente del corte de Zarabanda, a traves del estudio cuantitativo de los foraminíferos bentónicos.

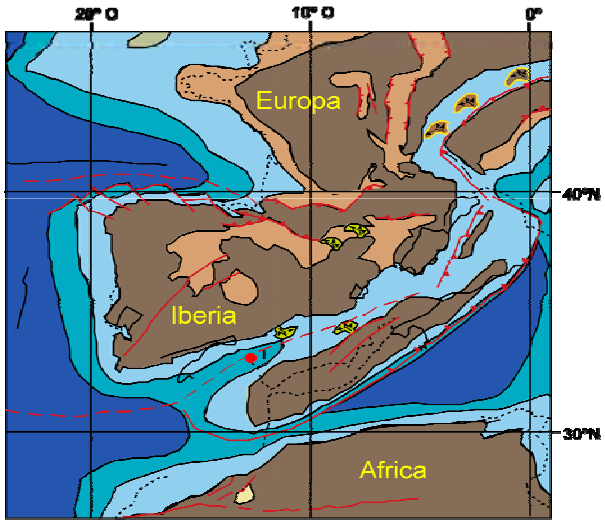


FIGURA 1. *Situación paleogeográfica del Península Ibérica y de la parte Oeste del mar Mediterráneo para el Paleógeno. Modificada de Andeweg (2002). 1. Ubicación aproximada de la sección de Zarabanda.*

MATERIAL Y METODOLOGÍA

La serie analizada presenta 80 m de potencia y abarca desde el Oligoceno superior hasta el Mioceno inferior. Para realizar una reconstrucción paleoambiental basada en el análisis de los foraminíferos bentónicos de la sección de Zarabanda, se han seleccionado 23 muestras. Litológicamente, los materiales están constituidos por una alternancia de calcarenitas y calciruditas con margas hemipelágicas, predominando estas últimas. Los estratos turbidíticos presentan un espesor medio que oscila entre 20 y 70 cm, y en ellos se observan estructuras sedimentarias de laminación paralela y riples, cantos rodados y huellas de bioturbación. Algunos de estos estratos contienen grandes foraminíferos bentónicos.

Las muestras recogidas en el campo fueron preparadas mediante la técnica de levigado. Esta técnica consiste en disgregar la roca con H_2O_2 a una concentración del 10%; una vez disgregado el material se lava en un tamiz de luz de malla de 100 μm. Por último, el residuo obtenido se seca en un horno a menos de 50ºC. Para asegurar la representatividad de los datos cuantitativos, se separan generalmente más de 300 ejemplares de foraminíferos bentónicos por cada muestra.

RESULTADOS

Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en la sección de Zarabanda presentan un dominio absoluto de taxones de concha calcítica (entre 83 y el 98% en todas las muestras estudiadas), indicando un medio de depósito por encima del nivel de compensación de la calcita. Los sedimentos del Oligoceno superior contienen asociaciones diversas y heterogéneas. Los morfogrupos infaunales superan el 60% de las asociaciones en todas las muestras estudiadas, sugierendo un abundante flujo orgánico hacia el fondo marino.

Las asociaciones de los foraminíferos bentónicos contienen una gran cantidad de taxones sublitorales a batiales superiores, incluyendo especies epifíticas como *Cibicides lobatulus, Cibicides refulgens, Cibicides westi, Asterigerina campanella, Asterigerinoides subacutus, Neoconorbina terquemi* y *Rosalina globularis,* y otras especies que albergan simbiontes como *Elphidium ancestrum, E. crispum, E. incertum, E. macellum, Elphidium* sp. A, *Pararotalia audouini* y *Protelphidium laeve.* Estos taxones de medios someros se consideran reelaborados, transportados desde la plataforma hasta la base del talud a través de las corrientes de turbidez, mezclándose así con las asociaciones autóctonas. Las asociaciones de foraminíferos bentónicos *in situ* contienen taxones típicos de medios batiales, como *Hanzawaia ammophila, Cibicidoides eocaenus, Cibicidoides mundulus, Buliminella grata, Bulimina alazanensis, Brizalina tectiformis, Bulimina trinitatensis, Bulimina semicostata, Epistominella exigua, Globocassidulina subglobosa, Sphaeroidina bulloides, Turrilina alsatica* y abundantes bolivínidos (Fenero, 2010). Los datos expuestos indican que los sedimentos del tránsito Oligoceno-Mioceno de la sección de Zarabanda se depositaron en un medio batial inferior, a unos 1000 m de profundidad, y que fueron intensamente influenciados por corrientes de turbidez, que incrementaron el porcentaje de especies alóctonas. Esta sección se encontraría próxima a la base de un talud de pendiente pronunciada, cerca de la zona costera. Esta situación paleogeográfica podría explicar el elevado porcentaje de especies neríticas reelaboradas y del grupo de los bolivínidos. En medios actuales, el elevado porcentaje de bolivínidos se relaciona con una alta productividad en áreas cercanas al continente (Miller y Lohmann, 1982; Resig y Cheong, 1997).

En la parte inferior de la sección (Biozona de *Globoturborotalita ciperoensis*) se ha observado un intervalo de unos 10 m de potencia, con fluctuaciones en los índices de diversidad y una disminución en el índice planctónico/bentónico (P/B). En este intervalo se ha registrado un aumento en el porcentaje de foraminíferos bentónicos típicos de medios sublitorales a batiales superiores (ej., asterigerínidos, *Quinqueloculina, Angulogerina angulosa* y *Reusella spinulosa*; Murray, 2006). Además, en dicho intervalo se registra un aumento en el porcentaje de las especies *Angulogerina angulosa, Astrononion novozealandicum* y *Hyalinea balthica* (Murray, 2006), que podrían indicar un enfriamiento de las aguas oceánicas. Estos datos podrían sugerir un descenso relativo del nivel del mar producido por un evento de enfriamiento, y que podría relacionarse con el evento de glaciación denominado Oi-2c, datado aproximadamente en 24,4 Ma (Pekar et al., 2006), aunque en el caso de Zarabanda parece situarse un poco más cerca del límite Oligoceno/Mioceno. Una posible explicación del aumento en el porcentaje de los foraminíferos bentónicos reelaborados sería la erosión de la plataforma tras la caída del nivel del mar, que provocaría el transporte de estos organismos a zonas más profundas.

En la Biozona de *Globigerinoides primordius* no se observan cambios significativos en los índices de diversidad y heterogeneidad, ni en los porcentajes de las distintas especies, interpretándose una mayor estabilidad ambiental. En la base de la Biozona de *Globigerinoides primordius* se observan picos en los porcentajes de *Bolivinoides crenulata* (40% de las asociaciones) y *Uvigerina spinicostata* (8% de las asociaciones). En la parte media de esta biozona puede apreciarse una severa disminución en la riqueza genérica que se ha relacionado con una mayor abundacia de la especie infaunal *Sigmavirgulina tortuosa.* Se interpreta que estos eventos en la parte inferior y media de esta biozona estarían relacionados con pulsos en el aporte de materia orgánica al fondo oceánico, que favorecerían la rápida proliferación de estas tres especies.

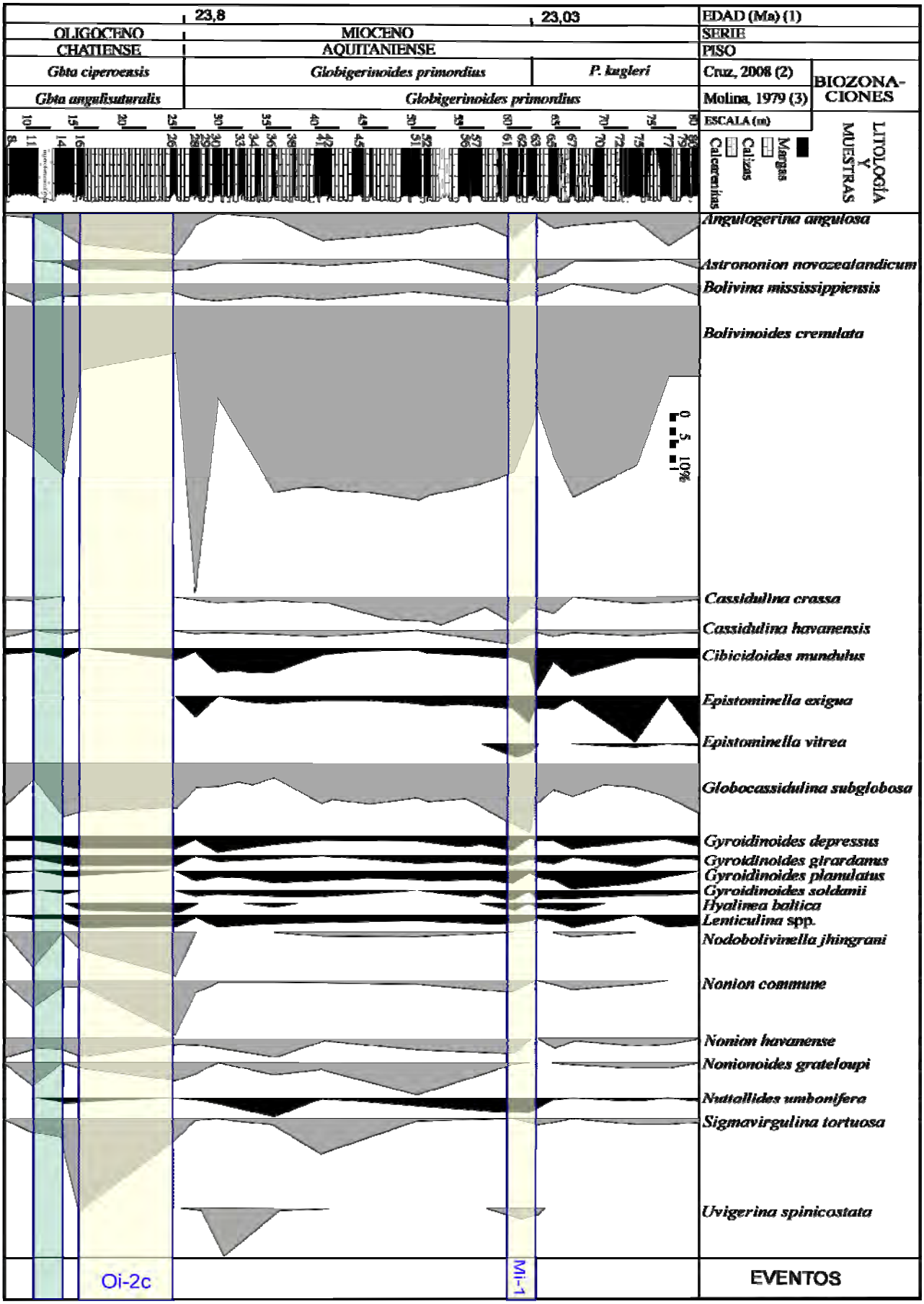


FIGURA 2. *Porcentajes de algunas de las especies de foraminíferos bentónicos más abundantes en la sección de Zarabanda y su evolución a lo largo del Oligoceno superior y Mioceno inferior. Especies infaunales representadas en color gris y especies epifaunales en color negro. En color verde se indica un nivel con macroforaminíferos y en color amarillo se indican los eventos de glaciación, Oi-2c y Mi-1. (1) Correlación con Shipboard Scientific Party (2004). (2) Tesis doctoral de Luis Enrique Cruz (2008). (3) Tesis doctoral de Eustoquio Molina (1979).*

En el tránsito de la Biozona de *G. primordius a P. kugleri* se registra un ligero descenso en el índice P/B, en la riqueza genérica, así como un aumento de los foraminíferos planctónicos de latitudes altas (Alegret et al., 2008). Por otro lado, en este intervalo se registra un aumento en el porcentaje de las especies *Angulogerina angulosa, Astrononion novozealandicum, Cassidulina crassa, Cassidulina havanensis, Epistominella exigua, Globocassidulina subglobosa, Hyalinea balthica* y de los géneros *Lenticulina* y *Pullenia,* que abundan en aguas frías (Murray, 2006; Saidova, 2008). Por la edad estimada, estos cambios en las asociaciones de los foraminíferos bentónicos y planctónicos podrían estar relacionados con el evento de glaciación denominado Mi-1, datado en 23,2-22,8 Ma (Pekar et al., 2006).

El límite Oligoceno/Mioceno se suele situar por debajo de la primera aparición de la especie de foraminífero planctónico *Paragloborotalia kugleri.* Sin embargo, la primera aparición de esta especie es muy diacrónica, ya que se ha registrado en diferentes cronozonas. La Comisión Internacional de Estratigrafía y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas ratificó en 1996 el GSSP del límite O/M en la sección de Lemme-Carrioso (Italia), datado en 23,8 Ma. En esta sección estratotípica se registra tras el límite O/M la primera aparición de *Uvigerina spinicostata,* y posteriormente la primera aparición de *P. kugleri* (Steininger, 1997). Estos eventos se pueden reconocer en la sección de Zarabanda, donde se registra la primera aparición de *Uvigerina spinicostata* y posteriormente la primera aparición de *P. kugleri*; esta última ha sido datada en 23,03 Ma con la correlación de Shipboard Scientific Party (2004). Este límite para la sección estudiada se situó coincidiendo con la primera aparición de la especie planctónica *Globigerinoides primordius*, tal y como propusieron González Donoso y Molina (1979), mientras que el presente estudio sugiere que coincide con la aparición de la especie bentónica *Uvigerina spinicostata.* Por tanto, la primera aparición de *G. primordius* resulta ser mejor indicador de la posición del límite O/M que la de *G. kugleri*. Sin embargo, este límite se muestra en línea discontinua hasta verificar la posición con los nanofósiles calcáreos, ya que el límite O/M en la sección de Lemme-Carrioso coincide con la aparición de *Sphenolithus capricornutus*.

CONCLUSIONES

El análisis cuantitativo de los foraminíferos bentónicos de la sección de Zarabanda indica que los sedimentos del Chatiense superior y Aquitaniense inferior se depositaron en un ambiente batial inferior, a unos 1000 m de profundidad. La abundancia del grupo de los bolivínidos en toda la sección sugiere un gran aporte de materia orgánica refractaria al fondo marino, hecho consistente con la paleogeografía de la zona, en la base de un talud de pendiente pronunciada cerca de la zona costera.

- En la parte inferior de la sección (Biozona de *Globoturborotalita ciperoensis*) se registra un intervalo que podría estar relacionado con una caída del nivel del mar, que parece estar relacionado con el evento de glaciación Oi-2c.

- En el tránsito de la Biozona de *G. primordius* a *P. kugleri* se registra un intervalo que podría relacionarse con otro evento de glaciación denominado Mi-1.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo esta enmarcado dentro del proyecto Consolider CGL2007-63724 del Ministerio de Educación y Ciencia.

REFERENCIAS

Alegret, L. et al. (2008): Effects of the Oligocene climatic events on the foraminiferal record from Fuente Caldera section (Spain, western Pyrenees). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 269: 94-102.

Fenero, R. (2010): *Los Microforaminíferos bentónicos desde el Eoceno terminal hasta el Mioceno inicial: taxonomía, paleoecología e inferencias paleoambientales.* Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 424 p.

González Donoso, J.M. y Molina, E. (1979): Correlation of the late Oligocene and early Miocene in the Tethys area. Spain: central sector of the Betic Cordilleres. *Annnales Géologiques des Pays Helléniques, Tome hors série,* 1: 329-332.

Miller, K. G. y Lohmann, G. P. (1982): Environmental distribution of recent benthic Foraminifera on the norteast United States continental slope. *Geological Society of American Bulletin,* 93: 200-206.

Murray, J. W. (2006): *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera.* Cambridge University Press, Cambridge, 426 p.

Pekar, S. F., Harwood, D. y DeConto, R. (2006): Resolving a late Oligocene conundrum: deep-sea warming versus Antartic glaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 231: 29-40.

Resig, J. M. y Cheong, H. K. (1997): Pliocene-Holocene benthic foraminiferal assemblages and water mass history, ODP 806A, western ecuatorial Pacific. *Micropaleontology*, 43: 419-439.

Saidova, K. M. (2008): Foramnifer communities of the Atlantic continental margin of Europe. *Oceanology,* 48: 217-227.

Shipboard Scientific Party (2004): Leg 208 summary. En: Zachos, J. C., Kroon, D., Blum, P. et al., Proc. ODP, Initial Reports, 208: *College Statio TX (Ocean Drilling Program),* 112 pp.

Steininger, F.F. et al. (1997): The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of Neogene. *Episodes,* 23-28.

Estudo morfométrico em *Calcidiscus leptoporus* (*Sensu lacto*). Caso de estudo ao largo da Ibéria (MD01-2443, MIS 11)

Morfometric approach concerning Calcidiscus leptoporus (Sensu lacto). Case of study off shore off Iberia (MD01-2443, MIS 11)

R. Figueiredo[1] e M. Cachão[1,2]

1 Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal. ocnrita@gmail.com
2 Centro de Geologia, Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal. mcachao@fc.ul.pt

Resumo: A identificação de variações morfométricas dos cocólitos da espécie *Calcidiscus leptoporus s.l.* ao longo de uma série temporal de alta resolução foi efectuada através da utilização da Análise Multivariada de Morphons. Este estudo foi efectuado da sondagem MD01-2443, recolhida na margem oeste ibérica, no troço representativo do estádio isotópico marinho 11. A metodología utilizada permitiu a identificação de três morfótipos distintos. A Análise Factorial da comunidade cenótica presente na sondagem na qual se incluíram os 3 morfótipos de *C. leptoporus* permitiu avançar um modelo de interpretação paleoceanográfica para a margem ibérica durante o MIS 11.

Palavras-chave: *Calcidiscus leptoporus*, Morfótipos, Paleoceanografia, Margem Ibérica, MIS 11.

Abstract: *Morphometric variations on liths of Calcidiscus leptoporus s. l. were interpreted by Multivariate Morphons Analysis. A high resolution time series study was performed on the core MD01-2443, retrieved from the Western Iberian margin on a sector correspondent to the marine isotope stage 11. Three morphotypes of C. leptoporus were identified and characterized. The factorial analysis of the overall calcareous nannoplankton cenotic comunity and the three morphotypes allowed a paleoceanographic interpretation for the Iberian margin during MIS 11.*

Key words: *Calcidiscus leptoporus, Morphotype, Paleoceanography, Iberian Margin, MIS 11.*

INTRODUÇÃO

A taxonomia dos Nanofósseis calcários baseia-se fundamentalmente na morfologia dos cocólitos /nanólitos e cada morfoespécie expressa preferências ecológicas distintas em resposta às condições do ambiente em que habitam, nomeadamente a produtividade, a energia do meio e a outras condições oceanográficas (Parente et al., 2004).

De facto a biogeografia e abundância destes organismos é muito sensível à variabilidade do meio, o que os torna indicadores paleoecológicos muito fiáveis e uma ferramenta fundamental nas interpretações paleogeográficas, paleoclimáticas e paleoambientais, nomeadamente na avaliação da subida do nível do mar, dos impactes da eutrofização e do *Global Change*.

A variabilidade morfometrica presente neste grupo tem sido alvo de estudo nas últimas décadas, uma vez que aparentemente os diferentes morfótipos respondem de forma independente a variações ambientais.

Geisen et al. (2002) mostraram que várias espécies de Cocolitóforos, aparentemente com distribuição global, eram de facto compostas por 2 ou mais genótipos (especiação crítpica) com preferências ecológicas distintas, cujas diferenças morfológicas intra-especificas eram tenues.

De uma forma geral ainda não se compreende se a variabilidade morfométrica resulta de plasticidade ecofenotípica ou se pelo contrário é definida geneticamente, i.e. se existem identidades genéticas distintas com morfologias semelhantes (Schmidt et al., 2006).

A espécie *C. leptoporus* é adequada a estudos que visam relacionar as variações intra-específicas a factores eventualmente abióticos (Renaud et al., 2002), uma vez que as suas preferências ecológicas podem ser observadas num vasto espectro ambiental. Por outro lado apesar de não ser a espécie mais abundante na coluna de água, domina frequentemente a associação nanofossílifera devido à sua espessura, dimensões e consequente elevado grau de resistência à dissolução (Renaud et al., 2002; Baumann & Freitag, 2004; Boeckel & Baumann, 2004).

Knappertsbush et al. (1997) defeniu a existência de três morfótipos da espécie *C. leptoporus*.

A atribuição de *optima* ecológicos para cada um destes é uma questão ainda controvesa. No entanto, de uma forma geral, a produtividade parece ser o principal factor de controlo para esta espécie. Desta forma o morfótipo intermédio *C. leptoporus* é substituído pelo morfótipo maior em ambientes mais produtivos (Renaud

et al., 2002). Por outro lado a distribuição do morfótipo mais pequeño é associada a aguas ricas em nutrientes nas latitudes temperadas (Boeckel et al., 2006).

METODOLOGIA

A sondagem, em estudo, foi recolhida ao largo da costa ocidental portuguesa, a sul do Canhão subamarino de Setúbal a 2491 m de profundidade, no local com coordenadas latitude 37º52.98'N e longitude 10º10.57'W.

A metodologia adoptada no presente estudo incidiu na medição do diâmetro de 100 cocólitos de *Calcidiscus leptoporus*, em cada uma das 115 amostras analisadas.

Foi posteriormente efectuada uma Análise Multivariada de Morphons (AMM) desenvolvida por Parente et al. (2004). Esta baseia-se nos seguintes pressupostos: i) Os cocólitos são integralmente biomioneralizados no interior da membrana celular antes de serem extruidos e constituírem a cocosfera, pelo que a sua morfologia e dimensão não sofrem qualquer alteração durante o ciclo de vida do Cocolitóforo; ii) Os cocólitos, já no registo sedimentar, não sofrem qualquer tipo de alteração *post mortem*, excepto se sofrerem dissolução diagenética significativa.

Para a utilização deste método foi necessário distribuir os valores dos diâmetros obtidos por classes dimensionais de 1 µm, designadas por *morphons*. Este procedimento possibilita testar estatisticamente a existência de morfótipos distintos, bem como definir os seus limites morfométricos. Por outo lado permite, analisar o comportamento relativo dos morfótipos ao longo das séries temporais.

Finalmente foi elaborada uma análise estatística multivariada (Análise Factorial modo-R) utilizando como variáveis as espécies de Cocolitóforos presentes nas amostras incluído os três morfótipos definidos e a espécie *C. leptoporus s.l.*. O objectivo foi avaliar a afinidade ecológica dos morfótipos encontrados, por comparação com outras espécies das quais se conhecem as preferências ecológicas.

RESULTADOS

O estudo elaborado envolveu a fotografia de cerca de 11 500 cocólitos da espécie *C. leptoporus s. l.* para medição. Da AMM foi possível extrair 2 factores, como sendo os mais representativos. A percentagem de variância conjunta destes permite explicar 46,9 % da informação total contida na matriz de dados. Na figura 1 verifica-se a existência de 3 clusters de *morphons* com comportamentos distintos, pelo que estes foram agrupados em 3 morfótipos distintos denominados, pequeno, intermédio e grande. O morfótipo pequeno inclui os placólitos com diâmetros compreendidos entre 4 e 6 µm, o morfótipo intermédio engloba os cocólitos com 8 e 9 µm de diâmetro e o morfótipo grande é constituído pelos cocólitos cujo diâmetro varia entre 11 e 12 µm. O morphon 10 não foi incluído em nenhum morfótipo uma vez que a sua importância é relativamente elevada nos dois factores, não sendo evidente a que morfótipo pertencem os placólitos com diâmetro maior que 10 e inferior a 11 µm.

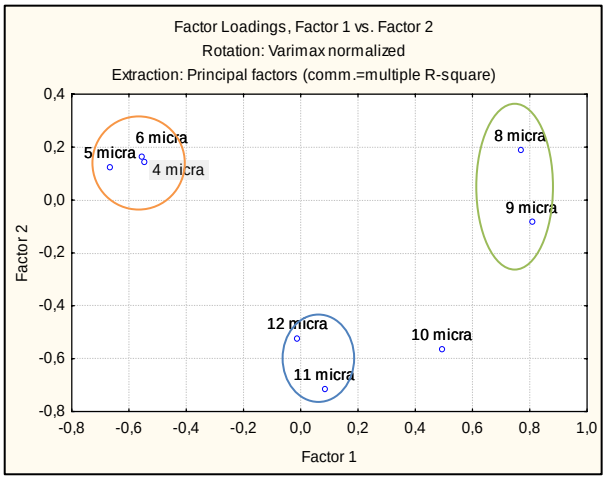


FIGURA 1. *Espaço factorial F1 versus F2 extraído da Analise Factorial de Morphons da espécie C. leptoporus identificados na sondagem MD01-2443.*

O primeiro factor, com uma variância de 32 % é o mais importante e caracteriza o comportamento de dois morfótipos com *factor loadings* superiores a |0,7|. O factor 2, com 15,1 % de variância relaciona-se com o morfótipo grande, demonstrando que o comportamento deste é independente dos morfótipos pequeno e intermédio, sendo a sua distribuição e abundância relativa controladas por um factor distinto.

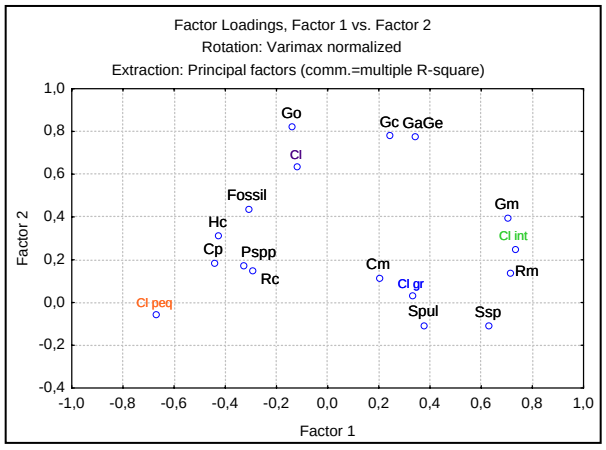


FIGURA 2. *Espaço vectorial versus F2 extraído da Analise Factorial de das espécies de Cocolitóforos identificados na sondagem MD01-2443.* ***Ga/Ge*** *– Gephirocapsa aperta/ericsonii,* ***Gc*** *– G.caribbeanica,* ***Go*** *– G. oceanica,* ***Ssp*** *– Syracosphaera sp.,* ***Spul****- S. pulchra,* ***Rm*** *– R. minuta,* ***Gm*** *– G. muellerae,* ***Cm*** *– Calcsiolsolenia murrayi,* ***Hc*** *- Helicosphaera carteri, ,* ***Cl*** *– C. leptoporus s. l.,* ***Pspp*** *– Pontosphaera spp.,* ***Cp*** *– C . pelagicus,* ***Rc*** *–R . clavigera,* ***Cl peq*** *– morfótipo pequeno de C. leptoporus,* ***Cl int*** *- morfótipo intermédio de C. leptoporus,* ***Cl gr*** *– morfótipo grande de C. leptoporus, ,* ***Fossil*** *– espécies fósseis no contexto em estudo.*

Da análise factorial da associação nanofossílifera foram extraídos 2 factores principais que apresentam uma percentagem de variância individual superior a 15 %. No espaço factorial encontrado, ilustrado na Figura

2, pode observar-se que no primeiro factor, destaca-se o comportamento diametralmente oposto das espécies *R. minuta*, *Gephirocapsa muelerae* e *Syracosphaera sp* e o morfótipo intermédio da espécie *C. leptoporus* relativamente ao morfótipo pequeno da espécie *C. leptoporus*, este por sua vez associado às espécies *R. clavigera, C. pelegicus, H. carteri* e ao género *Pontosphaera*. De referir que as espécies referidas, que aparecem associadas ao morfótipo intermédio aprsentam, normalmente um comportamento oceânico.

O segundo factor põe em evidencia o comportamento das espécies *Gephirocapsa aperta/Gephyrocapsa ericsonii*, *Gephyrocapsa caribbeanica*, *Gephyrocapsa oceanica* e C*alcidiscus leptoporus s.l.* com pesos factoriais elevados, relativamente às restantes espécies incluídas na análise factorial que apresentam pesos factoriais baixos (< 0,4), inclusive os três morfótipos de *Calcidiscus leptoporus*, apresentam, relativamente a este factor um peso factorial *quasi* nulo.

DISCUSSÃO

O estádio isotópico marinho 11 (MIS 11) apresenta diversas semelhanças com o Holocénico, nomeadamente na geometria orbital, na concentração de gases com efeito de estufa (período pré – industrial) ou no grau de variabilidade e estabilidade do clima (de Abreu et al., 2005). Tendo em conta que os estudos elaborados anteriormente sobre a mesma sondagem sugerem que as condições oceanográficas actuais não são significativamente distintas das do panorama vigente durante o MIS 11, torna-se legitimo fazer algumas comparações com o presente período interglaciar designadamente no que diz respeito ao tipo de correntes que influenciam o sistema oceânico (de Abreu et al., 2005).

Os três morfótipos identificados pela AAM correspondem *grosso modo* às espécies actuais *Calcidiscus leptoporus* e *Calcidiscus quadriperfuratus* e ao morfótipo pequeno descrito por Knappertsbush et al. (1997). No entanto, os limites morfométricos obtidos são ligeiramente distintos pelo que existe a possibilidade de estarmos a integrar num morfótipo placólitos do morfótipo/espécie adjacente. Este facto é facilmente explicado devido a plasticidade ecofenotípica.

Esta plasticidade ecofenotípica pode, portanto, ser responsável pela sobreposição dimensional nos limites de cada espécie/morfótipo encontradas por outros autores (Knappertsbusch et al., 1997).

Apesar do morphon 10 ser atribuído ao morfótipo grande pelos demais autores, para o sector oeste ibérico, durante MIS 11, a AMM assinala esta classe como fronteira morfológica entre os dois morfótipos maiores, não lhe reconhecendo um comportamento especifico.

Apesar da sondagem MD01-2443 ter sido recolhida em domínio oceánico a associação nanofossílifera presente é caracterizada por uma grande diversidade especifica, reunindo espécies provenientes de áreas com níveis de produtividade diferentes. Marreco (2008) defende a existência de duas comunidades distintas: i) uma associada à plataforma continental, que incluí espécies típicas de ambientes ricos em nutrientes, resultantes de eventos de *upwelling*; ii) e outra associada a ambiente oceânico, incluindo espécies com preferência por meios oligotróficos. A presença de espécies descritas como costeiras ou mesmo neríticas junto à margem ibérica evidência a dispersão dos nutrientes aflorados, por filamentos de *upwelling*, em direcção ao océano.

Desta forma considera-se que a comunidade autóctone é aquela composta por organismos preferencialmente oligotróficos e que a presença de espécies associadas a ambientes eutróficos deverá ser considerada alóctone.

No espaço factorial da análise da associação nanofossílifera (*vide* figura 2) em que o Factor 1 demonstra um comportamento claramente oposto entre espécies oceânicas (semi-eixo positivo) e espécies costeiras (semi-eixo negativo) pode observar-se que o morfótipo pequeno se situa no semi-eixo negativo, com um peso factorial de cerca de |0,7|, realçando a sua afinidade com massas de água produtivas e mais turbulentas.

Por outro lado, o morfótipo maior apresenta um comportamento semelhante ao do morfótipo intermédio no semi-eixo positivo, juntamente com as espécies oceánicas, todavia com um peso factorial menor que o morfótipo intermédio. O morfótipo grande pode estar a ser introduzido na Margem Ibérica, que delimita a fronteira entre as zonas biogeográficas temperada e subtropical, definidas para o Nanoplâncton calcário, via Corrente do Golfo e/ou Frente do Açores, durante toda a serie temporal analisada, sendo este comportamento realçado o período final do MIS 11. Desta forma este morfótipo aparenta uma preferência por condições de maior estabilidade no que diz respeito quer ao fornecimento de nutrientes quer a turbulência (Knappertsbusch et al., 1997; Renaud et al., 2002; Baumann & Freitag, 2004).

Através da variação dos *scores* dos dois factores extraídos da AMM, podem identificar-se 3 fases ao longo do MIS 11, que correspondem a três ambientes com condições ecológicas distintas. A primeira fase inica-se na base da serie temporal analisada aos 420 ka e prolonga-se até ao 410 ka. Esta corresponde a condições deglaciares, isto é a transição entre o período glaciar MIS 12 e o interglaciar MIS 11.

Durante este período o morfótipo intermédio apresenta maior representatividade nas amostras. Este considerado autóctone da região offshore da margem ibérica apresenta-se neste período com maior importância, uma vez que as condições oceânicas locais permitem o seu desenvolvimento, uma vez que

apresenta preferência por ambientes oceânicos oligotróficos e frios (Renaud et al., 2002).

A segunda fase no MIS 11, (410 ka – 396 ka) é caracterizada pela perda de importancia do morfótipo intermédio sendo substituído pelo morfótipo mais pequeno. Este período coincide com condições de pleno interglaciar (de Abreu et al., 2005). O morfótipo pequeno é característico de zonas de upwelling ricas em nutrientes. De acordo com os nossos dados, o aparecimento deste morfótipo associado (por Análise Factorial, vide Fig. 2) a formas com comportamento essencialmente nerítico na nossa plataforma continental (por exemplo *C. pelagicus*, *H. carteri*), no decurso do estabelecimento de condições plenamente interglaciares ao longo da plataforma portuguesa, sugere que o seu registo ao largo da margem ibérica se possa dever a transporte no interior dos filamentos de *upwelling* costeiro que facilmente se registam neste local (de Abreu et al., 2005). De facto durante a primavera e verão, os filamentos de *upwelling* que actualmente se produzem ao largo de Peniche e do Cabo da Roca atingem a longitude 10º W, onde o core foi recolhido.

A terceira fase identificada desenvolve-se gradualmente após o culminar das condições plenamente interglaciares (396 ka). Durante este periodo o morfótipo pequeno recupera a sua importância apresentando uma tendência crescente, embora com grandes oscilações até ao final do período interglaciar. Facto que pode ser explicado pelo natural reforço na frequência e intensidade dos fenómenos de *upwelling* registado ao longo da degradação das condições climatéricas que culmina no início do MIS 10, o período glaciar subsequente (de Abreu, et al., 2005).

Os *scores* do Factor 2, que se correlacionam com o morfótipo grande, evidenciam paralelamente a existência de 3 fases ao longo do MIS 11. Este morfótipo tem sido descrito amplamente na literatura como representativo de águas tropicais e subtropicais (Knappertsbusch et al., 1997; Renaud et al., 2002), embora mais do que a temperatura, a disponibilidade em nutrientes pareça ser um factor limitativo do seu desenvolvimento (Baumann & Freitag, 2004).

CONCLUSÕES

De uma forma geral a distribuição dos morfótipos encontra-se bem representada no registo sedimentar, enfatizando a importância da sua discretização no âmbito de uma boa utilização como proxy paleoecológico em estudos futuros. A análise factorial permitiu compreender o significado paleoecológico de cada um deles no contexto da Margem Ibérica durante o MIS 11. Desta forma concluiu-se que o morfótipo pequeno apresenta afinidade com a comunidade costeira e que os morfótipos intermédio e grande se comportam conforme as espécies mais oceânicas, o que de certa forma facilitou a interpretação da AMM elaborada.

BIBLIOGRAFIA

Baumann, K. and Freitag, T. (2004): Pleistocene fluctuations in the northern Benguela Current system as revealed by coccolith assemblages. *Marine Micropaleontology*, 52:195-215.

Boeckel, B. and Baumann, K.-H. (2004): Distribution of coccoliths in surface sediments of the south-eastern South Atlantic Ocean: ecology, preservation and carbonate contribution. *Marine Micropaleontology*, 51: 301-320.

Boeckel, B., Baumann, K., Henrich, R. and Kinkel, H. (2006): Coccolith distribution patterns in South Atlantic and Southern Ocean surface sediments in relation to environmental gradients. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 53: 1073-1099.

de Abreu, L., Abrantes, F., Shackleton, N., Tzedakis, P., McManus, J., Oppo, D. and Hall ,M. (2005): Ocean climate variability in the eastern North Atlantic during interglacial marine isotope stage 11: A partial analogue to the Holocene? *Paleoceanography*, 20: PA3009.

Geisen, M., Billard, C., Broerse, A., Cros, L., Probert, I. and Young, J. **(**2002): Life-cycle associations involving pairs of holococcolithophorid species: intraspecific variation or cryptic speciation? *European Journal of Phycology,* 37:531–550.

Knappertsbusch, M., Cortés, M. and Thierstein, H. (1997): Morphologic variability of the coccolithophorid *Calcidiscus leptoporus* in the plankton, surface sediments and from the early pleistocene. *Marine Micropaleontology*, 30: 293-317.

Marreco, S. (2008): Paleoceanografia do Estádio Isotópico Marinho 11 com base em Nanofósseis Calcários. Caso de estudo ao largo da Ibéria (MD01-2443). Dissertação de Mestrado em Biologia e Gestão de Recursos Marinhos, universidade de Lisboa, 121 pp.

Parente, A., Cachão, M., Baumman, K.-H., de Abreu, L. and Ferreira, J. (2004): Morphometry of *Coccolithus pelagicus s.l.* (Coccolithophore, Haptophyta) from offshore Portugal, during the last 200 kyr. M*icropaleontology*, 50:107-120.

Renaud, S., Ziveri, P. and Broerse, A. (2002): Geographical and seasonal differences in morphology and dynamics of the coccolithophore *Calcidiscus leptoporus*. *Marine Micropaleonto*logy, 46:363– 385.

Schmidt, D., Lazarus, D., Young, J. and Kucera, M. (2006): Biogeography and evolution of body size in marine plankton. *Earth-Science Reviews*, 78: 239-266.

Un análisis tridimensional del cráneo del oso cavernario (Ursus spelaeus) proporciona nuevas evidencias sobre su "omnivoricidad"

A three-dimensional analysis of the cave bear skull supports new evidence for omnivory

B. Figueirido[1], P. Palmqvist[1], M. De renzi[2] y J. A. Pérez-Claros[1]

1 Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Campus Universitario de Teatinos, 29071 Málaga. Francisco.figueirido@uv.es, ppb@uma.es, johnny@uma.es
2 Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología evolutiva, Universidad de Valencia, Polígono La Coma s/n, 46980 Paterna, Valencia. Miquel.de.renzi@uv.es.

Resumen: En este estudio se lleva a cabo un análisis morfométrico del cráneo de Ursidae, con el objetivo de aportar nuevas evidencias sobre la dieta del oso de las cavernas (*Ursus spelaeus*) del Pleistoceno de Europa. Los análisis multivariables indican que la morfología craneal del oso cavernario es más próxima a la de los osos omnívoros que a la de los herbívoros o faunívoros especializados. Por tanto, podemos afirmar que *U. spelaeus* no estaba especializado en el consumo de materia animal o vegetal, sino que probablemente se comportaba como un omnívoro, aunque incluyendo una cantidad considerable de materia vegetal en su dieta, lo que dependería en última instancia de la disponibilidad de los recursos.

Palabras clave: Ursus spelaeus, morfometría-3D, adaptación, dieta, cráneo.

Abstract: *In this study, a three dimensional analysis of skull morphology in bear has been developed for providing new evidence on the diet of the cave bear (Ursus spelaeus) from the Pleistocene of Europe. All multivariate analyses indicate a closer resemblance of cave bears with the living omnivorous bears than with the specialized herbivores or faunivores. Therefore, cave bear skull morphology contributes evidence for a non-specialized omnivorous diet, although some populations of U. spelaeus could have included a greater percenteage of vegetal matter in the diet according to resource availability.*

Key words: *Ursus spelaeus, 3D-morphometrics, adaptation, diet, skull.*

INTRODUCCIÓN

Debido a la gran cantidad de restos fósiles que se han encontrado en las cuevas del Pleistoceno de Europa, el oso cavernario (*Ursus spelaeus*) es una de las especies extintas mejor conocidas de la edad del hielo. A pesar de ello, su dieta ha sido objeto de una controversia persistente en la literatura especializada, lo cual ha convertido su paleobiología en una temática escabrosa a la par que apasionante. El debate radica en la proporción de materia vegetal que *U. spelaeus* incorporaría a su dieta, con el objetivo último de hilar las causas de su extinción.

Tradicionalmente, se ha considerado que *U. spelaeus* fue un herbívoro especializado en base a una serie de caracteres craneales que han sido interpretados como indicadores ecomorfológicos de "herbivoricidad" en úrsidos (vg., Kurtén, 1976; Mattson, 1998). Además, análisis biogeoquímicos subsecuentes (vg., Bocherens et al., 1990) corroboraron la especialización del plantígrado al consumo de materia vegetal. Sin embargo, durante los últimos años se han recuperado evidencias biogeoquímicas (Richards et al., 2008), morfológicas (Figuerido et al., 2009) y dentarias (Peigné et al., 2009) que parecen evidenciar que el oso cavernario poseía una dieta más omnívora de lo que previamente se sospechaba.

En este trabajo se realiza por vez primera un análisis morfométrico tridimensional del cráneo del oso cavernario, con el objetivo de ofrecer nuevos datos sobre su dieta desde un punto de vista morfológico. ¿Era *U. spelaeus* un herbívoro especializado o por el contrario un mero omnívoro generalista? La respuesta a esta pregunta, según nuestros datos, revela que el oso de las cavernas fue simplemente un oso omnívoro. No obstante, su gran "disparidad" morfológica sugiere que algunas de sus poblaciones podrían haber incorporado una gran cantidad de materia vegetal a su dieta. Este hecho está de acuerdo con las conclusiones tan dispares a las que han llegado diferentes autores sobre su ecología trófica y sobre las causas de su extinción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se digitalizaron 34 landmarks craneales en 122 úrsidos actuales y en 52 osos de las cavernas con un Microscribe G2X (Fig. 1A, B). Posteriormente, se realizó un escáner de la superficie de un cráneo de oso pardo (*Ursus arctos*) con el fin de proporcionar modelos más realistas del cambio morfológico en los subsecuentes análisis multivariables (Fig. 1C).

Todos los especimenes se alinearon mediante el método de superposición de Procrusto, con el fin de eliminar la información relevante a la traslación, escalado y rotación. Posteriormente, las coordenadas

alineadas se analizaron mediante análisis de componentes principales (ACP) con el fin de observar los ejes de mayor variación morfológica craneal respecto a la forma media o consenso. También se realizó un análisis canónico (AC) para diferenciar entre los diferentes grupos tróficos de osos actuales: (i) faunivoros (*Ursus ursinus* y *Ursus maritimus*); (ii) omnívoros (*U. arctos*, *U. americanus*, *U. malayanus* y *U. thibetanus*) y (iii) herbívoros (*Tremarctos ornatus* y *Ailuropoda melanoleuca*). Además, para identificar las diferencias morfológicas craneales específicas entre omnívoros y herbívoros, se realizó un análisis discriminante (AD) entre ambos grupos tróficos, aplicando *a posteriori* tal función al oso cavernario.

Los análisis morfométricos se realizaron con el programa MORPHOJ (Klingenberg, 2008). La variación morfológica recogida en los análisis multivariables fue modelada con IDAV Landmark Editor.

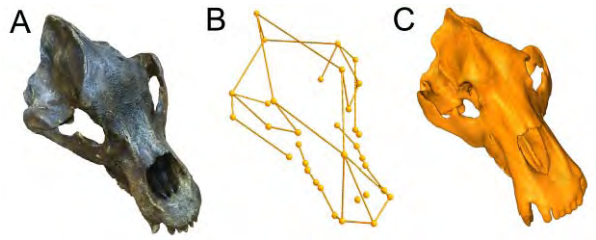


FIGURA 1. *Modelado tridimensional del cráneo de Ursidae usado en este trabajo. A, molde craneal de un oso de las cavernas alojado en el Departamento de Ecología y Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga. B, Landmarks digitalizados en el cráneo de los úrsidos actuales y del oso de las cavernas mediante un Microscribe G2X. C, modelo resultante de escanear la superficie de un cráneo de oso pardo y su posterior conversión a un cráneo de oso de las cavernas.*

RESULTADOS

El morfoespacio derivado de los componentes principales más significativos mostró que la morfología craneal de los úrsidos está principalmente correlacionada con la herencia filogenética y solo secundariamente con su ecología trófica. Además, en este morfoespacio se identificaron una serie de caracteres morfológicos propios del oso de las cavernas (vg., alargamiento rostral o la presencia de un domo frontal) y diferentes del resto de úrsidos actuales.

El AC realizado a partir de la morfología craneal de los úrsidos actuales y *U. spelaeus*, arrojó una separación estadísticamente significativa entre los diferentes grupos tróficos. Así, podemos deducir que existe una serie de caracteres morfológicos propios de cada grupo y que los distinguen entre sí. Consideramos a estos caracteres morfológicos como adaptaciones tróficas presentes en la anatomía craneal de los úrsidos actuales. Tales adaptaciones se ponen de manifiesto en el morfoespacio definido por las tres funciones canónicas derivadas del análisis (Fig. 2). No obstante, aunque la morfología craneal del oso cavernario es significativamente diferente de la del resto de grupos tróficos, resulta más parecida a la de un omnívoro que a la de un herbívoro o faunívoro especializados (Fig. 2). Además, el AD realizado para distinguir entre la morfología craneal de omnívoros y herbívoros clasificó a los 52 especimenes de oso cavernario como omnívoros, con una probabilidad superior al 95% en todos los casos. No obstante, merece la pena notar que el oso cavernario presenta un mayor rango de variación en la función discriminante que el resto de omnívoros actuales.

DISCUSIÓN

En este trabajo se han recuperado evidencias morfológicas suficientes como para afirmar que el oso cavernario del Pleistoceno de Europa fue un úrsido predominantemente omnívoro. Este resultado está de acuerdo con los últimos trabajos realizados sobre la dieta del úrsido pretérito (Richards et al., 2008; Figueirido et al., 2009; Peigné et al., 2009). No obstante, el hecho de que *U. spelaeus* presente una mayor variación que todos los omnívoros actuales en la función discriminante podría estar evidenciando una gran versatilidad trófica. De este modo, podríamos afirmar que las diferentes poblaciones de *U. spelaeus*, podrían tener diferentes dietas en función de la disponibilidad de los recursos. Tal plasticidad ecológica sería la clave para poder alcanzar un consenso sobre la dieta del plantígrado.

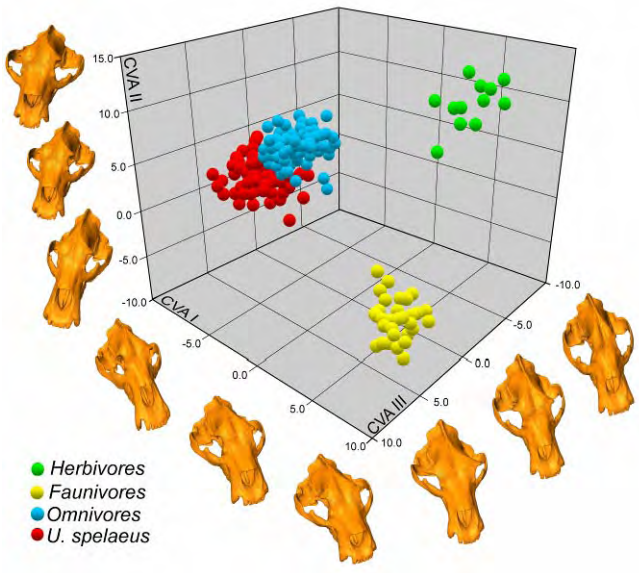


FIGURA 2. *Morfoespacio derivado a partir de las tres funciones canónicas. Los landmarks utilizados en el análisis se muestran en la figura 1B y el modelado de la superficie tridimensional en la figura 1C.*

REFERENCIAS

Bocherens, H., Fizer, H.M. y Mariotti, A. (1990): Mise en evidence alimentaire vegetarien de l'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*) par la biogeochemie isotopique (13C, 15N) des vertebres fossiles. *Comptes Rendus de Academie de Sciences de Paris* Ser. II 311: 1279–1284.

Figueirido, B., Palmqvist, P. y Pérez-Claros, J.A. (2009): Ecomorphological correlates of craniodental in bears and paleobiological implications for extinct taxa: an approach based on geometric morphometrics. *Journal of Zoology*, 277: 70-80.

Klingenberg, C.P. (2008): MORPHOJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm.

Kurtén, B. (1976): The cave bear story. Columbia University Press, New York, 163 pp.

Mattson, D.J. (1998): Diet and morphology of extant and recently extinct northern bears. *Ursus*, 10: 479–496.

Peigné, S., Goillot, C., Germonpré, M., Blondel, C., Bignon, O. y Merceron, G. (2009): Predormancy omnivory in European cave bears evidenced by a dental microwear analysis of *Ursus spelaeus* from Goyet, Belgium. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106: 5390–15393.

Richards, M.P., Pacher, M., Stiller, M., Quile` s, J., Hofreiter, M., Constantin, S., Zilhao, J. & Trinkaus, E. (2008): Isotopic evidence for omnivory among European cave bears: late Pleistocene Ursus spelaeus from the Pestera cu Oase, Romania. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA,* 105: 600–604.

Huellas de tetrápodos del Cretácico inferior (Titónico-Berriasiense) de la sierra de Oncala (Soria, España)

Tetrapods footprints of the Lower Cretaceous (Tithonian-Berriasian) of the Sierra de Oncala (Soria, Spain)

C. Fuentes Vidarte[1], M. Meijide Calvo[1], F. Meijide Fuentes[1] y M. Meijide Fuentes[1]

1 C/ Almazán 17, 2º, 42004 Soria. España. carolfuentes@ono.com

Resumen: Los yacimientos de icnitas del norte de la provincia de Soria (Sierra de Oncala, Cuenca de Cameros) pertenecen al intervalos Jurásico final-Cretácico inicial (Titónico-Berriasiense-Berriasiense medio). Se han inventariado más de 180 yacimientos de icnitas dentro del programa IDPI (Icnitas de Dinosaurios de la Península Ibérica), que han proporcionado abundantes huellas de dinosaurios (saurópodos, terópodos, ornitópodos), cocodrilos, tortugas, pterosaurios y aves, siendo muy elevado el número de nuevos icnotaxones en que se han clasificado e importantes las conclusiones sobre el comportamiento de diversos vertebrados y sobre las condiciones ambientales del norte de Soria a inicios del Cretácico.

Palabras clave: icnitas, Cretácico inferior, Soria, España.

Abstract: *The Sierra de Oncala located in the Iberian Range (Cuenca de Cameros) is formed by sedimentes from the Upper Jurassic (Tithonian) to the Lower Cretaceous (Berriasian) is known to have yieldes numerous and well conserved ichnites of vertebrates groups, including dinosaurs (sauropods, teropods, ornitopods), crocodiles, turttles, pterosaurs and birds. To date, a numerous ichnotaxa have been identified: Archaeornithipus meijidei Fuentes Vidarte, 1996, Kalohipus bretunensis Fuentes Vidarte & Meijide Calvo, 1998, Crocodylopodus meijidei Fuentes Vidarte & Meijide Calvo, 1999, Emydhipus cameroi Fuentes Vidarte, Meijide Calvo, Meijide Fuentes & Meijide Fuente., 2003, Pteraichnus vetustior, P. parvus, P. manueli, P. longipodus Fuentes Vidarte, Meijide Calvo, Meijide Fuentes & Meijide Fuentes, 2004, Therangospodus oncalensis Moratalla, 1993, Parabrontopodus disterci Meijide Fuentes, Fuentes Vidarte, Meijide Calvo & Meijide Fuentes, 1999, Brontopodus oncalensis Meijide Fuentes, Fuentes Vidarte, Meijide Calvo & Meijide Fuentes, 2004, Pteraichnus palaciei-saenzi Pascual Arribas & Sanz Pérez, 2000. It has been obtained abundant information about the fluvio-lacustrine ecosystem in which they lived.*

Keywords: *ichnites, Lower Cretaceous, Soria, Spain.*

Braquiópodos del Givetiense del dominio palentino (N de España)

Givetian brachiopods of the palentian domain (N Spain)

J. L. García-Alcalde[1]

1 Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, c/ Jesús Arias de Velasco s/n, Oviedo, 33009 Oviedo (Asturias). España. jalcalde@geol.uniovi.es

Resumen: Se describe brevemente el origen y evolución y las características estructurales del Dominio Palentino (Cordillera Cantábrica, N España). Del Emsiense en adelante, son raras las faunas neríticas devónicas en el área. Hasta hoy nunca se habían citado braquiópodos del Givetiense. Aquí se mencionan, discuten y figuran hasta 9 formas, 3 de ellas posiblemente nuevas: *Prodavidsonia havliceki* nom.nud., "*Pyramidalia" palentina* nom.nud., y *Cingulodermis sotoana* nom.nud. y otras cinco, citadas por primera vez en España: *Skenidium* cf. *polonicum*, *Rhyssochonetes* aff. *douvillei*, *Ambothyris* cf. *infima*, *Parastringocephalus* cf. *dorsalis* y *Ense andrea*. *Ense andrea* forma acumulaciones lumaquélicas de millares de individuos en un estrecho nivel de la parte baja de la Fm. Cardaño (Givetiense medio), representando probablemente el conocido "Evento Pumilio", identificado hasta ahora en Alemania, Francia y N de África. Los ejemplares palentinos de la especie son endopuntuados y poseen braquidio centroneliforme, de manera que su naturaleza terebratúlida es evidente.

Palavras-clave: Dominio Palentino, Estratigrafía, Braquiópodos, Givetiense.

Abstract: *The origin and evolution, and the structural and stratigraphical characteristics of the Palentian Domain (Cantabrian Mountains, N Spain) are summarily described. Devonian neritic faunas are scarce in the Palentian Domain from Emsian onwards. Givetian brachiopod were never previously cited in the area. Nine Givetian brachiopod species (three posssibly new: Prodavidsonia havliceki nom.nud., "Pyramidalia" palentina nom.nud., and Cingulodermis sotoana nom.nud., and other five cited for the first time in Spain: Skenidium cf. polonicum, Rhyssochonetes aff. douvillei, Ambothyris cf. infima, Parastringocephalus cf. dorsalis y Ense andrea) are mentioned, discussed and figured herein. Ense andrea forms a coquina with thousands of specimens at the base of the Cardaño Fm. (middle Givetian). This coquina could probably represent the famous "Pumilio" Event described in Germany, France and North Africa. The Palentian specimens of Ense andrea, a bad known species, are endopunctate and show a centronelliform brachidium, so that its terebratulid nature is at the present quite reliable.*

Key words: *Palentian Domain, Stratigraphy, Givetian, Brachiopods.*

INTRODUCTION

El Dominio Palentino de la Cordillera Cantábrica (también llamado "Provincia del Pisuerga-Carrión", Julivert, 1971) (Fig. 1) es un ámbito paleogeográfico que comprende rocas del Silúrico al Carbonífero Inferior, formadas en la prolongación distal de la plataforma Astur-Leonesa. Los terrenos del Dominio fueron arrastrados como mantos de corrimiento a su posición actual durante la orogenia Varisca, emplazándose sobre rocas carboníferas sinorogénicas, relativamente autóctonas, y sufrieron, más tarde, una intensa deformación en fases posteriores de la misma orogenia (Alonso et al., 2009, para bibliografía completa).

ESTRATIGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA

La mayor parte del Devónico palentino, comprende facies de plataforma externa, pero la máxima diferenciación respecto al Devónico del Dominio Astur-Leonés, de carácter proximal, se produjo a partir del Emsiense.

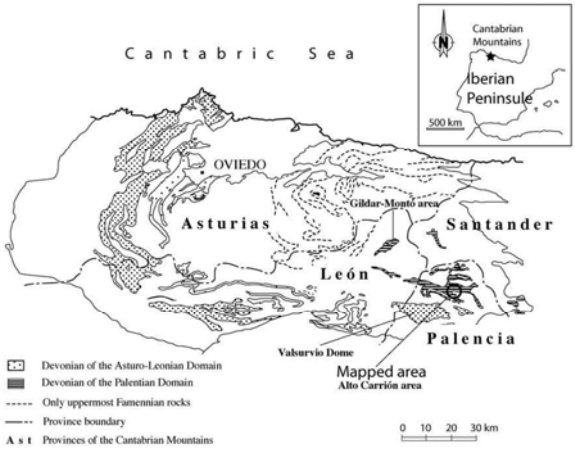


FIGURA 1. *El Devónico de la Cordillera Cantábrica. Situación de los Dominios Astur-Leonés y Palentino.*

La sucesión del Devónico palentino es, en general, muy diferente de la astur-leonesa en espesor, litología y contenido fosilífero. Respecto al espesor, se registra una fuerte condensación de la palentina que comprende un total de 800 m de rocas, frente a los 2000 m del Dominio Astur-Leonés. Y períodos particulares de tiempo, muestran aún relaciones más desequilibradas: 1 a 13 para la transición Emsiense-Eifeliense, más de 1 a 8 para el Givetiense, etc. En cuanto a las facies, las palentinas son mucho más pizarrosas, sobre todo del Emsiense al Frasniense, con episodios carbonatados escasos y de poca potencia, que contrastan fuertemente con las espesas formaciones de calizas arrecifales y pararrecifales del mismo período en el Dominio Astur-Leonés.

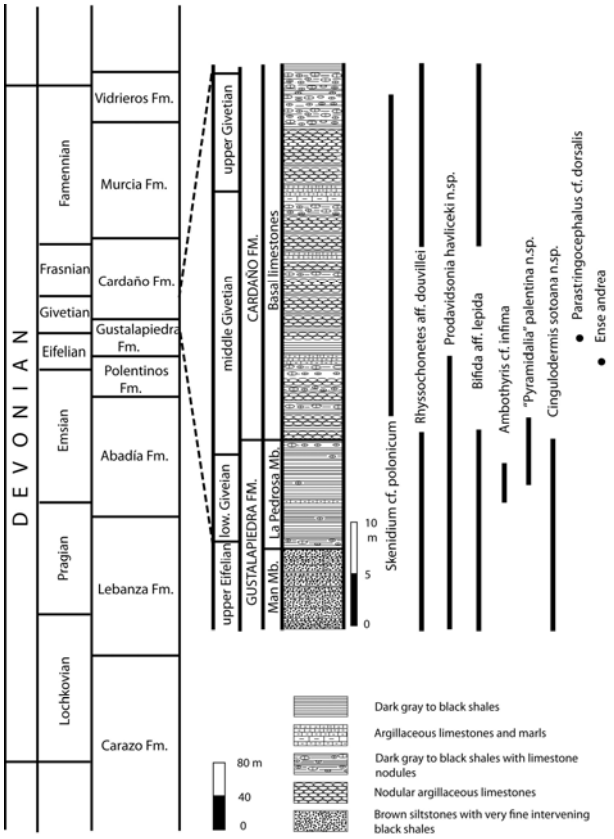


FIGURA 2. *Estratigrafía del Devónico del Dominio Palentino. Distribución de las especies de braquiópodos del Givetiense*

Facies y espesores, condicionan la naturaleza de las asociaciones fosilíferas. En el Devónico Medio, por ejemplo, las faunas palentinas, constituidas principalmente por elementos pelágicos: dacrioconáridos y ammonoideos, divergen llamativamente de las astur-leonesas, con ricas representaciones de corales, braquiópodos, briozoos y crinoideos. Esta divergencia, sobre todo en lo que a braquiópodos se refiere, fue máxima durante el Givetiense. De hecho, hasta hoy no se conocía ninguna forma del grupo en las formaciones palentinas de dicha edad: techo de la Formación Gustalapiedra (Mb. La Pedrosa) y parte baja de la Fm. Cardaño (Fig. 2). Las campañas realizadas en la zona de estudio a lo largo de catorce años, permitieron reunir una pequeña fáunula de braquiópodos, que se presenta en éste trabajo. Dicha fáunula comprende nueve especies, cuya situación estratigráfica se proporciona en Figura 2.

Tres de las especies son nuevas y serán descritas en un trabajo ulterior: *Prodavidsonia havliceki* n.nud, "*Pyramidalia*" *palentina* nom.nud. y *Cingulodermis sotoanano* n.nud. La primera es una curiosa forma de atrípido, de concha cóncavoconvexa, débilmente geniculada, con sendos conos espiralados en el interior de la valva ventral, a los cuales, quizás se acoplaron los brazos de un espiralio (Fig. 3), a la manera supuesta para el género relacionado *Davidsonia*. Respecto a la segunda especie, el género al que se asigna, *Pyramidalia*, es un taxón dudoso basado en la especie inglesa *Spirifer simplex*, que ha sido puesto en sinonimia, sin bases sólidas, con taxones endopuntuados como *Cyrtinaella* o *Squamulariina*, y otros, como *Thomasaria*, provistos de un septo medio ventral bien desarrollado. De hecho, ambos caracteres faltan en las formas identificadas como *Pyramidalia simplex* por diferentes autores y también en las nuestras. La posesión de un gran sinficio, obturando la abertura deltirial, y la ausencia de endodopuntos y septo medio ventral (Fig. 4) separa el taxón de los demás géneros con los que fue confundido. Sin embargo, hasta que no se redescriba la especie-tipo, es preferible utilizar el nombre genérico entrecomillado. Las formas palentinas difieren de *P. simplex*, en la ausencia de costillas en los flancos y en la posesión de una depresión media ventral y un pliegue dorsal mucho más débiles. *Cingulodermis sotoana* n.nud., es más pequeña, algo menos transversa y con ángulos cardinales más redondeados que las demás especies del género (Fig. 5). La frecuente fosilización de sus restos como moldes internos piritizados, permite la conservación excepcional de muchas características internas de la concha.

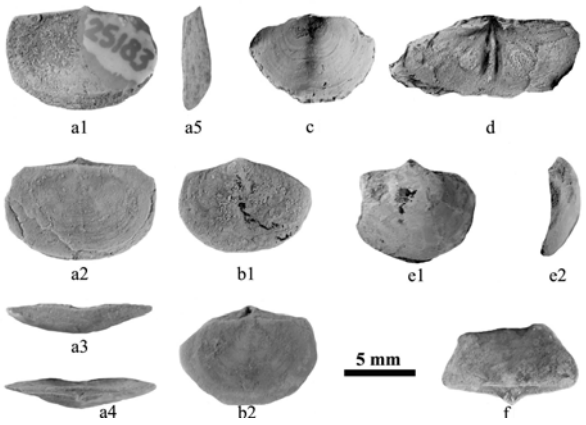


FIGURA 3. *Prodavidsonia havliceki* nom.nud.

Algunas de las otras formas reconocidas, podrían ser también nuevas, pero el material disponible es escaso y fragmentario, por lo que las clasificamos, de momento, en nomenclatura abierta. Todas ellas, con la excepción de *Bifida* aff. *lepida*, se citan por primera vez en la Cordillera Cantábrica.

a) *Skenidium* cf. *polonicum*, caracterizado por la persistencia de un área protegular con ornamentación concéntrica solamente.

b) *Rhyssochonetes* aff. *douvillei*, que presenta en la periferia interna de la valva ventral numerosas y finas elevaciones concéntricas, paralelas a la comisura anterior y oblicuas a las laterales.

c) *Bifida* aff. *lepida*, de concha lenticular, con fuerte ornamentación concéntrica y márgenes espinosos

d) *Ambothyris* cf. *infima*, con la parte media de ambas valvas recorrida por débiles depresiones, interárea ventral cataclina con bordes mal definidos, sin placas dentales y con placas crurales largas, convergiendo anteriormente.

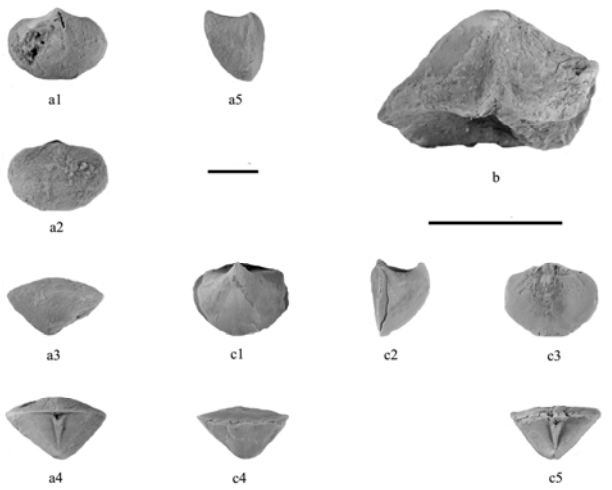


FIGURA 4. *"Pyramidalia" palentina* nom. Nud.

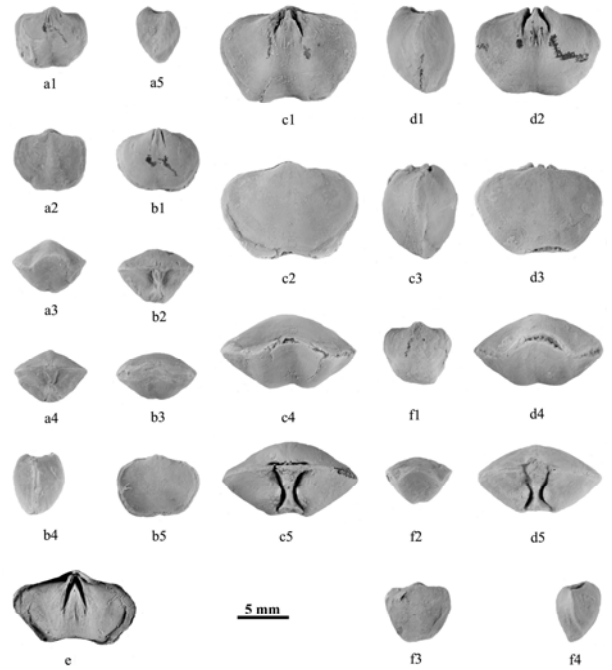


FIGURA 5. *Cingulodermis sotoana* nom. Nud.

Con todo, en el conjunto estudiado son especialmente llamativas dos formas de terebrátulidos: *Parastringocephalus* cf. *dorsalis* y *Ense andrea*. La primera es conocida sólo por un único ejemplar de gran tamaño, sorprendentemente bien conservado pese a la abrasión de la concha, y es el único estringocefálido hallado hasta ahora en Palencia y, al mismo tiempo, el primer representante de *Parastringocephalus* en España. La estructura endopuntuada de la concha y el aspecto espiriferoide típico, con una clara depresión media ventral y una elevación dorsal, hendida medianamente (Fig. 6), remite éste ejemplar al género donde se ha situado.

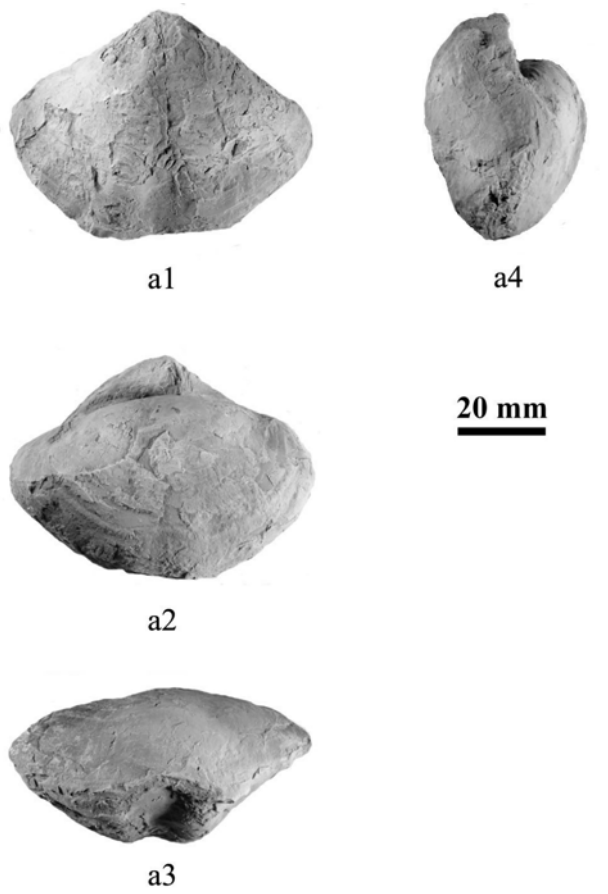


FIGURA 6. *Parastringocephalus* cf. *dorsalis* (d'Archiac & Verneuil, 1842).

Ense andrea (Fig. 7) constituye el extremo opuesto de *Parastringocephalus*, tanto por su pequeño tamaño como por su enorme abundancia. Este curioso taxón aparece en un nivel localizado de la parte baja de la Fm. Cardaño, formando una acumulación lumaquélica de millares de individuos, habitualmente desarticulados y en diferentes estadios de crecimiento. Las especies de Ense fueron colectivamente conocidas hasta 1992 como "*Terebratula pumilio*", masivamente representadas en uno o en dos horizontes próximos, de edad Givetiense medio, descubiertos por primera vez en Alemania y, más tarde, en Francia, Marruecos y Argelia y, ahora, en el Norte de España. La naturaleza de las formas de "pumilio" fue muy discutida porque el tipo de preservación no permitía apreciar la estructura interna de la concha. Ésta aparece clara en algunos ejemplares palentinos, donde se presenta como densamente endopuntuada, y, como además, las formas palentinas poseen un braquidio acintado en la valva dorsal,

estructura sugerido ya en algunas formas marroquíes, la pertenencia al Orden Terebratulida parece indiscutible. La acumulación de conchas pumiliformes, hoy día integradas en tres especies: *Ense andrea*, *E. alberti* y *E. pumilio* s.str. (Struve, 1992), en niveles lumaquélicos de algunos centímetros de espesor, llevó a Lottmann (1990) a emitir la hipótesis de que se trataba de horizontes de agregación de organismos exterminados por una gran ola mareal (tsunami). Dicho fenómeno se originaría en el mar Reico y se propagaría hacia las plataformas continentales de los paleocontinente Baltica y Gondwana. Ésta idea no concuerda con la distribución de los demás fósiles de organismos marinos del área, que no reflejan tasas similares de mortalidad, ni se acumulan en los mismos niveles, ni con la ausencia de señales sedimentológicas claras de un evento de tal magnitud. Por ello, otros autores han sugerido que podría tratarse, más bien, de brotes oportunistas (blooms) relacionados con el aumento episódico de nutrientes (eutrofización) (Ebbighausen et al., 2004), lo que cuadra mejor con la existencia de acumulaciones similares de pequeños braquiópodos en otros niveles de la sucesión palentina y del N de Africa, de edades del Eifeliense superior al Givetiense superior.

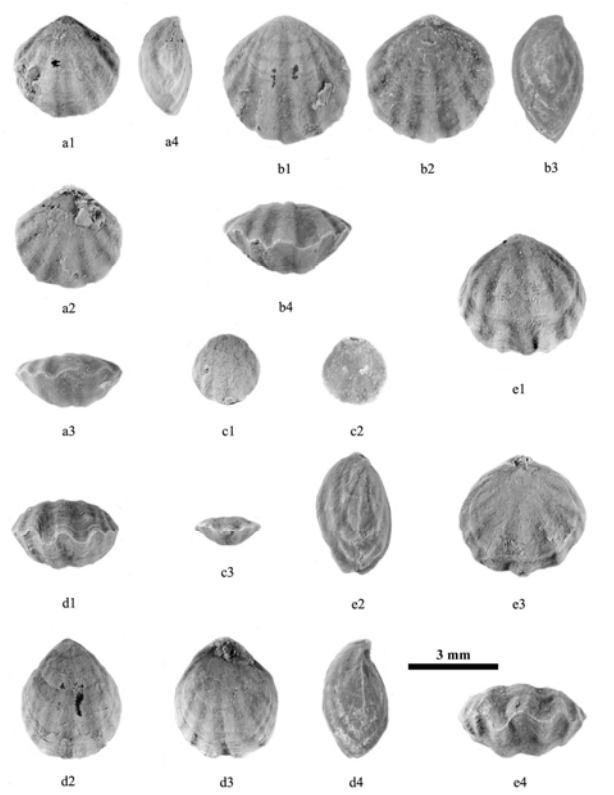


FIGURA 7. *Ense andrea* Struve, 1992.

CONCLUSIONES

El Dominio Palentino comprende rocas del Silúrico al Carbonífero inferior formadas en la prolongación distal de la plataforma Astur-Leonesa. Los terrenos del Dominio fueron arrastrados como mantos de corrimiento a su posición actual durante la orogenia Varisca, emplazándose sobre rocas carboníferas sinorogénicas, relativamente autóctonas, y sufrieron, más tarde, una intensa deformación en fases posteriores de la misma orogenia.

Durante el Devónico, el Dominio se caracterizó principalmente por facies de plataforma externa, principalmente pizarrosas, con faunas neríticas muy escasas, facies condensadas respecto a las neríticas contemporáneas del Dominio Astur-Leonés. Durante el Givetiense, en particular, los braquiópodos fueron tan escasos que no se conocía ninguna forma del grupo de dicha edad hasta ahora. En este trabajo se mencionan, discuten y proporcionan imágenes de nueve taxones, tres posiblemente nuevos (*Prodavidsonia havliceki* n.nud, "*Pyramidalia*" *palentina* nom.nud. y *Cingulodermis sotoanano* n.nud), otros cinco citados por primera vez en la Cordillera Cantábrica (*Skenidium* cf. *polonicum*, *Rhyssochonetes* aff. *douvillei*, *Ambothyris* cf. *infima*, *Parastringocephalus* cf. *dorsalis* y *Ense andrea*), y el último (*Bifida* aff. *lepida*), bien conocido en otros ámbitos de la Cordillera Cantábrica. Estas especies suelen ser muy escasas y conservarse como moldes externos e internos. Sin embargo, *Ense andrea*, integra acumulaciones lumaquélicas de millares de individuos, más o menos desarticulados, empaquetados en un estrecho horizonte de la parte baja de las calizas de la Fm. Cardaño (Givetiense medio), representando probablemente el llamado "Evento Pumilio". La acumulación de conchas pumiliformes ha sido observada en niveles coetáneos de varias áreas europeas (Alemania, Francia) y del Norte de África (Marruecos, Argelia) y se interpretó como el resultado de una gigantesca ola mareal (tsunami) en el mar Reico, que afectaria áreas de plataforma de los paleocontinentes Baltica y Gondwana. Pero podría tratarse, más bien, de brotes oportunistas (blooms) relacionados con el aumento episódico de nutrientes (eutrofización).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto IGCP 499 "Evolution of the ecosystems and climates during the Devonian" y fue financiado por el proyecto español MEC-05-CGL 2005-03715 "Fases de desarrollo de asociaciones de corales y estromatoporoideos en el Devónico inferior de la Cordillera Cantábrica (NO de España y relación de estos sucesos con eventos geo-biológicos" y fondos FEDER.

REFERENCIAS

Alonso, J.L., Marcos, A. y Suárez, A. (2009): Paleogeographic inversion resulting from large out of sequence braching thrusts: the León Fault (Cantabrian Zone, NW Iberia). A new picture of the external Variscan Thrust Belt in the Ibero-Armorican Arc. *Geological Acta*, 7(4): 451-479.

Ebbighausen, V., Bockwinkel, J., Becker, T.R., Aboussalam, S.Z., Bultynck, P., El Hassani, P. y Nübel, H. (2004): Late Emsian and Eifelian stratigraphy at Oufrane (Tata region, eastern Dra Valley, Morocco). En: Devonian of western Anti-Atlas: correlations and events (A. El Hassani, ed.).

Documents de l'Institut Scientifique, Rabat, 19: 44-52.

Julivert, M. (1971): L'évolution strructurale de l'Arc Asturien. En: Histoire Structurale du Golfe de Gascogne, *Publications de l'Institut Français du Pétrole*, 1(2): 1-28.

Lottmann, J. (1990): Die pumilio-Events (Mittel-Devon). *Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie*, 44: 1-98.

Struve, W. (1992): Neues zur Stratigraphie und Fauna des rhenotypen Mittel-Devon. Senckenbergiana lethaea, 71(5/6): 503-624.

Tafonomía de los seláceos del Plioceno de Huelva, SO de la Cuenca del Guadalquivir, España

Selachians taphonomy of the Pliocene of Huelva, Southwestern of the Guadalquivir basin, Spain

E. X. M. García[1], A. Balbino[2,3], M. Antunes[2,4], F. Ruiz[5], J. Civis[6] y M. Abad[5]

1 Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Km 15.5 carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, Zapopan, c.p. 45110 Jalisco. MÉXICO. edithxiomara@gmail.com
2 Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica. Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Quinta da Torre., 2829-516 Caparica. PORTUGAL.
3 Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora. PORTUGAL. acaceres@uevora.pt
4 Academia das Ciências de Lisboa, Rua da Academia das Ciências, 19, 1249-122 Lisboa. PORTUGAL. migueltellesantunes@gmail.com
5 Departamento de Geodinámica y Paleontología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, Avda. de las Fuerzas Armadas, s/n, 21071 Huelva. ESPAÑA. ruizmu@uhu.es
6 Área de Paleontología, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced, s/n, 37008 Salamanca. ESPAÑA. civis@usal.es

Resumen: Se han realizado análisis tafonómicos a partir del estudio de dientes y otros ictiolitos de seláceos de ocho secciones en donde aflora la formación Arenas de Huelva, Plioceno inferior, suroeste de la cuenca del Guadalquivir. El nivel de limos glauconíticos es donde se presenta la mayor abundancia de restos de seláceos e ictiolitos, en las secuencias de acumulaciones de moluscos se aprecia una disminución de la abundancia. Se encontró un mejor estado de preservación de los restos en las secciones de Niebla-Cabezo de las Cruces, Bonares-Casa del Pino, Bonares-Ambulatorio, Bonares-B y El Rompido.

Palabras clave: Tafonomía, Seláceos, Plioceno, Huelva, España

Abstract: *A taphonomic analysis on teeth and other selachians ichthyolits has been made. It concerns eight sections where Arenas de Huelva Fm, lower Pliocene in age is exposed in the SW part of the Guadalquivir basin. Glauconitic silts are richest in selachian remains, which are scarce in mollusk accumulation sequences. The best preservation has been observed at the Niebla-Cabezo de las Cruces, Bonares-Casa del Pino, Bonares-Ambulatorio, Bonares-B and El Rompido sections. In general the enamel is well preserved, although some teeth present crown and root mutilations. Remains from Moguer to San Cristobal (summit) and Bonares-Cantera de Arcilla are poorly preserved. Crown and root are often mutilated.*

Key words: *Taphonomy, Selachians, Pliocene, Huelva, Spain*

INTRODUCCIÓN

La Cuenca terciaria del Guadalquivir, localizada en el suroeste de España; esta rellenada por sedimentos depositados en la cuenca de antepaís que conectaba el mar Mediterráneo y el océano Atlántico durante el Neógeno (González-Delgado et al., 2004). En la parte suroriental de la cuenca, se depositaron cuatro formaciones geológicas con macro y microfósiles: Fm Calcarenita de Niebla (Tortoniense superior), Fm Arcillas de Gibraleón (Tortoniense superior/Messiniense), Fm Arenas de Huelva (Plioceno inferior) (Civis et al., 1987) y Fm Arenas de Bonares (Plioceno-Cuaternario) (Mayoral y Pendón, 1987) (Fig. 1).

Investigadores han realizado trabajos aportando información sobre especies a partir de dientes y vértebras de seláceos de la formación Arenas de Huelva (Ruiz et al., 1996; Ruiz et al., 1997). En este trabajo, se presentan análisis tafonómicos a partir del estudio de los dientes de seláceos y otros ictiolitos de seláceos, encontrados en ocho afloramientos de la formación Arenas de Huelva.

La Formación Arenas de Huelva, inicia con un nivel de glauconita de 2 a 4 m de espesor, considerado como el marcador Mioceno-Plioceno (5,33 Ma) para el suroeste de la cuenca del Guadalquivir (González-Delgado et al., 2004). Suprayacente a este nivel, se encuentran otros formados por arenas finas y limos gris-amarillentos, con bioturbación y con frecuentes intercalaciones lumaquélicas de moluscos generadas por tormentas (González Delgado et al., 1995). Hacia techo suele contener numerosos nódulos calcáreos como consecuencia de la disolución de la macrofauna.

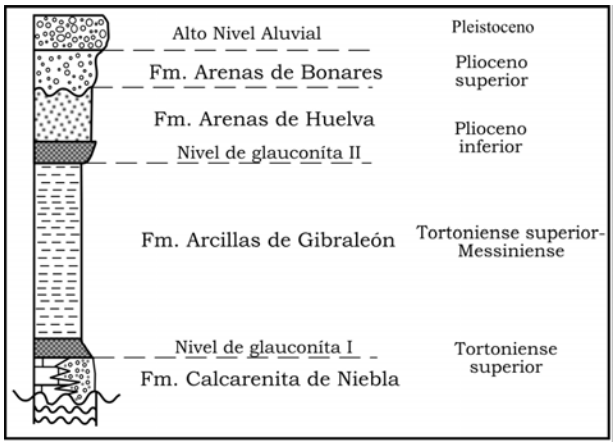


FIGURA 1. *Formaciones neógenas de Huelva.*

METODOLOGÍA

Se muestrearon 8 localidades dentro de la provincia de Huelva, en donde aflora la formación Arenas de Huelva. Se levigaron más de 300 kg de sedimentos utilizando tamices de 0,5 y 1 mm de luz de malla. Estos sitios de colecta se localizan en el sur de Huelva, dentro de la población de Niebla, donde se encuentran las localidades de Niebla-Cabezo de las Cruces y Cabezo de San Cristóbal. En la población de Bonares están las localidades de Bonares-Casa del Pino, Bonares-Ambulatorio y Bonares-B. En el pueblo de Moguer se encuentra la localidad Moguer-A y en Cartaya, la localidad El Rompido (Fig. 2).



FIGURA 2.- *Localización de las localidades de estudio.*

El material fósil estudiado se encuentra depositado en la Colección de Paleontología de la Universidad de Salamanca, España. Para la determinación del material se comparo con dientes de especies actuales y fósiles, de las colecciones de Paleontología de la Universidad de Évora, Portugal y la Academia de Ciencias de Lisboa.

RESULTADOS

Fueron determinaron 31 taxones de seláceos, que se encuentran distribuidos en 6 ordenes, Carcharhiniformes (32%), Lamniformes (26%), Myliobatiformes (23%), Rajiformes (10%), Hexanchiformes (6%) y Squaliformes (3%) (Fig. 3).

El orden con más abundancia fué el del los Rajiformes con cerca del 57%, le siguen los Carcharhiniformes con un 24%, después los Myliobatiformes 10%, Lamniformes 7%, Hexanchiformes 1% y con menos de 1% los Squaliformes.

En la sección de Bonares-Cantera de Arcilla, que aflora la Formación "Arcillas de Gibraleón", se encontró un solo taxón de batomorfos. La sección de Bonares-Casa del Pino, con 22 taxones de seláceos, es la que posee mayor número de taxones, se encontraron 20 dientes de escualomorfos y galeomorfos y 30 de batomorfos. La sección Bonares-Ambulatorio presenta 13 taxones, sin embargo aparece una mayor abundancia de restos dentarios, 15 de galeomorfos y 51 de batomorfos.

La sección Niebla-Cabezo de las Cruces, con 11 taxones, presenta 9 dientes de galeomorfos y 26 dientes de batomorfos. La sección El Rompido, posee 9 taxones, con 10 dientes de galeomorfos y 9 dientes de batomorfos. La sección Bonares-B, con 6 taxones, con 4 dientes de galeomorfos y 2 de batomorfos. La sección Moguer-A posee 5 taxones, con 5 dientes de galeomorfos y 10 de batomorfos. Con 1 taxón y 1 diente, se encuentran las secciones de Cabezo de San Cristóbal y Bonares-Cantera de Arcilla

También se encontraron otros tipos de ictiolitos, como un aguijón caudal en la sección de Bonares-Ambulatorio; 6 escamas placoideas de batoideos en las secciones de Niebla-Cabezo de las Cruces, Bonares-Ambulatorio y Moguer-A y una vértebra de seláceo en la sección de Niebla-Cabezo de las Cruces. Los dientes de seláceos son más abundantes en el nivel de limos glauconíticos, después le siguen las intercalaciones lumaquélicas de moluscos.

DISCUSIÓN

La mayoría de los restos se concentran en el nivel glauconítico que fue depositado durante el máximo transgresivo de la formación (Sierro et al., 1996). Las asociaciones de ictiofauna indican que era un medio de plataforma abierta, con una profundidad inferior a los 100 m (García, 2008). Posteriormente aparecen varias

secuencias de niveles de acumulación de moluscos en la vertical, en donde aparece una disminución de los restos de seláceos.

En general, el registro fósil de los seláceos en las secciones de Niebla-Cabezo de las Cruces, Bonares-Casa del Pino, Bonares-Ambulatorio, Bonares-B y El Rompido, se encuentra mejor conservado que en las secciones de Moguer-A, Cabezo de San Cristóbal y Bonares-Cantera de Arcilla. El estado de conservación de los dientes de escualomorfos y galeomorfos de las secciones de Niebla-Cabezo de las Cruces, Bonares-Casa del Pino, Bonares-Ambulatorio, Bonares-B y El Rompido, es regular. Algunos dientes, como en los *Carcharhinus* y *Carcharocles*, presentan frecuentes mutilaciones, sin embargo la crenulación de los bordes se encuentra bien definida. En todos los dientes de *Megascyliorhinus* cf. *miocaenicus* se ha perdido la raíz. Algunos dientes de *Carcharias taurus* han perdido los dentículos laterales. En casi la totalidad de los dientes de escualomorfos y galeomorfos presentan un esmalte aún brillante, con excepción de algunos dientes de *Carcharias taurus* e *Isurus* sp.

Los dientes de los batomorfos están regularmente conservados, debido a que la mayor parte de ellos tienen mutilada la raíz y algunos se encuentran mutilados de la corona, sobre todo en los *Raja.* En la raíz de los escualomorfos, galeomorfos y batomorfos se aprecian residuos de glauconita, confiriéndoles tonalidades verdosas oscuras.

En la sección de Moguer-A, los dientes de galeomorfos y batomorfos se encuentran peor conservados, presentan un gran deterioro del esmalte, mutilación de la corona y la raíz. En la secciones de Cabezo de San Cristóbal, únicamente se encontró un diente de *Carcharias taurus*, esto puede ser posible debido a la alteración diagenética y la abrasión tafonómica.

En la sección Bonares-Cantera de Arcilla, únicamente se halló un diente de *Raja olisiponensis*, con la raíz mutilada y el esmalte bien conservado. Es posible que en la Formación "Arcillas de Gibraleón", sean escasos los restos de seláceos, en comparación con la Formación "Arenas de Huelva", debido a que la primera se deposito en un ambiente mucho más profundo y con una mayor tasa de sedimentación. Los ictiolitos como escamas placoideas en su mayoría han perdido la placa basal, el esmalte si se encuentra bien conservado. El aguijón caudal esta esmaltado y deteriorado en los bordes.

CONCLUSIONES

Se encontró un mejor estado de preservación en las secciones de Niebla-Cabezo de las Cruces, Bonares-Casa del Pino, Bonares-Ambulatorio, Bonares-B y El Rompido, en estas secciones el esmalte en general se encuentra bien conservado, sin embargo algunos dientes presentan mutilaciones de la corona y la raíz. Las secciones Moguer-A, Cabezo de San Cristóbal y Bonares-Cantera de Arcilla se encuentran peor conservados; el esmalte se encuentra mal preservado y además presentan frecuentes mutilaciones en la corona y la raíz.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara, Universidad de Salamanca y Grupo Santander Central Hispano por una beca doctoral y al proyecto CGL2006-05473/BTE.

REFERENCIAS

Civis, J., Sierro, J. F., González-Delgado, J. A., Flores, J. A., Andrés, I., Porta, J. y Valle, M. F. (1987): El Neógeno marino de la provincia de Huelva, antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. En: *Paleontología del Neógeno de Huelva* (*W del Guadalquivir*), (J. Civis, ed). Ediciones Universidad de Salamanca, 9-27.

García, E. X. M. (2008): Condrictios y Osteíctios del Neógeno de Huelva (Formación "Arenas de Huelva"), Salamanca, España, Universidad de Salamanca, tesis doctoral, 313 pp.

González-Delgado, J. A., Andrés, I. y Sierro, F. J., (1995): Late Neogene molluscan faunas from the Northeast Atlantic (Portugal, Spain, Morocco). *Geobios*, 28: 459-471.

González-Delgado, J.A. (coord), Civis, J., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Ledesma, S., Pais, J., Sierro, F.J. y Zazo, C. (2004): Cuenca del Guadalquivir. En: *Geología de España* (J. A. Vera, Ed.) *SGE-IGME*, Madrid, 543-550.

Mayoral, E. y Pendón J. G. (1987): Icnofacies y sedimentación en zona costera, Plioceno superior?, litoral de Huelva. *Acta Geologica Hispanica*, 21-22: 507-514.

Ruiz, M., Clauss, F. y González-Regalado, M. L. (1996): Primeras consideraciones sobre los Condrictios de la Formación "Arenas de Huelva". *Stvdia Geológica Salmanticensia*, 32: 129-139.

Ruiz, F., González-Regalado M. L. y Sanz, J. L. (1997): *Guía de Fósiles del Sur de la provincia de Huelva.* Servicio de Publicaciones de la Diputación de Huelva, 100 p.

Asociaciones de gasterópodos terrestres del Pleistoceno Superior de Gran Canaria (Islas Canarias). Estudio preliminar

Land snails assemblages of Late Pleistocene from Gran Canaria (Canary Islands). A preliminary study

C. M. García-Gotera[1], C. Castillo[1], M. L. Quesada[2], J. De la Nuez[2] , M. Ibáñez[1], M. R. Alonso[1], M. Valido[3], F. La Roche[4] y J. Cedrés[5].

1 Dpto. de Biología Animal, Fac. de Biología, Un. de La Laguna, Avda Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38206 La Laguna, Tenerife. cmgotera@ull.es , ccruiz@ull.es.
2 Dpto. de Edafología y Geología, Fac. de Biología, Un. de La Laguna, Avda Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38206 La Laguna, Tenerife. jnuezpes@ull.es
3 Dirección General de Ordenación e Innovación educativa. C/ León y Castillo, 57,, 35003 Las Palmas de Gran Canaria.
4 Dpto. de Análisis Matemático. Fac. de Matemáticas, Un. de La Laguna. Avd. Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38206 La Laguna, Tenerife. froche@ull.es
5 Instituto de Enseñanza Secundaria Lomo de La Herradura. Nicolás Copérnico S/N, Telde, Gran Canaria.

Resumen: Hemos descrito siete asociaciones de gasterópodos terrestres de ambientes costeros del Pleistoceno superior de la isla de Gran Canaria, en diferentes columnas estratigráficas localizadas entre 0 y 110 metros de altitud. En tres de las asociaciones domina una o más especies de helícidos, en otras tres predomina este grupo junto con coclicélidos, y en la restante los helícidos con los pomátidos. Estas diferencias composicionales y su distribución insular se considera que podrían estar relacionadas con variaciones microclimáticas y/o temporales entre los niveles estudiados.

Palabras clave: Caracoles terrestres, asociación, fósil, Gran Canaria.

Abstract: *Seven terrestrial gastropod assemblages in different stratigraphic sections of coastal environment in the Late Pleistocene from Gran Canaria island, localized between 0 and 100 metres above sea level, have been described. In three of the assemblages one or more species of Helicidae dominates, in three of the others there is a prevalence of the latter with Cochlicellidae and in the last one Helicidae with Pomatidae is the association more common. These assemblages compositional differences and their distribution in the island could be related with microclimatics and/ or temporal variations among the sections studied.*

Key words: *land snail assemblages, fossil, Gran Canaria.*

INTRODUCCIÓN

El estudio de las asociaciones fósiles de gasterópodos terrestres es útil en palaecología, porque permite establecer reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales así como evidenciar diferentes procesos evolutivos (Hutley et al., 2008). Tiene gran interés en los ecosistemas insulares al constituir uno de los grupos faunísticos con mayor número de endemismos.

La distribución local de los caracoles terrestres está determinada principalmente por el microclima, la cobertura vegetal (Sümegi et al. 2000) y las características físicas del hábitat (Suominen et al. 2003). Así, en una determinada región, la diversidad de estos moluscos se ve favorecida por una mayor variedad de ambientes disponibles, por el gradiente altitudinal y por marcados contrastes locales en el régimen de pluviometría. La diversidad también se puede incrementar por fenómenos de microdiferenciación local, debido por ejemplo a las fluctuaciones Plio-Cuaternarias climáticas y del nivel del mar que han fragmentado y reconectado los hábitats costeros, causando extinciones locales de especies y favoreciendo la especiación alopátrica, como los descritos en las islas de Porto Santo y Madeira y en regiones costeras mediterráneas y australianas entre otras (Cameron et al. 2000: Cameron y Cook, 2001). Los autores anteriores han agrupado las comunidades de gasterópodos terrestres actuales de hábitats costeros de Madeira en función de un patrón geográfico, debido principalmente a su topografía que genera un fuerte gradiente de precipitaciones.

En las islas orientales del archipiélago canario (Lanzarote y Fuerteventura) se han caracterizado varios tipos de asociaciones de caracoles terrestres fósiles: a) las que dominan los Helícidos del género *Theba* (*T.geminata-T. arinagae*) y en menor proporción el coclicélido *Monileraria monolifera* (Yanes et al. 2008), que aparecen en depósitos eólicos situados en una franja altitudinal entre 0 y 300 metros; y b) otro tipo restringido a la zona norte de la isla de Lanzarote y a una cota superior a 300 m. snm, donde los parmacélidos del género *Cryptella* son los gasterópodos más

abundantes (36-50%), seguidos en abundancia por el género *Theba* (*T.sp1* o *T.impugnata*), *Ferussacia lanzarotensis* y *Monilearia monilifera* (Castillo et. al 2009).

En este trabajo hacemos una primera aportación al del estudio de las asociaciones de gasterópodos terrestres presentes en el registro fósil de la isla de Gran Canaria.

METODOLOGÍA

Hemos estudiado un total de 6.420 bioclastos de gasterópodos terrestres de 25 niveles pertenecientes a 10 columnas estratigráficas, distribuidas en distintos puntos de la isla de Gran Canaria (Fig. 1): dos en el noroeste, CPA (Punta de las arenas) y CLB (Llanos de la Botija); uno en el norte, CLI (La Isleta); y las siete restantes en una orientación noreste-este-sureste, CPJ (Punta de Jinámar), CTU (Tufia), CTP (Tumba del Pescador), CGL (El Lazareto de Gando), CCG (Cantera de Gando), CRG (Roque de Gando) y CMA (Montaña de Arinaga). Todas estas localidades se sitúan actualmente entre 0 y 110 m sobre el nivel del mar. Según la metodología elaborada por Ortiz et al. (2006), el nivel fosilífero más antiguo datado por aminocronología corresponde a 44,4 ka (CPJ-1) y el más moderno a 22,2 ka (CPA-3), por lo que las asociaciones analizadas pertenecen al Pleistoceno superior previo al último máximo glacial (LGM) (Castillo et al., 2008).

Para cada nivel estratigráfico hemos realizado un muestreo que ha consistido en un tamizado en seco, con tamices de luz de malla de 1 mm, de 15 kg de sedimento repartidos en tres réplicas homogéneas. Para identificar las posibles asociaciones hemos agrupado los distintos niveles utilizando los índices de similitud de Bray-Curtis (programa estadístico PAST 1.94), que tiene en cuenta los valores de abundancia relativa de cada taxón.

En la descripción de las asociaciones solo hemos tenido en cuenta las especies fundamentales, aquellas que tienen una abundancia relativa superior al 10% y se encuentran presentes, al menos, en la mitad de los niveles de la agrupación (Velasco et al. 1993). Hemos considerado como taxón dominante el que alcanza valores de abundancia relativa igual o superior al 60%.

RESULTADOS

El análisis cluster (Fig. 2) nos permite diferenciar 7 asociaciones de gasterópodos terrestres en el Cuaternario superior de Gran Canaria con un índice de similitud próximo al 60%.

Grupo 1: las asociaciones de gasterópodos terrestres de este conjunto se localizan en el este-sureste de la isla, y se caracterizan por la abundancia del helícido *Theba arinagae* con valores superiores al 45% en todos los casos. Otros taxones importantes son *Obelus pumilio*, *Hemicycla glasiana* y el género *Monilearia* (*M. montigena y M. caementitia*), que pueden ser localmente muy abundantes. El subgrupo 1a se caracteriza por la mayor abundancia de *H. glasiana*, que llega a superar el 30% en la Tumba del Pescador, y en el 1b se detectan los valores de abundancia relativas más altos de *T. arinagae* (64-92%).

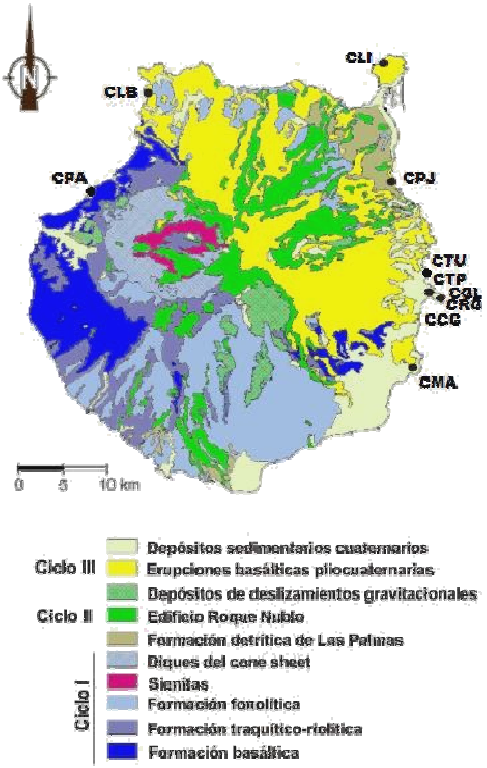


FIGURA 1. *Mapa geológico de la isla de Gran Canaria donde se señalan las localidades muestreadas*

Grupo 2: El taxón más abundante es *M. caementitia*, registrándose los valores más altos (46%) de este género en el registro fósil insular. *T. arinagae* y *P. adjunctus* conforman el resto de especies más características. Sólo se ha detectado en el este de la Isla, en el nivel CCG-4.

Grupo 3: Asociación exclusiva del nivel CGL-4, y presente también en el sector este de Gran Canaria, está formada por el helícido *H. aff. psathyra* que es el taxón más abundante (44%), seguido de *Monilearia montigena* y *Theba arinagae*.

Grupo 4: Incluye la asociación de gasterópodos del único yacimiento localizado en el norte de Gran Canaria (CLI). Estructuralmente se separa del resto por los altos porcentajes - próximos al 30% - de *H. glasiana* y *P. adjunctus*; le siguen en importancia *H. saulcyi-carta* y *M. tumulorum*. Estas dos últimas especies son exclusivas de esta localidad, al igual que las especies no fundamentales *Plutonia sp., Gibbulinella dealbalta* y *Napaeus isletae*.

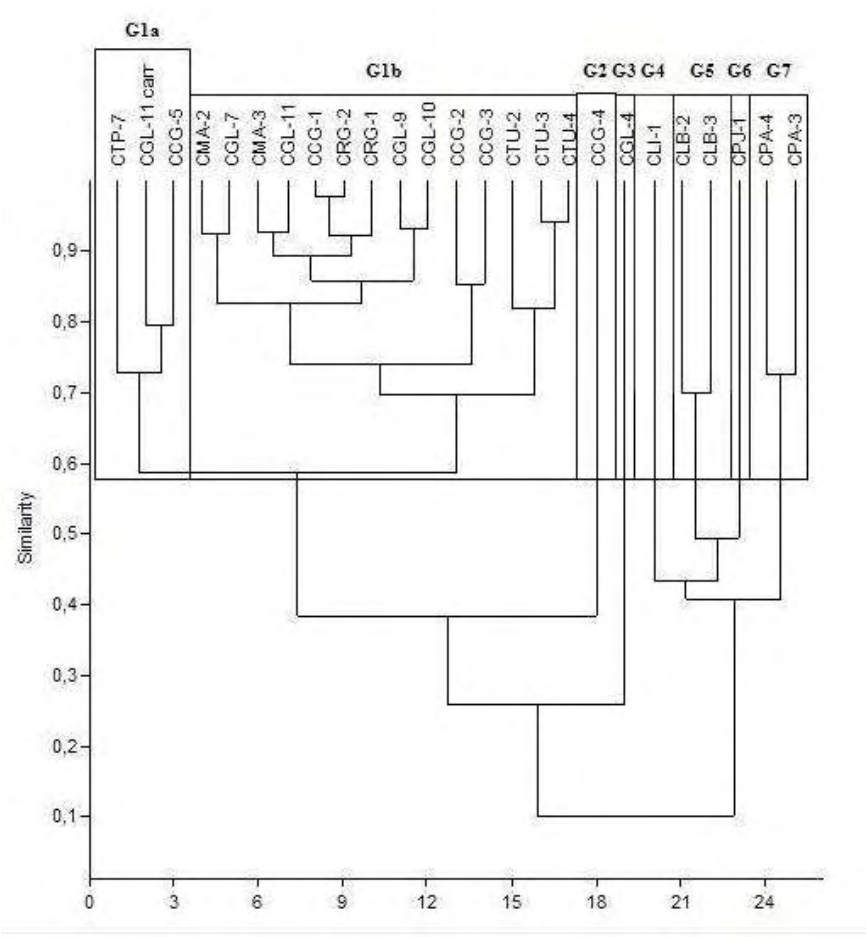


FIGURA 2. *Dendrograma resultante del análisis cluster de los índices de similitud de Bray-Curtis (abundancia relativa) entre los 25 niveles fósiles pleistocénicos estudiados en este trabajo.*

Grupo 5: Se define por la dominancia de *Hemycicla glasiana*, junto con *H.* aff. *psathyra*, *M. caementitia*, *Pomatias adjuntus* y *T.* aff. *grasseti*. Este tipo de asociación se encuentra restringida al yacimiento Llanos de la Botija, al noroeste de la isla.

Grupo 6: Corresponde a la asociación de un único yacimiento, Punta de Jinámar, situado en el sector noreste de la isla. Se caracteriza por los valores altos de *Monilearia montígena* y *H. glasiana*, superando ambas especies el 36% de abundancia relativa, siendo además importante *P. adjuctus*.

GRUPO	Denominación de la asociación	Distribución
G1	*T. arinagae* + *H. glasiana* (1a) *Theba arinagae* (1b)	Este-Sureste
G2	*Monilearia* + *Theba arinagae*	Este-Sureste
G3	*H.* aff. *psathyra* + *Monilearia*	Este-Sureste
G4	*H.glasiana* + *P. adjuntus*+ *H. saulcyi-carta*	Norte
G5	*H.glasiana*	Noroeste
G6	*M. montigena* + *H.glasiana*	Noreste
G7	*T.* aff. *grasseti* + *H.glasiana*	Noroeste

TABLA 1. *Asociaciones fósiles de gasterópodos terrestres definidas en los ambientes costeros de Gran Canaria. En cada asociación los taxones han sido ordenados por su importancia en la paleocomunidad, y se han nombrado teniendo en cuenta aquellos taxones hasta llegar al 60% de la abundancia relativa*

Grupo 7: Se caracteriza por la mayor proporción de *T. aff. grasseti* (entre 30-50%), a la que acompañan *H. glasiana*, *M. caementitia* y *Caracollina lenticula.* Esta asociación faunística la encontramos en el noroeste de la isla de Gran Canaria en el yacimiento costero de la Punta de Las Arenas.

DISCUSIÓN

En Gran Canaria hemos definido, al menos, siete tipos de asociaciones de gasterópodos terrestres del Pleistoceno superior (edades comprendidas entre 44.4 ka y 22,2-ka) previo al LMG, que se distribuyen en diferentes áreas costeras comprendidas entre 0 y 110 metros de altitud. En la mitad de ellas dominan los helícidos; este grupo comparte protagonismo con los coclicélidos en tres grupos (G2, G3 y G6) y con los pomátidos en el grupo 4. En todas las asociaciones estudiadas los helícidos se encuentran representados con un mayor número de especies. Este patrón de dominancia en los hábitats costeros de la familia Helicidae también se ha observado tanto en Lanzarote y Fuerteventura (Yanes et. al 2008) como en Madeira (Cameron y Cook 2001).

La distribución geográfica de las asociaciones de Gran Canaria muestra que aquellas donde domina un único taxón se encuentran en el noroeste y este-sureste, mientras que la que tiene mayor diversidad de taxones

dominantes (tres especies) se halla en el norte de la Isla. Además, se observa dos patrones generales de similitud, uno que engloba a los perfiles del norte, noroeste y noreste (asociaciones de G4 a G7), y el otro a las columnas del este y sureste con independencia de su edad. Esta distribución se puede relacionar con un microclima y una cobertura vegetal diferencial entre las diferentes localidades costeras donde se sitúan los yacimientos a lo largo del periodo temporal estudiado.

En el sector este-sureste donde se distribuye las asociaciones del grupo 1, se puede establecer una pequeña diferenciación entre las asociaciones, el subgrupo 1a comprende los niveles más modernos de las columnas de este sector; esto podría indicar pequeñas fluctuaciones climáticas a lo largo del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto de investigación del Ministerio Ciencia e Innovación CGL2009-12949, y a una beca para la realización de Tesis doctoral de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación, y Sociedad de la información, cofinanciada por el Fondo Social Europeo.

REFERENCIAS

Cameron, R.A.D y Cook, L.M. (2001): Madeiran snails: Faunal differentiation on small island. *Journal of Molluscan Studies*, 67: 257-267.

Cameron, R.A.D., Mylonas, M. y Vardinoyannis, K. (2000): Local and regional diversity in some Aegean land snail faunas. *Journal of Molluscan Studies,* 66: 131-142.

Castillo, C., Ibáñez, M., Alonso, M.R., Quesada, M.L, De La Nuez, J., Valido, M., Cedrés, J., Torres, T., Ortiz, J.E. y García, C. (2008): Los gasterópodos terrestres del Cuaternario Superior de Gran Canaria (Islas Canarias). *Geo-Temas*, 10: 1253-1256.

Castillo, C., García, C., Quesada, M., De La Nuez, J., La Roche, F. y Delgado, A. (2009): Nuevas asociaciones de fósiles de gasterópodos terrestres del Pleistoceno y Holoceno de Lanzarote (Islas Canarias). Implicaciones paleocológicas. En: *XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.* Comunicaciones (P. Palmqvist, y J.A. Pérez-Claros, coords.). Univ. de Málaga, 151-155.

Huntley, J.W. Yanes, Y., Kowalewski, M., Castillo, C., Delgado-Huertas, A., Ibáñez, M., Alonso, M.R., Ortiz, J.E. y Torres, T. (2008): Testing limiting similarity in Quaternary terrestrial gastropods. *Paleobiology*, 34: 378–388.

Ortiz, J.E., Torres, T., Yanes, Y., Castillo, C., De la Nuez, J., Ibáñez, M. y Alonso, M.R. (2006): Climatic cycles inferred from the aminostratigraphy and aminochronology of Quaternary dunes and palaeosols from the eastern islands of the Canary Archipelago. *Journal of Quaternary Science*, 21(3): 287–306.

Sümegi, P. y Krolopp, E. (2000): Quaternary-Malacological analyses for modelling of the Upper Weichselian palaeoenvironmental changes in the Carpathian basin. *Geolines*, 11: 139-141.

Suominen, O., Edenius, L., Ericsson, G. y Resco de Dios, V. (2003): Gastropod diversity in aspen stands in coastal northern Sweden. *Forest ecology and management*, 175: 403-412.

Velasco, J., Millán, A. y Ramírez-Díaz, L. (1993): Colonización y sucesión de nuevos medios acuáticos I. composición y estructura de las comunidades de insectos. *Limnética*, 9: 73-85.

Yanes, Y., Tomašovŷch, A., Kowalewski, M., Castillo, C., Aguirre, J., Alonso, M.R. e Ibáñez, M. (2007):/ Taphonomy and compositional fidelity of Quaternary fóssil assemblages of terrestrial gastropods from carbonate-rich environments of the Canary Islands. *Lethaia*, 41: 235–256.

Un nuevo ejemplar de *Iguanodon bernissartensis* (Dinosaurio: Ornithopoda) del Aptiense inferior de Morella (Castellón, España)

A new specimen of *Iguanodon bernissartensis* (Dinosauria: Ornithopoda) from the lower Aptian of Morella (Castellon, Spain)

J. M. Gasulla[1], F. Ortega[2], J. L. Sanz[1], F. Escaso[1] y A. Perez-García[1]

1 Unidad de Paleontología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. C/ Darwin, 2. Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco, 28049 Madrid. jm.gasullal@gmail.com
2 Facultad de Ciencias. UNED. c/ Senda del Rey, 9. 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es

Resumen: Se describen los restos de un ejemplar de un dinosaurio ornitópodo, recogidos en el yacimiento CMP-9 de la Cantera del Mas de la Parreta de Morella (Castellón). Dicho yacimiento se localizó en niveles de limolitas rojas y abigarradas de la Formación Arcillas de Morella, perteneciente al Aptiense inferior. Se recuperaron materiales esqueléticos craneales y postcraneales, probablemente de parte de una única carcasa desarticulada de un individuo, junto con algunos elementos aislados de otros vertebrados (cocodrilos y dinosaurios terópodos). Aunque parte de los materiales de la carcasa están muy alterados por compresiones y abrasiones, hay suficientes elementos esqueléticos analizables como para permitir atribuirlos al dinosaurio ornitópodo *Iguanodon bernissartensis*.

Palabras clave: Formación Arcillas de Morella, Aptiense inferior, *Iguanodon*.

***Abstrac**t: The remains of a specimen of an ornithopod dinosaur are described. They correspond to the fossil site CMP-9 at the "Mas de la Parreta" Quarry of Morella (Castellon, Spain). This fossil site was located in red and versicolour limolites from the "Arcillas de Morella" Formation, early Aptian in age. Part of the recovered skeletal cranial and postcranial remains, probably belong to a partial disarticulated skeleton of a unique specimen, along with some isolated elements of other vertebrates (crocodiles and theropod dinosaurs). Although a part of the fossils are distorted because of compressions and abrasions, the available skeletal elements are enough to attributethem to the ornithopod dinosaur Iguanodon bernissartensis*

***Key words**: "Arcillas de Morella" Formation, early Aptian, Iguanodon.*

INTRODUCCION

Desde su apertura en el año 2000 la Cantera del Mas de la Parreta de Morella (Castellón) ha contribuido notablemente al incremento de la colección de vertebrados fósiles procedentes de la formación Arcillas de Morella. Once localizaciones diferentes, además de varios materiales aislados, han permitido el estudio de su fauna fósil y su comparación con el registro previo, consiguiendo en algunos casos una aproximación taxonómica más precisa, y en otros la confirmación de atribuciones anteriores. Este último caso corresponde al registro fósil del dinosaurio ornitópodo *Iguanodon*, cuya presencia es muy frecuente en los niveles de la Formación Arcillas de Morella (Gasulla, 2005; Gasulla et al., 2009).

La presencia de restos de ornitópodos asignables a *Iguanodon* en la Cantera del Mas de la Parreta se ha podido constatar en prácticamente la totalidad de los yacimientos, aunque, en algunos casos, la insuficiente información del material o su escasez limitan su asignación. Sin embargo algunos yacimientos han aportado un número elevado de restos pertenecientes a carcasas individuales de ejemplares de ornitópodos que han permitido una atribución precisa, como es el caso del yacimiento CMP-5, cuyos materiales se han atribuido a *Iguanodon bernissartensis* (Gasulla et al., 2009). Otros dos yacimientos de la cantera permiten la atribución de los ejemplares al menos a nivel genérico, como son CMP-11 (en fase de estudio) y CMP-9. En este trabajo se analizan los restos del ejemplar excavado en el yacimiento CMP-9, analizado en el presente trabajo.

MARCO GEOLOGICO

Los yacimientos de la Cantera del Mas de la Parreta se localizan en la subcuenca de Morella, y están integrados en la Formación Arcillas de Morella, de edad Aptiense inferior basal. La Formación Arcillas de Morella está constituida principalmente por materiales sedimentarios siliciclásticos de medios transicionales y continentales, depositados en una llanura fangosa deltaica condicionada por un clima principalmente árido y con épocas lluviosas puntuales (Gàmez et al., 2003).

CMP-9 se sitúa prácticamente hacia el techo del paquete central de la Formación, en niveles de limolitas arcillosas rojas, con intercalaciones verdosas y abigarradas, todas ellas de granulometría fina. En términos paleoambientales el yacimiento correspondería a un suelo hidromorfo en condiciones de baja energía e integrado en la llanura de inundación. CMP-9 contiene elementos que se interpretan como pertenecientes a una carcasa desarticulada de un único individuo (Fig. 1), asociada a otros materiales aislados como dos dientes asignados a un terópodo espinosaurio, un diente asignado a un terópodo indeterminado no espinosaurio, seis elementos atribuibles a cocodrilos (placas dérmicas, vértebras y un fragmento mandibular), 2 posibles gastrolitos y 8 posibles coprolitos. Gran parte de los restos presentan distorsiones por compresión y abrasión.

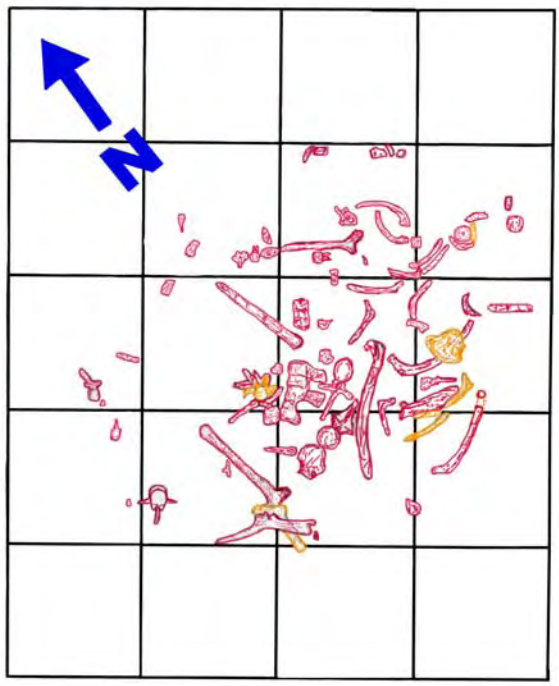


FIGURA 1. CMP-9, situación planimétrica de los principales restos. Los cambios de color de las piezas sirven para diferenciarlas. Escala: $1m^2$.

SISTEMATICA PALEONTOLOGICA

DINOSAURIA Owen, 1842
ORNITHISCHIA Seeley, 1888
ORNITHOPODA Marsh, 1881
IGUANODONTIA Dollo, 1888
Iguanodon Mantell, 1825
Iguanodon bernissartensis Boulenger, 1881

Localidad: Yacimiento Cantera del Mas de la Parreta 9 (CMP-9), Morella, Castellón, España. Todos los elementos se han recuperado en las labores de seguimiento paleontológico de una explotación minera de arcillas para uso industrial.

Horizonte: Formación Arcillas de Morella, Aptiense inferior basal.

Material del yacimiento: 118 restos fósiles identificables que se interpretan como pertenecientes a una carcasa de un único individuo. El conjunto consiste en: 14 elementos craneales y mandibulares (fragmentos de la región occipital del cráneo, del pterigoides y del cuadrado, fragmentos de los dentarios y del surangular derecho, piezas dentales maxilares y mandibulares); 93 piezas o fragmentos del esqueleto axial (vértebras, costillas, dos fragmentos de sacro, chevrones y ligamentos osificados); 3 elementos de cintura escapular (escápula derecha y ambos coracoides) y 4 de la cintura pélvica (fragmentos de ilion izquierdo, del pubis derecho y de ambos isquiones) y 4 elementos apendiculares de las extremidades posteriores (dos fíbulas y dos falanges). Ejemplar depositado provisionalmente en el Museo de Arte Rupestre de la Valltorta (Tirig, Castellón).

Descripción: Se describen solamente los materiales que aportan información taxonómica relevante.

Cuadrado. Se trata de la zona central de un cuadrado derecho en el que está ausente parte de la región dorsal y el cóndilo articular mandibular. Se puede observar gran parte del foramen paracuadrático así como el proceso para la sutura con el pterigoides.

Dentarios. CMP-9/6 corresponde a un fragmento posterior del dentario derecho con parte del proceso coronoides. Lateralmente se aprecia la pared dorso-lateral. Medialmente se distinguen varios alvéolos dentales hasta la base del proceso coronoides. CMP-9/28 corresponde a un fragmento posterior de dentario izquierdo con el procesos coronoides casi completo y ligeramente inclinado posteriormente. El cuerpo del dentario presenta una superficie dorso-lateral con cuatro forámenes nutricios y medialmente las paredes alveolares con hasta once filas dentales.

Surangular. CMP-9/67 es un fragmento anterior del surangular derecho. Se aprecia el borde que contacta con el dentario. También se observa el foramen surangular y parte del cotilo que articula con el cuadrado.

Dentición. CMP-9/3, 39, 92, 94 y 95 son dientes mandibulares. Presentan una corona con una cara lingual ancha y en forma de escudo, con dos crestas verticales primaria y secundaria. El esmalte forma una capa delgada labialmente y gruesa lingualmente. Los dentículos marginales son robustos y curvados con el borde mamilar. CMP-9/9 y 93 son dientes maxilares. Presentan una corona en forma de rombo alargado, más estrecha que las coronas mandibulares. Tienen una cresta primaria muy prominente de posición retrasada y algunas débiles crestas terciarias. El esmalte forma una capa delgada lingualmente y espesa labialmente. Los

dentículos marginales son robustos y con el borde mamilado.

Vértebra dorsal media. CMP-9/ 16 se interpreta como una vértebra dorsal media de posición entorno a la 8ª-9ª, ya que presenta las parapófisis grandes y cercanas a las prezigapófisis. Los procesos diapofisiarios son alargados y están ligeramente inclinados dorsalmente. La neurapófisis es alta, siendo su altura más del doble que su longitud.

Escápula. CMP-9/33 es una escápula derecha con una fuerte distorsión compresiva y en la que está ausente parte de la región proximal y un fragmento distal. Sin embargo, proximalmente se aprecia la cavidad glenoidea y el prominente acromion en el margen anterior. La hoja escapular está ligeramente curvada y los bordes son subparalelos, no apreciándose expansión distal.

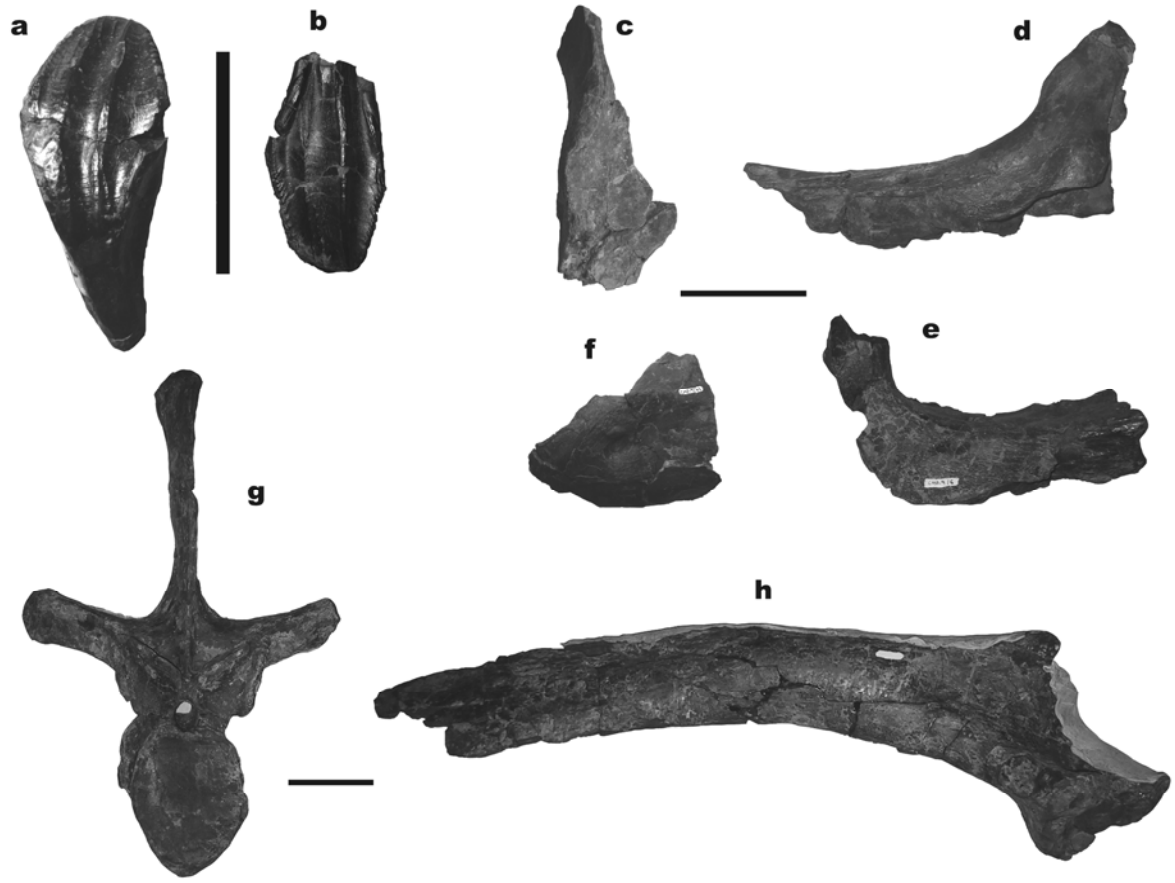


FIGURA 2. *Restos descritos del yacimiento CMP-9.* Iguanodon *sp.: a, diente mandibular, vista lingual; b, diente maxilar, vista labial. Escala = 5 cm. c, cuadrado derecho, vista anterior; d, dentario izquierdo, vista lateral; e, dentario derecho, vista lateral; f, surangular derecho, vista lateral. Escala = 10cm. g, vértebra dorsal media, vista anterior; h, escápula derecha, vista lateral. Escala = 10 cm.*

Los elementos de la cintura pélvica, generalmente, son muy diagnósticos en el grupo, pero la naturaleza incompleta de dichos elementos en el ejemplar CMP-9 no permite aportar información a la discusión..

DISCUSION

La presencia de un foramen paracuadrático en el cuadrado es una característica presente en *Dryosaurus*, *Iguanodon* y otros taxones próximos como *Ouranosaurus*, *Lurdusaurus* o *Altirhinus.* Sin embargo esta condición no esta presente ni en iguanodontios basales, como *Tenontosaurus*, *Rhabdodon* o *Camptosaurus*, ni en iguanodontios más derivados, como los hadrosaurios (Norman, 2002, 2004).

Aunque están incompletos, los dentarios conservan el proceso coronoides. Este proceso es alto, oblicuo, proyectado lateralmente y con dentición en su base, lo que se considerada como la condición primitiva para iguanodontios basales. Sin embargo el ejemplar atribuido a *Mantellisaurus* (*Iguanodon) atherfieldensis* (*sensu* Paul, 2008) presenta un proceso coronoides largo, digitado y perpendicular, que se considera como la condición derivada (Norman, 2002).

En el surangular la existencia de un foramen cercano a la cavidad glenoidea se considera una condición primitiva presente en los iguanodontios basales pero ausente en los hadrosaurios (Norman, 2002). Pero un foramen accesorio cercano al borde de

sutura con el dentario es un carácter primitivo que está presente en todos los iguanodontios basales salvo en *Iguanodon*, *Mantellisaurus* y en los hadrosaurios (Kobayashi and Azuma, 2003).

La morfología dental de CMP-9 es indistinguible de aquella que presentan *Iguanodon*, *Mantellisaurus, Ouranosaurus* y los iguanodontios derivados no hadrosaurios. Las novedades evolutivas que los diferencian de los iguanodontios basales son: los dentículos marginales de las coronas dentarias curvados y con el borde mamilar, la menor anchura de las coronas maxilares respecto a las dentarias y la forma alargada romboidal de las coronas maxilares (Norman, 2002).

Exceptuando las especies de menor tamaño (principalmente los driosáuridos), los iguanodontios incrementan la altura de las neurapófisis de las vértebras dorsales a medida que se aproximan al sacro Norman, 2004), siendo extraordinariamente alargadas en *Ouranosaurus* (Taquet, 1976) y en algunos hadrosaurios lambeosaurinos (Horner et al., 2004)

La escápula de CMP-9 es similar a la de *Iguanodon bernissartensis* y otros iguanodontios cercanos, exceptuando a *Mantellisaurus* que, siendo recta y expandida distalmente, mantiene la condición primitiva en su morfología (Gasulla et al., 2009).

El material del ornitópodo de CMP-9 presenta una morfología similar a *I. bernissartensis* y al ejemplar CMP-5, atribuido a esta especie y presenta diferencias con *Mantellisaurus* en la morfología del dentario y la escápula. A pesar de la escasez de información sobre el ejemplar y al deficiente estado de conservación de algunos caracteres se considera que existen evidencias suficientes para determinar al ejemplar CMP-9 como *Iguanodon bernissartensis*.

CONCLUSION

Se presentan los restos recuperados en el yacimiento CMP-9 de la Cantera del Mas de la Parreta de Morella, Castellón. Este yacimiento junto con los otros diez localizados se hallaron en niveles pertenecientes a la Formación Arcillas de Morella datados como Aptiense inferior.

El material del yacimiento está compuesto por restos de una carcasa desarticulada (118 elementos identificables) de un dinosaurio ornitópodo junto con restos aislados de otros vertebrados (cocodrilos, terópodos, ?gastrolitos y coprolitos). El material descrito corresponde a un fragmento de cuadrado, dos fragmentos posteriores de los dentarios, un surangular, piezas dentales maxilares y mandibulares, una vértebra dorsal media y una escápula.

El material descrito permite considerar el ejemplar de CMP-9 como *Iguanodon bernissartensis*.

REFERENCIAS

Gàmez, D, Panciotti, P., Colombo, F y Salas, R. (2003): La Formación Arcillas de Morella (Aptiense inferior), Cadena Ibérica Oriental: Caracterización sedimentológica. *Geogaceta*, 34: 191-194.

Gasulla, J. M. (2005): Los dinosaurios de Morella (Castellón, España): historia de su investigación. *Revista Española de Paleontología* N.E. X, 29-38.

Gasulla, J.M.; Sanz, J.L.; Ortega, F.; Escaso, F. (2009): *Iguanodon bernissartensis* from the Early Aptian of Morella (Castellón, Spain). Programme, Abstracts and Field Trips Guidebook. European Association of Vertebrate Palaeontologists Extraordinary Meeting: Tribute to Charles Darwin and Bernissart Iguanodons: New perspectives on Vertebrate Evolution and Early Cretaceous Ecosystems. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, February 9-14, 2009

Horner, J.R., Weishampel, D.B. and Forster, C.A. (2004): Hadrosauridae. In: Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H. Eds. *The Dinosauria,* 2nd ed. Univ. of California Press, Berkeley, Los Angeles and London, 438-463.

Kobayashi, Y. and Azuma, Y. (2003): A new iguanodontian (Dinosauria: Ornithopoda) from the Lower Cretaceous Kitadani Formation of Fukui Prefecture, Japan. Journal of Vertebrate Paleontology, 23(1): 166-175.

Norman, D.B. (2002): On Asian ornithopods (Dinosauria: Ornithischia). 4. *Probactrosaurus* Rozhdestvensky, 1966. *Zoological Journal of the Linnean Society.* 136: 113-144.

Norman, D.B. (2004): Basal Iguanodontia. In: Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H. Eds. *The Dinosauria,* 2nd ed. Univ. of California Press, Berkeley, Los Angeles and London, 413-437.

Paul, G.S. (2008): A revised taxonomy of the iguanodont dinosaur genera and species. *Cretaceous Research*, 29: 192-216.

Taquet, P. (1976): Géologie et Paléontologie du gisement de Gadoufaoua (Aptien du Niger). *Cahiers de Paléontologie. Éditions du Centre Nacional de la Recherche Scientifique*, Paris: 191 pp.

Neogene Gastropod Biogeography of Southern Caribbean: New data from the Pliocene of Northern Venezuela

Biogeografia dos gastrópodes neogénicos do Sul das Caraíbas: Novos dados do Pliocénico do Norte da Venezuela

B. M. Landau[1,2] e C. M. da Silva[2]

1 International Health Centres, Av. Infante de Henrique 7, Areias São João, 8200 Albufeira. Portugal. bernielandau@sapo.pt.
2 Departamento e Centro de Geologia da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. Portugal. cmsilva@fc.ul.pt.

Abstract: Based on new data gathered after 2008 from the Pliocene gastropod assemblages of Cubagua Island and the Araya Peninsula, Venezuela, the gastropod palaeobiogeography of the southern Caribbean is reviewed. The new data corroborates the existence of a highly endemic fauna along the northern coasts of South America in the Pliocene, clearly distinct from that found in the neighbouring Isthmian region. The new data corroborates the inclusion of the Colombian Pliocene assemblages within the southern Caribbean group of assemblages and therefore further supports the choice of the name Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince over the Puntagavilan Subprovince based on priority and biogeographical coherence.

Key-words: *Palaeobiogeography, Gastropoda, Pliocene; Southern Caribbean, Venezuela.*

Resumo: *É apresentada actualização da palaeobiogeografia dos gastrópodes pliocénicos do sul das Caraíbas com base em dados das associações de gastrópodes da Ilha de Cubagua e da Península de Araya (Venezuela) recolhidos após 2008. Os novos dados corroboram a existência de uma fauna endémica ao longo da costa norte da América do Sul durante o Pliocénico, claramente distinta da encontrada na vizinha região do Istmo do Panamá. Os novos dados corroboram ainda a inclusão das associações pliocénicas colombianas no seio do grupo das associações do sul das Caraíbas, apoiando a opção de eleger a designação "Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince", preterindo a designação "Puntagavilan Subprovince" com base na prioridade do nome e na coerência biogeográfica.*

Palavras-chave: *Paleobiogeografia, Gastropoda, Pliocénico, Sul das Caraíbas, Venezuela.*

INTRODUCTION

Woodring (1974) recognised that there was a difference between the fossil assemblages of the southern Caribbean, which at the time were all thought to be Miocene in age, and the rest of the "Miocene Caribbean Province" assemblages. Based on this difference he erected the Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince (CVT Subprovince). Even today, the Southern Caribbean fauna is different to that of the rest of the Caribbean (Díaz, 1995).

PALAEOBIOGEOGRAPY OF S CARIBBEAN

Petuch (1982) recognized two distinct provinces in the Caribbean Neogene, the Caloosahatchian Province to the north and the Gatunian Province to the south. Later, Petuch (1988) proposed a subdivided Miocene Gatunian Province, with an Atlantic and Pacific component. According to him, in the Pliocene, the northern limit of the Gatunian Province - in the Pacific sector – was located north of Baja California and the southern limit - in the Atlantic sector – was positioned in southern Brazil. He named nine subprovinces within his Pliocene Gatunian Province. Petuch (1988) highlighted the individual nature of the southern Caribbean and erected the "Puntagavilanian Subprovince", corresponding roughly to Woodring's (1974) CVT Subprovince. The Puntagavilanian Subprovince of Petuch (1988) was based on the faunas represented by the fossil assemblages of the Punta Gavilán Formation, Cubagua Formation and the lower beds of the Mare Formation of Venezuela, and upper beds of the Springvale, Matura, Coubaril and Talparo Formations of Trinidad, but excluded the assemblages from the Pliocene Atlantic Colombian formations, which where placed in the Limonian Subprovince.

Petuch (2004) further developed his palaeo-biogeographic model in the tropical American Neogene, and gave distinct names for the provinces over time. Most importantly, he only recognized the Gatunian and Caloosahatchian Provinces after the late Tortonian, preceded by a single Caribbean Province he named Baitoan, lasting from late Chattian Oligocene to late Tortonian Miocene. Each of these newly erected provinces was divided into more higher-resolution units – subprovinces – than in his previous works.

As far as the study area is concerned, according to Petuch's (2004) model, the Cainozoic Island of Cubagua would be part of the Antiguan Province, Bohioan Subprovince in the Oligocene Rupelian to earliest Chattian; the Baitoan Province, Cantaurean Subprovince in the late Chattian to late Tortonian Miocene; the Gatunian Province, Puntagavilanian Subprovince in the late Tortonian Miocene to Calabrian Pleistocene; and finally the Caribbean Province, Venezuelan Subprovince from the early Pleistocene to Recent time.

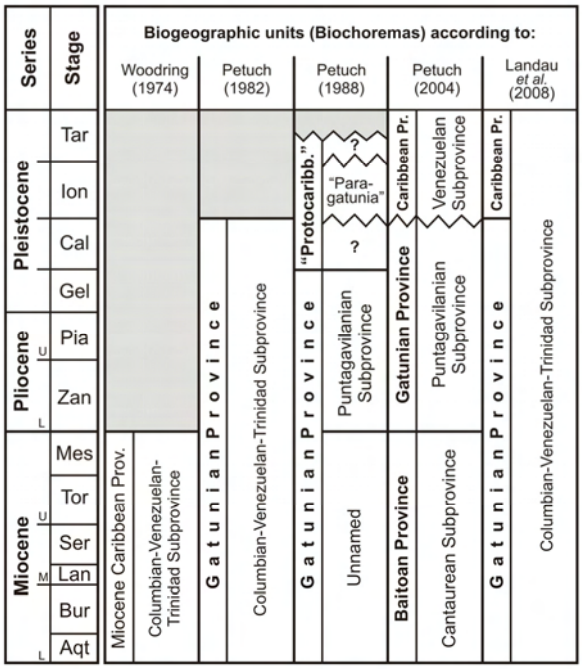


FIGURE 1. *Miocene to Pleistocene biogeographic models proposed by various workers for the southern Caribbean (updated from Landau et al., 2008).*

NEW DATA FROM NORTHERN VENEZUELA

Based on preliminary data from the Lower Pliocene gastropod assemblage of Cubagua Island, Venezuela, Landau et al. (2008) discussed the problems arising from Petuch´s (1988, 2004) palaeobiogeographic models and reviewed the palaeobiogeography of the southern Caribbean (Fig. 1). This work did not include data obtained from the 2008 field trip to the Venezuelan Neogene outcrops, namely to Cubagua Island and the Araya Peninsula. New data is given herein.

Similarity coefficients as discussed in Landau et al. (2008) are again used, the Jaccard and Simpson coefficients (Cecca, 2002) at both subgeneric and specific levels. The Jaccard coefficient, J, is the ratio of C, the number of common taxa of a particular rank between two assemblages (or areas, provinces), and the total number of taxa occurring in both assemblages (Cecca, 2002).

$$J = C/ (n_1 + n_2 - C)$$

where n_1 and n_2 are the numbers of taxa in the smaller (less diverse) and the larger (more diverse) assemblages respectively. The Simpson coefficient was devised to minimize the effect of unequal size of the two assemblages being compared, and is expressed by the ratio of the common taxa between two assemblages to the number of taxa present in the smaller (less diverse) one (Cecca, 2002).

$$S = C/n_1$$

As discussed in Landau et al. (2008), the Simpson coefficient stresses similarity whereas the Jaccard coefficient emphasizes differences between assemblages because it is more sensitive to differences in diversity. Both these methods have their advantages and drawbacks (Cecca, 2002), and we have therefore used both methods.

Table I gives the results of the comparison of the Cubagua, which was the focus area of our research, with other Caribbean Pliocene assemblages at subgenus and species-group level (sensu Vermeij & Petuch, 1986). Again the Jaccard coefficient shows a very strong correlation between the Araya Peninsula, Punta Gavilán, Trinidadian and Colombian assemblages. The Simpson coefficient again shows a strong correlation between these southern Caribbean assemblages, but also a correlation between them and the Guraban and to a slightly lesser extent the Esmeraldan subprovinces.

Table II gives the results of the comparison of the Cubagua with other Caribbean Pliocene assemblages at specific level. Both the Jaccard and Simpson coefficient show a very strong correlation between the Araya Peninsula, Punta Gavilán, Trinidadian and Colombian assemblages, with all the other Gatunian subprovinces far more weakly correlated.

The new data does not introduce significant changes and it does not alter the palaeobiogeographic model for the southern Caribbean proposed by Landau et al. (2008). In this model a single Colombian–Venezuelan–Trinidad Subprovince, spanning from the Early Miocene to Recent times was proposed (Fig. 1). This name should also take preference over the Samarian-Venezuelan Subprovince proposed by Díaz (1995) for Recent times, which has exactly the same geographical expression as the Neogene Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince. According to Díaz (1995), the Samarian–Venezuelan Subprovince is disjunct, separated by a small subprovince called the Goajira Subprovince.

The fossil data is insufficient to ascertain if the Goajira Subprovince existed in the Neogene. Díaz (1995) also shows a sharp contrast between the fauna of his Samarian–Venezuelan Subprovince and that of the Isthmian Subprovince today, exactly as seen in Landau et al. (2008) and herein. Similarly, the geographical expression of this Recent Isthmian Subprovince is not significantly different from the Atlantic portion of Woodring's (1974) Central American–Northern South American Subprovince.

Assemblage	#SGA	#SCC	%CTA	Jacc.	Simp.
Araya Peninsula	50	50	100%	0.53	1.0
Punta Gavilán	65	52	80%	0.48	0.80
Trinidad (Springvale, Talparo, Morne, Cipero, Brasso)	130	66	51%	0.42	0.70
Colombian (Tuberá, Usiacuri)	60	45	75%	0.41	0.75
Banano/Limón	220	29	13%	0.10	0.31
Gatunian (Gatun, Bocas del Toro)	200	42	21%	0.17	0.44
Guraban (Cercado, Gurabo, Mao, Bowden)	220	71	32%	0.29	0.75
Agueguexquitean (Agueguexquite)	177	24	14%	0.10	0.25
Esmeraldas	120	63	53%	0.41	0.67

TABLE I. *Comparison of the Cubagua assemblage with other Caribbean Pliocene assemblages, at subgenus and species-group level. #SGA - Number of subgenera known from the assemblage; #SCC - Number of subgenera in common with the Cubagua assemblage; %CTA - Percentage of Cubagua taxa present in the assemblage; Jacc. - Jaccard coefficient; Simp. - Simpson coefficient.*

Assemblage	#SGA	#SCC	%CTA	Jacc.	Simp.
Araya Peninsula	64	50	78.1%	0.35	0.78
Punta Gavilán	80	36	45.0%	0.21	0.45
Trinidad (Springvale, Talparo, Morne, Cipero, Brasso)	220	48	21.8%	0.16	0.38
Colombian (Tuberá, Usiacuri)	80	31	38.7%	0.25	0.39
Banano/Limón	500	26	5.2%	0.04	0.21
Gatunian (Gatun, Bocas del Toro)	400	32	8%	0.07	0.25
Guraban (Cercado, Gurabo, Mao, Bowden)	420	25	5.9%	0.05	0.20
Agueguexquitean (Agueguexquite)	264	7	2.7%	0.02	0.06
Esmeraldas	150	13	8.7%	0.05	0.10

TABLE I. *Comparison of the Cubagua assemblage with other Caribbean Pliocene assemblages at specific level. #SPA - Number of species known from the assemblage; #SPC - Number of species in common with the Cubagua assemblage; %CTA - Percentage of Cubagua taxa present in the assemblage; Jacc. - Jaccard coefficient; Simp. - Simpson coefficient.*

The Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince seems to have been in place since at least the Early Miocene, and whilst showing dramatic changes in faunal composition at specific level over time, altered little at generic level until the total disappearance of the 'paciphile taxa', which occurred in two pulses, the first at approximately the Zanclean/Piacenzian transition in the Pliocene, the second at roughly the Calabrian/Ionian transition in the Pleistocene (Landau et al., 2009).

The geographic expression of this unit apparently has not altered over time, and does not seem to have been greatly affected by the closure of the CAS responsible for the demise of the Gatunian Province and the subsequent rise of the Late Pleistocene to Recent Caribbean Province. Although the bioprovinces changed, the subprovince remained unaltered. This suggests that the oceanographic conditions in the region have not changed greatly since Early Miocene times, and seem not to have been significantly affected by the uplift of the Isthmus of Panama.

IMPLICATIONS

Biochoremas are dynamic units which change in range (areal extent) over time (Westermann, 2000). In our view this range contraction does not require the erection of a new biogeographic province, and therefore we adhere to Petuch's (1982) definition of the Gatunian Province, and reject the name Baitoan Province.

Petuch's nomenclature of subprovinces is, however, more complicated, and we will only address this question in relation to the study area. When Woodring (1974) suggested the term Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince, most of the southern Caribbean Lower Pliocene faunas were considered Miocene. Petuch (1988) suggested the term Puntagavilanian Subprovince for the Pliocene. In the discussion he states that his new subprovince "(…) corresponds roughly to Woodring's Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince." (Petuch, 1988, p. 97), but then excludes all the assemblages from the Pliocene Colombian Formations,

which he includes in his Limonian Subprovince. As can be seen in Tables I and II the Colombian assemblages are far more closely related to that of Cubagua and the rest of the northern Atlantic coast of South America than to the Isthmian Pliocene assemblages. We therefore, as stated in Landau et al. (2008), reject the name Puntagavilanian Subprovince, a name which to our knowledge has not been used by any other author, in favour of the Pliocene Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince of Woodring (1974), which has priority and is more geographically correct.

Furthermore, if all the Pliocene assemblages previously considered Miocene are now removed, the remaining southern Caribbean Miocene assemblages known at this time are insufficient to uphold the higher resolution biogeographic units proposed by Petuch (2004). For example, the Miocene Cantaurean Subprovince (after Petuch, 2004) includes the assemblages of the Springvale Formation of Trinidad, which are now considered Pliocene (Macsotay & Vivas, 1998). At species level there is very little in common between the Springvale assemblage and that of Cantaure, the type assemblage for the Subprovince.

Based on the existing data, we suggest a simpler palaeobiogeographic model for the southern Caribbean with a single Colombian-Venezuelan-Trinidad Subprovince, spanning from the Early Miocene to Recent times (Fig. 1).

REFERENCES

Cecca, F. (2002): *Palaeobiogeography of marine fossil invertebrates – concepts and methods*. Taylor & Francis, London and New York, 273 pp.

Díaz, J. (1995): Zoogeography of marine gastropods in the southern Caribbean: A new look at provinciality. *Caribbean Journal of Science*, 31(1-2): 104-121.

Landau B. M., Vermeij, G. and Silva, C.M. (2008): Southern Caribbean Neogene palaeobiogeography revisited. New data from the Pliocene of Cubagua, Venezuela. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 257: 445-461.

Landau B. M., Vermeij, G. & Silva, C. M. (2009): Pacific elements in the Caribbean Neogene gastropod fauna: the source-sink model, larval development, disappearance, and faunal units. *Bulletin de la Société géologique de France*, 180(4): 249-258.

Macsotay, O. & Vivas, V. (1998): New Venezuelan Cretaceous sedimentary units from the Serrania del Interior: Equivalence with Trinidad, W.I. *Transactions of the 3rd. Geological Conference of the Geological Society of Trinidad and Tobago and the 14th Caribbean Geological Conference*. Port-of-Spain, Trinidad, 1: 70-78.

Petuch, E. J. (1982): Geographical heterochrony: contemporaneous coexistence of Neogene and Recent molluscan faunas in the Americas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 37: 277-312.

Petuch, E. J. (1988): *Neogene history of tropical American mollusks. Biogeography and evolutionary patterns of tropical western Atlantic Mollusca*. Coastal Education and Research Foundation, Charlottesville, Virginia, 217 pp.

Petuch, E. J. (2004): *Cenozoic seas. The view from eastern North America.* CRC Press, Boca Raton, 308 pp.

Vermeij, G. J. & Petuch, E. J. (1986): Differential extinction in tropical American molluscs: endemism, architecture, and the Panama land bridge. *Malacologia*, **27**, 29-41.

Westermann, G. E. G. (2000): Biochore classification and nomenclature in palaeobiogeography: an attempt at order. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 158: 1-13.

Woodring, W. P. (1974): The Miocene Caribbean Faunal Province and its Subprovinces. *Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel*, 84(1): 209-213.

Neogene Gastropod biogeography in tropical America and the Gatunian Neogene Paciphilic Molluscan Units: State of the Art

A biogeografia dos gastrópodes neogénicos da América Tropical e as Unidades de Moluscos Pacifílicos Neogénicos Gatunianos: Ponto da situação

B. M. Landau[1,2] and C. M. da Silva[2]

1 International Health Centres, Av. Infante de Henrique 7, Areias São João, 8200 Albufeira. Portugal. bernielandau@sapo.pt.
2 Departamento e Centro de Geologia da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. Portugal. cmsilva@fc.ul.pt.

Abstract: A key fact in the history and the biogeography of Neogene Caribbean marine mollusc faunas is the disappearance of "Paciphile" taxa. These taxa occurred throughout Tropical America during the Neogene but afterwards suffered a range contraction, and became restricted to the Pacific portion of their original distribution. The revision of all known gastropod paciphile generic and subgeneric taxa and their chronostratigraphic ranges in the southern Caribbean allowed us to recognise that their demise in the Atlantic portion of their original distribution occurred in two pulses. The first occurred approximately at the Zanclean/Piacenzian (Pliocene) transition, the second at about the Calabrian/Ionian (Pleistocene). Based on this data three Gatunian Neogene Paciphile Molluscan Units (GNPMU) where individualized. The list of Paciphile taxa and the chronostratigraphic range of the GNPMU faunal units is herein updated.

Key-words: Palaeobiogeography, southern Caribbean, Neogene, Gastropoda, faunal units.

Resumo: *Um facto marcante da história e da biogeografia dos moluscos marinhos neogénicos das Caraíbas foi o desaparecimento dos taxa "pacifílicos". Estes taxa ocorriam em toda a América Tropical durante o Neogénico, mas posteriormente sofreram uma redução na sua distribuição geográfica, ficando restringidos à porção pacífica da sua distribuição original. A revisão de todos os géneros e subgéneros de gastrópodes pacifílicos, bem como das suas distribuições cronostratigráficas mostrou que o seu desaparecimento da porção atlântica da sua distribuição original ocorreu em dois impulsos. O primeiro evento de desaparecimento ocorreu próximo da transição Zancleano/Placenciano (Pliocénico), o segundo deu-se aproximadamente na transição Calabriano/Joniano (Plistocénico). Com base nestes dados foram individualizadas três "Gatunian Neogene Paciphile Molluscan Units (GNPMU)". A lista de taxa pacifílicos e a distribuição cronostratigráfica das unidades faunísticas GNPMU é aqui actualizada.*

Palavras-chave: *Paleobiogeografia, Sul das Caraíbas, Neogénico, Gastropoda, Unidades faunísticas.*

INTRODUCTION

The closure of the Central American Seaway (CAS) is a major episode in the history and the biogeography of the Neogene Caribbean.

This vicariant event dramatically changed gastropod biogeography in the region, leading to the disappearance of the so called "paciphile" taxa. These taxa occurred throughout Tropical America during the Miocene and the Pliocene but subsequently suffered a range contraction, and became restricted to the eastern Pacific portion of their original distribution.

Paciphilic stratigraphic distribution has been used previously by Landau et al. (2009) to establish faunal units for the Caribbean. In this paper we will present the current state of development of these faunal units and give new data concerning Paciphilic taxa in the Caribbean.

THE PACIPHILES UPDATED

The term Paciphiles was coined by Woodring (1966). He recognized a cohort of genera that had been present in the Atlantic portion of the Neogene Gatunian Palaeobiogeographic Province, which today where restricted to the Pacific.

Woodring's (1966) list was later supplemented by Petuch (1981). The gastropod section of these lists has been updated following a comprehensive search of the fossil and Recent literature, supplemented by abundant new fossil material resulting from extensive field work carried out by the authors in the Caribbean Neogene in the last years (Landau et al., 2009).

New updates to the Landau et al. (2009) list are given in Table I. The *Oocorys elevata* species-group is removed from the list of paciphiles (A. Beu, pers. comm., 2010).

Genus	Family	Reference
Mammilla	Naticidae	Hoc opus
Neoteron	Nassariidae	Hoc opus
Chelyconus	Conidae	Tucker & Tenorio (2009)
*Pyruconus**	Conidae	Tucker & Tenorio (2009)
*Ximeniconus**	Conidae	Tucker & Tenorio (2009)

TABLE I. *New Paciphilic subgenera and species groups complementing data in Landau et al. (2009). * - Taxa present in Landau et al. (2009, upranked in Tucker & Tenorio, 2009).*

THE "GNPMU" UNITS IN THE CARRIBEAN

Landau et al. (2009) traced the disappearance of Paciphiles from the Caribbean Neogene and found they did not disappear simultaneously. They suffered a steep decline approximately at the Zanclean/Piacenzian transition in the Pliocene, and disappeared completely from the Caribbean only after the Calabrian/Ionian transition in the Pleistocene.

The revision of all known Paciphile supra-specific gastropod groups allowed us to recognise three Neogene Gatunian Molluscan Paciphile Units (NGMPU) (Landau et al., 2009):

NGMPU 1 is characterized by the highest number of paciphile taxa. This unit is already in place in the Early Miocene and ends at the beginning of the Late Pliocene.

NGMPU 2 is characterized by an impoverished number of paciphilic elements, devoid of the two largest paciphilic groups; the cancellarids and the buccinids. This unit straddled the Pliocene-Pleistocene boundary and ends after the Calabrian/Ionian transition in the Pleistocene.

NGMPU 3 is characterized by the absence of any paciphilic elements in their assemblages, and runs into Recent times.

Following the recent recommendation of the International Commission on Stratigraphy – accepted by the IUGS on June 30, 2009 – on the redefinition of the Pleistocene (now including the Gelasian Stage/Age as its lowermost unit), and the concomitant formal redefinition of the base of the Quaternary System/Period (and thus the Neogene/Quaternary boundary) by the Monte San Nicola GSSP and thus to be coincident with the bases of the Pleistocene and Gelasian, we give here an updated version of the chronostratigraphic range of the GNPMUs of Landau et al. (2009) (Fig. 1).

THE "PACIPHILES"

The "Paciphiles", *senso lato*, are not a homogenous group. The term encompasses both specific (e.g., *Malea ringens*, *Persististrombus granulatus, Harpa crenata*) and supraspecific taxa (e.g., the genera *Jenneria*, *Hertleinia*). Therefore, their occurrence, history and implications can not be explained and discussed together.

We do not know the cause of disappearance of Paciphilic generic taxa from the Caribbean following the closure of the CAS. That discussion is beyond the scope of this paper.

Concerning Paciphilic species, Landau et al. (2009) suggested that they vanished in the Caribbean because due to the closure of the CAS the connection between source populations in the Pacific and sink populations in the Caribbean was lost.

As a result, the Caribbean sink populations became unsustainable, and eventually disappeared. The fact that there is no evident common ecological trait (trophic type, substrate requirements, habitat, life habit, dimension, etc.) except that they all have a planktotrophic type of larval development – which could allow longer larval transport from the Pacific into the Caribbean – seems to support this hypothesis.

The pre-closure Caribbean high productivity must have contributed to the maintenance of paciphilic populations in the Caribbean, and drastic reductions in productivity in the aftermath of the closure of the CAS doomed these populations (G.S. Herbert, pers. comm., 2010).

The decrease in productivity provides a plausible explanation for the disappearance of the Caribbean populations of Paciphile species, but it does not explain why these species continued to thrive in the Pacific after the closure of the CAS.

Only the combination of these two mechanisms could fully explain the occurrence of Paciphilic species: closure of the CAS; demise of sink populations in the Caribbean due to decrease in productivity and separation from source populations in the Pacific; persistence of Paciphilic species in the Pacific (i.e., survival of source populations).

CONCLUSION

The majority of gastropod genera found in the Gatunian province ranged throughout both its Atlantic and Pacific portions. The cause of the disappearance of Paciphilic genera from the Caribbean is still unknown.

The absence of the Paciphilic genera in Recent Caribbean faunas is the main difference (at generic level) between the present day faunas and Mio-Pliocene Caribbean assemblages. Tracing the disappearance of these Paciphile taxa from the Caribbean is paramount in both the understanding of the timing of the CAS closure, and the history of the generic faunal composition of the Neogene to Recent Caribbean Sea.

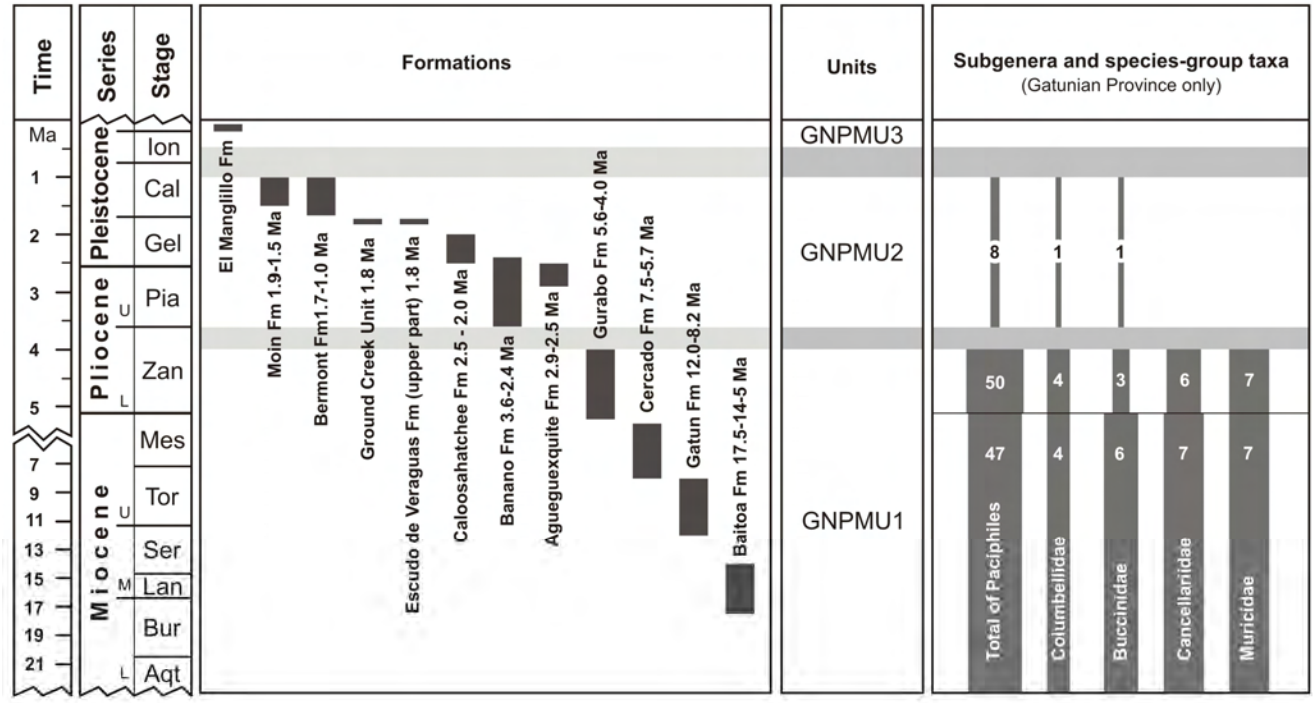


FIGURE 1. *Gatunian Neogene Paciphile Molluscan Units and their chronostratigraphic range. Adapted from Landau et al. (2008).*

Based on the disappearance of gastropod paciphile genera and species-group taxa from the Gatunian Province, two pulses of extinction or local disappearance from the Atlantic portion of their original distribution can be identified. The first marked by the overall decrease in Paciphile diversity and the total disappearance of all the Paciphilic cancellarids and muricids at about the Zanclean/Piacenzian (Pliocene) transition, roughly corresponding with the timing given for the closure of the CAS by Coates & Obando (1996). The second, occurred at the Calabrian/Ionian transition (Pleistocene), marked by the complete disappearance of all paciphiles from the Atlantic roughly coincides with the total closure of all connections between the Atlantic and Pacific as suggested by Beu (2001).

On the other hand, the number of species common to both sectors of the Gatunian Province has always been small throughout the Neogene. We would stress that the sink/source hypothesis for the occurrence of Paciphilic species is only a small piece in the bigger puzzle of Gatunian biogeography and biodiversity. It accounts only for the restricted group of species we now call "Paciphilic species", and then only those that disappeared from the Caribbean after the first pulse of the CAS closure, i.e., after GNPMU1.

To explain the disappearance of Paciphilic species in the Caribbean we suggest that the Pacific Neogene populations acted as source populations, whilst the Caribbean were sinks, which disappeared due to separation from the Pacific counterparts after the rise of the Panamanian isthmus and the complete closure of the CAS. The Caribbean decrease in productivity resulting from the closure of the CAS must have played a role in the disappearance of Paciphilic species.

REFERENCES

Beu, A. G. (2001): Gradual Miocene to Pleistocene Uplift of the Central American Isthmus: Evidence from Tropical American Tonnoidean Gastropods. *Journal of Paleontology*, 75(3): 706-720.

Coates, A. G. and Obando, J. A. (1996): The geologic evolution of the Central American Isthmus. In: *Evolution and Environment in Tropical America* (Jackson, J. B. C., Budd, A. F. and Coates, A. G. eds.). The University of Chicago Press, Chicago, 21-56.

Landau B. M., Vermeij, G. e Silva, C. M. (2009): Pacific elements in the Caribbean Neogene gastropod fauna: the source-sink model, larval development, disappearance, and faunal units. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 180(4): 249-258.

Petuch, E. J. (1981): A relict Neogene Caenogastropod fauna from northern South America. *Malacologia*, 20: 307-347.

Tucker, J. K e Tenorio, M. J. (2009): *Systematic Classification of Recent and Fossil Conoidean Gastropods*. ConchBooks, Hackenheim, 294 pp.

Woodring, W. P. (1966): The Panama land bridge as a sea barrier. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 110 (8): 425-433.

On the age and significance of the limestone localities included in the Toca da Moura volcano-sedimentary complex: preliminary results

Sobre a idade e significado dos calcários incluídos no complexo vulcano-sedimentar da Toca da Moura: resultados preliminares

G. Machado[1] and J. Hladil[2]

1 GeoBioTec, Geoscience Department, University of Aveiro, 3810-193 Aveiro. Portugal. machadogil@gmail.com
2 Institute of Geology, AS CR, v.v.i., Rozvojová 269, 165 00 Prague 6. Czech Republic. hladil@gli.cas.cz

Abstract: Several limestone occurrences are known from the Toca da Moura complex (TMC), but their stratigraphic and structural relation with the surrounding pelitic and volcanic rocks of this complex is not known in detail. Here we report the finding of crinoidal fragments in samples from two of these limestone bodies which suggest a Mid Devonian sedimentation age, although some taxonomic and biostratigraphic uncertainties remain. The previously reported Early Carboniferous age of the pelitic sediments of the TMC is confirmed by palynology from one of the sites. The possible coeval origin of the studied limestone localities and the Odivelas Limestone is discussed.

Key words: Crinoids, Middle Devonian, Odivelas Limestone, Ossa-Morena Zone, SW Portugal.

Resumo: *São conhecidas várias ocorrências de calcários no seio do complexo de Toca da Moura (TMC), mas a sua relação estratigráfica e estrutural com as rochas pelíticas e vulcânicas deste complexo não são conhecidas em detalhe. Apresentamos neste trabalho fragmentos de crinóides em amostras de duas destas ocorrências que sugerem uma idade do Devónico Médio, embora persistam algumas dúvidas quanto à taxonomia e biostratigrafia. A idade carbónica inferior dos sedimentos pelíticos do TMC é confirmada pela palinologia numa das ocorrências. É discutida a possível origem comum destes calcários e dos Calcários de Odivelas.*

Palavras-Chave: *Crinóides, Devónico Médio, Calcários de Odivelas, Zona de Ossa-Morena, SW de Portugal.*

INTRODUCTION AND GEOLOGICAL SETTING

The Toca da Moura unit was rightfully called a volcano-sedimentary complex (e.g. Santos et al., 1987; Pereira and Oliveira, 2006; Oliveira et al., 2006) considering the variety of lithologies that crop out in a restricted area (along the Ossa-Morena – South Portuguese Zones limit) and the complexity of their geometrical relations. The sedimentary part of the TMC is composed of marine sediments. The sections in Corte Pereiro, Cai-Água and other localities were dated using miospores by Pereira and Oliveira (2006), bracketed between the late Tournaisian CM and late Viséan NM miospore Biozones of Clayton et al. (1977). The latter work also showed that the Cabrela complex that crops out further North is coeval and probably belongs to the same volcano-sedimentary complex. The complex is restricted to a few areas along the Ferreira-Ficalho fault zone, the Santa-Susana shear zone and scattered over older Ossa-Morena units (Fig.1A). Within this unit there are several limestone occurrences which are usually heavily recrystallized and silicified (most of them can be considered to be marbles and cherts of metasomatic origin), significantly deformed and mineralized (Relvas, 1987; Oliveira et al., 2006). The age and nature of these limestones remained unclear for a long time, except the lenses in the Cabrela area which were dated as Frasnian by conodonts (Van den Boogaard, 1983) and later interpreted as olistoliths in Tournaisian pelitic deposits (Pereira and Oliveira, 2006). In this work we have been able to observe badly preserved but identifiable sections of crinoidal stems and possible coral and ostracod remains in two of these limestone bearing groups of outcrops.

MONTE DA PENA AND CAERINHA LOCALITIES

The Monte da Pena locality is composed of several small areas (<400m^2) with rare outcrops and very abundant loose boulders of limestones and heavily silicified lithologies, probably marbles and limestones metasomatized to cherts. These areas run along a WNW-ESE trend corresponding to the Ferreira Ficalho fault (Fig. 1C). The limestones are closely associated with the volcanic rocks of the TMC and the felsic rocks of the Baleizão porphyry (s.l.). There is an intense oxide mineralization and silicification that replaces both limestones and volcanic rocks especially along the Northern edge of the limestone alignment. A few limestone outcrops in old quarries (currently mostly filled with local detritus and vegetated) allow a glimpse of what seems to be the original geometry and general

facies: bedded limestones intercalated with volcanic rocks.

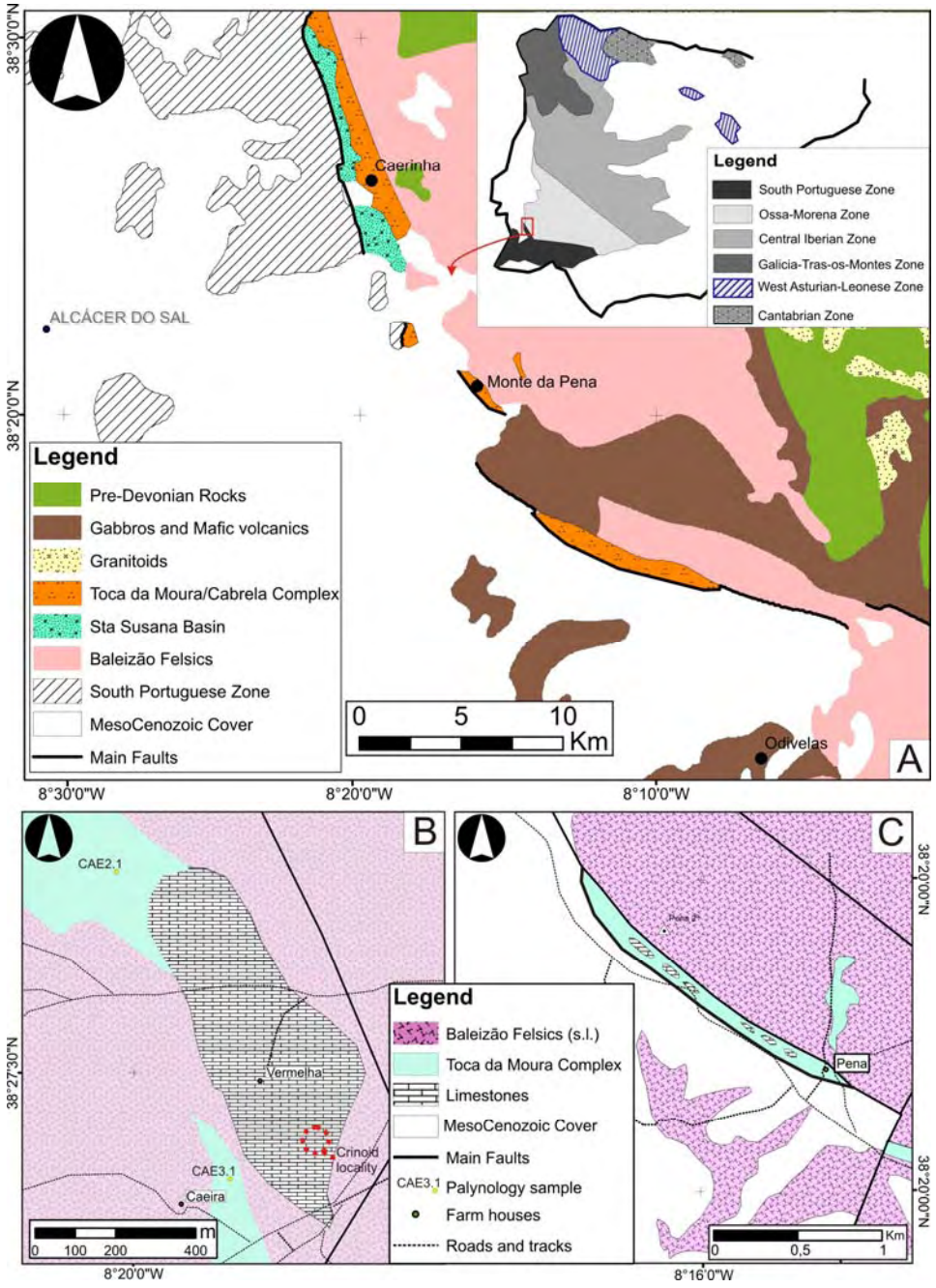


Fig. 1 - A - Simplified geological map of the Southwestern-most part of the Ossa-Morena Zone and Northern-most part of the South Portuguese Zone. Adapted from the Portuguese Geological Survey's 1:500.000 geological map; sheet 39D of the 1:50.000 geological map (Torrão) and unpublished data from the authors. B – Simplified geological map of the Caeira area. Data from Relvas, 1987 and unpublished field data from the authors; C - Simplified Geological map of the Pena locality, adapted from sheet 39D of the 1:50.000 geological map (Torrão).

Cutting and later polishing of the sampled boulders allowed the identification of a limestone which was likely originally a crinoidal grainstone, but suffered intense recrystallization with veining and replacement of carbonate by silica. Most crinoidal elements are small columnal plates (<1mm), with simple circular outline and a small circular central canal. Some rare, bigger columnal plates can be tentatively identified as gasterocomids and possibly cupressocrinitids (Fig. 2 M-P).

The Caeirinha locality is known in the regional geological literature as a small Cu mine within the TMC (Relvas, 1987; Oliveira et al., 2006) and within the Santa Susana shear zone domain. Besides the mildly deformed basalts and associated sediments of the TMC there is a relatively large limestone body (ca. 1000 X 370m maximum length and width - Fig. 1B) heavily recrystallized and silicified. In the area there are a few natural outcrops along stream beds (basalts and pelitic sediments), a small abandoned quarry/open pit mine (silicified limestones) and abundant loose boulders. The geometrical relations between the several rock types in this area are unclear.

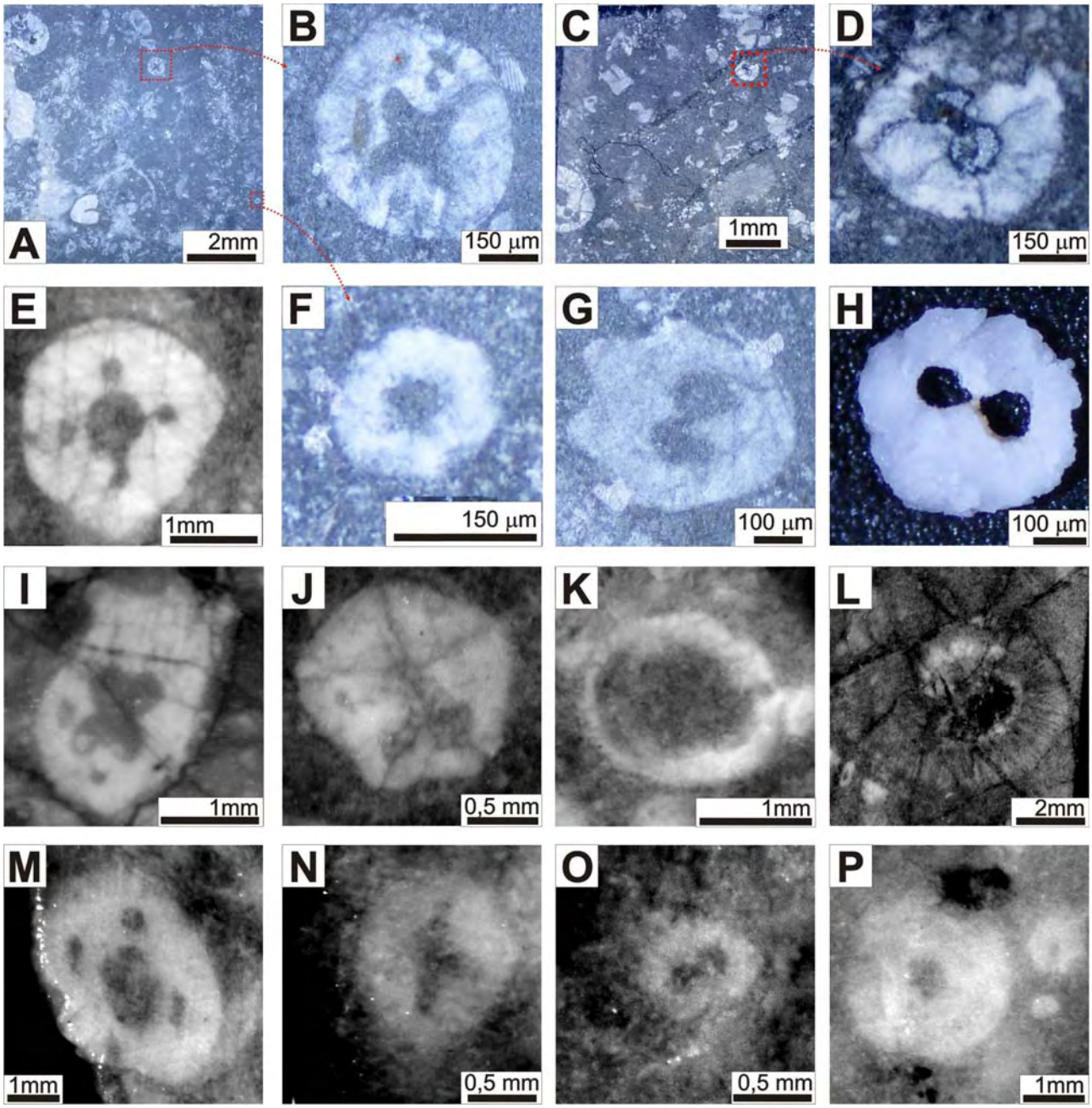


Fig. 2 - Selected binocular microscope photographs of bioclasts of hand samples from Caeirinha (A-L) and Monte da Pena sites (M-P). E, I-P – Polished sections; A- D, F, G – thin sections; H isolated gasterocomid columnal from acetic acid residue. D, G, H, O – Transverse or slightly oblique sections of gasterocomids columnals; B, E, I, M, N – Transverse or slightly oblique sections of (?)cupressocrinitids columnals; J – Transverse sections of juvenile rugose coral(?) ; K - (?)Ostracod valves in dorsal-ventral section; L - Transverse section of a (?) rugose coral.

Cutting and polishing of the sampled boulders showed that most of the sampled limestones were originally composed, almost entirely, by crinoidal elements (mostly columnal plates), most of them very small (<1mm) and that the rock has a considerably low proportion of matrix. Although uncertain it seems the original limestone was a crinoidal packstone/wackstone (Fig. 2 A, C). The larger and more discernible columnal plates (in transverse section) were dominated by gasterocomids and (?)cupressocrinitids. (Fig. 2 B, C, E, G-I). Other simple morphologies were present, namely circular outline columnal plates with a small circular axial canal. Other fossils can be tentatively identified as calcareous algae and ostracod shells (Fig. 2 K) but these were rare and too damaged to perform any conclusive taxonomic identification.

Two samples from the pelitic sediments of the TMC in Caerinha area where collected for palynology analysis (CAE 2.1 and CAE3.1 - see Fig. 1B). The organic residues provided badly preserved palynomorphs, mostly miospores. The following taxa where observed *Convolutispora* sp.; *Densosporites* aff. *rarispinosus* Playford, 1963; *Densosporites* sp.; *Dictyotriletes* sp.; cf. *Dibolisporites* sp., *Lophozonotriletes* cf. *bellus* Kedo 1963; *Lycospora* cf. *pussila* (Ibrahim) Somers, 1972; aff. *Raistrickia variabilis* Dolby & Neves, 1970; *Rugospora* cf. *flexuosa* (Juschko) Streel, 1974; *Spelaeotriletes*

balteatus (Playford) Higgs, 1996 and *Verrucosisporites nitidus* (Naumova) Playford, 1964. Rare acritarchs assignable to (?)*Gorgonisphaeridium* sp. and *Leiosphaeridia* sp. were also recorded. In both localities several boulders of crinoidal limestones were processed for conodont analysis as composite samples, but no conodont elements were found.

AGE AND INTERPRETATION

The common presence and the high proportion of gasterocomids and (?)cupressocrinitids columnal plates in all observed samples are indicative of an acme of these genera in the reef biota. This acme has been described in several areas of the European Variscides, namely from Čelechovice and Konice (Czech Republic) (Ureš et al., 1999; Galle & Hladil, 1995), and Armorican Massif (Le Menn, 1985) for a time interval ranging from the uppermost Eifelian to lowermost Givetian. Additionally and perhaps more importantly, the dominant presence of *Cupressocrinites* sp. and common presence of *Gasterocoma* sp. columnals was described recently in Machado et al., (2009) for the Odivelas Limestone classical locality (some tenths of Kms to the SE) which provided a typical coral assemblage of the same time interval. As discussed by Głuchowski, (1993) the identification of several genera based solely on their stem columnals is generally valid for the *Cupressocrinites* genus, but this and other genera of similar morphology are present in younger Devonian and even Tournaisian sediments. The original lithofacies are difficult to interpret due to the poorly preserved sedimentary features at a meso and microscopic scale and the total absence of information at a macroscale. Nevertheless there is a striking resemblance of the petrographic characteristics and bioclasts association between the Caeirinha limestones and the crinoidal calciturbidite facies described for the Odivelas Limestone classical locality (cf. Fig. 2 A, C). It is likely that other lithofacies may have been originally present (e.g. biostromal/bioherm) but are now completely obliterated by the intense deformation and metasomatism.

The described miospore assemblage is coherent with the previously described assemblages for the TMC (Pereira and Oliveira, 2006) which contain reworked miospores. The presence of *Lycospora* cf. *pussila* (Ibrahim) Somers, 1972 is indicative of the Pu miospore biozone of Clayton et al. (1977) – latest Tournaisian – earliest Viséan. The remaining taxa may be, at least in part, reworked. The presence of Middle Devonian Limestones within a volcano-sedimentary complex that has been, for the most part, dated as Viséan-Tournaisian can have 2 possible explanations. Considering the previous record of olistoliths in the associated Cabrela complex (Pereira and Oliveira, 2006; Oliveira et al., 2006), one can easily assume the same setting for the Caeirinha (and possibly the Monte da Pena) locality. Despite this relatively straightforward explanation, one must consider the localities are within important shear zones. The possibility that the limestone body is merely tectonically imbricated with the surrounding (younger) rocks can not be discarded

ACKNOWLEDGMENTS

We acknowledge the *Fundação para a Ciência e a Tecnologia*, PhD grant SFRH/BD/23787/2005; Jean LeMenn for the helpful discussions on crinoid taxonomy and biostratigraphy. The owners of Monte da Pena for the access to the locality.

REFERENCES

van Den Boogaard, M. (1983): Conodont faunas from Portugal and Southwestern Spain. Part 7: A Frasnian conodont fauna near the Estação de Cabrela (Portugal). *Scripta Geol.*, 69: 1-17.

Clayton, G., Coquel, R., Doubinger, J., Gueinn K.J., Loboziak, S., Owens, B. and Streel, M. (1977): Carboniferous Miospores of Western Europe: illustration and zonation. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 29: 1-71.

Galle, A., Hladil, J. and Isaacson, P. E. (1995): Middle Devonian biogeography of closing South Laurussia; North Gondwana Variscides; examples from the Bohemian Massif (Czech Republic), with emphasis on Horni Benesov, *Palaios*, 10(3): 221-239.

Głuchowski, E. (1993): Crinoid assemblages in the Polish Givetian and Frasnian. *A. Palaeo. Polon.*, 38(1-2): 35-92.

Le Menn, J. (1985): Les crinoides du Devonien inferieur et moyen du massif Armoricain. *Mem. Soc. Geol. Min. Bretagne*, 30: 1-268

Machado, G., Hladil, J., Koptíková, L., Fonseca, P. E., Rocha, F. T. and Galle, A. (2009): The Odivelas Limestone: evidence for a Middle Devonian reef system in western Ossa-Morena Zone (Portugal). *Geol. Carp.*, 60(2): 121-137.

Oliveira, T., Relvas, J., Pereira, Z., Munhá, J., Matos, J., Barriga, F. e Rosa, C.J. (2006): O complexo Vulcano-sedimentar de Toca da Moura-Cabrela (Zona de Ossa-Morena); Evolução tectono-estratigráfica e mineralizações associadas. In Dias R., Araújo A., Terrinha, P. e Kullberg, J.C. (eds.) *Geologia de Portugal*: 1–13.

Pereira, Z. and Oliveira, T. (2006): Palynostratigraphy of the Toca da Moura and Cabrela Complexes, Ossa Morena Zone, Portugal. Geodynamic implications. *Rev. Paleob. Palyno*., 139(1-4): 227–240.

Relvas, J. (1987): *Alteração hidrotermal na área da Mina da Caeirinha (Santa Susana): perspectiva metalogenética*. Unpublished BsC thesis. Univ. Lisboa, 254pp.

Santos, J., Mata, J., Gonçalves, F. e Munhá, J. (1987): Contribuição para o conhecimento Geológico-Petrológico da Região de Santa Susana: O Complexo Vulcano-sedimentar da Toca da Moura. *Com. Serv. Geol. Portugal*, 73(1-2): 29-48.

Ureš, M., Le Menn, J. and Hladil, J., (1999): Middle Devonian crinoid columnals from Čelechovice in Moravia, Czech Republic. *Bull. Czech Geol. Surv.*, 74: 323–333.

Nova evidência de *Ceratosaurus* (Theropoda, Ceratosauria) no Jurássico Superior da Bacia Lusitânica (Portugal)

New evidence of Ceratosaurus (Theropoda, Ceratosauria) from the Upper Jurassic of Lusitanian Basin (Portugal)

E. Malafaia[1,2,3], F. Ortega[2,4], F. Escaso[2,5], P. Dantas[1,2,3] e B. Silva[2]

1 Museu Nacional de História Natural (Universidade de Lisboa). Rua da Escola Politécnica 58, 1250-102 Lisboa.emalafaia@gmail.com
2 Laboratório de História Natural da Associação Leonel Trindade. Apartado-25, 2564-909 Torres Vedras.
3 Laboratório de História Natural da Batalha, Apartado 116, 2441-901 Batalha.
4 Grupo de Biología, Dpto. de Física Matemática y de Fluidos, Facultad de Ciencias, UNED. Senda del Rey 9, 28040 Madrid
5 Unidad de Paleontología, Dpto. de Biología, Universidad Autónoma de Madrid. c./ Darwin 2, 28049 Madrid.

Resumo: Neste trabalho aborda-se novo material identificado a um terópode ceratossáurio, proveniente do Kimeridgiano superior (Jurássico Superior) da Bacia Lusitânica. O exemplar, descoberto numa jazida da Praia de Valmitão (Município da Lourinhã) na região centro-ocidental de Portugal, está composto por um fémur esquerdo, uma tíbia direita incompleta e um fragmento da diáfise de uma fíbula. Este exemplar apresenta um conjunto de caracteres similares aos conhecidos em algumas formas do género *Ceratosaurus*.

Palavras-chave: Theropoda, *Ceratosaurus*, Jurássico Superior, Bacia Lusitânica.

Abstract: *A new theropod ceratosaur specimen from the Portuguese Upper Jurassic Lusitanian Basin is here reported. The specimen consists in a left femur, an incomplete right tibia and a fragment of the diaphysis of a fibula. The presence of a femoral head oriented anteromedially relative to the diaphysis, with a strong ventral extension (ventral end below the great trochanter) and narrow craniocaudally, a femur with distoproximally short lesser trochanter (dorsal edge is lower than the level of the great trochanter) and with a well developed trochanter crest in the proximal end plus, a tibia with the cnemial crest strongly projects dorsally (dorsal end well above the femoral condyles) are features shared with members of Ceratosaurus known both in the Portuguese Upper Jurassic Lusitanian Basin and in synchronic levels of North America. This new specimen increase the record of Ceratosaurus previously note from the Upper Jurassic of the Lusitanian Basin.*

Key words: *Theropoda, Ceratosaurus, Upper Jurassic, Lusitanian Basin.*

INTRODUÇÃO

O registo português de *Ceratosaurus* conhecido até ao momento é muito fragmentário. A evidência disponível está composta por restos craniais (dentes) e post-craniais, provenientes de diferentes jazidas localizadas sobretudo na área do Município da Lourinhã, em sedimentos de idade Kimeridgiano superior – Titoniano inferior, (Mateus et al., 2006; Ortega et al., 2009). O exemplar mais completo consiste num fémur direito e uma tíbia esquerda recolhidos junto do sítio de Rodela de Valmitão (Lourinhã) em níveis do Membro Praia da Amoreira – Porto Novo (Formação de Alcobaça), de idade Kimeridgiano superior (Mateus et al. 2006). No registo português, os restos atribuídos a *Ceratosaurus* incluem também um conjunto de dentes isolados provenientes da jazida de Guimarota (Leiria) e de outras jazidas localizadas na área de Lourinhã: Porto das Barcas, Peralta e Merendeiros (Zinke, 1998; Mateus e Antunes 2000; Antunes e Mateus 2003; Mateus et al., 2006; Ortega et al., 2009). Neste trabalho apresentamos os restos de um novo exemplar de *Ceratosaurus* da Formação de Alcobaça, recolhido nas arribas da praia de Valmitão (Município da Lourinhã).

DISCUSSÃO

O conjunto de material descrito no presente trabalho, proveniente da praia de Valmitão, consiste num fémur esquerdo, uma tíbia direita incompleta e um fragmento da diáfise de uma fíbula (Fig. 1). O exemplar apresenta um conjunto de caracteres similares aos conhecidos em algumas formas do género *Ceratosaurus*. Estes caracteres incluem: 1) fémur com a extremidade proximal comprimida anteroposteriormente; 2) cabeça femoral dirigida anteromedial e ventralmente relativamente à diáfise; 3) fémur com uma superfície de inserção muscular em forma de impressão digital na superfície anterior do trocanter maior; 4) trocanter menor curto distoproximalmente (extremidade dorsal encontra-se significativamente abaixo do trocanter maior); 5) cresta do trocanter bem desenvolvida na extremidade proximal do fémur; 6) fémur com a cresta mediodistal curta distoproximalmente (comprimento menor do que ¼ do comprimento da diáfise); 7) tíbia

com a cresta cnemial que se projecta dorsalmente bem acima do nível dos côndilos medial e lateral; 8) tíbia com uma fossa lateral bem desenvolvida na extremidade proximal e delimitada por uma projecção que se desenvolve entre as crestas cnemial e fibular; 9) ectocôndilo (=côndilo lateral) não se encontra separado do corpo principal da extremidade proximal da tíbia; 10) processo ascendente do astrágalo curto distoproximalmente (inferido pela curta superfície da tíbia que representa a zona de suporte para este processo).

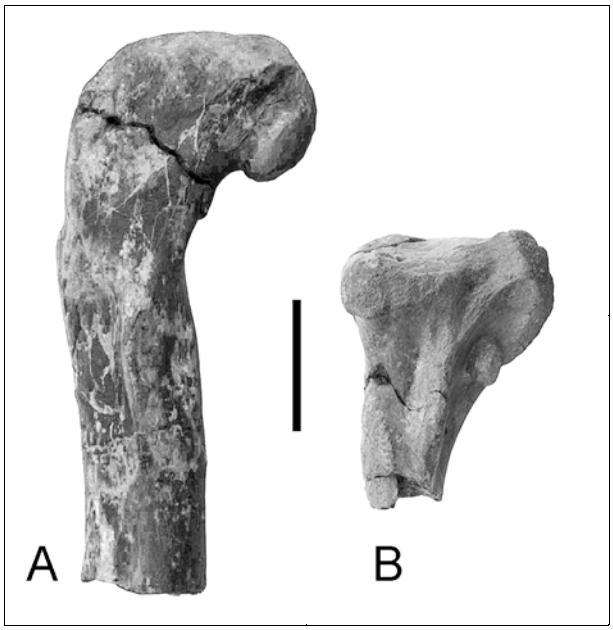


FIGURA 1. Elementos seleccionados do exemplar ALTSHN-VLM-02. A – extremidade proximal do fémur em vista posterior; B – extremidade proximal da tíbia em vista lateral. Escala: 100 mm.

CONCLUSÃO

Até ao momento, o registo conhecido de *Ceratosaurus* está representado pelo material proveniente de diversas jazidas do Jurássico Superior da Formação de Morrison e por escasso material recolhido em níveis do Jurássico Superior da Bacia Lusitânica (Mateus et al., 2006). Com base no conjunto de caracteres descritos anteriormente, o exemplar de Valmitão é identificado como um elemento do género *Ceratosaurus*.

AGRADECIMIENTOS

Trabalho desenvolvido no âmbito do projecto de investigação PTDC/CTE-GEX/67723/2006 (VERT-JURA) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT, Portugal). Projecto apoiado também pela Jurassic Foundation (EUA) e Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, bem como pela Câmara Municipal de Torres Vedras (Portugal).

REFERENCIAS

Antunes, M. T. e Mateus, O. (2003): Dinosaurs of Portugal. *Comptes Rendus Paleovol*, 2: 77-95.

Mateus, O. e Antunes, M. T. (2000a): *Ceratosaurus* sp. (Dinosauria: Theropoda) in the Late Jurassic of Portugal. Em: *31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Comunicações.

Mateus, O., Walen, A. e Antunes, M. T. (2006): The large theropod fauna of the Lourinhã Formation (Portugal) and its similarity to the Morrison Formation, with a description of a new species of *Allosaurus*. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 36: 123-129.

Ortega, F., Malafaia, E., Escaso, F., Pérez García, A. y Dantas, P. (2009): Faunas de répteis do Jurásico Superior de Portugal. *Paleolusitana*, 1: 44-45.

Zinke, J. (1998): Small theropod teeth from the Upper Jurassic coal mine of Guimarota (Portugal). *Palaontologische Zeitschrifte*, 72: 179-189.

LISANFOS KMS: Presentación de un Sistema Gestor de Conocimiento sobre Paleontología de Lisanfibios

LISANFOS KMS: Presentation of a Knowledge Management System for Lissamphibian Paleontology

C. Martín[1] y B. Sanchiz[1]

1 Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. c/ José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid. España. mcnb105@mncn.csic.es

Resumen: Lisanfos KMS es un Sistema Gestor de Conocimiento desarrollado como recurso informático *online* para investigación e información sobre Paleontología de anfibios. El contenido de todas las referencias que mencionan lisanfibios fósiles (1758-2010) a nivel de familia o inferior ha sido indexado, extrayéndose la información que tienen sobre parámetros bibliográficos, taxones fósiles, opiniones sistemáticas, yacimientos, paleofaunística, y colecciones museológicas. Nuestra intención es proporcionar una cobertura histórica completa, de ámbito mundial, para los fósiles pertenecientes a los órdenes Allocaudata, Anura, Caudata, Proanura and Gymnophiona. Se incluyen PDFs con las citas donde se presentan las propuestas taxonómicas primarias de los taxones extintos. En contraste con monografías hechas por especialistas, que pueden ser altamente subjetivas, y superando los límites de bibliografías temáticas, bases de datos clásicas y enciclopedias de colaboración abierta, Lisanfos KMS organiza la información en un contexto que que requiere formalización, estructura y amplio uso de estándares. Los usuarios de Lisanfos KMS podrán obtener la información explícitamente sin filtrar, reflejando el esfuerzo colectivo de los estudiosos de la disciplina a lo largo de la historia. Se incluye un atlas de imágenes de huesos de especies fósiles y actuales a fin de facilitar la identificación taxonómica. Lisanfos KMS podrá consultarse en http://www.lisanfos.mncn.csic.es/.

Palabras clave: Amphibia, Paleoherpetología, Osteología, Paleofaunística, Recurso Internet.

Abstract: Lisanfos KMS is a Knowledge Management System developed as an online resource for research and information on amphibian Paleontology. The contents of all references which mention fossil lissamphibians (1758-2010) at the family or lower levels have been indexed, and the information they contain on bibliographic parameters, fossil taxa, systematic opinions, fossil sites, paleofaunistics, and museum repositories have been extracted. Our intention is to produce a complete historical coverage for fossils belonging to the orders Allocaudata, Anura, Caudata, Proanura and Gymnophiona, which is worldwide in scope. PDFs containing quotations from the literature of paragraphs dealing with all primary nomenclatural proposals of extinct taxa are included. In contrast to monographs made by specialists, which can be highly subjective, and going beyond the limitations of thematic bibliographies, classical databases and open collaboratively written encyclopaedias, Lisanfos KMS organizes information in a meaningful context that requires formalization, structuring and use of standards. Users of Lisanfos KMS will be able to retrieve information delivered in an explicit unfiltered context that reflects the collective efforts of workers in the discipline through time. A gallery of bone images (fossil and living species) is included in order to facilitate taxonomic identification. Lisanfos KMS will be online at http://www.lisanfos.mncn.csic.es/

Key words: *Amphibia, Paleoherpetology, Osteology, Paleofaunistics, Internet Resource.*



Los yacimientos marinos del Neógeno de Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias). Correlaciones con el sur de la Península Ibérica y otros archipiélagos de la Macaronesia

Neogene marine deposits in Lanzarote and Fuerteventura (Canary Islands). Correlations with the south of the Iberian Peninsula and other islands of Macaronesia

E. Martín-González[1] y C. Castillo[2]

1 Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, c./ Ramón y Cajal 3, semisótano 2. 38003 S/C de Tenerife. mmartin@museosdetenerife.org
2 Dpto. Biología Animal (Paleontología), Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Fco. Sánchez, s/n. 38206 La Laguna. ccruiz@ull.es

Resumen: A lo largo de la costa suroeste de las islas de Fuerteventura y Lanzarote afloran depósitos sedimentarios costeros pertenecientes al Neógeno. Los materiales estudiados constituyen una secuencia sedimentaria formada por conglomerados, paquetes de brechas y arenas, más o menos consolidadas, entre los que se incluyen restos fósiles, depositados en un ambiente litoral somero. La composición faunística y los rasgos tafonómicos observados, son congruentes con este tipo de ambiente. Algunas especies de moluscos características de estos depósitos contribuyen a establecer correlaciones estratigráficas con afloramientos neógenos del sur de España y otros archipiélagos macaronésicos.

Palabras clave: Depósitos litorales, tafonomía, paleoecología, Neógeno, Islas Canarias.

Abstract: *Along the southwest coast of the islands of Fuerteventura and Lanzarote coastal outcrop sedimentary deposits belonging to the Neogene. The materials studied are a sedimentary sequence consists of conglomerates, breccias and sand packages, more or less consolidated, among which include fossils, deposited in a shallow coastal environment. The faunal composition and taphonomic features observed are consistent with this type of environment. Some species of molluscs characteristics of these deposits help establish stratigraphic correlations with Neogene outcrops in southern Spain and other Macaronesian archipelagos.*

Key words: *Coastal deposits, taphonomy, palaeoecology, Neogene, Canary Islands.*

INTRODUCCIÓN

Las Islas Canarias presentan un amplio registro de yacimientos fosilíferos que abarcan desde el Mesozoico hasta el Holoceno, entre los que destacan los depósitos litorales pertenecientes al Neógeno y Pleistoceno superior (Meco et al., 2007). El estudio paleontológico y estratigráfico de estos afloramientos nos permiten inferir los cambios paleobiológicos, paleobiogeográficos y paleoclimáticos acontecidos en el Archipiélago en los últimos 6 millones de años.

A lo largo de la costa suroeste de las islas de Fuerteventura y Lanzarote afloran un conjunto de materiales depositados en ambientes litorales someros alimentados por depósitos siliclásticos (Fig. 1). En Fuerteventura, estos sedimentos se encuentran generalmente a unos 20 m snm, intercalados entre los materiales del Complejo Basal y la serie volcánica I, datados entre 5 y 4.8 Ma (Meco et al., 2007), marcando una clara discordancia. En Lanzarote, los materiales del Neógeno aparecen entre los 20 y los 60 m snm, entre los materiales volcánicos de la Formación Ajaches, (14.5 y 13.5 Ma) y la Formación Tías-Janubio, con una edad de 5,8 Ma (Meco et al., 2007).

Las especies más características de estos depósitos son moluscos como *Strombus coronatus* (Defrance, 1827), *Saccostrea cucullata* (Born, 1778), *Nerita emiliana* Mayer, 1872, *Patella ambroggii* Lecointre, 1952, etc., cirrípedos del género *Tetraclita* y cnidarios del género *Siderastrea*, taxones característicos de un medio litoral somero predominantemente rocoso (Martín-González et al., 2001).

El estudio de los paleolitorales rocosos ha aumentado considerablemente en los últimos años, contribuyendo a identificar y cuantificar los cambios del nivel del mar y los diferentes ciclos deposicionales en diferentes épocas cronológicas. En el Archipiélago canario son bien conocidos los trabajos realizados sobre los depósitos costeros del Pleistoceno superior y su relación con los del litoral atlántico-mediterráneo de la Península Ibérica (ver Zazo et al., 2002). En el caso de los yacimientos litorales del Neógeno de Canarias, se han realizado trabajos sobre su posición topográfica y su relación con los cambios del nivel del mar durante el Plioceno (Meco et al., 2007).

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los resultados preliminares del estudio bioestratigráfico y

paleoambiental de los depósitos costeros del Neógeno de Fuerteventura y Lanzarote.

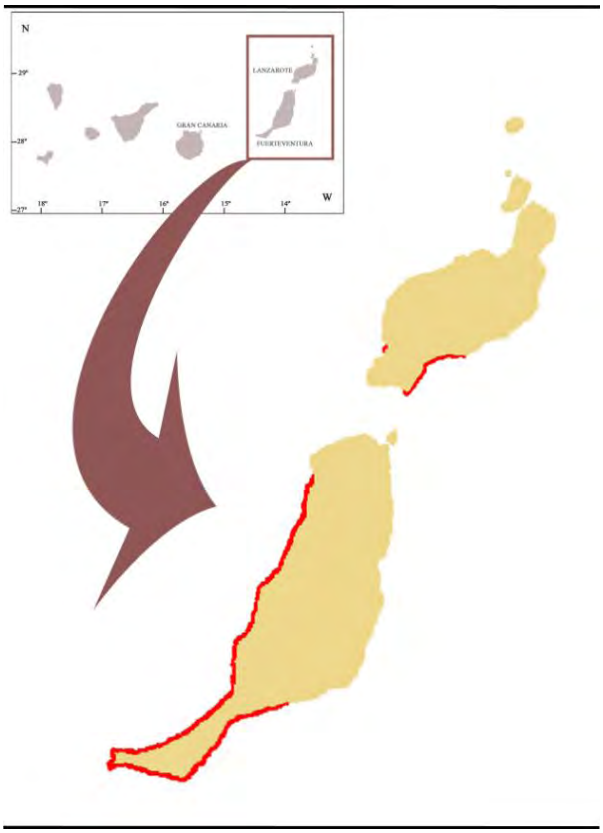


FIGURA 1. Localización de los yacimientos neógenos de Fuerteventura y Lanzarote.

RESULTADOS

Aunque se han observado cambios laterales de facies y de acuñamientos laterales debido a la gran extensión de los afloramientos del Neógeno estudiados, las características sedimentarias generales son las siguientes:

- En la isla de Fuerteventura la secuencia sedimentaria neógena comienza con un banco conglomerático que rellena las irregularidades erosivas creadas en el Complejo Basal. Este conglomerado de base, de potencia variable, está formado por brechas y cantos redondeados heterogénicos y heterométricos, cementados por una matriz calcárea. Asociado a este nivel conglomerático aparecen de forma discontinua parches carbonatados muy cementados. También son características de la secuencia neógena las plataformas formadas por calcarenitas de colores claros que afloran en los acantilados occidentales de la isla y en Jandía (Fig. 2). Por encima de estos niveles estratigráficos se acumulan paquetes de brechas polimícticas compuestas por cantos heterométricos poco seleccionados incluidos en una matriz arenoso-conglomerática. En algunos tramos de la costa occidental de la isla los materiales marinos del Neógeno son cubiertos por depósitos de arenas eólicas, de varios metros de espesor.

- En la isla de Lanzarote, los barrancos del Macizo de los Ajaches, al suroeste de la isla, ofrecen los cortes estratigráficos de la secuencia marina neógena de la isla, mucho menos extensa que en Fuerteventura (Fig. 3). Sobre unos 20 m snm aparece un nivel conglomerático de cantos redondeados heterogénicos y heterométricos, asociado a un nivel de arenas calcáreas con escaso contenido de bioclastos. Por encima de estos niveles se superpone otro nivel conglomerático-brechoide de hasta 1 m de potencia, que engloba una gran cantidad de fragmentos fosilíferos. A techo esta secuencia queda cubierta por areniscas biocalcareníticas blanco-amarillentas, que destacan en las laderas volcánicas (Fig. 3).

En todos los niveles estratigráficos se localizan concentraciones fosilíferas en capas más o menos continuas. La composición taxonómica y las características tafonómicas de las asociaciones de organismos de los diferentes afloramientos son variables. En los niveles conglomeráticos predominan las conchas muy alteradas de moluscos y cirrípedos, mientras en los niveles de areniscas aparecen icnofósiles y moldes de diferentes especies de microgasterópodos y bivalvos, así como foraminíferos, corales, briozoos y algas calcáreas (rodolitos).



FIGURA 2. Secuencia sedimentaria del depósito de Peñas Blancas en el sur de Fuerteventura.

DISCUSIÓN

La secuencia sedimentaria de los materiales marinos del Neógeno de Fuerteventura y Lanzarote presenta diferentes geometrías, dependiendo del afloramiento estudiado, si bien parece ser que su formación tuvo lugar durante una etapa transgresiva (Meco et al., 2007). Así, los niveles conglomeráticos situados a muro de la

secuencia indican el inicio de la transgresión, de modo que se van expandiendo a medida que sube el nivel del mar. Mientras, los tramos de arenas calcareníticas podrían corresponderse con los depósitos formados durante el máximo de inundación marina. Por último, los paquetes de brechas depositados por encima de los niveles arenosos se formarían durante la progradación de los materiales terrígenos. En consecuencia, esta secuencia sedimentaria parece haberse formado en la misma franja litoral, constituyendo un sistema de abanico deltaico (Martín-González et al., 2001).

La composición taxonómica de las asociaciones fosilíferas (pateloides, ostreidos, cirrípedos e icnofósiles) presentes en estos depósitos, y sus características tafonómicas también son congruentes con un medio litoral somero, donde la alta energía hidráulica condiciona fuertemente el tipo de conservación. La predominancia de restos fósiles muy alterados tafonómicamente está en concordancia con un medio litoral poco profundo con alta energía hidráulica. En algunos afloramientos de ambas islas se han encontrado ejemplares de bivalvos infáunicos de ambientes someros en buenas condiciones de conservación (algunos restos articulados). Este tipo de conservación se ve favorecida en medios donde se produce una alta recurrencia de avalanchas de materiales terrígenos que aíslan a los organismos de la zona tafonómicamente activa (sensu Powell et al., 1989).

La presencia de las especies *Strombus coronatus* (Defrance, 1827), *Nerita emiliana* (Mayer, 1872) y *Saccostrea cucullata* (Born, 1778) en los yacimientos marinos del Neógeno de las islas orientales de Canarias, permite correlacionar bioestratigráficamente estos depósitos con los del sur de la Península Ibérica (Aguirre, 1998; Landau et al., 2004). Además de la especies citadas es interesante el estudio de la fauna y flora asociada a ellas (corales, briozoos, foraminíferos, rodolitos, etc.), así como de las estructuras bioerosivas presentes en estos depósitos litorales, para afinar la reconstrucción de las condiciones paleoambientales de sedimentación y la existencia de uno o más ciclos transgresivos. De este modo, este estudio también puede contribuir a establecer las pertinentes correlaciones, e interpretaciones paleoambientales, con otros niveles neógenos localizados en otros archipiélagos de la Macaronesia. Meco et al. (2007) citan la presencia de corales típicos ecuatoriales en los yacimientos del Neógeno de Lanzarote, similares a los hallados en contextos muy parecidos de la isla de Porto Santo (Madeira) (Best y Boekschoten, 1982). Además, en Fuerteventura se han identificado trazas de *Dactyloidites ottoi* (Geinitz, 1849) en sedimentos silícicos neógenos depositados en una plataforma costera de aguas someras (Sánchez-Pinto et al., 2009), icnofósil que también se conoce en el archipiélago de Azores (Expedição "Palaeontology in Atlantic Islands, 2008") en sedimentos mio-pliocénicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto de investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación CGL2009-12949.

REFERENCIAS

Aguirre, J. (1998): Bioconstrucciones de *Saccostrea cucullata* Born, 1778 en el Plioceno superior de Cádiz (SO de España): implicaciones paleoambientales y paleoclimáticas. *Revista Española de Paleontología*, 13: 27-36.

Best, M. W. y Boekschoten, G. J. (1982): On the coral fauna in the Miocene reef at Baixo, Porto Santo (Eastern Atlantic). *Netherlands Journal Zoology*, 32(3): 412-418.

Landau, B., Marquet, R. y Grigis, M. (2004): The early Pliocene Gastropoda (Mollusca) of Estepona, southern Spain. Part 2: Orthogastropoda, Neotaenioglossa. *Palaeontos*, 4: 1-108.

Martín-González, E., Castillo, C., Gutiérrez-González, M. y Aguirre, J. (2001): Estudio paleoambiental de los depósitos litorales someros del Plioceno inferior de Fuerteventura (Islas Canarias). *Revista Española de Paleontología*, nº extr.: 47-57.

Meco, J., Scaillet, S., Guillou, H., Lomoschitz, A., Carracedo, J. C., Ballester, J., Betancort, J. F. y Cilleros, A. (2007): Evidence for long-term uplift on the Canary Islands from emergent Mio–Pliocene littoral deposits. *Global and Planetary Change*, 57 (3-4): 222-234.

Powell, E. N., Staff, G. M., Davies, D. J. y Callender, W. R. (1989): Macrobenthic death assemblages in modern marine environments: formation, interpretation and aplication. *Aquatic Science*, 1: 555-589.

Sanchez-Pinto, L., García-Talavera, F., López Rondón, J. y Martín Oval, M. (2009): Sobre la presencia del icnofósil *Dactyloidites ottoi* (Geinitz, 1849) en sedimentos neógenos de la costa occidental de Fuerteventura (Islas Canarias). En: *Homenaje al Profesor Dr. Wolfredo Wildpret de la Torre (*Beltrán Tejera, E., J. Afonso-Carrillo, A. García Gallo y O.Rodríguez Delgado, eds.). Instituto de Estudios Canarios. La Laguna (Tenerife. Islas Canarias). Monografía LXXVIII, 229-244.

Zazo, C., Goy, J. L., Hillaire-Marcel, C., Guillot, P.-Y, Soler, V., González, J. A., Dabrio, C. J. y Ghaleb, B. (2002): Raised marine sequences of Lanzarote and Fuerteventura revisited – a reappraisal of relative sea-level changes and vertical movements in the Eastern Canary Islands during the Quaternary. *Quaternary Science Reviews*, 21: 2019-2046.

Varios autores (2008): Paleontologia em Santa Maria (Açores). Expedição "Paleontology in Atlantic Islands 2008". http://www.geologia.fc.ul.pt/artigo.php?id_artigo=230

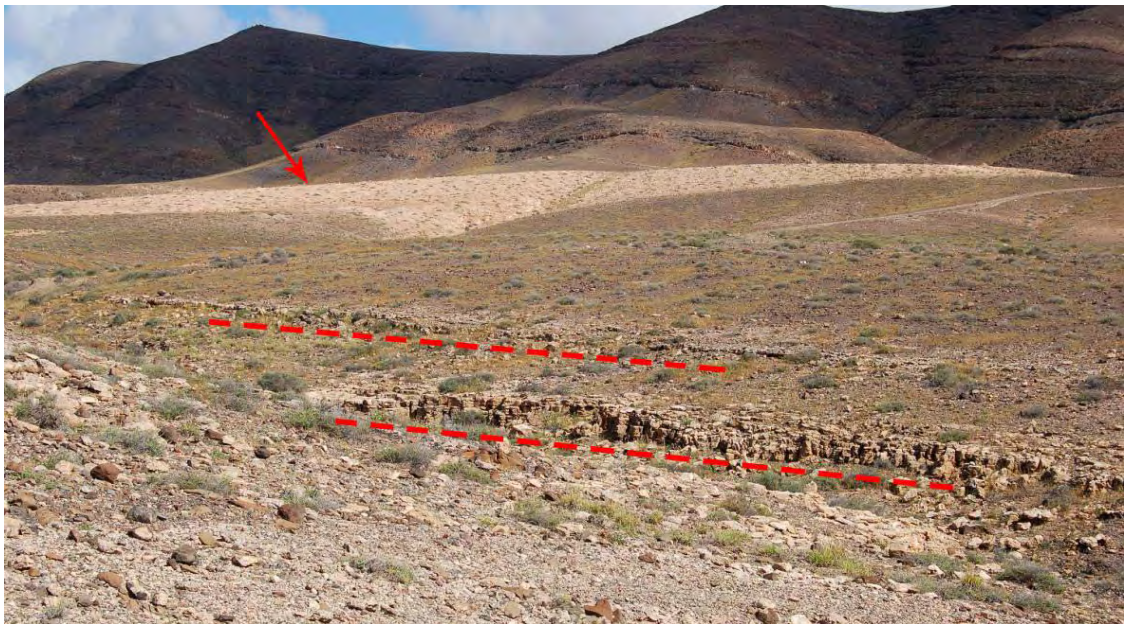


FIGURA 3. Afloramientos neógenos de la zona de Los Ajaches (Lanzarote). La flecha señala los depósitos calcareníticos que se encuentran a techo de la secuencia.

Inferencias paleoecológicas y evolutivas en Amphicyonidae a partir de la morfología del fémur

Paleoecological and evolutionary inferences in Amphicyonidae derived from femur morphology

A. Martín Serra[1], B. Figueirido[1] y P. Palmqvist[1]

1 Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Campus universitario de Teatinos s/n. Universidad de Málaga. 29071. Málaga. almarse@uma.es, francisco.figueirido@uv.es, ppb@uma.

Resumen: La anatomía postcraneal de la familia Amphicyonidae es poco conocida, por lo que en este trabajo se ha realizado un estudio preliminar de uno de los elementos del esqueleto apendicular más importantes, el fémur. Usando una aproximación basada en la estimación de puntos homólogos, se ha caracterizado la forma de este hueso en Canidae, Ursidae y Amphicyonidae. Los resultados obtenidos en los análisis estadísticos multivariables muestran que, pese a tener un tamaño similar a los úrsidos, el fémur de los anficiónidos se asemeja más al de los cánidos, con lo cual se podría postular que compartían un modo de locomoción similar, siendo capaces de mantener una carrera prolongada. Además, se han realizado análisis por separado de la morfología de las epífisis proximal y distal, cuyos resultados muestran que la primera depende de la biomecánica de los músculos que se insertan en ella, evidenciando el modo de locomoción, mientras que la segunda se correlaciona con el tamaño, al soportar los cóndilos articulares la masa corporal.

Palabras clave: Amphicyonidae, fémur, epífisis, alometría, biomecánica.

Abstract: *There are few studies on the postcranial anatomy of the family Amphicyonidae. Here we show the results of a preliminary approach to the shape of one important skeletal structure, the femur. Using landmark-based methods, femur morphology has been characterized in several carnivoran families, including Canidae, Ursidae and Amphicyonidae. Results obtained with multivariate analysis show that, in spite of the similarity in size between amphicyonids and ursids, femoral morphology of amphicyonids is similar to that of canids. For this reason, we hypothesize that both groups had the same locomotor type and that amphicyonids were able to hold a long chase. Moreover, several analysis developed with the proximal and distal epiphyses separately show that the morphology of the proximal one depends on the biomechanical features of the muscles that insert on it; in contrast, the distal epiphysis correlates with body size because its condyles withstand the mass of the animal.*

Key words: *Amphicyonidae, femur, epiphysis, allometry, biomechanics.*

INTRODUCCIÓN

La familia Amphicyonidae comprende un conjunto de especies de carnívoros de amplia distribución geográfica que vivieron desde el Eoceno superior hasta el Mioceno superior (Hunt, 1998). Debido a este amplio rango espacial y temporal, la familia contiene especies con distintas adaptaciones ecomorfológicas. En cuanto a su alimentación, se admite que existieron desde formas hipercarnívoras hasta omnívoras. Por lo tanto, es de suponer que también abarcaban distintos modos de locomoción, con adaptaciones específicas en su esqueleto postcraneal.

La morfología del esqueleto apendicular de Amphicyonidae está muy poco estudiada, razón por la que se ha efectuado un estudio preliminar comparando la morfología del fémur en distintas especies de anficiónidos con la mostrada por otros carnívoros representados en la actualidad. Las familias escogidas para la comparación son Canidae y Ursidae, pues se consideran como las más cercanas filogenéticamente a este grupo extinto; de hecho, a los anficiónidos se les denomina tradicionalmente como perros-oso, ya que presentan una combinación de los caracteres de ambas familias.

La comparación morfológica se ha realizado utilizando los métodos de la morfometría geométrica, basados en el análisis de la posición de puntos homólogos o *landmarks*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se han usado fotografías del fémur en vista posterior de 133 especímenes pertenecientes a 24 especies actuales de cánidos (17) y úrsidos (7), así como 12 especímenes de diversas especies extintas de anficiónidos.

La estimación de las posiciones de los *landmarks* se ha realizado mediante el programa TpsDig v. 2.05, elaborado por F.J. Rohlf y disponible en la web (http://life.bio.sunysb.edu/morph/). En su elección se

han seguido criterios anatómicos y funcionales, con objeto de que los resultados sean interpretables desde ambos puntos de vista. Todos los análisis se han llevado a cabo usando el programa MorphoJ (Klingerberg, 2008).

A partir de aquí se han realizado diversos análisis estadísticos multivariables, como el análisis de componentes principales (ACP) y las regresiones lineales.

RESULTADOS

El primer análisis ha consistido en un ACP a partir de las coordenadas de Procrustes (una vez alineadas los ejemplares), con objeto de apreciar los cambios más importantes en la morfología del fémur (Fig. 1A).

El primer componente principal explica un 56,96% de la varianza. El cambio morfológico asociado, en sentido positivo, es hacia fémures más estrechos y estilizados, con la cabeza articular en posición más lateral, el trocánter mayor más elevado y la fosa trocantérica muy reducida. Tomando proyecciones negativas aparecen los fémures más robustos y ensanchados, con la cabeza en posición más oblicua, el trocánter mayor reducido y la fosa trocantérica muy prolongada (Fig. 2). Los canidos se sitúan en los valores positivos, los úrsidos en los negativos y los anficiónidos en valores intermedios (Fig. 1A).

El segundo componente principal explica un 13,62% de la varianza. En sentido positivo modifica el fémur curvándolo cerca de epífisis proximal, quedando ésta orientada ligeramente hacia el lateral; en sentido negativo, el fémur se curva de manera que la epífisis distal queda en una posición medial respecto a la proximal, mientras que esta última se dispone hacia el lateral pero orientada hacia la pelvis (Fig. 2). La distribución de las distintas familias en este eje es muy similar, pues cánidos y úrsidos se sitúan en valores intermedios, aunque con mucha dispersión, mientras que los anficiónidos caen en la parte negativa (Fig. 1A).

A continuación se ha efectuado una regresión múltiple del tamaño del centroide (estimador de las dimensiones corporales) frente a las coordenadas de Procrustes (estimador de la forma). La regresión resulta significativa mediante el test de permutaciones frente a la hipótesis nula de independencia del tamaño (Drake y Klingenberg, 2008). A partir de los residuos de esta regresión (variabilidad morfológica no asociada a cambios de tamaño) se realizó otro ACP para valorar los cambios no atribuibles a las diferencias de masa corporal (Fig. 1B). En este caso, el primer componente principal (46,19%) lleva asociado prácticamente el mismo cambio morfológico que en el primer análisis, pues tan sólo hay una sutil reducción de la variación en el grosor; sin embargo, esta vez los anficiónidos no se sitúan entre las dos familias actuales, sino que toman los valores más positivos, siendo los cánidos los que se localizan en la zona intermedia. El segundo componente (17,66) representa el mismo cambio morfológico e idéntica distribución de las familias.

Por otro lado, se ha dividido la constelación de *landmarks* del fémur en dos partes que se corresponden con ambas epífisis, proximal y distal. Con cada una de ellas se ha realizado un ACP y una regresión con el tamaño de centroide. De forma abreviada, el cambio de morfología en el ACP de la epífisis proximal es similar al del ACP general, aunque los anficiónidos se disponen muy cerca de los cánidos en este caso (Fig. 3A). La regresión con el tamaño de centroide resulta significativa (porcentaje de predicción del 15,43%). En el caso de la epífisis distal el cambio morfológico también es equivalente al del ACP general, disponiéndose los anficiónidos entre las dos familias actuales (Fig. 3B), y la regresión con el tamaño también es significativa (porcentaje de predicción del 32,63%).

Con ambas epífisis se ha efectuado un análisis de correlación, denominado *partial least squares* (PLS), para observar si covarían. El primer PLS de la epífisis proximal lleva asociado un cambio similar al de los análisis anteriores, esto es, una fosa trocantérica reducida y un trocánter mayor elevado frente a una fosa prolongada y un trocánter reducido; cánidos y anficiónidos toman valores positivos, y los úrsidos negativos. El primer PLS de la epífisis distal también indica un cambio de forma semejante al de los análisis anteriores, permitiendo diferenciar los cóndilos alargados y estrechos de aquellos ensanchados transversalmente; los anficiónidos se sitúan en este caso en la zona de transición entre cánidos y úrsidos.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto aspectos interesantes de la morfología del fémur en estos grupos de carnívoros. No obstante, en primer lugar hay que tener en cuenta dos factores que influyen mucho en la morfología: el legado filogenético, es decir, la tendencia de las distintas especies a parecerse entre si por haber tenido una evolución en común; y el efecto del tamaño o alometría.

La interpretación más interesante que se puede hacer de los primeros análisis de componentes principales es que, aparentemente, la morfología del fémur de los anficiónidos es intermedia entre la de los cánidos y los úrsidos, pero que al eliminar el efecto alométrico su morfología se asemeja ya más a la de los cánidos. Esto se debe a que, en general, las especies de anficiónidos analizadas tienen tamaños similares a los de los úrsidos y es esa alometría la que enmascara su mayor parecido con los cánidos. Dicha similitud está muy relacionada con aspectos funcionales del fémur. En primer lugar, tanto cánidos como anficiónidos poseen una fosa trocantérica reducida, mientras que los úrsidos la tienen más desarrollada. En esta fosa se insertan el femoral cuadrado y los músculos obturadores (Homberger y Walker, 2004), los cuales realizan movimientos de aducción (aproximación al cuerpo) del fémur; por tanto, es de suponer que las especies más corredoras, cuyo

movimiento principal del fémur es en dirección anteroposterior, no necesitan tener muy desarrollados estos músculos. En segundo lugar, en estos grupos el trocánter mayor está más elevado, situándose al mismo nivel que la cabeza articular, mientras que los úrsidos lo tienen reducido, con la cabeza en posición más oblicua. En este trocánter se insertan los glúteos, músculos extensores del fémur (Homberger y Walker, 2004), muy importantes para impulsarse en la carrera. Cuanto más elevado esté el trocánter más perpendicularmente al movimiento ejercerán su fuerza estos músculos (y con mayor ventaja mecánica, pues), mejorando así la capacidad corredora del individuo. Dado que los cánidos, adaptados a cazar a la carrera (Andersson, 2004), comparten estas adaptaciones con los anficiónidos, se puede deducir que éstos podrían tener gran capacidad para mantener una carrera prolongada, si no como los cánidos actuales, sí mucho mejor que los úrsidos. Aunque, por supuesto, es necesario ampliar el estudio de estos aspectos con más huesos del esqueleto apendicular.

La segunda parte del trabajo permite profundizar en los factores que actúan en el diseño de la morfología del fémur. Los resultados de los análisis de la epífisis proximal y distal por separado (ACP, regresiones y PLS) muestran que los anficiónidos se asemejan más a los cánidos en la epífisis proximal, pero aparecen con una morfología intermedia en la epífisis distal. Esto puede deberse a que la epífisis distal tiene una relación más estrecha con el tamaño que la proximal, tal como se puede observar si se comparan los porcentajes de varianza explicados por cada regresión, 15,43% en el caso de la proximal y 32,63% en el caso de la distal. La interpretación funcional de tal diferencia dentro de la misma estructura ósea no es difícil si se tiene en cuenta que en la epífisis proximal se insertan muchos músculos importantes para el movimiento de la extremidad (glúteos, femoral cuadrado, obturadores, aductores, etc.), mientras que la epífisis distal, aunque también contiene inserciones de músculos importantes (vg., gastrocnemios), está muy condicionada por la morfología de los cóndilos articulares. Por todo ello, resulta previsible que la morfología de la epífisis proximal dependa de los factores biomecánicos y funcionales de los distintos músculos, mientras que la distal se vea más influida por el peso que debe soportar la superficie articular de los cóndilos.

REFERENCIAS

Andersson, K. (2004): Elbow joint as a guide to forearm function and foraging behaviour in mammalian carnivores. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 142: 91-104.

Drake, A.G. and Klingenberg, C. P. (2008): The pace of morphological change: historical transformation of skull shape in St Bernard dogs. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, 275: 71-76.

Homberger, D. G. Walker, W. F. J. (2004): *Vertebrate Dissection*. 9th ed. Brooks/Cole, Thomson Learning, Belmont, CA, 500 p.

Hunt, R. M. J. (1998): Amphicyonidae. En: *Evolution of Tertiary mammals of North America. Volume 1: Terrestrial Carnivores, Ungulates, and Ungulate-like Mammals*. (C. M. Janis, K. M. Scott y L. L. Jacobs, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, 196-227.

Klingenberg, C. P. (2008): MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, Manchester. Available from: www.flywings.org.uk/MorphoJ

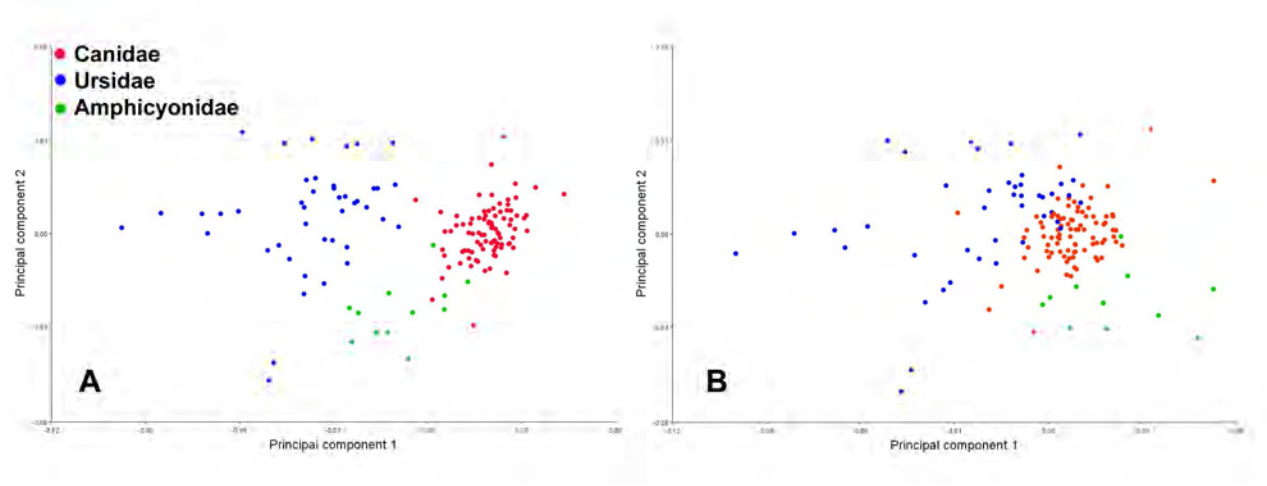


FIGURA 1. *Representación de los dos primeros componentes principales.* **A***: primer ACP general con las coordenadas de Procrustes.* **B***: ACP general con los residuos de la regresión con el tamaño de centroide.*

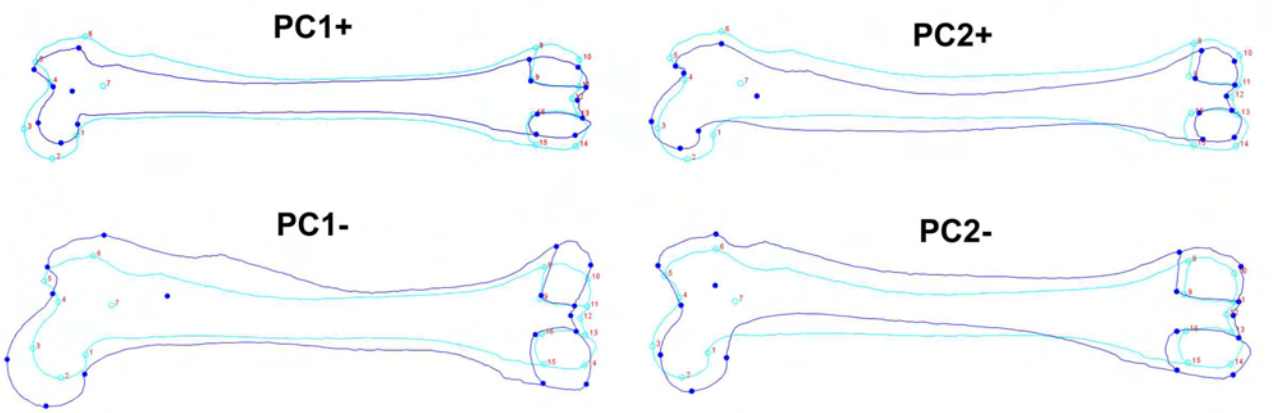


FIGURA 2. *Visualización del cambio morfológico asociado a los dos primeros componentes principales del ACP general con las coordenadas de Procrustes (en azul claro la morfología consenso).*

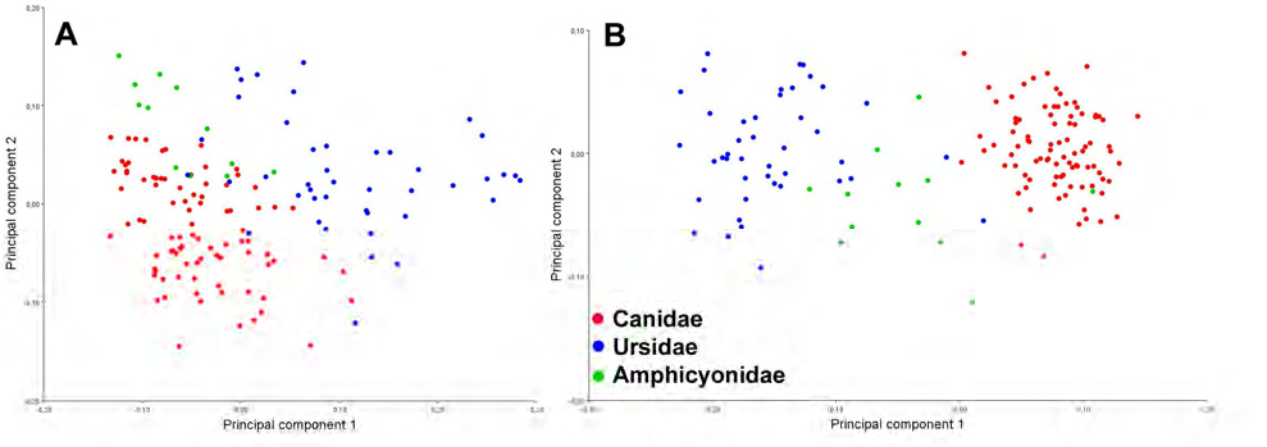


FIGURA 3. *Representación de los dos primeros componentes principales.* **A***: ACP con las coordenadas de Procrustes para la epífisis proximal.* **B***: ACP con las coordenadas de Procrustes para la epífisis distal.*

Exploración de la morfología craneal en carnívoros

Searching for patterns of skull morphology in carnivores

A. Martín Serra[1], B. Figueirido[1] y P. Palmqvist[1]

1 Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Campus universitario de Teatinos s/n. Universidad de Málaga. 29071 Málaga. almarse@uma.es, francisco.figueirido@uv.es, ppb@uma.

Resumen: Los aspectos relacionados con la evolución de la morfología craneal de los carnívoros no se han estudiado tan a fondo como los relativos a su ecología y taxonomía. Sin embargo, la morfometría geométrica permite profundizar en tales aspectos. Para ello, mediante una aproximación basada en la estimación de puntos homólogos, se ha caracterizado la forma del cráneo tratando de resaltar las diferencias entre sus porciones anterior, media y posterior. El análisis se ha realizado en Caniformia y Feliformia por separado y en el conjunto de los representantes terrestres del orden Carnivora. Los resultados obtenidos muestran que un mayor desarrollo del rostro limita en Caniformia la variabilidad de las otras partes; por el contrario, el factor más importante en Feliformia es la altura del cráneo en la zona anterior y media. Cuando se combinan ambos grupos, son tales factores los que dan cuenta de la mayor parte del cambio morfológico, produciendo limitaciones que se traducen en la existencia de zonas vacías en el morfoespacio.

Palabras clave: morfología, cráneo, limitación, Caniformia, Feliformia.

Abstract: *The evolution of morphological patterns in the carnivoran skull is not as well characterized as the study of the ecological and taxonomic aspects of this skeletal complex. However, geometric morphometry allows studing in depth this issue. A landmark-based method has been used here for characterizing cranial shape with the aim to stress the differences among the three parts of the skull: forehead, midhead and hindhead. The analysis has been performed separately in Caniformia and Feliformia, and also in both suborders of terrestrial carnivorans together. The results show that a well developed forehead constrains in Caniformia the variability in the other parts of the skull; on the contrary the most important factor in Feliformia is the height of the fore- and midhead. With both suborders combined, these two factors explain most of the morphological change, resulting in constraints that can be envisioned as empty parts of the morphospace.*

Key words: *morphology, skull, constraint, Caniformia, Feliformia.*

INTRODUCCIÓN

La morfología craneal del orden Carnivora se ha caracterizado en una serie de trabajos en los que se explora, desde puntos de vista biomecánicos ecomorfológicos y evolutivos, la anatomía de este elemento esquelético (vg., Radinsky, 1981a, 1981b, 1982; Gittleman, 1986; Van Valkenburgh, 1989). No obstante, el concurso de los métodos propios de la morfometría geométrica permite analizar la morfología de cualquier estructura de un modo integral. Esto facilita, además de profundizar en los enfoques taxonómicos y ecológicos tradicionales, realizar estudios novedosos sobre los procesos y las limitaciones evolutivas en el cambio de las estructuras anatómicas.

En este estudio se continúa dicha línea de investigación, indagando en los patrones de la evolución morfológica del cráneo en los carnívoros. Para ello se ha usado una aproximación basada en la localización de puntos homólogos o *landmarks*. De esta manera, se ha dividido el cráneo en tres secciones (Fig. 1) que, al estar implicadas en diferentes funciones, podrían generar diferentes patrones dependiendo del legado filogenético, de las limitaciones estructurales o de las necesidades fisiológicas y/o ecológicas de las especies. Estas secciones la zona posterior, que alberga encéfalo, la media, donde se sitúan los arcos cigomáticos, y la anterior, en la que se encuentran las órbitas oculares, los nasales y los maxilares.

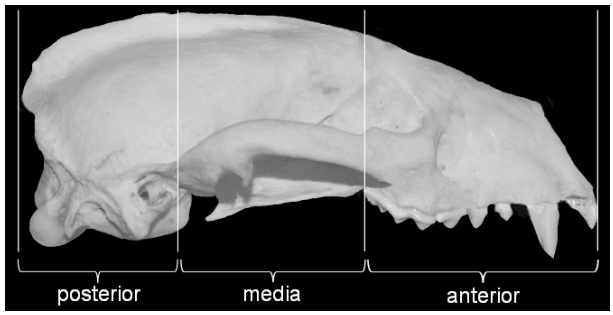


FIGURA 1. *Esquema indicativo de las secciones en las que se ha dividido el cráneo.*

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se han usado fotografías de cráneos en vista lateral pertenecientes a 694 especímenes distribuidos en 11 familias de carnívoros terrestres, que incluyen formas tanto actuales como extintas: Ailuridae, Amphicyonidae, Canidae (incluyendo Caninae, Borophaginae y Hesperocyoninae), Felidae (incluyendo Felinae y Machairodontinae), Herpestidae, Hyaenidae, Mustelidae, Nimravidae, Procyonidae, Ursidae y Viverridae.

La localización de los puntos homólogos se ha realizado con el programa TpsDig v. 2.05, elaborado por F.J. Rohlf y disponible en la web (http://life.bio.sunysb.edu/morph/). Los análisis de componentes principales (ACP) se han realizado con el programa MorphoJ (Klingerberg, 2008). Por otra parte, a partir de varios de estos puntos homólogos se han calculado distancias que permiten estimar la longitud de cada una de las secciones en las que se ha dividido el cráneo.

Se han llevado a cabo tres conjuntos de análisis: en primer lugar, las familias que se incluyen dentro del suborden Caniformia (Ailuridae, Amphicyonidae, Canidae, Mustelidae, Procyonidae y Ursidae); en segundo, las de Feliformia (Felidae, Herpestidae, Hyaenidae, Nimravidae y Viverridae); y, por último, ambos subórdenes en conjunto.

RESULTADOS

Para comenzar, se ha realizado un ACP sobre las coordenadas de Procrustes en el suborden Caniformia. El primer componente principal (Fig. 2) explica un 53,1% de la varianza total y da cuenta de las diferencias morfológicas entre los cráneos que presentan un rostro corto y la parte posterior alargada, que toman proyecciones positivas en este eje, y aquellos con el rostro alargado y la región posterior reducida, que se disponen sobre los valores negativos. De este modo, los cánidos se sitúan en la región negativa, junto con algunos prociónidos y anficiónidos, mientras que úrsidos, mustélidos, ailúridos y gran parte de los prociónidos se localizan en la positiva.

El segundo componente principal (Fig. 2) de este análisis explica un 14,3% de la varianza total. Los cráneos con la parte posterior muy desarrollada toman proyecciones positivas en este eje; por el contrario, los que muestran la parte posterior reducida a favor de una parte media más desarrollada toman las proyecciones negativas. Los mustélidos se sitúan en los valores más positivos, los úrsidos en los más negativos y el resto de las familias en la zona neutra.

Con objeto de confirmar estas tendencias, se han comparado estos dos componentes principales con las longitudes absolutas y los porcentajes que representan sobre el total cada una de las tres porciones del cráneo. Por una parte, se observa que entre el primer componente principal y el porcentaje correspondiente a la longitud de la parte anterior del cráneo existe una correlación negativa, que se pierde si consideramos la longitud absoluta (transformada logarítmicamente). Respecto a la parte media del cráneo, el primer componente no muestra correlación ni con el porcentaje ni con la longitud. Tampoco se observa una clara correlación entre el primer componente y la parte posterior del cráneo.

El segundo componente se correlaciona negativamente con la longitud de la parte anterior, pero no con sus porcentajes. También se correlaciona con la parte media del cráneo, negativamente tanto con los porcentajes como con las longitudes. Por último, se correlaciona con la parte posterior del cráneo, positivamente con los porcentajes y negativamente con las longitudes. Al correlacionarse de la misma forma con todas las longitudes, se considera que el cambio morfológico se debe al efecto del tamaño.

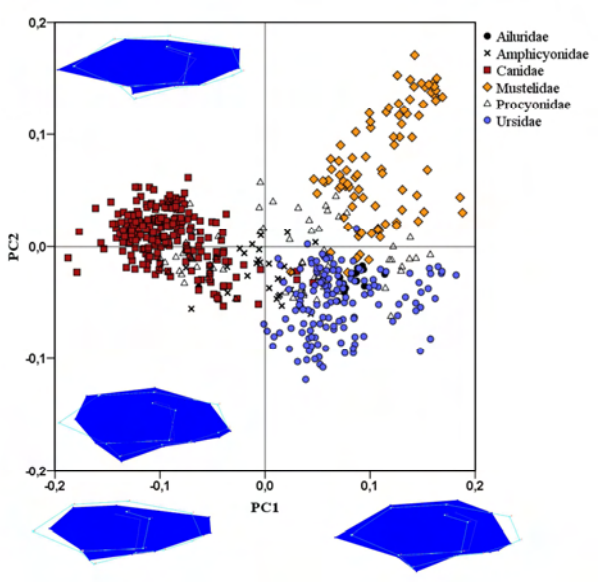


FIGURA 2. *Representación del morfoespacio generado por los dos primeros componentes principales del ACP realizado para el suborden Caniformia. En azul, figuras que representan los cambios en la disposición de los landmarks para cada eje.*

También se ha realizado un ACP únicamente para las familias del suborden Feliformia. El primer componente (Fig. 3) de este análisis explica un 47,3% de la varianza y el cambio morfológico asociado al mismo consiste en que los cráneos más altos a nivel medio y del rostro se disponen en sentido positivo, mientras que los menos elevados lo hacen en sentido negativo. Félidos y dientes de sable (tanto macairodontinos como nimrávidos) se sitúan con proyecciones positivas, mientras que hiénidos, herpéstidos y vivérridos toman valores negativos.

El segundo eje (Fig. 3) explica un 20,2% de la varianza. Con valores positivos se hallan los cráneos que presentan un rostro rotado hacia arriba respecto a la parte posterior; por el contrario, los cráneos con el rostro rotado en el sentido contrario toman proyecciones negativas en este eje. Félidos y vivérridos se distribuyen

en la parte negativa del componente, los dientes de sable se localizan en la positiva, finalmente, hiénidos y herpéstidos se sitúan en la zona intermedia.

Con este grupo también se han efectuado comparaciones entre los dos primeros componentes principales y las longitudes y proporciones de las distintas partes del cráneo. El primer componente posee cierta correlación positiva con el porcentaje de longitud de la parte anterior del cráneo y también con el logaritmo de esa longitud. Respecto a la parte media se observa una fuerte correlación negativa con su porcentaje, mientras que no se observa de ningún tipo con su longitud. En cuanto a la parte posterior se observa una correlación positiva con el porcentaje y con la longitud.

El segundo componente no se correlaciona con ninguna de las tres partes en las que se ha dividido el cráneo (ni con sus porcentajes ni con sus longitudes).

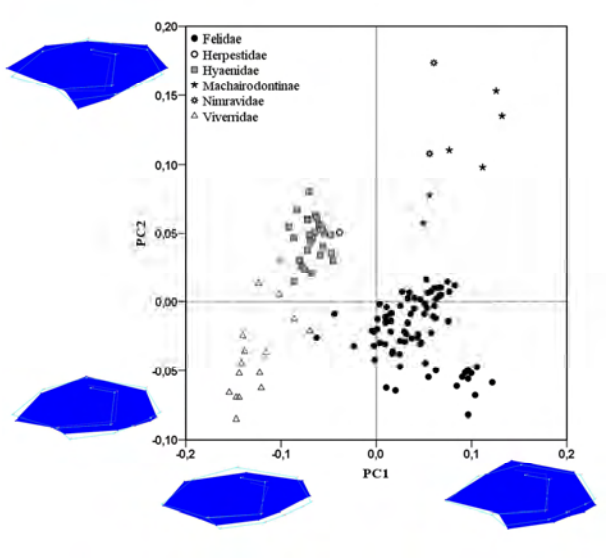


FIGURA 3. *Representación del morfoespacio generado por los dos primeros componentes principales del ACP realizado para el suborden Feliformia. En azul, figuras que representan los cambios en la disposición de los landmarks para cada eje.*

En último lugar, se han unido las dos bases de datos para realizar un análisis conjunto de todos los carnívoros terrestres. El primer eje del ACP (Fig. 4) explica un 42,8% de la varianza. El gradiente morfológico que describe va desde los cráneos con la parte anterior más corta y la posterior más desarrollada, que se disponen en sentido positivo, mientras que hacia las proyecciones negativas se sitúan aquellos con los rostros más alargados y la parte posterior más reducida. Los cánidos y parte de los prociónidos toman valores negativos, los mustélidos, los úrsidos y los félidos los muestran positivos, y las demás familias se sitúan en la parte intermedia.

El segundo componente (Fig. 3) explica un 17,7% de la varianza. En sentido positivo sobre este eje, los cráneos son más bajos, mientras que en sentido negativo son más altos a nivel medio y del rostro. Félidos y dientes de sable toman proyecciones negativas, los mustélidos y algunos úrsidos toman los valores más positivos, y el resto se sitúa en torno al cero.

También se han comparado las proporciones que representan las distintas partes del cráneo respecto a la longitud total con los componentes resultantes del análisis conjunto. El primer eje se correlaciona negativamente con el porcentaje de la longitud de la parte anterior del cráneo, pero no lo hace con la longitud en sí. No existe ningún tipo de correlación entre este eje y las partes media y posterior.

En lo concerniente al segundo componente, se correlaciona negativamente con la longitud de la parte anterior del cráneo, pero no con su porcentaje. También existe cierta correlación negativa con la longitud de la parte media, que no se produce con su porcentaje. En el caso de la parte posterior del cráneo, no se observa ningún tipo de correlación.

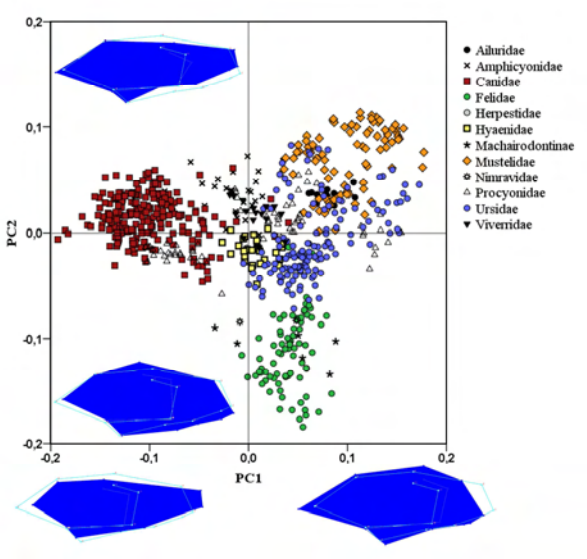


FIGURA 4. *Representación del morfoespacio generado por los dos primeros componentes principales del ACP realizado para los dos subórdenes de Carnivora. En azul, figuras que representan los cambios en la disposición de los landmarks para cada eje.*

DISCUSIÓN

La morfología del cráneo en el suborden Caniformia ha evolucionado de tal forma que, a juzgar por los resultados obtenidos, el mayor desarrollo de la parte anterior (rostro) limita la disparidad morfológica de las regiones posteriores del cráneo. Por ello, en el morfoespacio generado por los primeros componentes principales se observan espacios vacíos en la zona negativa del primer eje. Sin embargo, si la parte anterior no está tan desarrollada (proyecciones positivas en el primer eje), las regiones posteriores se pueden desarrollar de dos formas distintas en función del tamaño (segundo componente): tomando más énfasis en la parte posterior, cuando disminuye el tamaño (mustélidos) o desarrollando la parte media si aumenta el tamaño (úrsidos). Considerando únicamente las

proporciones entre las distintas partes del cráneo, se advierte que las tres se mueven en unos rangos similares, del 20 al 60% en las partes anterior y media, y del 10 al 50% en la parte posterior, lo que probablemente se deba a limitaciones fisiológicas y/o estructurales.

Dentro del suborden Feliformia no existen cráneos que muestren una parte anterior del cráneo tan desarrollada como en los cánidos. Por lo tanto, la principal variabilidad se concentra en las partes media y posterior. Al igual que en el caso anterior, dicha variabilidad consiste en una parte posterior prolongada a costa de la parte media, frente a una parte media desarrollada reduciendo la posterior. No obstante, este cambio morfológico también lleva asociado un cambio en la altura del cráneo a nivel medio y anterior: los cráneos altos tienen la parte media reducida (félidos y dientes de sable), mientras que los cráneos bajos tienen la parte media desarrollada (hiénidos y vivérridos). Estos cambios no están asociados al tamaño, pues no se ha detectado ningún efecto alométrico.

Al considerar los dos subórdenes en conjunto se vuelve a observar que la proporción que representa la longitud de la parte anterior condiciona el desarrollo de las otras partes. Sin embargo, se puede apreciar que la variación en la altura del cráneo tiene un papel importante en el establecimiento de los patrones morfológicos, pues también limita la variabilidad. En este caso, los cráneos altos (félidos y dientes de sable) no pueden tener una parte anterior muy alargada, pero tampoco muy reducida. Nuevamente, tampoco se observa ningún efecto alométrico en los principales cambios morfológicos del cráneo en el conjunto del orden Carnivora.

REFERENCIAS

Gittleman, J. L. (1986): Carnivore brain size, behavioural ecology and phylogeny. *Journal of Mammalogy*, 67: 23-36.

Radinsky, L. B. (1981a): Evolution of skull shape in carnivores I. Representative modern carnivores. *Biological Journal of Linnean Society*, 15: 369-388.

Radinsky, L. B. (1981b): Evolution of skull shape in carnivores II. Aditional modern carnivores. *Biological journal of Linnean Society*, 16: 337-355.

Radinsky, L. B. (1982): Evolution of skull shape in carnivores III. The origin and early radiation of the modern carnivore families. *Paleobiology*, 8: 177-195.

Van Valkenburgh, B. (1989): Carnivore dental adaptations and diet: a study of trophic diversity within guilds. En: *Carnivore behavior, ecology, and evolution* (Vol.1). (Gittleman, J. L. ed.). Cornell University Press: Ithaca, New York, 410-436.

Paleoicnología de la Loma del Tirabuzón, Plioceno medio de Santa Rosalía, Baja California Sur, Méjico

Paleoichnology from the Middle Pliocene La Loma del Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur, México

E. Mayoral[1], A. Santos[1], J. Ledesma-Vázquez[2] , M. E. Johnson[3], B. G. Baarli[3], C. M. da Silva[4] y M. Cachão[4]

1 Departamento de Geodinámica y Paleontologia, Universidad de Huelva Avda. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva. Spain. santos@dgyp.uhu.es and mayoral@uhu.es.
2 Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC 22800 México. ledesma@uabc.mx.
3 Department of Geosciences, Williams College, Williamstown, MA 01267. USA. Markes.E.Johnson@williams.edu and Gudveig.Baarli@williams.edu.
4 Departamento de Geologia, Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. Portugal. paleo.carlos@fc.ul.pt and mcachao@fc.ul.pt

Resumen: Se describe la paleoicnocenosis característica del Plioceno medio de la llamada Loma del Tirabuzón en la región de Santa Rosalía en el estado de Baja California (Méjico). Los icnotaxa más representativos son *Gyrolithes* (que da nombre al lugar y a la Formación estratigráfica), *Spongeliomorpha* y *Teichichnus*. Todos ellos se encuentran asociados, constituyendo un sistema intergradacional que representa un comportamiento mixto de tipo fodinichnia-agrichnia, dentro de un medio infralitoral somero, de fondos fangosos, consolidados y ricos en materia orgánica.

Palabras clave: Paleoicnocenosis, *Gyrolithes*, *Spongeliomorpha, Teichichnus*. Sistema intergradacional.

Abstract: *The characteristic palaeoichnocoenoses from the Middle Pliocene of Loma del Tirabuzón, Santa Rosalía region, Baja California Sur State (Mexico) is described. The most representative ichnotaxa are Gyrolithes (naming the site and the stratigraphic Formación), Spongeliomorpha and Teichichnus. All of them are associated forming an intergradational system representing a fodinichnia-agrichnia behaviour under a shallow infralitoral environment, with a muddy, consolidated, rich organic matter bottoms.*

Key words: Palaeoichnocoenoses, *Gyrolithes*, *Spongeliomorpha, Teichichnus*. Intergradational system.

INTRODUCCIÓN

La Loma del Tirabuzón es una localidad que recibe su nombre popular debido a la presencia de numerosas madrigueras espiraladas, que recuerdan la forma de un tirabuzón o sacacorchos y que corresponden al icnogénero *Gyrolithes*. A pesar de constituir un punto que posee una cierta singularidad, estas pistas fósiles solo han sido estudiadas superficialmente por Wilson (1981) o mencionadas dentro de estudios micropaleontológicos más amplios (Carreño, 1981).

Un estudio detallado de los niveles que presentan este tipo de bioturbación ha permitido poner de manifiesto la existencia de una paleoicnocenosis mucho más variada y diversa, con el reconocimiento de nuevos sistemas intergradacionales que sugieren interesantes aspectos desde el punto de vista etológico y que sirven para deducir y en su caso, complementar, las interpretaciones paleoambientales previamente establecidas por otro tipo de estudios.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ENCUADRE GEOLÓGICO

La Loma del Tirabuzón se encuentra en el km 4 de la carretera transpeninsular al norte de la población de Santa Rosalía, que se localiza en la parte central de la península de Baja California Sur, frente al Mar de Cortés, siendo la cabecera del municipio de Mulegé, localizándose al norte del estado (Fig. 1). Ocupa aproximadamente una superficie de 1,5 ha.

Desde el punto de vista geológico, los materiales que aquí aparecen corresponden a la Formación Tirabuzón, propuesta por Carreño (1981) para sustituir a la primitiva Formación Gloria, término introducido por Wilson (1948). Según este autor, la Formación se caracteriza en la región de Santa Rosalía, por un conglomerado basal, presente localmente junto con capas de areniscas que aumentarían de espesor hacia el Golfo de California. Estas capas cambian gradualmente a una sucesión de limonitas y arcillas intercaladas con capas arenosas. La serie finaliza hacia techo con un

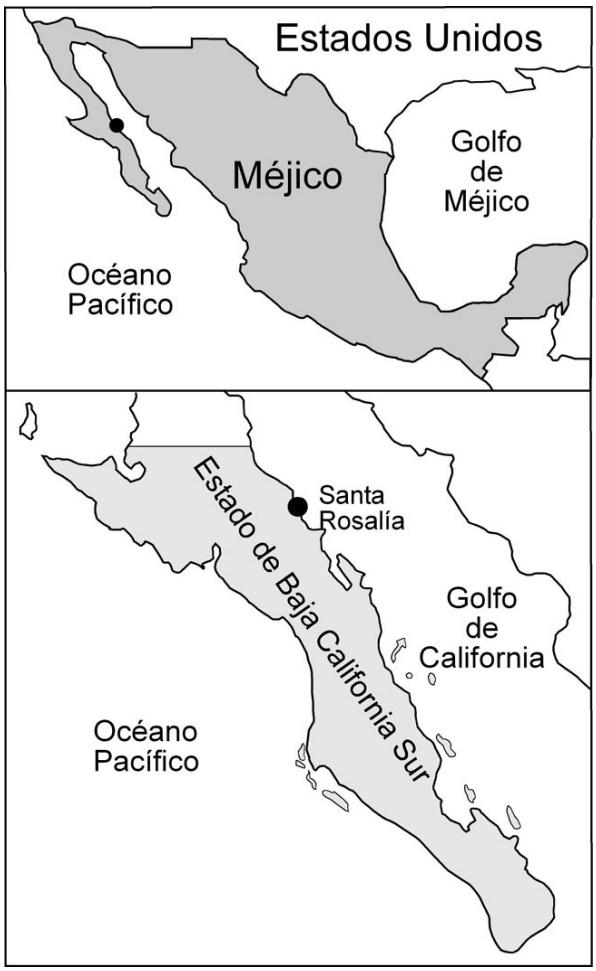


FIGURA 1. *Situación geográfica del área estudiada.*

conglomerado potente de facies continentales hacia tierra adentro.

La edad de esta Formación según Carreño (1981) abarcaría desde el Plioceno inferior, subzona de *Globorotalia margaritae evoluta* de Bolli y Premoli-Silva (1973) hasta posiblemente la parte más baja del Plioceno superior, zona de *Globorotalia truncatulinoides* cf. *tosaensis*. El horizonte que presenta la bioturbación aquí estudiada, corresponde al Plioceno medio (subzona de *Globorotalia exilis*).

Un esquema de la sucesión litoestratigráfica puede observarse en la Figura 2, basado en Carreño (1981).

PALEOICNOLOGÍA

Aludiendo al nombre que recibe la Loma y por extensión, la Formación, el icnogénero más representativo y espectacular es *Gyrolithes*. No obstante, este icnotaxón apenas aparece aislado, sino que se encuentra en conexión con otros, formando sistemas intergradacionales complejos y en algunos casos, novedosos. Debido a que la parte alta de la serie (en la que se incluye el horizonte bioturbado) presenta evidencias de disolución y alteración epigenética, algunos de los icnotaxa presentes son de difícil atribución taxonómica (caso de posibles *Ophiomorpha*

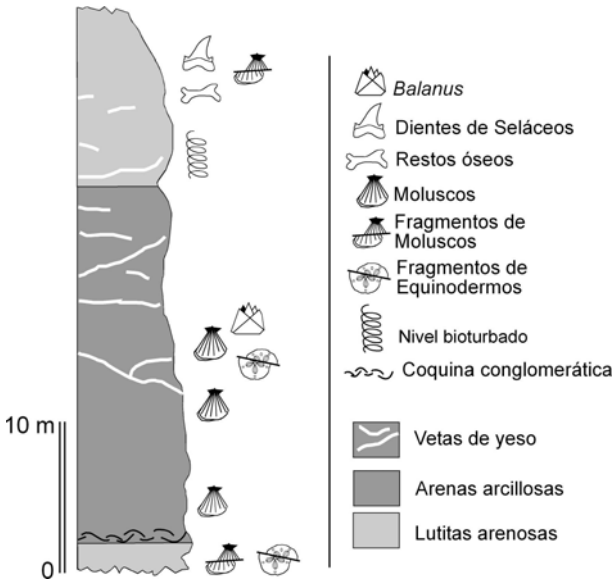


FIGURA 2. *Columna estratigráfica de la Loma del Tirabuzón (según Carreño, 1981).*

y/o *Thalassinoides*). Por esta razón, aquí sólo se mencionan aquellos que presentan suficientes características icnotaxobásicas como para ser identificados. Todos ellos se conservan como relieves completos presentando rellenos pasivos, de color blanquecino y de litología similar al sedimento circundante (lutitas).

Icnogénero *Gyrolithes* Saporta, 1884
Gyrolithes isp.

Material: LT-1 a LT-4; LT-8 a 10

Descripción. Madriguera espiralada formada por entre 3 y 5 vueltas, que se enrolla tanto en sentido dextrorso como sinestrorso (Fig. 3). La sección es subcircular con un diámetro medio de 21 mm y un espaciado intervuelta que varía entre 5 y 38 mm, con un valor medio de 26 mm. El diámetro espiral varía entre 50 y 80 mm, con un valor medio de 68 mm. El ángulo medio de inclinación de las cámaras es de 29º, con valores mínimos de 17º y máximos de 47º. En la mayoría de los ejemplares se observa la presencia de numerosas estrías, bien marcadas, más o menos paralelas a la base de la madriguera, que pueden ser cortas (3 mm de longitud) y sinuosas o más largas (9 mm) y rectilíneas a ligeramente quebradas.

La densidad de ocupación en un área de 100 m^2 es de 15 ejemplares.

Observaciones. Forman parte de sistemas intergradacionales compuestos principalmente por *Spongeliomorpha* y *Teichichnus*.

Spongeliomorpha Saporta, 1887
Spongeliomorpha isp.

Material: LT-2 a LT-6; LT- 11

Descripción. Madriguera de desarrollo principalmente horizontal, de trayectoria curvada o



FIGURA 3. .*Gyrolithes isp. de enrollamiento dextrorso asociado a Spongeliomorpha isp. Obsérvese las modificaciones funcionales consistentes en el ensanchamiento de algunas madrigueras. Escala: 10 cm.*

marcadamente sinuosa a ligeramente rectilínea. Presenta ramificaciones muy cortas (24 mm de longitud media) en forma de "Y" que se inclinan 10º-15º respecto de la horizontal y que terminan en extremos ciegos, de morfología cónica o fusiforme. La sección transversal de la madriguera principal es subcircular a elipsoidal, con un diámetro medio de 24 mm. Presenta numerosas estrías, muy marcadas en la base, de entre 5 y 8 mm de longitud. Son ligeramente sinuosas y oblicuas respecto al eje de la madriguera, lo que le confiere un modelo en chevron bastante irregular (Fig. 4). En los flancos, las estrías suelen ser más o menos longitudinales, ligeramente sinuosas y algo más cortas (entre 3-5 mm) y bastante paralelas entre sí.



FIGURA 4. *Spongeliomorpha. isp. mostrando los bioglifos característicos en forma chevron irregulares y la terminación acuminada de la madriguera (izquierda). Escala: 1 cm.*

Ocasionalmente pueden ser más oblicuas (hasta 40º respecto al eje de la madriguera) y sinuosas, alcanzando en estos casos dimensiones mayores (hasta 18 mm, con valores medios de 7-10 mm).



FIGURA 5. *Sistema intergradacional de Gyrolithes isp. y Teichichnus isp. Obsérvese el inicio de enrollamiento espiral de las conexiones retrusivas de éste último. Escala: 1cm.*

Otro rasgo característico, asociado a *Spongeliomorpha*, es la presencia a lo largo de su trayectoria, de zonas que se ensanchan hasta alcanzar un diámetro que suele ser el doble del que presenta la madriguera principal (52 mm de media), dando lugar a

una cámara de aspecto fusiforme (80 mm de longitud media). En estos casos, la base presenta el mismo tipo de estrías que *Spongeliomorpha*, mientras que en el techo, suele aparecer un canal de unos 10 mm de anchura.

Teichichnus Seilacher, 1955
Teichichnus isp.

Material: LT-8 a LT-10

Descripción. Madrigueras yuxtapuestas en la vertical con desarrollo retrusivo, que se inflexionan ligeramente respecto de la horizontal, presentando una trayectoria curva en planta. En la zona proximal la sección transversal es elipsoidal y está formada por un apilamiento máximo de dos láminas, con una altura próxima a los 40 mm. Hacia la parte distal, las láminas llegan a ser hasta cinco e inician una trayectoria helicoidal, ocasionando conexiones espiraladas (Fig. 5).

INTERPRETACIÓN PALEOETOLÓGICA

Los tres icnotaxa descritos aparecen normalmente en conexión, formando un sistema intergradacional bien definido. Muñiz (1998), describe un sistema formado por *Spongeliomorpha-Teichichnus-Phycodes*, que es interpretado como una estructura de fodinichnia en un sustrato bastante firme.

En este caso, el sistema *Spongeliomorpha-Gyrolithes-Teichichnus* podría tener un significado parecido en términos de la consistencia el sustrato, pues la conservación de las marcas de rastrillaje así lo indica.

Desde el punto de vista etológico, este sistema presenta una serie de modificaciones funcionales, sensu Seilacher (2007), que consisten en la presencia de zonas ensanchadas o ramales ciegos, en la existencia de conexiones retrusivas, o en la aparición de túneles de drenaje o ventilación en la parte superior de las madrigueras. Todas estas características abogarían por un comportamiento mixto de tipo fodinichnia-agrichnia, donde las cámaras ensanchadas servirían de cámaras de almacenamiento de alimento, mientras que las estructuras retrusivas y espiraladas con los túneles de ventilación, implicarían una explotación intensiva del sustrato (minado). La conexión abierta con la superficie del sustrato aportaría agua oxigenada de la superficie, en contraste con el agua intersticial de ambiente más reductor que ocuparía las zonas más bajas de las madrigueras. Este hecho propiciaría las condiciones ideales para que se pudieran cultivar bacterias sulfurosas (Seilacher, op.cit.).

Desde el punto de vista paleoambiental, la icnocenosis presente indicaría un medio con abundante materia orgánica, de salinidad marina normal o ligeramente salobre, de fondos formados por limos fangosos muy consolidados en un medio infralitoral somero de relativamente baja energía. Estas conclusiones son compatibles con las deducidas por Swain (1967) para el nivel estudiado, donde en base a la microfauna de ostrácodos establece un conjunto típico de línea de costa (profundidad media de 10 m). Por otra parte, según Carreño (1981), los foraminíferos planctónicos asociados a este nivel, indicarían la existencia de aguas de tipo tropical-subtropical.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España mediante un contrato del subprograma Juan de la Cierva a A. Santos (JCI-2008-2431), así como por la ayuda al Grupo de Investigación RNM316 "Tectónica y Paleontología" de la Junta de Andalucía. La participación de M. Johnson fue financiada por una ayuda de viaje de la Class of 1945 Faculty World Fellowship durante su año sabático.

REFERENCIAS

Bolli, H. M. y Premoli-Silva, I. (1973): Oligocene to Recent planktonic foraminifera and stratigraphy of Leg 15 Sites in the Caribbean Sea. In: *Initial reports DSDP* (N. T. Edgard y J. B. Saunders et al., eds.). U.S. Goverment, Printing Office, Washington, D.C., 475-498.

Carreño, A. L. (1981): Ostrácodos y foraminíferos planctónicos de la Loma del Tirabuzón, Santa Rosalía, Baja California Sur, e implicaciones bioestratigráficas y paleoecológicas. *Universidad Nacional Autónoma de México. Geología, Revista*, 5(1): 55-64.

Muñiz, F. (1998): *Paleoicnología del Neógeno Superior en el Sector Suroccidental de la Cuenca del Guadalquivir, Área de Lepe-Ayamonte (Huelva).* Tesis Doctoral, Universidad de Huelva, 272 pp.

Saporta, G. de. (1884): *Les organismes problématiques des anciennes mers.* Masson. 100 pp.

Saporta, G. de. (1887). Nouveaux documents relatifs aux organismes problématiques des anciennes mers. *Société Géologique de France, Bulletin* 3: 286-302.

Seilacher, A. (1955): Spuren und Fazies im Unterkambrium. En: *Beiträge zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan)* (O. H. Schindewolf y A. Seilacher, eds.). Akademie der Wissenschaften und der Literatur zu Mainz, 10: 11-143.

Seilacher, A. (2007): *Trace Fossil Analysis*. Springer, 226 pp.

Swain, F. M. (1967): Ostracoda from the Gulf of California. *Geological Society of America, Memoirs*, 101: 139 pp.

Wilson, E. C. (1981): The trace fossils *Gyrolithes* in the Pliocene Gloria Formation near Santa Rosalía, Baja Califronia Sur, Mexico. *Geological Society of America, Abstract with Programs*, 13: 114 p.

Wilson, I. F. (1948): Topografía sepultada, estructuras iniciales y sedimentación en la región de Santa Rosalía, Baja California. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología,* 53: 78p.

Asociaciones de foraminíferos planctónicos en la Cuenca Interior de Galicia (NW de la Península Ibérica)

Planktonic foraminifera assemblages from the Galicia Inner Basin (NW Iberian Peninsula)

A. Mena[1], G. Francés[1], M. Pérez-Arlucea[1] y T. J. J. Hanebuth[2]

1 Dpt. Xeociencias Mariñas e O. T. Fac. Ciencias do Mar. Univ. de Vigo. CUVI. 36310 Vigo. España. anxomena@uvigo.es,
2 MARUM and Faculty of Geosciences. University of Bremen. Klagenfurter Strasse, 28359 Bremen. Germany.

Resumen: El análisis de las asociaciones de Foraminíferos planctónicos en dos testigos, uno en el flanco este del Banco de Galicia y otro en el talud continental de Galicia, que fueron extraídos en un transecto E-W en la Cuenca Interior de Galicia, permite junto con su análisis *multiproxy* llevar a cabo la reconstrucción paleoclimática y paleoceanográfica de la zona durante los últimos 70000 años. Se han identificado un total de 24 especies de foraminíferos planctónicos, pero sólo tres de ellas agrupan más del 60% de las asociaciones: *Neogloboquadrina pachyderma*, *Globigerina bulloides* y *Globorotalia inflata*. Los eventos climáticos más importantes en ambos testigos son los Eventos de Heinrich, registrados como picos en la abundancia de *N. pachyderma* (sin.) junto con un aumento en la proporción de fragmentos líticos identificados como *ice rafted debris* (IRD). Aunque los testigos han sido obtenidos en ambientes sedimentarios diferentes, ambos se caracterizan por bajas tasas de sedimentación pelágica durante el Holoceno y por un incremento de aportes terrígenos durante los periodos fríos. Ello se traduce en elevadas tasas de sedimentación durante los periodos glaciares, especialmente durante los episodios fríos extremos como los Eventos de Heinrich.

Palabras clave: Foraminíferos planctónicos, Cuenca Interior de Galicia, Eventos de Heinrich, Pleistoceno, Holoceno.

Abstract: *Planktonic foraminifera assemblages from two cores obtained along a transect of the Galicia Inner Basin (eastern flank of the Galicia Bank and lower slope of the Galicia Atlantic margin) have been studied. Planktonic assemblages together with a multiproxy analysis of both cores let a detailed reconstruction of the paleoclimatology and paleoceanography of the studied area during the last 70000 years. Twenty four species have been identified, but only three species (*Neogloboquadrina pachyderma*, *Globigerina bulloides *and* Globorotalia inflata*) represent up to 60% of the total assemblages. Heinrich Events are the most conspicuous climate events recorded in both cores. These events can be clearly identified by prominent peaks of* N. pachyderma *(sin.) percentages coinciding with high abundance of lithic fragments identified as ice rafted debris (IRD). The two studied cores have been retrieved from different sedimentary environments but both cores are characterized by low pelagic sedimentation rates during the Holocene and increments of terrigenous input during cold periods. Consequently sedimentation rates during the glaciation are very hight, especially during the extreme cold periods, as the Heinrich Events are.*

Key words: *Planktonic foraminifera, Galicia Inner Basin, Heinrich Events, Pleistocene, Holocene.*

INTRODUCCIÓN

El Margen Continental Atlántico de Galicia (Fig. 1a) es un margen pasivo caracterizado por la existencia de un promontorio, denominado Banco de Galicia, que llega a tener profundidades menores a 1000 m. Hacia el Este, entre el Banco de Galicia y la costa se encuentra la Cuenca Interior de Galicia, de unos 100 km de ancho y profundidades máximas en torno a 3000 m. En esta cuenca los procesos sedimentarios son muy similares a los que ocurren en las planicies abisales, con predominancia de sedimentación pelágica y hemipelágica, aunque hacia los bordes pueden llegar materiales resedimentados mediante procesos gravitacionales asociados a las pendientes (Llave et al., 2008).

La circulación superficial en todo el margen ibérico occidental está influenciada por la Corriente de Portugal (PC), dirigida hacia el sur. Entre la PC y la costa existen una serie de corrientes cuya dirección y magnitud presentan un marcado carácter estacional, como la *Iberian Poleward Current* (IPC) (Varela et al., 2005), que fluye en sentido contrario entre la costa y la PC, sobre todo en los meses de invierno. Por debajo de las masas de agua centrales más someras aparece el Agua Mediterránea (MW), que presenta dos brazos que fluyen en torno a 800 m y 1100 m de profundidad, sobre el talud continental. Los fondos más profundos aparecen bañados por masas de agua originadas en el Atlántico Norte, como son el Agua del Mar de Labrador (LSW) y, por debajo de 3000 m, el Agua Nortatlántica Profunda (NADW).

Los objetivos de este trabajo se enmarcan dentro de un estudio más amplio en el que se intenta reconstruir de una manera detallada la evolución paleoceanográfica y paleoclimática del Margen Continental Gallego a lo largo de los últimos 70000 años. En este trabajo, continuación del presentado en las XXV Jornadas de la SEP (Mena y Francés, 2009), se presentan los datos de las asociaciones de foraminíferos planctónicos del testigo FSG09-10 (Fig. 1c) junto con datos sedimentológicos y geoquímicos. La interpretación de todos estos datos se apoyará además en los obtenidos en otro testigo (GeoB-11035, Fig. 1d; Mena et al., 2008), lo cual permite una visión más global de la cuenca.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los testigos que se muestran en la Fig. 1 fueron obtenidos en dos campañas oceanográficas, siguiendo un transecto desde el talud inferior gallego hasta el flanco este del Banco de Galicia. La campaña GALIOMAR se llevó a cabo en el B/O *Poseidon* (Septiembre de 2006) y en ella se extrajo el testigo de gravedad GeoB-11035 (42º10'18''N, 9º39'28''W; 2045 m de profundidad y 505 cm de longitud), además de realizar perfiles sísmicos y estudios del fondo mediante sonda paramétrica y multihaz que situaron el lugar de extracción sobre un depósito contornítico cuyo canal está adosado a un afloramiento rocoso (Fig. 1a y b). Este depósito contornítico se originó como consecuencia del efecto de una corriente dirigida hacia el Norte interactuando con la parte baja del talud. Según la hidrografía actual, las aguas que bañan estos fondos corresponden a la LSW. Atendiendo a la naturaleza del depósito y a los análisis realizados en el testigo GeoB-11035, donde las mayores tasas de sedimentación se obtienen durante el Último Máximo Glaciar (LGM), se plantea la hipótesis de que este cuerpo contornítico esté ligado a una MW más profunda e intensificada durante los periodos fríos. Algunos trabajos recientes (Cacho et al., 2000; Lebrito y Voelker, 2010) han puesto de manifiesto fenómenos semejantes en otras regiones más próximas al área de formación de la MW.

La segunda campaña, ForSaGal09 tuvo lugar a bordo del BIO *Sarmiento de Gamboa* entre el 10 y el 25 de Febrero de 2009 y en ella se obtuvieron 12 testigos de gravedad, entre los que se encuentra el estudiado en este trabajo, FSG09-10 (42º10'47''N, 11º02'49''W; 2779 m de profundidad y 230 cm de longitud) extraído de la denominada Zona Transicional. Este área aparece afectada por formas sinuosas en planta asociadas a deformaciones por fallas, pliegues, procesos gravitacionales y zonas de abrasión (Ercilla et al., 2009).

Aunque la región es propicia para los procesos de resedimentación, las prospecciones sísmicas realizadas durante las campañas permiten afirmar que su influencia es relativamente baja en las áreas sondeadas del centro de la cuenca.

El testigo FSG09-10 está constituido fundamentalmente por una litología bastante homogénea (Fig. 1c) consistente en una sucesión de fangos carbonatados en la que sólo se aprecian pequeñas variaciones del color y del tamaño de grano, excepto en dos intercalaciones de material resedimentado. La fracción arena, excepto en esos dos niveles, está constituida en su mayor parte por partículas carbonatadas de tamaño arena fina y media, la mayoría de las cuales son foraminíferos planctónicos. Además del estudio de los foraminíferos planctónicos del GeoB-11035 (Mena et al., 2008), para el estudio de las asociaciones de foraminíferos planctónico del testigo FSG09-10 se han seleccionado un total de 50 muestras separadas entre sí 4 cm. Las muestras se secaron a 60º C para luego proceder al tamizado vía húmeda utilizando tamices de 150 μm y 63 μm. La fracción de 150 μm se cuarteó tantas veces como fue necesario hasta obtener una submuestra que contuviera al menos 300 individuos para proceder a su determinación siguiendo la clasificación de Kennett & Srinivasan (1983). De forma paralela se hizo el recuento de la abundancia de otros componentes micropaleontológicos (foraminíferos bentónicos, ostrácodos, espículas de esponjas y equinodermos), así como de los fragmentos líticos, diferenciando los que corresponden a *ice rafted debris* (IRD).

Una vez determinadas las asociaciones de foraminíferos planctónicos, se han calculado las paleotemperaturas del agua superficial (SST) mediante el Método de Análogos Modernos (MAT) y usando la base de datos de Pflaumann et al. (1996). A dicha base de datos se aplicó un análisis de componentes principales para obtener una agrupación que responde a diferentes características de la columna de agua más superficial y, por lo tanto, a diferentes condiciones climáticas y oceanográficas. También se midió la abundancia semicuantitativa de los elementos más representativos del testigo a través de Fluorescencia de Rayos-X (XRF, XRF-*core scanner*, GRC Geociències Marines, U. de Barcelona, y MARUM Center, U. de Bremen), de los cuales se muestra el Ca para ambos testigos (Fig. 1c y d).

La cronoestratigrafía ha sido establecida a partir de 5 dataciones realizadas en el testigo GeoB-11035 y por la correlación de los Eventos de Heinrich (HE) identificados con las curvas globales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por lo que respecta a las asociaciones de foraminíferos planctónicos, en el conjunto de las muestras se han identificado un total de 24 especies, características de la zona climática en la que se encuentra el testigo. La suma de la abundancia de tres de ellas *Neogloboquadrina pachyderma*, *Globigerina bulloides* y *Globorotalia inflata* abarca el 70% en la mayor parte de las muestras. La forma sinistrorsa de *N. pachyderma* llega a alcanzar porcentajes incluso mayores al 90% en niveles en los que siempre se registran picos en la abundancia de IRD (Fig. 1c). El resto de las asociaciones está constituido fundamentalmente por *Globorotalia inflata, Turborotalita quinqueloba, Globigerinita glutinata*, *Globorotalia scitula* y *Globorotalia truncatulinoides*, esta última, junto con *Globigerinoides ruber*, en porcentajes muy bajos.

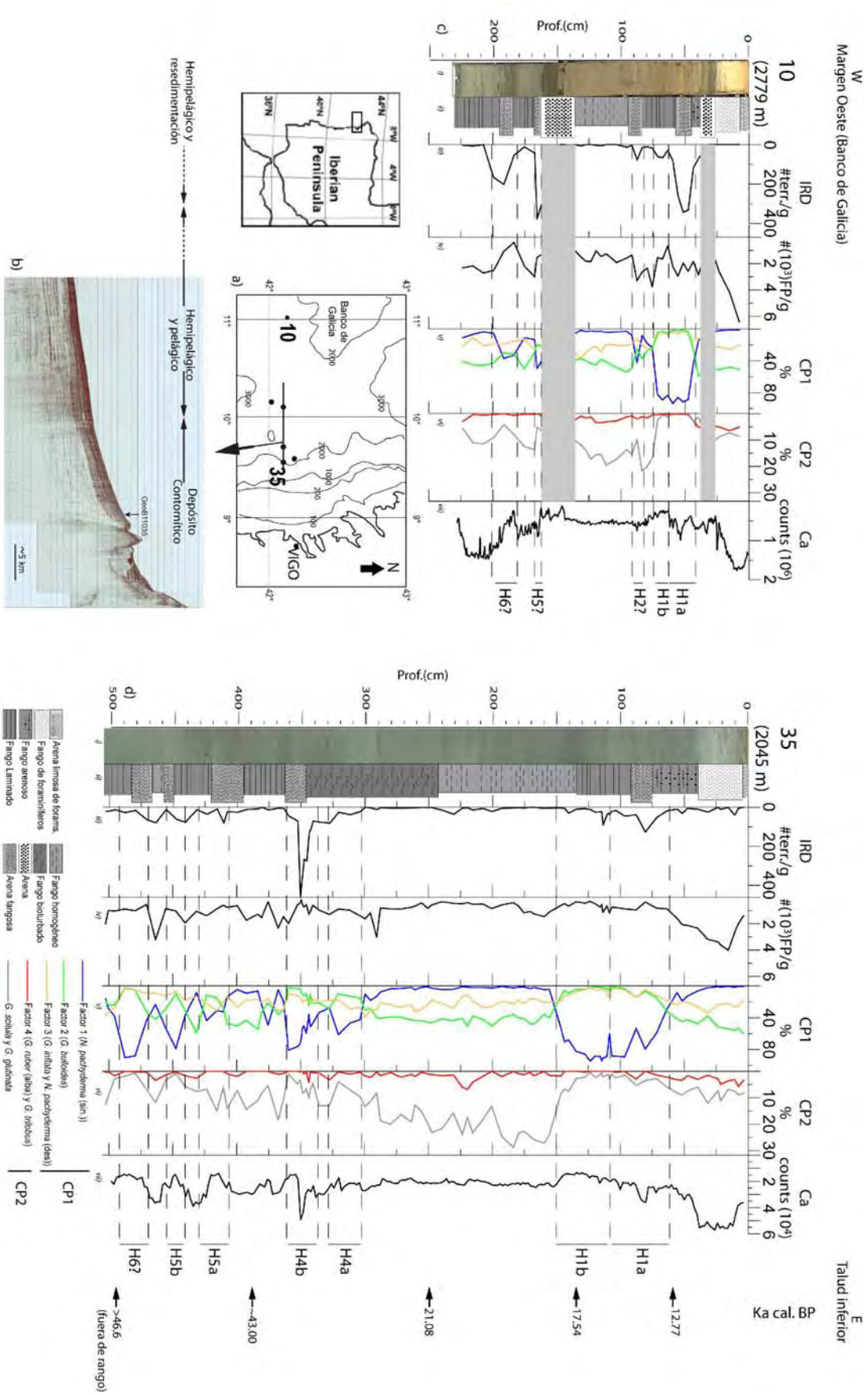


FIGURA 1. *a) Mapa de posición de los testigos. b) Línea sísmica obtenida con cañones de aire durante la campaña GALIOMAR en la que se muestra el depósito contorítico y la posición del testigo GeoB-11035. c), d) Análisis multiproxy de los sondeos FSG09-10 (c) y GeoB-11035 (d). Se muestran algunos de los parámetros medidos, así como los resultados sintéticos del análisis de componentes principales realizados con los datos micropaleontológicos. Las bandas de color gris que aparecen en el sondeo FSG09-10 resaltan los niveles de material resedimentado. i) fotografía del testigo, ii) columna estratigráfica, iii)recuento de fragmentos líticos identificados como IRD, iv) abundancia de foraminíferos planctónicos, v) factores 1, 2 y 3 del análisis de componentes principales, vi) factor 4 y resto de especies del análisis de componentes principales, vii) análisis semi-cuantitativo de Ca medido con XRF.*

Diferentes marcadores analizados (Fig. 1c) permiten identificar cuatro Eventos de Heinrich en el testigo FSG09-10. El más reciente corresponde sin duda al H1 y se correlaciona con el registrado en el talud inferior, si bien en el allí presenta un mayor espesor debido a su proximidad a las áreas fuente de material terrígeno fino cuando se producen bajadas relativas del nivel del mar asociadas a episodios fríos extremos (Sierro et al., 2009). Los otros tres Eventos de Heinrich identificados son más difíciles de correlacionar debido a la entrada de sedimentos gravitacionales. No obstante, los valores altos de Ca en la unidad basal, equivalentes a los de la unidad más reciente de edad Holoceno, junto con la presencia de faunas templadas, conducen a plantear que la base del testigo se depositó durante un periodo cálido, posiblemente el MIS5. De acuerdo con lo anterior, el resto de Eventos de Heinrich identificados corresponderían al H2, H5 y H6 (Fig. 1c). La ausencia del H3 en ambos márgenes de la cuenca puede deberse a la debilidad de este evento, pero no ocurre lo mismo con el H4. Este es uno de los episodios fríos más intensos y su no aparición en el flanco oriental del Banco de Galicia está posiblemente relacionada con la erosión asociada a los procesos gravitacionales que ocurren en este sector de la cuenca.

El mayor espesor sedimentario de las unidades correspondientes al Último Máximo Glaciar (LGM) en el talud inferior con respecto al flanco oriental del Banco de Galicia supone que la construcción del cuerpo contornítico se vio favorecida durante los periodos fríos. Esto se produciría por una doble causa: por una parte, el aporte terrígeno fue mayor debido a las caídas en el nivel del mar y, por otra, la corriente de fondo dirigida hacia el Norte que retrabajó esos aportes estuvo intensificada. Es posible que, como ocurre en otras regiones del margen continental ibérico, la MW ocupase una posición más profunda durante los periodos fríos, siendo la responsable también en este sector del depósito de contornitas adosadas al talud.

Por otra parte, la presencia del H2 en la parte occidental de la cuenca y su ausencia (o debilidad) en la oriental refuerza la hipótesis planteada en trabajos previos (Mena et al., 2008) sobre una intensificación de la corriente superficial cálida, IPC, durante el LGM, que inhibiría el acercamiento de icebergs hacia el continente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación recibida por diversos proyectos: GRACCIE (Consolider-Ingenio, CDS 2007-00067), CONTOURIBER (CTM 2008-06399-C04-01/MAR) y 08MDS036000PR de la Xunta de Galicia. Los autores agradecen también a las tripulaciones del *Poseidon* y *Sarmiento de Gamboa* su colaboración durante las campañas.

REFERENCIAS

Cacho, I., Grimal, J.O., Sierro, F.J., Shackleton, N. y Canals, M. (2000): Evidence for enhanced Mediterranean thermohaline circulation during rapid climatic coolings. *Earth and Planetary Science Letters*, 183: 417-429.

Ercilla, G., Casas, D., Somoza, L., Vázques, J.T., Iglesias, J., García-Gil, S., Medialdea, T., León, R., Estrada, F. y ERGAP Project and Cruise Teams. (2009): Cartografiando la dinámica sedimentaria de la región del Banco de Galicia. En: *Nuevas contribuciones al Margen Ibérico Atlántico* 1, 201-204.

Kennet J.P. y Srinivasan M.S. (1983): Neogene planktonic foraminifera. A phylogenetic atlas.- *Hutchinson Ross Publishing Company*, Stroudsburg, Pennsylvania, 265 p.

Llave, E., García, M., Pérez, C., Sayago, M., Farrán, M., Ercilla, G., Somoza, L., León, R., Maestro, A., Medialdea, T., Hernández-Molina, F.J., Álvarez, R., Durán, R. y Mohamed, K. (2008): Morphological feature analyses of the Prestige half-graben on the SW Galicia Bank. *Marine Geology*, 249(1-2): 7-20.

Mena, A., Francés, G. y Hanebuth, T. (2008): Registro Paleoclimático de los últimos 50000 años en el talud continental de Galicia. *Geo-temas,* 10, 544-548.

Mena, A. y Francés, G. (2009): Datos preliminares de las asociaciones de foraminíferos planctónicos en la Cuenca Interior de Galicia (NW de la Península Ibérica). En: *Comunicaciones de las XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 1: 224-228.

Pfaufmann, U., Duprat, J., Pujol, C. y Labeyrie, L.D. (1996): SIMMAX: a modern analog technique to deduce Atlantic sea surface temperature from planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Paleoceanography,* 11(1): 15-35.

Sierro, F.J., Andersen, N., Bassetti, M.A., Berné, S., Canals, M., Curtis, J.H., Dennielou, B., Flores, J.A., Frigola, J., Gonzalez-Mora, B., Grimalt, J.O., Hodell, D.A., Jouet, G., Pérez-Folgado, A. y Schneider, R. (2009): Phase relationship between sea level and abrupt climate change. *Quaternary Science Reviews,* 28 (25-26): 2867-2881.

Varela, R.A., Rosón, G., Herrera, J.L., Torres-López, S. y Fernández-Romero, A. (2005): A general view of the hydrographic and dynamical patterns of the Rías Baixas adjacent sea area. *Journal of Marine Systems*, 54: 97-113.

Voelker, A.H.L. y Lebreiro, S. (2010): Millennial-scale changes in deep water properties at the mid-depth western Iberian margin linked to Mediterranean Outflow Water activiy. *Geo-Temas*, *en prensa.*

Contribuição para a revisão sistemática de um crânio de *Cephalotropis* Cope, 1896 (Cetacea: Cetotheriidae) do Miocénico superior (Tortoniano inferior) da Adiça (Sesimbra, Portugal)

A contribution for the systematic study of a Cephalotropis *Cope, 1896 (Cetacea: Cetotheriidae) skull, from the Upper Miocene (Lower Tortonian) of Adiça (Sesimbra, Portugal)*

P. Mocho[1,2] e L. Póvoas[3]

1 Laboratório de Paleontologia e Paleoecologia da ALT-Sociedade de História Natural, Torres Vedras. Portugal.
2 Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa, Lisboa. Portugal. pedromochogeofcul@hotmail.com
3 Museu Nacional de História Natural (MNHN), Universidade de Lisboa (UL), Lisboa. Portugal. lipovoas@fc.ul.pt

Resumo: Este estudo apresenta-se como uma primeira abordagem no processo de revisão sistemática de um crânio de *Cephalotropis* pertencente às colecções do Museu Nacional de História Natural (Universidade de Lisboa). O exemplar recolhido no séc.XIX em terrenos do Miocénico superior (Tortoniano inferior) na região litoral da Adiça, apresenta características que o aproximam da espécie *Cephalotropis coronatus* do Miocénico superior de Maryland (E.U.A.), abrindo assim a possibilidade de um novo enquadramento sistemático, diferente do anteriormente proposto.

Palavras-chave: *Cephalotropis coronatus*, *Cephalotropis nectus*, Cetotheriidae, Cetáceos, Miocénico.

Abstract: *This study constitutes a first approach to the systematic revision of a* Cephalotropis *skull belonging to the National Museum of Natural History (UL) collections. The specimen, collected during the 19th century in levels of the Upper Miocene (Lower Tortonian) from Adiça region, shows evidences that approximate it to the species* Cephalotropis coronatus *from the Upper Miocene of Maryland (USA). This leads to the possibility of a new systematic proposal different from the previous one.*

Key words: *Cephalotropis coronatus*, *Cephalotropis nectus*, *Cetotheriidae, Cetaceans, Miocene.*

INTRODUÇÃO

O crânio fóssil em foco possui importância para além do seu potencial científico, por se tratar de um registo de grande valor histórico recolhido muito provavelmente na primeira metade do século XIX.

O presente estudo surge da necessidade de revisão e reavaliação de interpretações sistemáticas de estudos clássicos, já descontinuados, incidentes no crânio fóssil de *Cephalotropis* pertencente à colecção do Museu Nacional de História Natural (MNHN), em Lisboa. Ao contrário de estudos anteriores, este baseia-se em observações de carácter presencial.

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O material estudado provém da jazida da Adiça (*e.g.*, Gomes, 1915-16) situada a W da Península de Setúbal, na região litoral entre a localidade da Fonte da Telha e a Lagoa de Albufeira, a SSE da Costa de Caparica, em Portugal continental (Fig. 1).

As formações aflorantes na região da Adiça pertencem ao troço mais distal da Bacia Cenozóica do Baixo Tejo, comportando a assentada de fácies marinha VIIb de Cotter pertencente ao Miocénico (Cotter, 1956) e, no topo, unidades detríticas fluvio-marinhas e fluviais atribuídas ao Pliocénico (Antunes e Pais, 1993).

Os níveis em estudo classicamente considerados como Tortoniano superior (Cotter, 1956), enquadram-se hoje no Tortoniano inferior de acordo com a biostratigrafia baseada no seu conteúdo em foraminíferos planctónicos (Legoinha, 2001).

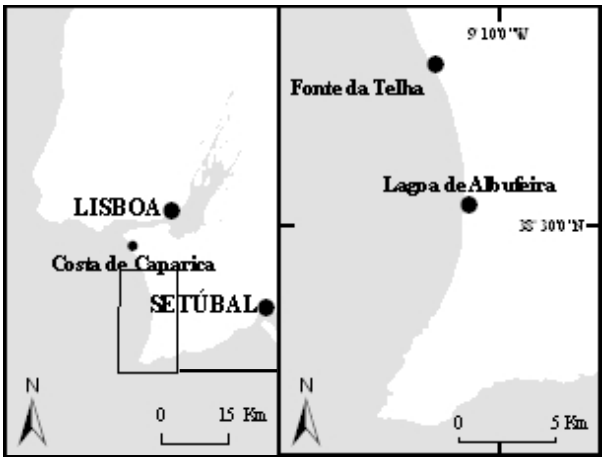


FIGURA 1 – *Localização da Jazida da Adiça, entre a localidade da Fonte da Telha e a Lagoa de Albufeira.*

SISTEMÁTICA

Ordem CETACEA Brisson, 1762
Infraordem MYSTICETI Cope, 1891
Familia CETOTHERIIDAE Brandt, 1872

Cephalotropis* cf. *Coronatus Cope, 1896

1896. *Cephalotropis coronatus* Cope, 1896: Cope, p.143-145, plate XI-2.
1915-16. *Balaenoptera* : Gomes, p.144.
1941. *Cephalotropis nectus* Kellogg, 1941: Kellogg, p.19-20, plate 3.

Material: Crânio incompleto, fracturado significativamente no bordo lateral esquerdo, e na região anterior, estando ausente parte do rostro. A região dos processos pós-orbitais dos frontais e dos processos zigomáticos dos escamosais estão ausentes a parcialmente ausentes (Fig.2-A e B).

Local de depósito: Museu Nacional de História Natural (MNHN), Lisboa

Principais características osteológicas: A extensão anteroposterior máxima observável é de 820mm. Excluindo o rostro, o crânio possui um formato subquadrangular em vista dorsal. O rostro constitui uma plataforma relativamente aplanada dorsalmente com uma largura que corresponde a ½ da largura máxima do crânio. Contém fossas temporais subovais, e um supraoccipital destacado com forma subtriangular, e uma crista sagital desenvolvida sendo delimitado por cristas de espessura significativa. O crânio atinge a sua maior altura (132mm) na região do ápice do supraoccipital.

A sutura fronto-maxilar apresenta perfil poligonal, e os nasais são diferenciados e bem desenvolvidos. Os processos ascendentes das maxilas, as premaxilas e os nasais não alcançam posteriormente o nível dos bordos anteriores das fossas temporais, estando as suas terminações marcadas por uma linha de sutura com interdigitações desenvolvidas.

Os processos supraorbitais dos frontais são aplanados e desenvolvidos. Os frontais estão separados significativamente do ápice do supraoccipital, observando-se a existência de uma crista sagital na região dos parietias. Verifica-se ainda a existência de processos paraoccipitais dos escamosais destacados e com terminação arredondada.

COMPARAÇÃO COM A DESCRIÇÃO DE KELLOGG, 1941

Kellogg (1941), autor de uma primeira aproximação sistemática ao crânio em estudo, não realizou qualquer observação *in situ,* baseando-se exclusivamente em registo fotográfico. No estudo em causa verifica-se uma total ausência de informação relativa à face ventral, patente na inexistência de referências a características osteológicas apenas observáveis em vista ventral (*e.g.*, petrosal).

A observação directa do exemplar revela diferenças assinaláveis no que diz respeito à zona de interdigitação dos ossos rostrais com o crânio. Kellogg (1941) coloca os ossos rostrais numa posição mais posterior que alcança o plano dos bordos anteriores das fossas temporais, situação que não é corroborada neste estudo. Verifica-se então que a posição dos processos ascendentes dos maxilares, nasais e pré-maxilares é consideravelmente mais recuada, encontrando-se a cerca de 50mm do plano atrás referido. Este autor apresenta, ainda, os processos ascendentes dos maxilares como sendo mais desenvolvidos do que na verdade é observável. Somando a este facto, não é feita qualquer referência à assimetria verificada no respectivo sector. Kellogg coloca também o ápice supraoccipital numa posição um pouco mais anterior.

Na interpretação de Kellogg (1941) (fig.2-C) a sutura fronto-maxilar possui um perfil menos poligonal e mais arqueado. Também não há qualquer descrição sobre a aparência das linhas de sutura que separam os frontais dos ossos rostrais. Por fim, os nasais encontram-se consideravelmente bem interpretados, apesar de lhes ter sido conferido um comprimento ligeiramente maior, bem como uma forma mais esguia.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Enquadramento sistemático até Kellogg (1941)

O crânio em estudo é pela primeira vez referenciado de forma clara por Kellogg (1941) que apresenta uma primeira abordagem sistemática utilizando apenas registo fotográfico. Comparando-o com outros especímenes de cetáceos fósseis, descreve e estabelece uma nova espécie, *Cephalotropis nectus* Kellogg, 1941, a segunda e última espécie de *Cephalotropis* estabelecida até aos dias de hoje. A primeira espécie, bem como o género, foi descrita pela primeira vez por Cope (1896).

Contudo, existe ainda uma referência anterior a Kellogg (1941) que julgamos englobar o crânio de *Cephalotropis*. Esta encontra-se num conjunto de inventários das colecções do Museu Mineralógico e Geológico, do MNHN, realizado por Gomes (1915-16). No inventário referente a 1914, Gomes refere a existência de quatro crânios de *Balaeonoptera*, recolhidos na costa da Adiça, em exposição na sala D.

Determinação do género

O género *Cephalotropis* foi descrito pela primeira vez por Cope (1896) através de um crânio fóssil bastante incompleto do Miocénico da formação de Yorktown, na região de Chesapeake, E.U.A.. Cope estabelece como principais, as seguintes características do género: *i)* nasais alongados e distintos; *ii)* frontais apresentando ângulos temporais divergentes, *iii)*

presença de cristas temporais marcadas e distintas; *iv)* presença de uma crista sagital; *v)* separação com extensão considerável entre o supraoccipital e os frontais; *vi)* sobreposição extensa dos frontais por parte dos ossos rostrais.

Kellogg (1941), 46 anos depois, considera que o crânio do Miocénico português reúne todas as características do género *Cephalotropis*. Apesar do estudo *in situ* ter revelado diferenças face à interpretação osteológica feita por Kellogg, estas não colocam em causa a atribuição genérica proposta, confirmando-se a existência das características principais que definem o género *Cephalotropis* atrás enunciadas, nomeadamente o aspecto da interdigitação do rostro com o crânio que é consideravelmente distinto de géneros como *Nannocetus*, *Piscobalaena*, *Metopocetus*, *Aulocetus*, *Cetotherium*, *Herpetocetus*, *Titanocetus.* Este crânio consiste no exemplar de *Cephalotropis* mais completo até hoje encontrado.

Determinação da espécie

Ao comparar o registo fotográfico que lhe fora enviado com as informações e a ilustração presente em Cope (1896) (Fig.2-D), Kellogg entende estar na presença de uma nova espécie de *Cephalotropis*, que designou por *C. nectus*. Kellogg estabelece esta nova espécie pelo facto de considerar que o ápice do supraoccipital possui uma posição mais anterior relativamente ao do crânio estudado por Cope, e que está ausente uma crista temporal proeminente ao contrário do verificado no crânio de *C. coronatus*. Contudo a análise directa do exemplar revela que o ápice do supraoccipital possui uma posição mais recuada, aproximando-o do crânio descrito por Cope (1986).

Quanto à crista temporal, é necessário, em primeira estância, assinalar a natureza distinta das perspectivas apresentadas por Cope e Kellogg. Cope, no seu estudo, parece dar ênfase ao relevo presente, marcando inclusive, na sua esquematização, as liniações correspondestes a relevos distintos, como é o caso das cristas temporais. Esta situação pode ter criado a sua sobrevalorização, induzindo Kellogg em erro. Acresce que as observações *in situ* demonstram existir uma crista temporal que possui um traçado em tudo semelhante à crista temporal presente no crânio de *C. coronatus*. As dúvidas que surgem quanto à interpretação de Cope (1896) evidenciam a necessidade de um estudo presencial do crânio de *C. coronatus*, em análise comparada com o crânio do miocénico português.

Somando a este facto, Kellogg representa os nasais, os premaxilares e os processos ascendentes dos maxilares com uma extensão sagital maior, bem como numa posição mais posterior. Esta interpretação não corresponde às observações agora efectuadas. Além disso, o autor parece não ter observado o aspecto da sutura fronto-maxilar. As marcadas interdigitações e a sua forma apresentam significativas semelhanças com as linhas de sutura interpretadas por Cope no crânio de *C. coronatus*. Podemos ainda acrescentar a existência de uma considerável assimetria presente na região posterior dos ossos rostrais, situação que também se verifica em *C. coronatus*.

No entanto, a comparação entre as observações *in situ* e a descrição de *C. coronatus* revelam duas importantes diferenças: *i)* as fossas temporais apresentam um formato consideravelmente diferente, suboval no caso do crânio em estudo e subrectangular a suboval no caso de *C. coronatus*, e *ii)* a região intertemporal apresenta uma largura maior no crânio agora em estudo.

A diferença entre os formatos das fossas temporais poderá ser explicada pela existência de variabilidade intraespecífica. Esta situação é colocada em evidência por Bouetel e Muizon (2006) num estudo de carácter sistemático e filogenético a partir de quatro exemplares de *Piscobalaena nana* Pilleri e Siber, 1989, em que demonstram a existência de diferenças nos formatos das fossas temporais entre indivíduos da mesma espécie. A variabilidade entre os crânios de *Cephalotropis* poderia ter como causa a existência de dimorfismo sexual ou disparidade de idades, podendo ainda explicar a desigualdade na proeminência das cristas temporais (situação ainda por confirmar), à semelhança do verificado nos crânios de *P. nana* (Bouetel e Muizon, 2006).

A partir do estudo realizado, pode-se então considerar que o espécimen português aparenta ter francas afinidades com o crânio de *C. coronatus*. Verifica-se também que os argumentos apresentados por Kellogg, para o estabelecimento de uma nova espécie de *Cephalotropis* a partir da fotografia dos restos fósseis em estudo, não procedem. Por outro lado, as diferenças existentes entre os dois crânios, agora colocadas em evidência, poderão ser na maioria dos casos explicadas por variabilidade intraespecífica. Considera-se, então, não existirem dados que sustentem o estabelecimento de uma nova espécie, a partir do exemplar do MNHN, em Lisboa, sendo proposta a possibilidade de estarmos na presença de restos craniais de *C. coronatus*, descontinuando assim o enquadramento proposto por Kellogg (1941) como sendo *C. nectus* new sp. Contudo, será necessário analisar presencialmente os restos fósseis de *C. coronatus* de Maryland, afim de corroborar as ilações aqui propostas.

CONCLUSÕES

Numa primeira abordagem da investigação em curso, as observações realizadas directamente no exemplar permitem considerar a possibilidade de se estar na presença de um crânio de *C. coronatus*, colocando em causa o enquadramento sistemático proposto por Kellogg (1941) que levara ao estabelecimento de uma nova espécie, *C. nectus*. A verificar-se a nova proposta, a rara ocorrência de exemplares fósseis de uma mesma espécie em ambos

os lados do oceano Atlântico abre a possibilidade de novos campos de investigação, nomeadamente em paleoecologia de cetáceos fósseis e paleobiogeografia, a serem desenvolvidos em futuros trabalhos.

O facto de se estar na presença do mais completo crânio de *Cephalotropis* até hoje encontrado, oferece, ainda, a possibilidade de um estudo filogenético profundo, ao nível do género, actualmente em processo de investigação.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho está inserido num projecto financiado no âmbito de uma Bolsa Universidade de Lisboa/Fundação Amadeu Dias tutelado pelo Prof. Doutor Fernando Barriga. Agradecemos ainda toda a dedicação por parte das pessoas integrantes do Museu Nacional de História Natural, em Lisboa, ao Professor Doutor Nuno Pimentel (FCUL), Doutor Victor Gens, (Arquivo do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa), Dr. César Lopes, Dra. Elisabete Malafaia (ATL-SHN) bem como aos colegas e amigos Sofia Pereira, Ana Boazinha, Bernardo de Almeida, Inês Correia, Joana Rebelo e Tiago Martins.

BIBLIOGRAFIA

Antunes, M. T. and Pais (1993): The Neogene of Portugal. *Ciências da Terra*, 12: 7-22.

Bouetel, V. and Muizon, C. de (2006): The anatomy and relationships of *Piscobalaena nana* (Cetacea, Mysticeti), a Cetotheriidae *s.s.* from the early Pliocene of Peru. *Geodiversitas*, 28(2): 319-395.

Cope, E. D. (1896): Sixth contribution to the knowledge of the Miocene fauna of North Carolina. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 35(151): 139-146.

Cotter, J. B. (1956): O Miocénico Marinho de Lisboa. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 36 (suplemento): 1-170.

Gomes, J. P. (1915-16): Manuscritos de Jacinto Pedro Gomes. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 11: 132-144.

Kellogg, R. (1941): On the cetotheres figured by Vandelli. *Boletim do Museu de Mineralogia e Geologia da Universidade de Lisboa*, 7/8: 13-22.

Legoinha, P. (2001): *Biostratigrafia de foraminíferos do Miocénico de Portugal (Bacia do Baixo Tejo e Algarve).* Tese PhD, Univ. Nova de Lisboa, 238pp.

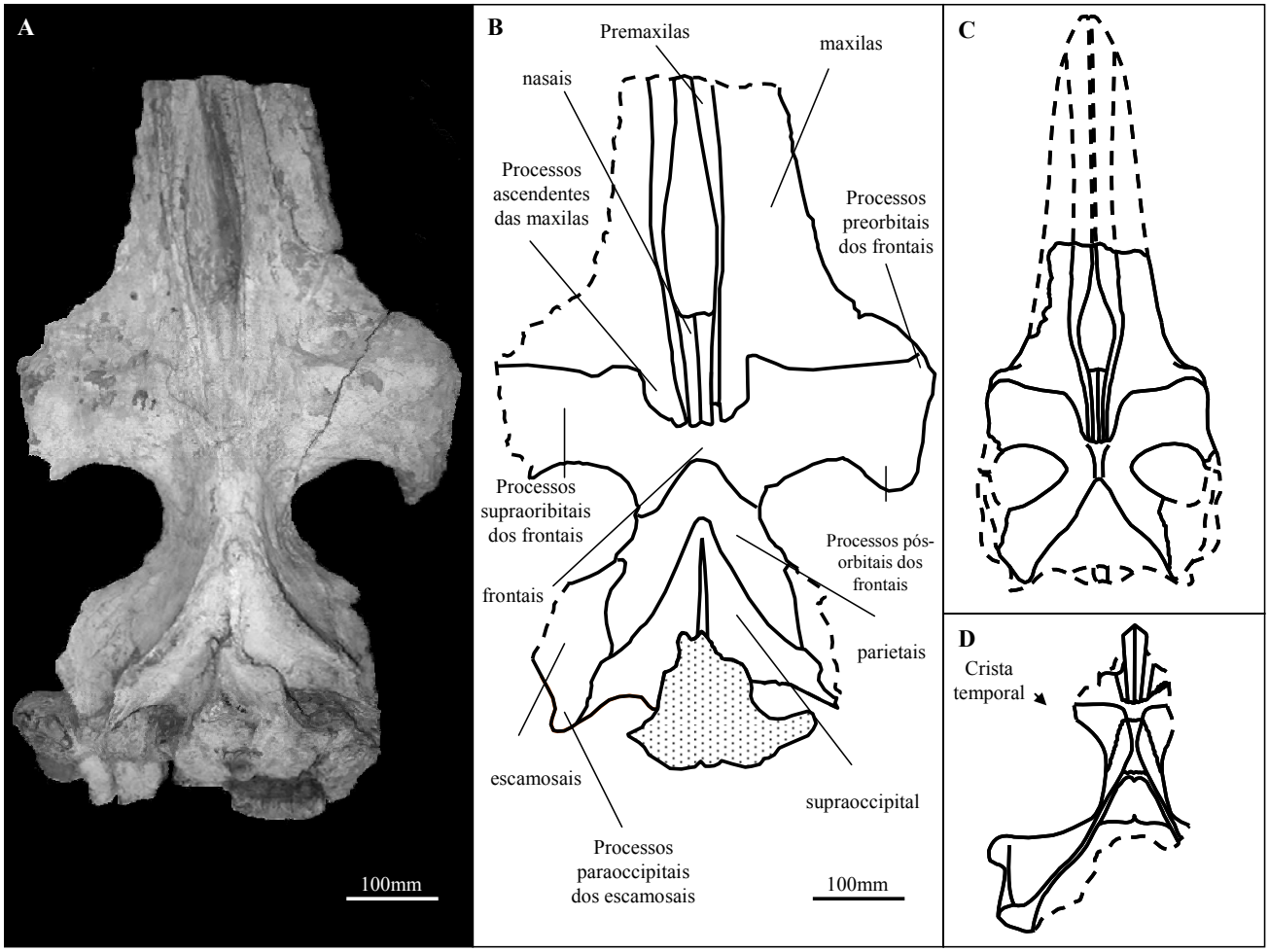


FIGURA 2 – Cephalotropis *cf.* coronatus*: **A**. vista dorsal do crânio, **B.** interpretação esquemática, **C.** interpretação esquemática apresentada por Kellogg (1941), e **D.** interpretação esquemática de um crânio de* Cephalotropis coronatus *proveniente de Yorktown Formation, E.U.A. (adaptado de Cope, 1896).*

Crânios fósseis de cetáceos (Mysticeti, Cetotheriidae) do Museu Nacional de História Natural, Lisboa: um breve enquadramento histórico

Cetacean fossil skulls (Mysticeti, Cetotheriidae) of National Museum of Natural History, Lisbon: a brief historical background

P. Mocho[1,2] e L. Póvoas[3]

1 Laboratório de Paleontologia e Paleoecologia da ALT-Sociedade de História Natural, Torres Vedras. Portugal.
2 Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa, Lisboa. Portugal. pedromochogeofcul@hotmail.com
3 Museu Nacional de História Natural (MNHN), Universidade de Lisboa, Lisboa. Portugal. lipovoas@fc.ul.pt

Resumo: Três crânios fósseis de cetáceos das colecções do Museu Nacional de História Natural (Universidade de Lisboa), provenientes do Miocénico marinho português, foram recolhidos durante a exploração aurífera oitocentista que teve lugar na Adiça, entre a Fonte da Telha e a Lagoa de Albufeira. Dos três crânios colectados por Alexandre Vandelli restam apenas dois exemplares no MNHN (um crânio de *Metopocetus* e outro de *Aulocetus*), sendo desconhecido o paradeiro do terceiro. Existe ainda um crânio de *Cephalotropis* que provavelmente fora recolhido também na Adiça no mesmo período histórico.

Palavras-chave: *Alexandre Vandelli, Academia Real das Ciências, Cetáceos fósseis, exploração aurífero.*

Abstract: *Three cetacean fossil skulls belonging to the collections of the National Museum of Natural History (Lisbon University), from the Portuguese marine Miocene, were collected during the 19th century gold exploitation, at Adiça, between Fonte da Telha and Lagoa de Albufeira. Only two skulls collected by Alexandre Vandelli are in MNHN collections (one skull of Metopocetus and another one of Aulocetus). The location of the third specimen is unkown. There is also a Cephalotropis skull, probably collected at Adiça, in the same historical period.*

Key words: *Alexandre Vandelli, Academia Real das Ciências, Adiça, gold exploitation, fossil cetaceans.*

INTRODUÇÃO

Os crânios miocénicos, sedeados no Museu Nacional de História Natural (MNHN) em Lisboa, constituem um registo fóssil de grande valor histórico. Tendo sido recolhidos na primeira metade do século XIX, deram origem a uma das primeiras referências, bem como às primeiras figurações de fósseis portugueses em estudos paleontológicos.

Devido à sua importância na história da paleontologia em Portugal, e em particular na paleontologia de vertebrados, julga-se pertinente realizar uma contextualização histórica destes exemplares.

DESCOBERTA DOS CRÂNIOS

Os crânios fósseis em estudo foram pela primeira vez referenciados pelo Barão Wilhelm Ludwig von Eschwege no ano de 1831. O Barão d'Eschwege, especialista alemão em prospecção mineira e metalurgia, fora convidado a trabalhar em Portugal, chegando ao país no ano de 1803. É ulteriormente convocado em 1809 pelo Príncipe Regente, com o intuito de participar na prospecção e exploração de ouro no Brasil (Duarte, 1988). A 30 de Junho de 1826, Eschwege é nomeado Intendente Geral das Minas e Metais de Portugal (Choffat, 1912-13).

Num estudo geológico sobre a região que se estende desde a Serra de Sintra até à Serra da Arrábida da autoria de Eschwege (1831), encontra-se a seguinte passagem:

"Achão-se tambem espalhados na costa petrificados de vertebras de peixes, e nas areias da praia da lavra de oiro da Adiça se descobrio tambem huma cabeça grande petrificada, que parece ser de um cetaceo, que bem merecia ser examinada por hum Cuvier, ou Schlotheim, e que está depositada na collecção da Real Academia das Sciencias, juntamente com outros grandes ossos de quadrupedes" (Eschwege, 1831, pg. 267).

Na passagem atrás enunciada pode-se obter todo um conjunto de informações importantes. Verifica-se que um crânio fóssil de cetáceo terá sido recolhido na costa da Adiça, algures entre a Fonte da Telha e a Lagoa de Albufeira, durante a exploração aurífera que se desenvolveu nesta região entre 1814 e 1826 (Choffat, 1912-13) ou 1814 e 1836 (Duarte, 1988). Este exemplar teria então sido levado para as instalações da Real Academia das Sciencias em Lisboa.

É ainda referido no mesmo estudo que o crânio é encontrado num conjunto de blocos soltos e cavernosos de "*Marne arenaceo e argilloso"*, geralmente ricos em malacofauna fóssil, aparecendo ao longo de toda a praia, na base da arriba fóssil. É de assinalar que a exploração aurífera tinha como alvo os depósitos arenosos acumulados na base da arriba fóssil, resultantes do seu desmantelamento por acção dos agentes erosivos. Nessas areias encontrava-se o ouro proveniente das formações Pliocénicas localizadas no topo dessa mesma arriba (Eschwege, 1831; Duarte, 1988).

Alexandre António Vandelli, filho do famoso naturalista Domingos Vandelli, terá sido encarregado por Eschwege de rever e publicar as notas que este tinha escrito, quando foi obrigado a regressar ao país natal, um ano após ter sido demitido da Intendência Geral das Minas (1829) pelo governo de D. Miguel I (Duarte, 1988). Vandelli (1831) acrescentou ao estudo de Eschwege atrás enunciado, sob a forma de anexo, importantes notas que o visavam complementar.

Nessas notas são encontradas novas referências aos crânios fósseis, incluindo o crânio referenciado por Eschwege:

"São tres caveiras que ha na collecção que tenho recolhido, e de huma das quaes falla o Sñr. Barão d'Eschwege, como mostrão as fig I. a 12. da est. IV." (Vandelli, 1831, pg. 290).

Verifica-se então que Vandelli terá recolhido três crânios de cetáceos, um deles referenciado por Eschwege (1831), figurados na estampa IV (fig.1). Este terá depositado os três exemplares no museu da Academia Real das Sciencias, visto ser conhecedor do interesse da Academia em fundar um museu nacional, interesse já declarado publicamente na Gazeta de Lisboa de 1 de Fevereiro de 1780. No âmbito desta perspectiva foi incorporado nesta Academia por meio de um decreto de D. Maria II, de 27 de Agosto de 1836, o Real Museu da Ajuda, entidade sobretudo dedicada à história natural (Costa, 1937). Este futuro museu nacional iria ser fundado nas instalações da Academia Real das Sciencias, que viria a ficar sedeada no antigo Convento de Jesus.

No estudo atrás referido é também feita alusão ao local de proveniência. Os crânios terão sido recolhidos na Adiça, região costeira da Península de Setúbal, a Sul de Lisboa, nos primeiros níveis marinhos, constituídos por calcários grosseiros:

"Os ossos fósseis são achados alem do Tejo, no sítio da Adiça, distante 4 legoas pouco mais ou menos de Lisboa, e 1 do Cabo Espichel no Terreno de sedimento superior. III Formação. Primeiro Terreno marinho no Calcareo grosseiro marinho." (Vandelli, 1831, pág. 291).

Outro aspecto importante que este estudo refere, prende-se com o estado de conservação dos crânios. Apesar do autor citar e sublinhar o seu bom estado de conservação, refere contudo, que durante a sua extracção e transporte, bem como na sua preparação, terão sido induzidos alguns danos, ocorrendo mesmo perda de material.

Vandelli (1831) realiza ainda um acautelado enquadramento taxonómico, indicando que um dos crânios pertenceria ao género *Balenae*, enquanto os outros dois seriam do género *Physeters*. É do notar que o autor já conjecturava a possibilidade de se tratarem de três novas espécies nunca antes descritas. O enquadramento taxonómico realizado por Vandelli será em seguida transcrito:

*"Huma das cabeças persuado-me que pertence ao genero das Baleias, (*Balenae*), e outras duas ao* Physeters*; porêm são diferentes humas das outras, e me parece que são especies novas, pelo menos são diferentes das estampas e descripções que pude consultar"* (Vandelli, 1831, pg. 296).

É de referir que o crânio de *Balenae* (prancheta IV, fig. 1-4) corresponde a um crânio de *Metopocetus vandelli* (Van Beneden, 1871), e que os dois crânios de *Physeters* (prancheta IV, fig. 5-12) correspondem a um crânio de *Aulocetus latus* Kellogg, 1941 e a um outro de *M. vandelli* .

A importância destas notas, e da sua figuração, levam a que muitos autores se refiram a estes crânios fósseis como os "crânios de Vandelli" (Kellogg, 1940 e Bouetel & Buizon, 2006).

TRANSLADAÇÃO DAS COLECÇÕES E OS PRIMEIROS ESTUDOS

Por carta de lei de 9 de Março de 1858 do rei D. Pedro V, o Museu de História Natural sedeado na Academia Real das Sciencias, é transferido para as instalações da Escola Politécnica, fundada em 1837. Nestas instalações que tinham sido restauradas após o incêndio que ocorrera em Abril de 1843, foram criados espaços para albergar o Museu de História Natural, o que se vem a concretizar no ano 1860 (Costa, 1937).

São vários os estudos que continuam a referenciar estes crânios (*e.g.*,Van Beneden e Gervais, 1868-80) com especial incidência num dos dois crânios de *Metopocetus vandelli*, correspondente à fig.5-8 da prancheta 4 de Vandelli (1831), facto que poderá estar relacionado com o seu bom estado de conservação. Verifica-se ainda que a maioria dos autores atrás referidos utilizam figurações idênticas às publicadas por Vandelli (1831). Van Beneden e Gervais (1868-1880) chega mesmo a referir que o *M. vandelli* se localizaria na Academia Real das Sciencias, treze anos após terem sido transladados para as instalações da Escola Politécnica, em 1860. Conclui-se que nenhum dos autores referidos anteriormente realizara um estudo com base em observações directas, facto que continua subjacente à maioria dos estudos até hoje efectuados.

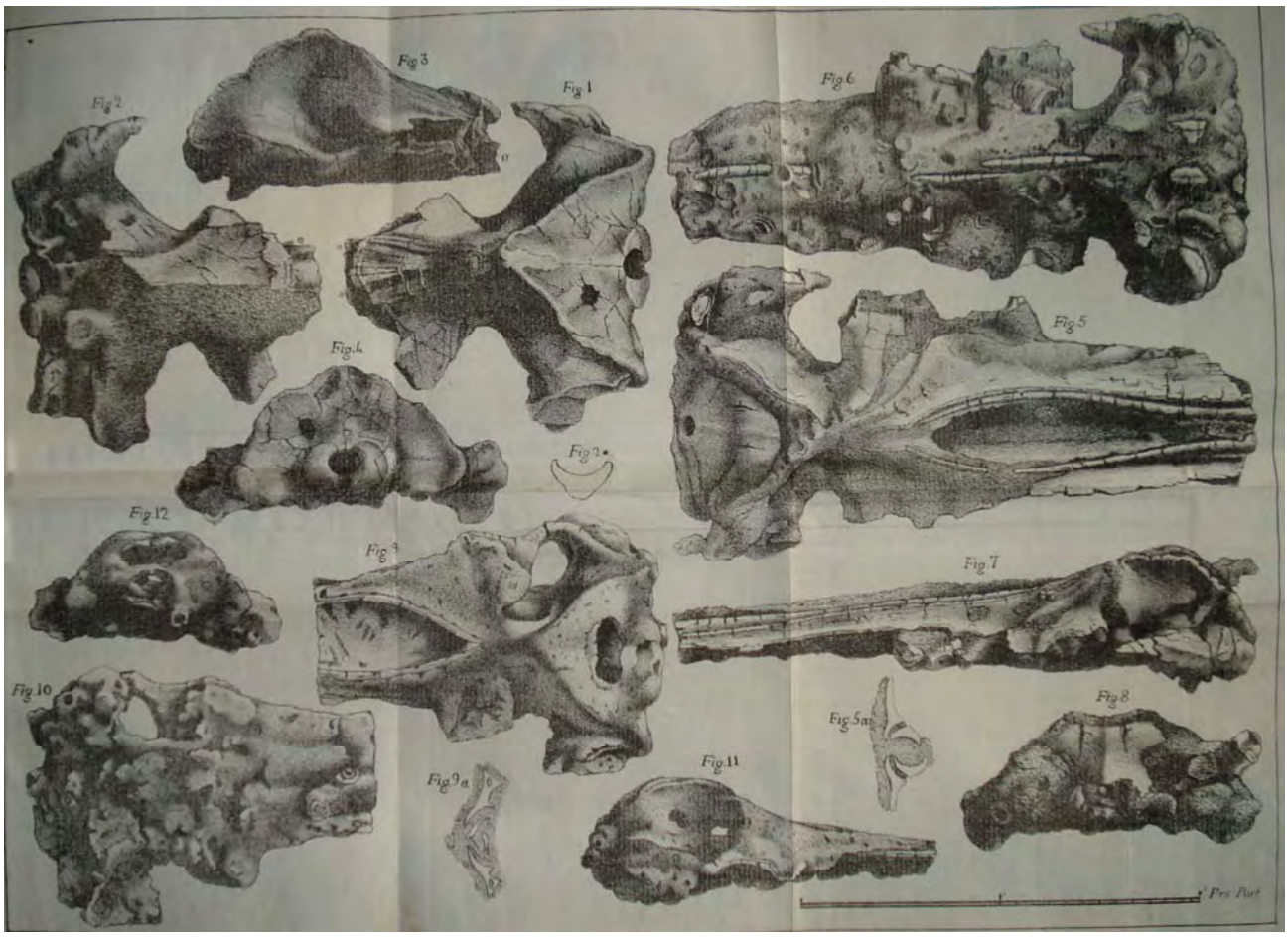


FIGURA 1 – *Crânios fósseis de cetáceos da Adiça figurados na estampa IV em Vandelli (1831).*

Gomes (1915-16) organiza um inventário das várias colecções paleontológicas e geológicas da secção Mineralógica e Geológica do Museu Nacional de Lisboa no ano de 1868, 1883 e 1914, e respectiva disposição. É indicado no inventário de 1914, que na sala D estariam quatro crânios fósseis de cetáceos do Miocénico português, referidos como género *Balaenoptera*. Em nota de rodapé é corroborada a informação relativa à sua proveniência, confirmando a recolha na Adiça durante a exploração aurífera oitocentista. Este inventário é republicado em Costa (1937) aquando da comemoração do centenário da Fundação da Escola Politécnica de Lisboa.

Kellogg (1941) realiza uma importante revisão no enquadramento sistemático destes crânios, 40 anos após o último estudo que fora efectuado por Capellini (1901). Na altura seria urgente essa revisão, após importantes progressos na paleontologia de cetáceos, tendo sido Kellogg um dos precursores deste movimento científico, autor de diversos estudos especialmente incidentes em exemplares fósseis de cetáceos recolhidos em território norte-americano.

Apesar do estudo de Kellogg se basear apenas em registo fotográfico que lhe fora enviado pelo Director vigente do Museu Mineralógico e Geológico (secção do MNHN), Prof. Dr. Alfredo Augusto de Oliveira Machado e Costa, marca contudo uma relevante alteração na sistemática dos crânios em causa, válida até ao final do século XX. No início do século XXI o enquadramento sistemático proposto por Kellogg começara a ser colocado em dúvida (Bouetel e Buizon, 2006; comunicação pessoal de Felix Marx).

TRÊS "CRÂNIOS DE VANDELLI" MAIS UM

Kellogg (1941) também torna clara a presença de quatro crânios e não dos três classicamente referidos por Vandelli (1831). Pela comparação das estampas presentes em Vandelli (1831) com o material osteológico, actualmente sedeado no Museu Nacional de História Natural de Lisboa (MNHN), podemos constatar que um dos três exemplares não se encontra figurado por Vandelli. Este exemplar é pela primeira vez referenciado, figurado e descrito por Kellogg (1941) como sendo um crânio de *Cephalotropis nectus*.

Esta situação coloca algumas questões – *Qual a real proveniência do crânio? Qual o ano do achado?*

Gomes (1915-16), ilustre naturalista, menciona em nota de rodapé a existência de quatro crânios na colecção de paleontologia do Museu Nacional de História Natural:

"[1] Exemplares achados na exploração das minas de ouro da Adiça. Há referências a tres deles por Eschwege e Alexandre António Vandelli" (Gomes, 1915-16, pg. 144)

Pode-se então concluir que o crânio de *C. nectus* terá sido recolhido na Adiça, tal como os três exemplares referidos por Vandelli, e que a sua recolha terá ocorrido durante a exploração de ouro oitocentista. O sedimento que ainda rodeia este exemplar, bem como o dos restantes crânios, aparentam ser bastantes semelhantes, corroborando em certa medida as informações atrás enunciadas. Contudo, Vandelli (1831) deixa claro ter apenas recolhido três crânios (por ele figurados), pelo menos até ao ano de 1831. Admitindo que os quatro crânios foram realmente recolhidos durante o período de exploração de ouro na Adiça (Gomes, 1915-16), tudo leva a querer que o crânio de *C. nectus* não terá sido recolhido durante a gestão de Vandelli (1819-1824) e Eschwege (1824-1826). A recolha deste crânio poderá ter ocorrido ou entre 1814 e 1819, durante a gestão de Andrada, ou, mais provavelmente, entre 1829 e 1836 sob uma Intendência geral com direcção bastante instável, pela qual voltaram a passar Vandelli e Eschwege.

A completa ausência de informação sobre este crânio em estudos clássicos, abre ainda a hipótese da informação obtida por Gomes (1915-16) carecer de confirmação. Infelizmente, o incêndio de 1978 no edifício principal da Escola Politécnica induziu significativas perdas, nomeadamente no que diz respeito à documentação existente sobre várias peças das colecções paleontológicas do Museu.

UM "CRÂNIO DE VANDELLI" DESAPARECIDO

Em Kellogg (1941) há ainda outra importante informação: um dos exemplares figurados em Vandelli (1831) já não estaria em 1941 no Museu Nacional de História Natural, situação que ainda se verifica. Na inventariação feita por Gomes constata-se que até 1914, este exemplar ainda estaria presente nas colecções de paleontologia deste museu, contudo, entre 1914 e 1941 o exemplar fora subtraído à colecção. O seu paradeiro é neste momento desconhecido, bem como o motivo de desaparecimento.

CONCLUSÕES

Os crânios sedeados no Museu Nacional de História Natural em Lisboa, recolhidos há quase dois séculos, apresentam uma história longe de ser simples e ausente de controvérsias e dúvidas. Coloca-se assim em evidência que um dos crânios presentes nas colecções do MNHN não corresponde a nenhum dos "crânios de Vandelli", contrariamente ao que é muitas vezes referenciado (Kellogg, 1941; Bouetel e Buizon, 2006). Apesar de muito provavelmente o crânio de *Cephalotropis* ter sido recolhido no mesmo local e no mesmo contexto histórico, é necessário investigar a veracidade destas informações.

Acresce ainda o facto de um dos "crânios de Vandelli" não se encontrar no MNHN, sendo desconhecido o seu paradeiro, bem como o motivo do seu desaparecimento das colecções paleontológicas do Museu. Tal situação encontra-se ainda em processo de investigação, estando a ser consultada variada documentação relativa ao MNHN, bem como à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho está inserido num projecto financiado no âmbito de uma Bolsa Universidade de Lisboa/Fundação Amadeu Dias tutelado pelo Prof. Doutor Fernando Barriga. Agradecemos ainda toda a dedicação por parte das pessoas integrantes do Museu Nacional de História Natural, em Lisboa, ao Professor Doutor Nuno Pimentel (FCUL), Doutor Victor Gens, (Arquivo do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa), Dr. César Lopes, Dra. Elisabete Malafaia (ATL-SHN) bem como aos colegas e amigos Sofia Pereira, Ana Boazinha, Bernardo de Almeida, Inês Correia, Joana Rebelo e Tiago Martins.

BIBLIOGRAFIA

Bouetel, V. and Muizon, C. de (2006): The anatomy and relationships of *Piscobalaena nana* (Cetacea, Mysticeti), a Cetotheriidae *s.s.* from the early Pliocene of Peru. *Geodiversitas*, 28(2): 319-395.

Choffat, P. (1912-13): Sur les sables aurifères, marins, d'Adiça et sur d'autres dépôts aurifères de la côte occidentale de la Péninsule de Setubal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 9: 5-24

Costa, A. A. O. M. e (1937): O Museu Mineralógico e Geológico. Primeiro Centenário da Fundação das Escola Politécnica de Lisboa. *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa*, separata, 65pp.

Duarte, M. M. (1988): *A mina de ouro da Adiça e a sua exploração*. Associação para a Salvaguarda do Património Cultural e Natural da Região de Setúbal, Portugal, 195pp.

Eschwege, G. d' (1831): Memoria geognostica. *Memorias da Accademia Real das Sciencias de Lisboa*, 2(1): 253-280.

Gomes, J. P. (1915-16): Manuscritos de Jacinto Pedro Gomes. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 11: 132-144.

Kellogg, R. (1941): On the cetotheres figured by Vandelli. *Boletim do Museu de Mineralogia e Geologia da Universidade de Lisboa*, 7/8: 13-22.

Van Beneden, P. J. et Gervais, P. (1868-80): *Ostéographie des cétacés vivants et fossiles, comprenant la description et l'iconographie du squelette et du système dentaire de ces animaux; ainsi que des documents relatifs à leur histoire naturelle*. Arthus Bertrand, Paris, 634pp.

Vandelli, A. A. (1831): Additamentos ou Notas à Memoria Geognostica, ou golpe de vista do Perfil das estratificações das differentes rochas que compõem os terrenos desde a Serra de Cintra até a de arrábida. *Memorias da Accademia Real das Sciencias de Lisboa*, 2(1): 281-306.

Bases para la revisión sistemática/taxonómica del género *Hybonoticeras*, Ammonitina –aproximación a la interpretación de especies de la Zona Beckeri (Kimmeridgiense Superior)

Support for the systematic/taxonomic revision of genus Hybonoticeras, Ammonitina - Approaching the interpretation of species from the Beckeri Zone (Upper Kimmeridgian).

F. Olóriz[1] y A. Serna-Barquero[2,3]

1 Dpto. Estratigrafía y Paleontología , Universidad de Granada, Av. Fuentenueva s/n 18071 Granada. foloriz@ugr.es
2 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Av. Fuentenueva s/n 18071 Granada. barquero@ugr.es
3 Geoparque de la Subbética (Consejería de Medio Ambiente), C/ Tomás de Aquino s/n 14071 Córdoba. aserna@tragsa.es

Resumen: El taxón de nivel género *Hybonoticeras* BEISTROFFER, Ammonitina, se caracteriza por una destacable variabilidad morfológica respecto a las especies formales existentes. Tanto a nivel interespecífico como intraespecífico, los distintos elementos ornamentales se asocian con relaciones complejas, dando lugar a una aparente independencia que induce a la expresión fenotípica en mosaico. La elevada variabilidad morfológica que presenta ha dado lugar a la definición de un elevado número de especies nominales. En este trabajo se propone una reevaluación sistemática de la variabilidad de los diferentes elementos ornamentales, que deriva en una revisión taxonómica en la que tienen cabida las diferentes expresiones fenotípicas y especies reconocidas en *Hybonoticeras*. El rango bioestratigráfico de este género incluye el límite Kimmeridgiense-Tithónico (Zona Beckeri-Zona Hybonotum) y sirve para determinar su reconocimiento preciso, que es favorecido por la revisión propuesta.

Palabras clave: *Hybonoticeras*, Bioestratigrafía, Sistemática, Kimmeridgiense.

Abstract: *The genus–level taxon Hybonoticeras BREISTROFFER, Ammonitina, is characterized by known, formal species showing high morphological diversity. At both, the inter-species and the intra-species levels, sculptural elements are related in a rather intricate pattern resulting in phenotypic expression in mosaic. The high morphological variability has supported a high number of nominal species. An evaluation of variability in different sculptural elements supports the updating of the systematics affecting the taxonomic revision of known phenotypes and species in genus Hybonoticeras. The biostratigraphic range of genus Hybonoticeras embraces the Kimmeridgian/Tithonian boundary (Beckeri and Hybonotum zones) and serves to its precise identification, which is better approached on the basis of the present revision.*

Key words: *Hybonoticeras, Biostratigraphy, Systematics, Kimmeridgian,*

INTRODUCCIÓN

El primer ejemplar asignado a *Hybonoticeras* refiere a un ejemplar descrito en 1863 (Oppel, 1863), bajo la denominación de *Ammonites hybonotus*. El género fue definido por Breistroffer (1947), quedando determinado como un grupo de conchas que presentan la línea de sutura invariablemente asimétrica, grado de arrollamiento relativamente bajo y, excepto para sus formas más primitivas, ornamentación compleja y fuerte con un surco ventral limitado por dos carenas bien definidas.

Desde la primera cita se han descrito aproximadamente unas 25 especies, en un intento de acomodar taxonómicamente los diversos morfotipos que se han ido identificando en el registro fósil.

Se trata de un grupo morfológicamente muy complejo, donde costillas, tubérculos laterales y tubérculos carenales presentan valores muy diversos de densidad por vuelta de espira, así como su expresión en forma y tamaño. De manera aparentemente caótica, estos elementos se asocian entre si con secciones de espira también variables, para determinar un número muy elevado de tipos morfológicos.

Además, el género *Hybonoticeras* se caracteriza por un desarrollo ontogenético marcadamente variado, con sucesión de fases que muestran ornamentación muy diferenciada.

Una dificultad añadida para el estudio de este género es la acusada heterocronía que presenta la implantación de las diferentes fases ontogenéticas, en relación con el tamaño.

DATOS Y RESULTADOS

En el material estudiado, la conservación predominante en facies *ammonitico rosso* dificulta el estudio de la ornamentación en la secuencia ontogenética completa, permitiendo su observación únicamente en algunas fases de crecimiento, razón por la que en muchos casos es escasa la información sobre la transición entre fases ontogenéticas. La práctica ausencia de tramos de espira que presenten caracteres indicativos de madurez, como aproximación de los septos, pérdida de relieve de las carenas, separación de las costillas, etc., también dificulta la comparación entre individuos en las fases finales de crecimiento.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se han estudiado más de 600 ejemplares más o menos completos de *Hybonoticeras* procedentes de diferentes puntos de la Cordillera Bética (Olóriz, 1976-78; Olóriz et al., 1996), recolectados por medio de muestreos horizonte a horizonte con intervalo centimétrico. Asimismo, se han tenido en cuenta los ejemplares que aparecen ilustrados y descritos en bibliografía, en numerosos casos mediante el análisis directo de los tipos [Neumayr, 1873 (*pressulum, knopi, harpephorum, beckeri*); Fontannes, 1879 (*harpephorum*); Herbich, 1878 (*verestoicum*); Spath, 1927-33 (*ornatum*)].

Para acometer el estudio de este género morfológicamente complejo, ha sido caracterizada una secuencia de cinco fases ontogenéticas tipo (Fig. 1), definidas por caracteres comunes a todos los ejemplares de *Hybonoticeras* de la Zona *Beckeri*.

fase 1: Costulación radial, sin tubérculos

fase 2: Aparición de la fila externa de tubérculos

fase 3: Aparición de la fila interna de tubérculos

fase 4: Disminución de la densidad de tubérculos externos e incremento del número de costillas sin tubérculo externo

fase 5: Desaparición de la fila externa de tubérculos (se mantienen tubérculos internos y costillas

FIGURA 1. *Fases ontogenéticaos diferenciadas en Hybonoticeras de la Zona Beckeri.*

Para analizar posibles relaciones de parentesco entre individuos se realiza la comparación de fases ontogenéticas equivalentes, así como el orden de sucesión de dichas fases y las posibles desviaciones.

La comparación de datos pertenecientes a fases no equivalentes (Fig. 2), incluso cuando corresponden a un mismo individuo, provoca distorsión en el resultado de los análisis multivariantes, apareciendo grupos de datos como "morfológicamente alejados entre si", aún tratándose de individuos muy similares o incluso de las distintas fases ontogenéticas de un mismo individuo.

Con la finalidad de controlar el parentesco basado en apomorfías, se da prioridad a la similitud en las fases ontogenéticas tempranas (vueltas internas), frente la similitud morfológica de fases ontogenéticas tardías (vueltas externas).

La toma de datos se realiza a lo largo de media vuelta de espira que represente una sola fase ontogenética, y nunca en tramos de espira donde se produzca transición de fases.

W: anchura de la espira
H: altura de la espira
VR: anchura de la región ventral
F: altura del flanco
G: anchura del surco ventral
C: nº de costillas por media vuelta de espira
UT: nº de tubérculos umbilicales por media vuelta
ET: nº de tubérculos externos por media vuelta
KT: nº de tubérculos carenales por media vuelta
SL: lóbulo sifonal, desplazado a la derecha o izquierda
dFR: máximo diámetro conservado de fragmocono
ºBC: fragmento conservado de la cámara de habitación (en grados)

TABLA I. *Parámetros utilizados para caracterizar fases ontogenéticas en Hybonoticeras de la Zona Beckeri*

En relación con el tipo de variable a considerar, se concede mayor importancia a los elementos ornamentales comparativamente estables en un determinado nivel estratigráfico, frente a los elementos ornamentales de carácter más volátil en ese nivel.

En el caso de *Hybonoticeras* de la Zona Beckeri (Kimmeridgiense terminal), se prioriza el tipo de carena, que determina las agrupaciones mayores en este género. En segundo lugar, el tipo de sección que, aunque variable a lo largo de la ontogenia, se mantiene bastante constante dentro de un mismo grupo de formas. En tercer lugar se concede valor a la presencia o ausencia, y densidad de costillas geminadas ya que delimita el complejo de especies *beckeri* o *beckeri* species complex (*harpephorum*, *beckeri* y *ornatum*). La distribución ontogenética de tal elemento ornamental sirve para distinguir especies-morfoespecies en dicho complejo.

AGRADECIMIENTOS

La investigación se ha realizado en el contexto de actividades proporcionado por el Proyecto de Apoyo a los Geoparques Andaluces de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y los proyectos pertenecientes a la programación del Grupo EMMI (RNM 178, Junta de Andalucia), CGL2005-01316 y CGL2008-03007-BTE.

REFERENCIAS

Breistroffer, M. (1947): Notes de Nomenclature Paléozoologique. I. Ammonites jurassiques et crétacées. Procès Vervaux mensuels, *Societé scientifique Dauphiné,* 26: 195p.

Fontannes, F. 1879: Description des Ammonites des calcaires du Chateau de Crussol-Ardèche (Zone à Oppelia tenuilobata et Waagenia beckeri). 122 pp. Georg, Lyon et Savy, Paris.

Herbich, F. 1878: Das Széklerland mit Berücksichtigung der angrenzenden Landsteile. Mittheilungen aus dem Jahrbuche der Kön. Ungar. Geologischen Anstalt., V.H. 5: 2, 17-363.

Neumayr, M. 1873: Die Fauna der Schichten mit Aspidoceras acanthicum. Herausgegeben von der k.k. geologischen Reichsanstalt, Abhandlungen, Band V 6, 141-248.

Oppel, A. (1863): Über jurassische Cephalopoden. Palaeontologische Mittheilungen aus den Museum des Koeniglischen Bayer Staates, Stuttgart, 1: 127-266.

Olóriz, F. (1976-78): Kimmeridgiense-Tithónico en el sector central de las Cordilleras Béticas. Zona Subbética. Paleontología. Bioestratigrafía. *Tesis Doct. Univ.* Granada: 758p.

Olóriz, F., Molina-Morales, J.M. y Serna Barquero, A. (1999): Revisión estratigráfica del intervalo Kimmeridgiense medio-Tithónico basal en el perfil G10 del sector de Venta Quesada (Sierra Gorda, provincia de Granada). Geogaceta, 26: 67-70

Spath, L.F. 1927-33: Revision of the Jurassic Cephalopod fauna of Kachh (Cutch), I-VI. Memoirs of the Geological Survey of India, Paleontologia Indica, New Series 9: 2, 1-945.

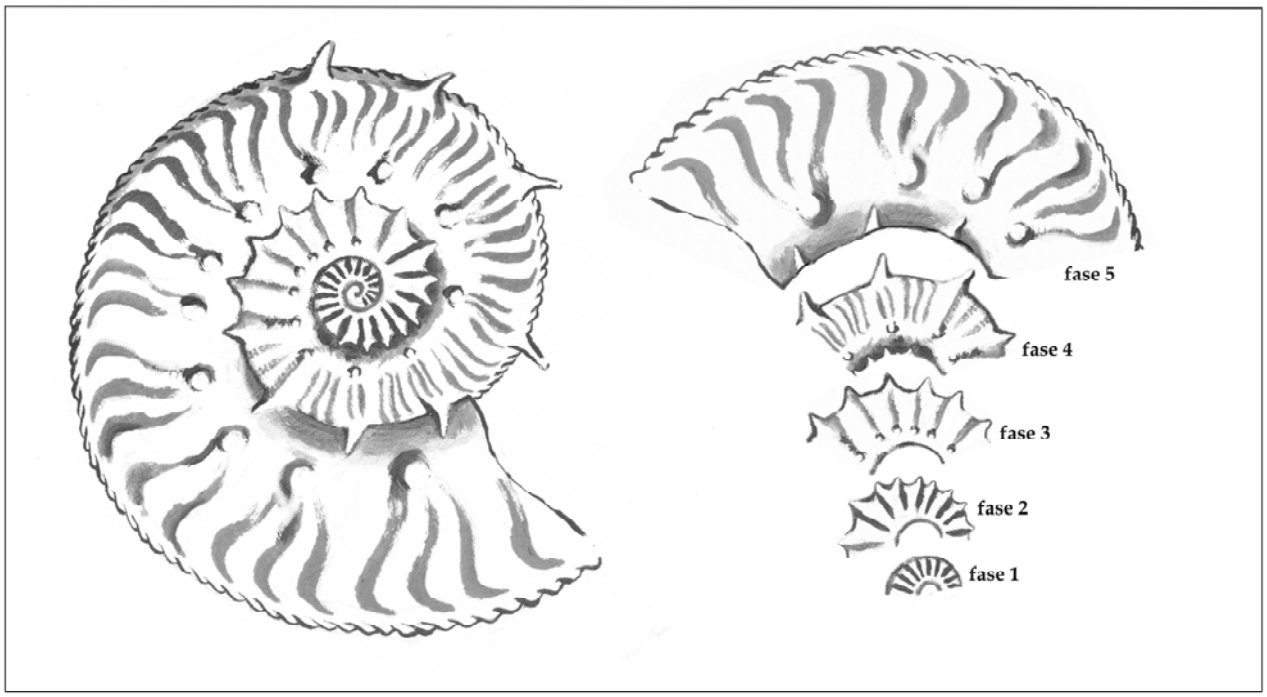


FIGURA 2. *Fases ontogenéticas que caracterizan Hybonoticeras del grupo beckeri*.

Mesoeucrocodilos zifodontos del Eoceno de la Península Ibérica

Ziphodont Mesoeucrocodiles from the Eocene of the Iberian Peninsula

F. Ortega[1] , F. Escaso[1,2] y A. Pérez-García[2,3]

1 Grupo de Biología, Dpto. de Física Matemática y de Fluidos, Facultad de Ciencias, UNED. Senda del Rey 9, 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es.
2 Unidad de Paleontología, Dpto. de Biología, Universidad Autónoma de Madrid. c./ Darwin 2, 28049 Madrid.
3 Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040 Ciudad Universitaria, Madrid.

Resumen: La presencia de un linaje de cocodrilos zifodontos primitivos (concretamente Mesoeucrocodylia no neosuquianos) en el Cenozoico la Península Ibérica es conocida desde el siglo XIX, aunque no bien interpretada hasta la década de 1970. La definición de la diversidad de este tipo de cocodrilos, el establecimiento de su distribución geográfica y las relaciones de parentesco que mantienen entre sí y con los grandes grupos de cocodrilos no han sido bien definidas hasta el momento. Se propone una hipótesis de distribución y relación de los restos de mesoeucrocodilos zifodontos de la Península Ibérica y su relación con otros registros sincrónicos europeos.

Palabras-clave: Mesoeucrocodylia, *Iberosuchus*, zifodoncia, Península Ibérica.

Abstract: *The presence of members of a primitive ziphodont lineage of crocodyliforms (concretely some non-neosuchian Mesoeucrocodylia) in the Cenozoic of Iberian Peninsula is known since the nineteenth century, although it is not well interpreted until the 1970s. It has been alleged that European crocodyliforms as Iberosuchus (from the Portuguese, Spanish and French Eocene) are close to the South American Sebecosuchian. Other European ziphodont, as the eusuchian form Pristichampsus, is also present in the South European record, but its presence in the Iberian Peninsula is unclear. The definition of the diversity of this type of crocodiles, the establishment of their geographical distribution and the relationships with the major groups of crocodiles have not been well defined so far. A hypothesis about the distribution and relationships of the remains of ziphodont mesoeucrocodiles of the Iberian Peninsula and its relationships to other European synchronous records is proposed*

Key words: *Mesoeucrocodylia, Iberosuchus, ziphodont teeth, Iberian Peninsula./*

INTRODUCIÓN

El carácter más conspicuo de los cocodrilos zifodontos es la posesión de dientes comprimidos y con carenas denticuladas semejantes a los que presentan los dinosaurios terópodos. La ausencia de consenso en la interpretación de la historia evolutiva y biogeográfica de los "cocodrilos con dientes de terópodo" es una situación recurrente en la literatura sobre cocodrilos fósiles. El conocimiento sobre estos cocodrilos en el Cenozoico europeo se remonta a la primera mitad del siglo XIX y rapidamente se producen algunas citas pioneras en España (Vilanova, 1873), pero los problemas de interpretación no son patentes hasta el hallazgo de restos de zifodontos primitivos a principios del siglo XX en el Cenozoico de América del Sur. Ciertamente, los primeros cocodrilos zifodontos encontrados en Europa eran formas modernas, como *Pristichampsus,* o se interpretaron como tales, pero los zifodontos de América del Sur presentaban caracteres singulares que resultaban desconocidos en otros cocodrilos cenozoicos. El descubrimiento de algunos ejemplares más completos, condujo a la descripción de *Sebecus icaeorhinus*, primer representante del "suborden" Sebecosuchia (Simpson, 1937).

Los primeros zifodontos no eusuquianos reconocidos formalmente en Europa corresponden al material atribuido a *Bergisuchus* en los yacimientos del Eoceno alemán de Messel y Geiseltal (Berg, 1966).

En 1975, Antunes describe *Iberosuchus macrodon* basándose en un fragmento de rostro procedente del Eoceno de Vale Furado (Nazaré, Portugal). Inicialmente, el ejemplar fue determinado como un dinosaurio y utilizado para "confirmar" la datación previa de estos niveles como cretácicos. Sin embargo, los caracteres del ejemplar no son congruentes con esta determinación y en posteriores revisiones se describe como una forma perteneciente a Sebecosuchia. Dado que Antunes (1975) incorporó a su descripción de *Iberosuchus* algunos dientes recogidos en yacimientos de Salamanca, Zamora, Huesca y Lérida, buena parte del material español, inicialmente considerado como *Pristichampsus* fue generalmente asignado a *Iberosuchus*.

Berg y Crusafont (1970) describieron en la Sierra de Montllobar (Huesca y Lleida) los primeros ejemplares de zifodontos no eusuquianos en las cuencas prepirenaicas.

La mayor parte de los restos de zifodontos registrados en el Cenozoico europeo procede del Eoceno de la Cuenca del Duero. En este sentido, se ha asignado a *Iberosuchus* distinto material craneal, mandibular y postcranal (Ortega et al., 1996; Ortega, 2004). Algunos fragmentos craneales, mandibulares y postcraneales procedentes del yacimiento de El Viso-Sanzoles (Cuenca del Duero, Zamora) se identifican como pertenecientes al "crocodilomorfo zifodonto del Duero" (Ortega et al., 1993). Tambien se han relacionado con zifodontos no eusuquianos algunos ejemplares de yacimientos del Sur de Francia, como el holotipo de *Atacisaurus crassiproratus* (=cf *Iberosuchus*) del Eoceno de Issel (Ortega et al., 1996), ejemplares del Eoceno de La Livinière (Herault) (Buffetaut, 1986) o del Eoceno de Robiac (Quercy) (Ortega, 2004).

El análisis de los caracteres que comparten los distintos conjuntos de zifodontos no eusuquianos del Cenozoico de la Península Ibérica y el Sur de Francia tiene una serie de implicaciones de índole tanto sistemática como paleobiogeográfica que no han sido aún establecidas. Así, se defenderá que existen, al menos tres tipos de cocodrilos zifodontos no eusuquianos en este ámbito geográfico y que no se ha identificado en la Península Ibérica ningún resto de cocodrilo que pueda ser atribuido de forma no ambigua a un zifodonto eusuchiano del tipo de *Pristichampsus*.

REFERENCIAS

Antunes, M. T. (1975): Iberosuchus, crocodile Sebecosuchien nouveau, l'Eocène Ibérique au Nord de la Chaîne Centrale, et l'origine du cayon de Nazaré. Comunicaçoes dos Serviços Geologicos de Portugal, 59: 285-330.

Berg, D. E. (1966): Die Krokodile, insbensondere Asiatosuchus und aff. Sebecus?, aus dem Eozän von Messel bei Darmstadt/Hessen. Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, 52: 1-105.

Berg, D. E. y Crusafont, M. (1970): Note sur quelques Crocodiliens de l'Éocène prépyrénaïque. Acta Geológica Hispánica, 5: 54-57.

Buffetaut, E. (1986): Un Mésosuchien ziphodonte dans l'Éocène supérieur de La Livinière (Hérault, France). Geobios, 19: 101-108.

Ortega, F., Historia evolutiva de los Cocodrilos Mesoeucrocodylia. 2004, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Dept de Biología: Madrid. p. 350.

Ortega, F., Buscalioni, A. D. and Gasparini, Z. (1996): Reinterpretation and new denomination of Atacisaurus crassiproratus (Middle Eocene; Issel, France) as cf. Iberosuchus (Crocodylomorpha: Metasuchia). Geobios, 29: 353-364.

Ortega, F., Buscalioni, A. D. y Jiménez-Fuentes, E. (1993): El cocodrilo de El Viso (Eoceno, Zamora): Consideraciones acerca de los "zifodontos" (Metasuchia, Sebecosuchia) del Eoceno de la Cuenca del Duero. Anuario del Instituto de Estudios Zamoranos "Florián de Ocampo", 601-613.

Simpson, G. G. (1937a): An ancien Eusuchian Crocodile from Patagonia. *American Museum Novitates*, 965: 1-20.

Vilanova, J. (1873): Noticia de vertebrados hallados en Sanzoles (Zamora). Act. R. Soc. Española Hist. Nat., 2: 42, 47 y 52.

La hiena gigante *Pachycrocuta brevirostris* (Aymard): modelando el comportamiento fracturador de huesos de un carnívoro extinto

The giant hyena Pachycrocuta brevirostris *(Aymard): modelling the bone-cracking behavior of an extinct carnivore*

P. Palmqvist[1], B. Martínez Navarro[2], J. A. Pérez Claros[3], V. Torregrosa[4], B. Figueirido[1], J. M. Jiménez Arenas[5], M. P. Espigares[6], S. Ros Montoya[6], A. Martín Serra[1], F. Serrano Alarcón[1] y M. De Renzi[7]

1 Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias, Campus Universitario de Teatinos. 29071-Málaga. ppb@uma.es, johnny@uma.es, Francisco.Figueirido@uv.es, almarse@uma.es, fjsa@uma.es
2 ICREA, Grup d'Autoecologia Humana, Un. Ass. CSIC, Area de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili. Plaça Imperial Tarraco, 1. 43005-Tarragona. bienvenido@icrea.es
3 Fundación Geociencias. Avda. Sor Teresa Prat, 15. 29003-Málaga. ciencia@fundaciongeociencias.org
4 Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Granada. Campus de Cartuja s/n. 18071-Granada. jumajia@ugr.es
5 Oficina Técnica para el Desarrollo del Patrimonio Histórico de la Cuenca de Guadix-Baza. 18558-Orce (Granada). mpespigares@hotmail.com
6 Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología evolutiva. Universitat de València. Apartado Oficial 22085. 46071-Valencia. Miquel.De.Renzi@uv.es

Resumen: Con la masa corporal de una leona, unas extremidades masivas con los segmentos distales acortados y una mandíbula profunda con premolares muy robustos, la hiena gigante *Pachycrocuta brevirostris* fue probablemente el carnívoro fracturador de huesos de mayor tamaño que jamás haya existido. En esta comunicación presentamos evidencias tafonómicas y biomecánicas que permiten estimar la contribución relativa a su dieta de la caza y el carroñeo. El comportamiento fracturador de esta especie se ha deducido a partir del análisis de la asociación de grandes mamíferos del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce, Granada), localidad interpretada como un cubil de cría. Los resultados obtenidos mediante tablas de contingencia y análisis de correspondencias para la distribución de elementos óseos según porciones conservadas revelan un patrón muy específico de consumo de los elementos esqueléticos. El análisis biomecánico y ecomorfológico de su mandíbula y de los elementos de la dentición muestra las numerosas adaptaciones de este carnívoro para fracturar los restos óseos. Ambos enfoques apuntan, pues, a un comportamiento sumamente especializado en el carroñeo de cadáveres de ungulados.

Palabras clave: Cuenca de Guadix-Baza, Pleistoceno inferior, tafonomía, paleobiología.

Abstract: *With the body mass of a lioness, massive limbs with shortened distal bones and a heavy, powerfully built mandible with robust premolars, the giant hyena* Pachycrocuta brevirostris *was probably the largest bone-cracking carnivore that ever existed. Here we show taphonomic and biomechanical evidence that allows estimating the relative contribution of hunting and scavenging to the diet of this extinct hyena. Analysis of bone-cracking behavior was based on the early Pleistocene large mammals assemblage from Venta Micena (Orce, Granada), a locality currently interpreted as a hyena denning site. Results obtained with contingency tables and correspondence analysis for the distribution of skeletal elements among preservational categories showed specific patterns of bone consumption. Biomechanical and ecomorphological analyses of jaw shape and teeth dimensions revealed the various adaptations of this hyena for bone-cracking. Thus, both approaches indicate a highly specialized behavior toward scavenging ungulate carcasses.*

Key words: *Guadix-Baza Basin, early Pleistocene, taphonomy, paleobiology.*

INTRODUCCIÓN

Con un cráneo cuya longitud (315-322 mm; Turner y Antón, 1996) rivaliza con la de los leones sudafricanos más grandes y un tamaño corporal un 20% mayor que el de una hiena manchada moderna (*Crocuta crocuta*), el hiénido extinto *Pachycrocuta brevirostris* (Aymard) estaba bien capacitado para fracturar huesos (Werdelin y Solounias, 1991; Arribas y Palmqvist, 1998; Saunders y Dawson, 1998).

Además de su enorme tamaño, *P. brevirostris* muestra un acortamiento del radio y la tibia en relación a las dimensiones del húmero y el fémur, respectivamente, lo que sugiere unos hábitos menos corredores que en los hiénidos actuales y, a cambio, más fuerza y estabilidad para desmembrar cadáveres de ungulados y transportar grandes porciones de los mismos hasta sus cubiles de cría, lo que resulta coherente con el comportamiento estrictamente carroñero deducido a partir del análisis tafonómico de las ingentes asociaciones óseas generadas por esta especie (Palmqvist y Arribas, 2001).

No obstante, Turner y Anton (1996), Galobart et al. (2003) y Dennell et al. (2008) han argumentado que las dimensiones de *P. brevirostris* serían en sí mismas ventajosas para abatir ungulados de porte medio a grande e, igualmente, en el carroñeo agresivo (cleptoparasitismo). En todo caso, la caza y el carroñeo no son sino los extremos de un espectro continuo y la etología de una especie moderna no se puede deducir a partir del estudio de una única población (vg., véanse las marcadas diferencias de comportamiento entre las hienas manchadas del Serengeti y el Ngorongoro; Kruuk, 1972).

MÉTODOS

En esta comunicación se intenta dilucidar aspectos de la paleobiología de *P. brevirostris* usando un enfoque dual en el que se combinan aproximaciones tanto tafonómicas como ecomorfológicas. El estudio biomecánico se centra en aquellas características del esqueleto craneal y la dentición que se relacionan con la capacidad fracturadora de huesos en las hienas. El análisis tafonómico se ha basa en una evaluación de los sesgos de conservación introducidos por el comportamiento de *P. brevirostris* en la tafocenosis de grandes mamíferos del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce, cuenca de Guadix-Baza, Granada), localidad interpretada como un cubil de cría de esta especie (Arribas y Palmqvist, 1998; Palmqvist y Arribas, 2001).

La abundancia de ungulados en la asociación transportada por las hienas se estimó a partir de contajes de números mínimos de individuos y elementos óseos, lo que permitió calcular porcentajes de elementos conservados completos y según porciones anatómicas. La abundancia de restos esqueléticos se evaluó mediante la elaboración de tablas de contingencia y el análisis de correspondencias.

El estudio de la morfología craneodental de *P. brevirostris* se basó en (1) un análisis de componentes principales de las dimensiones mesiodistales y bucolinguales de los elementos de la dentición en los hiénidos, a partir de variables convencionales y *landmarks;* (2) un estudio del desarrollo relativo de los músculos que intervienen en la masticación y sus implicaciones biomecánicas; y (3) la elaboración de perfiles de fuerza mandibular y resistencia a la torsión, siguiendo una aproximación basada en la teoría de vigas propuesta por Therrien (2005).

RESULTADOS

Los análisis de tablas de contingencia y correspondencias revelaron la existencia de secuencias específicas de consumo de los elementos del esqueleto apendicular por las hienas, que resultan de las diferencias tanto en sus contenidos de médula ósea como en la posición que ocupan dentro de la extremidad y el patrón de desarticulación seguido por las hienas (Fig. 1A). Así, los húmeros y las tibias se encuentran mejor representados por epífisis distales, lo que sugiere una secuencia invariante de consumo proximodistal de estos elementos, mientras que para el radio se aprecia una secuencia de signo opuesto. En el caso del fémur, el consumo se efectúa por los dos extremos, aunque registrando una mayor incidencia en el distal, lo que da como resultado una sobrerepresentación de porciones diafisarias. En el caso de los metápodos, ambos son fracturados en menor proporción que los restantes elementos de las extremidades, mostrando una cierta tendencia a la modificación de sus epífisis distales, lo que traería como resultado el liberar las falanges.

El estudio de los elementos de la dentición indica unas proporciones similares en *P. brevirostris* a las de las hienas rayada (*Hyaena hyaena*) y parda (*Parahyaena brunnea*), en particular los aspectos concernientes a las dimensiones del talónido en la carnicera inferior y la anchura del tercer premolar. Dado que estas especies muestran hábitos más netamente carroñeros y osífragos que la hiena manchada, tales resultados apoyan la hipótesis de que las hienas gigantes no estaban adaptadas a desarrollar una caza activa.

Por otra parte, el brazo de fuerza de entrada para la musculatura temporal, estimable a partir de las dimensiones del proceso coronoides, es muy alto, como resulta esperable en una hiena de su tamaño, resultando similar al de un tigre (*Panthera tigris*), especie con una masa corporal un 60% mayor que la estimada para *P. brevirostris* (~110 kg). No obstante, el correspondiente a los músculos masetéricos y pterigoideos, deducible a partir de la distancia entre el cóndilo mandibular y el proceso angular, es claramente superior al esperable en un hiénido de su tamaño. Dado que en un carnívoro estos músculos incrementan progresivamente su acción conforme la boca se va cerrando (vg., al acomodar un hueso entre los premolares; Ewer, 1973), su enorme

desarrollo indicaría la capacidad de ejercer una fuerza considerable en la fracturación de los elementos óseos. Finalmente, el momento de salida para un objeto posicionado en los caninos es comparativamente muy bajo, lo que implica una fuerza de mordedura en *P. brevirostris* menor de la esperable en un hiénido de su tamaño, inferencia que viene a apoyar los hábitos carroñeros de la especie, así como que esta hiena no era particularmente "caricorta", según sugiere su nombre.

Los perfiles de resistencia al estrés generado por los esfuerzos dorsoventrales y mediolaterales sobre la mandíbula en los hiénidos (Figs. 1B,C) revelan, en términos generales, una distribución similar en las tres especies modernas, mostrando una clara tendencia a disminuir la resistencia hacia la dentición anterior. En el caso de *P. brevirostris,* los valores de sección del módulo son entre dos y tres veces más elevados; además, se observa un mayor reforzamiento de la rama mandibular a nivel de la sínfisis mandibular, especialmente en lo concerniente a su sección dorsoventral, lo que indica una resistencia a los esfuerzos generados durante la fracturación de los huesos sustancialmente mayor que la observada en las hienas modernas.

DISCUSIÓN

La anatomía craneodental de *P. brevirostris* revela un conjunto de adaptaciones en este hiénido extinto tendentes a permitir la fracturación de elementos óseos de grandes dimensiones, las cuales resultan compatibles tanto con las proporciones del esqueleto apendicular, que evidencian su capacidad de desmembrar cadáveres de ungulados gran porte y transportar porciones considerables de los mismos hasta sus cubiles de cría, como con los atributos tafonómicos identificados en la ingente asociación fósil de Venta Micena, donde se constata una intensa actividad modificadora de los restos esqueléticos por las hienas.

Sin embargo, aunque *P. brevirostris* muestra una combinación insólita de características, que apuntan hacia un género de vida más basado en el carroñeo que en la caza, a diferencia de lo que ocurre en las hienas manchadas, esta interpretación no está exenta de problemas. En primer lugar, un carroñero estricto debe recorrer distancias considerables para encontrar los cadáveres de los animales, como ocurre en el caso de los buitres, lo que imposibilita el que un mamífero pueda desarrollar plenamente este género de vida. En segundo lugar, las hienas rayadas y pardas, que dependen en gran medida del carroñeo, presentan esqueletos más ligeros que las hienas manchadas, cazadoras eficientes, lo que refleja su necesidad de cubrir mayores distancias. Las extremidades cortas y robustas de *P. brevirostris,* que en parte podrían reflejar los efectos del escalamiento alométrico, no parecen pues adecuadas a tales fines.

Una posible explicación sobre el contexto ecológico en el que evolucionó una hiena de tal porte, con una morfología tan especializada hacia el carroñeo estricto, es la de que *P. brevirostris* no prospectase al azar en la búsqueda de cadáveres carroñeables, sino que siguiese a otros depredadores, como los félidos con dientes de sable, aprovechando sus capturas. Tales circunstancias se verían favorecidas por el hecho de que estos carnívoros, debido a su dentición sumamente especializada, aprovecharían comparativamente menos los cadáveres de sus presas que los félidos panterinos (Arribas y Palmqvist, 1999). Esta explicación, además, da cuenta del hecho de que las primeras poblaciones humanas que se dispersaron hacia Eurasia en torno al límite Plio-Pleistoceno portasen el tecnocomplejo Olduvayense, cuyos útiles líticos no eran adecuados para la caza, por lo que entrarían en competencia directa con las hienas gigantes por tales recursos, según evidencian yacimientos como Fuente Nueva-3 en la región de Orce. Este nicho ecológico se desvanecería tras la extinción de los macairodontinos, particularmente la forma de origen africano *Megantereon whitei* (Palmqvist et al., 2007), con lo que los homínidos se vieron forzados al desarrollo de un tecnocomplejo más eficiente, el Achelense, mientras que el destino de las hienas gigantes, condicionadas por su enorme tamaño y un grado extremo de especialización morfológica, fue inevitablemente la extinción.

REFERENCIAS

Arribas, A. y Palmqvist, P. (1998): Taphonomy and palaeoecology of an assemblage of large mammals: hyaenid activity in the lower Pleistocene site at Venta Micena (Orce, Guadix-Baza Basin, Granada, Spain). *Geobios,* 31 (suppl.): 3–47.

Arribas, A. y Palmqvist, P. (1999): On the ecological connection between sabre-tooths and hominids: faunal dispersal events in the lower Pleistocene and a review of the evidence for the first human arrival in Europe. *Journal of Archaeological Science,* 26: 571–585.

Dennell, E. W., Coard, R. y Turner, A. (2008): Predators and scavengers in Early Pleistocene southern Asia. *Quaternary International,* 192: 78–88.

Ewer, R.F. (1973): *The Carnivores.* Cornell University Press, Ithaca.

Galobart, A., Antón, A. y Maroto, J. (2003): Hiénidos y cánidos de los yacimientos de Incarcal (Girona, NE de la Península Ibérica). Una aproximación a la paleobiología del hiénido del Pleistoceno inferior. *Paleontología i Evolució,* 34: 79–98.

Kruuk, H. (1972): *The Spotted Hyena. A Study of Predation and Social Behavior.* University of Chicago Press, Chicago.

Palmqvist, P. y Arribas, A. (2001): Taphonomic decoding of the paleobiological information locked in a lower Pleistocene assemblage of large mammals. *Paleobiology,* 27: 512–530.

Palmqvist, P., Torregrosa, V., Pérez-Claros, J. A., Martínez-Navarro, B. y Turner, A. (2007): A re-evaluation of the diversity of Megantereon (Mammalia, Carnivora, Machairodontinae) and the problem of species identification in extinct

carnivores. *Journal of Vertebrate Paleontology,* 27: 160–175.

Saunders, J. J. y Dawson, B. K. (1998): Bone damage patterns produced by extinct hyena, *Pachycrocuta brevirostris* (Mammalia: Carnivora) at the Haro River Quarry, Northwestern Pakistan. *In: Advances in Vertebrate Paleontology and Geochronology.*. (Yomida, Y., Flynn, L. J. and Jacobs, L. L. eds.), National Science Museum Monographs 14, Tokyo, pp. 215-242.

Therrien, F. (2005): Mandibular force profiles of extant carnivorans and implications for the feeding behaviour of extinct predators. *Journal of Zoology,* 267: 249–270.

Turner, A. y Antón, M. (1996): The giant hyena, *Pachycrocuta brevirostris* (Mammalia, Carnivora, Hyaenidae). *Geobios,* 29: 455–468.

Werdelin, L. y Solounias, N. (1991): The Hyaenidae: taxonomy, systematics and evolution. *Fossils and Strata,* 30: 1–104.

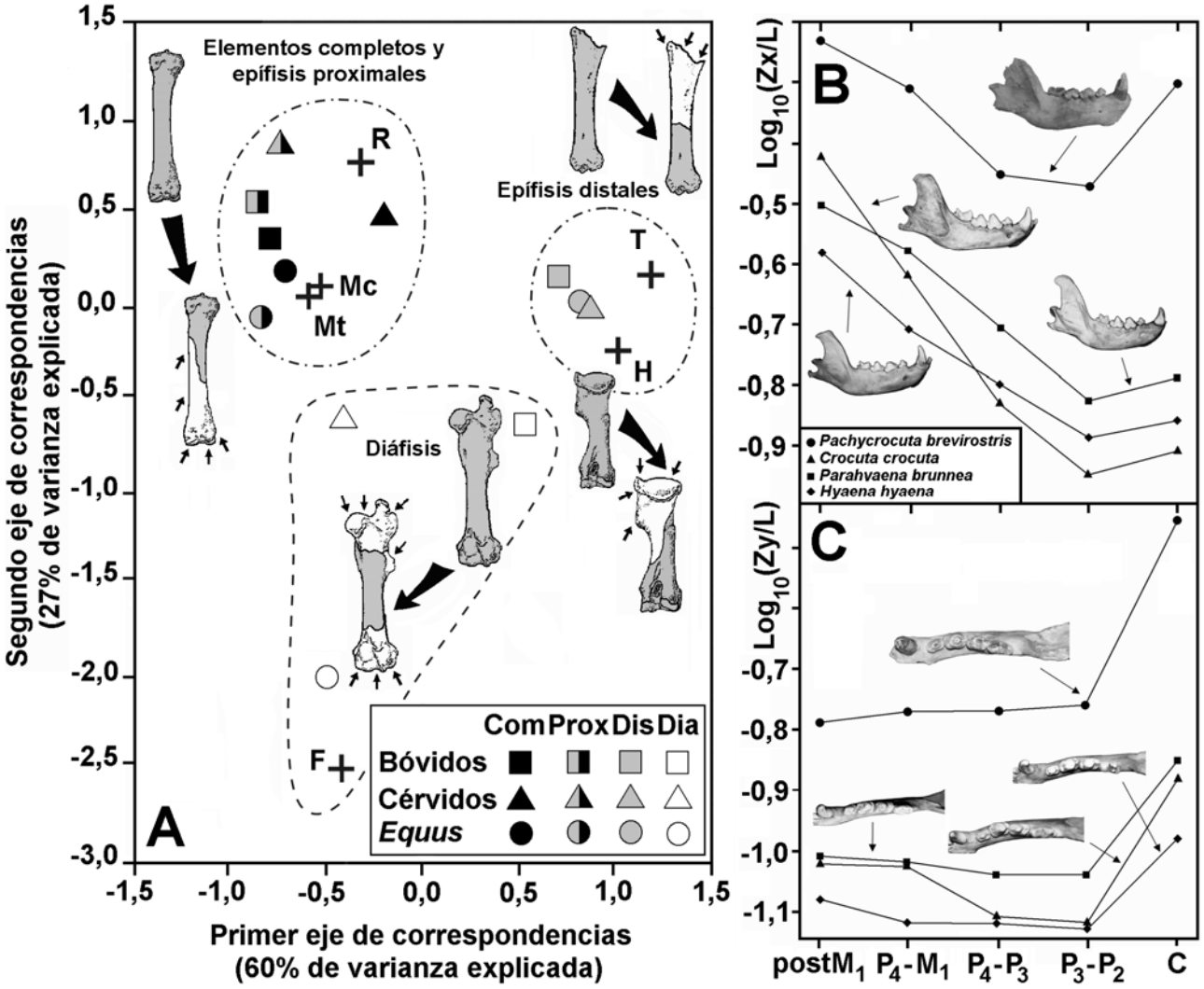


FIGURA 1. *Resultados del análisis de correspondencias (A) de la abundancia de huesos largos de ungulados distribuidos según categorías de conservación (H: húmero, R: radio, Mc: metacarpo, F: fémur, T: tibia, Mt: metatarso. Com: elemento completo, Prox: epífisis proximal, Dis: epífisis distal, Dia: diáfisis). Perfiles de fuerza mandibular según los planos dorsoventral (B) y mediolateral (C) en los hiénidos vivientes y en* P. brevirostris.

Análisis cornual en una raza caprina ibérica no extinguida por medio de métodos elípticos de Fourier

Examination of horn sheaths of an extant Iberian goat breed by elliptical Fourier methods

P. M. Parés i Casanova[1], J. Sabaté Moreso[1] y J. Jordana Vidal[2]

1 Dep. de Producció Animal (Ciència i Salut Animal), Universitat de Lleida; av. Rovira Roure 191. 25700 Lleida (Spain). peremiquelp@prodan.udl.es
2 Dep. de Ciència Animal i dels Aliments, Facultat de Veterinària. Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici V; 08193 Bellaterra (Barcelona) (Spain)

Resumen: Una pequeña muestra de 14 estuches córneos procedentes de la raza Cabra Blanca de Rasquera es analizada usando métodos elípticos de Fourier combinados con técnicas de análisis multivariante. Se caracterizan los especimenes por medio de ordenaciones por pasos de 20 armónicas. Se comparan los datos con los procedentes de otras razas caprinas (Murciana y Pirenaica) y con cabra hispánica (*Capra pyrenaica)*. Con este método se diferencia entre las diferentes formas cornuales de la raza, distinguiendo más allá de las dos tipologías habituales utilizadas para la especie caprina –en cimitarra y en espiral-.

Palabras clave: Análisis de Fourier, Cabra Blanca de Rasquera, Craneometría, Etnología, Morfología.

Abstract: *This paper reports analysis of horn sheaths in a small sample of 14 "Rasquera White Goat" skulls using Fourier elliptical methods combined with multivariate analysis. Specimens are characterized by stepwise ordered series of 20 harmonics. The shape dimensions are compared with those from Murciana and Pyrenean goat breeds and also with Wild Goat (Capra pyrenaica). This method seems to be a morphometric technique suitable for distinguishing beyond the complex horn shapes in the goat world – scimitar shaped (antelope-like) and side-spreading horns-.*

Key words: *Fourier shape analysis, Rasquera White Goat, Craniometry, Ethnology, Morphology.*

INTRODUCCIÓN

La disposición y forma de las encornaduras ofrece, en la especie caprina, detalles étnicos importantes (Aparicio, 1960). Pero existe gran confusionismo en cuanto a su clasificación. Cuando tratamos de sistematizar nos encontramos faltos de datos coherentes en que sustentar las tipologías observadas.

Nozawa (1991) establece tres categorías útiles para la clasificación evolutiva de las cabras históricas y prehistóricas del mundo:

1) Cabras tipo bezoar: se identifica con la cabra Bezoar salvaje y presenta los cuernos en cimitarra (arco).

2) Cabras tipo sabana: de cuernos en espiral.

3) Cabras de tipo nubiano: de grandes orejas caídas, cuerpo de gran alzada, perfil facial romano (convexo) y de aptitud lechera.

Según lo expuesto, en la Península Ibérica podríamos reconocer los tres tipos de Nozawa (1991), aunque formando un pool genético de mayor complejidad, puesto que existen razas con cuernos con diseños diferentes a los expuestos por Nozawa.

MATERIAL

Se realizó el estudio en 14 cráneos de ambos sexos de animales adultos de la raza caprina *Blanca de Rasquera* (CBR). Esta raza, del grupo celtibérico, se localiza en el S de Cataluña y presenta una elevada rusticidad. Fenotípicamente, sus diseños cornuales, siempre conspícuos, y tanto en machos como en hembras, presentan una gran diversidad de formas. Ello tiene fiel reflejo en la riquísima terminología que usan los cabreros para designarlas: *crestonenca, en caragol, muntada, plana, plegada, tornillo, voltada*, etc. Esta variabilidad es un hecho no exclusivo de la raza estudiada, puesto que aparece en otras razas (Bedotti *et al.*, 2004; Capote *et al.*, 1998; Rodero *et al.*, 1992). Los especímenes pertenecen a la colección privada de uno de los autores (JSM).

Con fines comparativos, se incluyó en el estudio 8 estuches córneos procedentes de cabras Murcianas (Mu), 1 de cabra hispánica (*Capra pyrenaica*, Chispan) y 1 de cabra doméstica de raza Pirenaica (CPi), todos ellos también adultos.

No fué necesaria ninguna aprobación ética puesto que todo el material se recogió *postmortem*.

MÉTODOS

Se procedió a la fotografía con cámara digital Nikon D70 a 2.240 x 1.488 píxeles. en un plano exactamente dorsal, de los estuches córneos de los animales estudiados. Sobre la proyección digital fueron obtenidas posteriormente las siluetas mediante cámara clara (Camera Lucida 2000®), escaneándose finalmente a 300 ppi para su procesado informático.

Las imágenes fueron trabajadas en formato bipmap con el procesador *MeeSoft Image Analyzer* v. 1.27 a fin de convertirlas y almacenarlas en escala de grises de 24 bits. Para el procesamiento de las imágenes y el cálculo de los coeficientes de Fourier se utilizó el paquete estadístico de distribución libre *Shape* (Iwata & Ukai 2002). Los resultados del análisis previo muestran que la forma puede ser descrita en detalle con 20 armónicas (Figura 1), por lo que se utilizaron 20 armónicas para realizar los análisis posteriores. Los coeficientes fueron calculados utilizando el programa *Chc2Nef* y el análisis de componentes principales (ACP) con el *PrinComp*. Posteriormente, se aplicó un análisis de coordenadas principales (ACoP) con el programa PAST (Hammer *et al*. 2001).

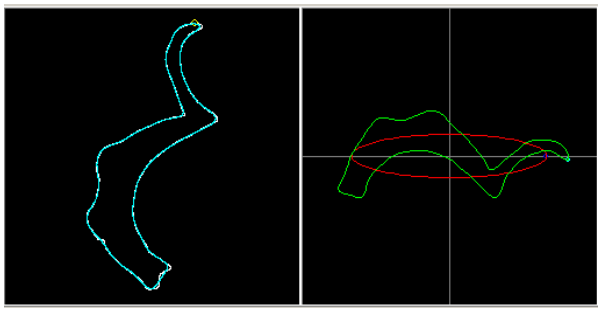


FIGURA 1. Imagen original del ejemplar CBR2, binarizada (a la izquierda) con el punto de inicio de la digitalización sobre el extremo superior. A la derecha, se representa como elipse en rojo la primera armónica que capta la forma de manera general, pero aún no se ajusta correctamente al contorno de referencia, como ocurre con el contorno en verde captado por veinte armónicas.

DISCUSIÓN

El ACP sobre los coeficientes de Fourier redujo la variabilidad de los CP a cinco, que captan conjuntamente casi un 97% de la varianza observada (Tabla I). Los tres primeros CP explican más de un 91 % de la varianza observada.

PC	Autovalor	Porcentaje explicado (%)	Proporción acumulada (%)	> 1/77
1	5,64E-02	47,3602	47,3602	*
2	3,94E-02	33,0749	80,4352	*
3	1,37E-02	11,4915	91,9267	*
4	3,68E-03	3,0903	95,0170	*
5	2,20E-03	1,8455	96,8625	*

TABLA I. *Resultados de los componentes principales.*

Como se puede observar en la Figura 2, la mayor variación en la muestra CBR de los 3 primeros componentes corresponde al grueso y curvatura general, mientras que los componentes restantes muestran variación más localizada en la forma del pitón.

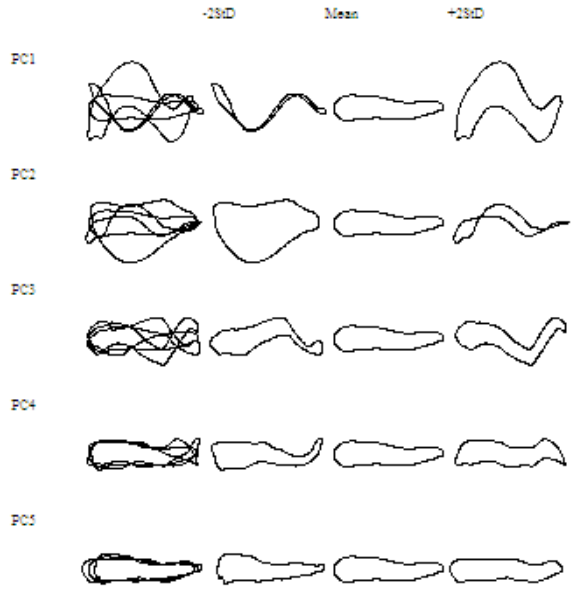


FIGURA 2. *Representación gráfica de los 5 primeros componentes principales (PC) de forma, representados en relación a la forma media de la muestra (únicamente CBR). Los contornos representados en cada uno de los extremos se corresponden a los ±2 desvíos estándar.*

El ACoP diferencia el clúster de encornadura tipo bezoar, propio de la raza Murciana, y ajeno a la Cabra Blanca de Rasquera, del resto (Figura 3). Dentro del otro clúster aparecen la cabra hispánica (tipo bezoar, Figura 4) y la Pirenaica (tipo espiral) (Figura 5) y todos los especimenes de Cabra Blanca. En un extremo de la coordenada 1 aparece una encornadura *en rueda* u *hoja de hoz* (CBR5) (Figura 6), mencionada en la raza por Álvarez (2005), y dos especimenes (CBR 11 y 13) de tipo no descrito hasta el momento en razas domésticas caprinas (Figura 7), el diseño de los cuales denominaremos “de punta de gancho”.

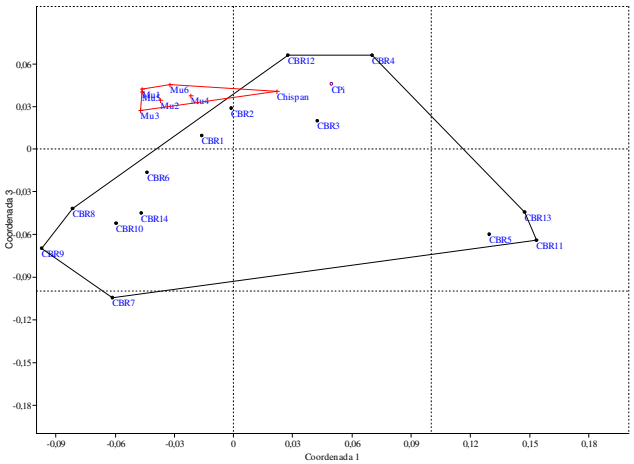
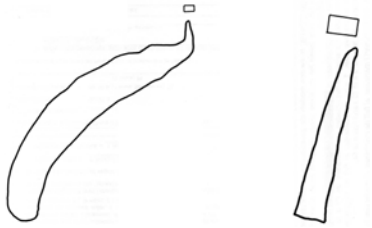


FIGURA 3. *Análisis de coordenadas principales a partir de los datos obtenidos (coordenadas 1 y 3).*

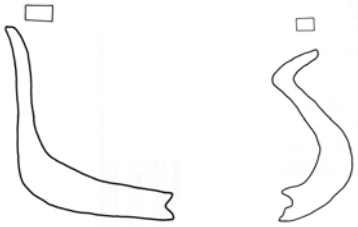
CONCLUSIONES

El análisis de contornos permite diferenciar bien los tipos descritos de cuernos tipo bezoar, en espiral y *en rueda* u *hoja de hoz*, así como formas mixtas. Añadir al estudio de contornos, que refleja básicamente el grueso y la curvatura general del estuche córneo, y en un único plano, medidas lineales como perímetro de base, longitud en arco y lineal, y gruesos de base, permitiría sin duda diferenciar aún mejor todas estas tipologías, y objetivarlas para estudios comparativos con otras razas o poblaciones caprinas.



CHispan Mu2

FIGURA 4. *Diseño típico tipo bezoar*

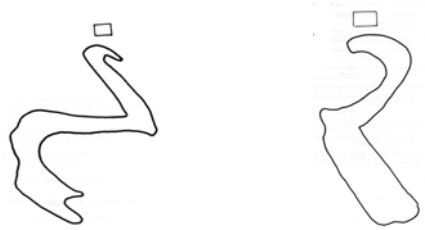


CPi CBR7

FIGURA 5. *Diseño típico en espiral*



FIGURA 6. *Diseño típico de la rueda u hoja de hoz (CBR5)*



CBR11 CBR13

FIGURA 7. *Diseño de las cornamentas "de punta de gancho"*

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, S. (2005): La cabra Blanca de la Rasquera. *FEAGAS*, 27: 23-28.

Aparicio, G. (1960): *Zootecnia especial. Etnología compendiada*. Imp. Moderna, Córdoba.

Bedotti, D., Gómez, A. G., Sánchez, M. y Martos, J. (2004): Caracterización morfológica y faneróptica de la cabra Colorada Pampeana. *Arch. Zootec.*, 53: 261-271.

Capote, J., Delgado, J. V., Fresno, M., Camacho, M. E. y Molina, A. (1998): Morphological variability in the Canary goat population. *Small Ruminant Res.,* 27: 167-172.

Carné, S., Roig, N., Jordana, J. (2007): La cabra blanca de Rasquera: caracterización morfológica y faneróptica. *Arch. Zootec*., 56 (215): 319-330.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1). [en línea]. URL: <*http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.html*>.

Iwata, H. and Ukai, Y. (2002): SHAPE: A computer package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *Journal of Heredity*, 93: 384-385.

Nozawa, K. (1991): Domestication and History of goats. En: Maijala E. *Genetics. Resources of Pig, Sheep and Goat. Word Animal Science* B, 8: 391-412.

Rodero, E., Herrera, M., y Cabezas, M. J. (1992): Morphostructural evolution of the Blanca Serrana caprine breed based on their crossing for milking aptitude. *Arch. Zootec.,* 41: 519-530.

Análisis morfométrico multivariante en cráneos caprinos

Multivariate morphometric analysis of caprine skulls

P. M. Parés[1], J. Sabaté[1] y J. Jordana[2]

1 Dep. de Producció Animal (Ciència i Salut Animal), Universitat de Lleida, Av. Rovira Roure 191.,25700 Lleida. peremiquelp@prodan.udl.cat
2 Dep. de Ciència Animal i dels Aliments, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona Edifici V, 08193 Bellaterra.

Resumen: Se ha realizado un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre una matriz corregida de datos morfométricos con el fin de determinar las variables más discriminantes en la biometría cefálica caprina. La serie estudiada pertenece a la raza caprina *Blanca de Rasquera*, de sexo y edad conocidos y se compone de 13 individuos (11 hembras y 2 machos). Se ha obtenido una matriz cruda de datos a partir de 38 variables morfométricas. Los tres primeros componentes (CP1 a CP3) explican un 99,99 % de la varianza total observada. La variabilidad representada por el CP1 es interpretada como "tamaño", mientras que la expresada por los restantes componentes es interpretada como "forma". La variación de tamaño reflejada por el CP1 se debe a un patrón de variación en longitud, especialmente la total, cóndilobasal y basal que sería compartido por todos los individuos incluidos en el análisis. La variación observada en los componentes principales de "forma" es reducida, de lo que se deduce que gran parte de la variación en la forma craneal en esta raza podría ser explicada puramente por alometría.

Palabras clave: cráneo, forma, tamaño, variables discriminantes

Abstract: *This study, based on a sample of 13 Rasquera White Goat skulls (11 females and 2 males), provides a statistical insight into the skull biometry in this breed. Thirty-eight measurements are taken and multivariate morphometric analyses were performed. The variance structure is analyzed using Principal Component Analysis (PCA). This is a possible sequel to the application and permission of the corrected covariance matrix. The first three components (PC1 to PC3) explain 99.99% of the observed variability. PC1 describes "size" while PC2 represents "form". Specifically, variation in PC1 is due length changes fundamentally related to total length of the skull, condylobasal length and total length of the cranial base. Overall, only a small degree of variation in form was observed, accordingly we suggest that allometry alone explains most of the variation in skull form.*

Key words: *discriminant functions, form, size, skull*

INTRODUCCIÓN

En muchos restos óseos no todas las variables métricas protocolizadas pueden ser determinadas con precisión, debido al estado fragmentario o bien a ambigüedades en los caracteres utilizados para la determinación. Hoy día, el análisis multivariable se muestra como una de las mejores herramientas estadísticas empleadas en la identificación individual de piezas óseas.

Hasta ahora se han realizado bastantes estudios empleando series de sexo y edad desconocidas o pertenecientes a poblaciones de origen diverso o claramente mestizo. Debido al limitado número de estudios desarrollados en poblaciones exclusivamente mediterráneas, hemos decidido elaborar un análisis enfocado a la obtención de variables más discriminantes en una población caprina de esta tipología. Con este trabajo y partiendo de una serie homogénea perteneciente a una raza caprina mediterránea de sexo y edad conocidos, pretendemos discernir qué variables presentan mayor poder discriminante para poder protocolizar la biometría con un reducido número de variables, sin que ello signifique pérdida de eficacia.

Este trabajo aporta una serie de ventajas importantes en el estudio de determinaciones craneométricas ya que puede aplicarse a restos fragmentados.

MATERIAL

La muestra se compuso de 13 individuos (11 hembras y 2 machos) procedentes de la raza caprina *Cabra Blanca de Rasquera*. Todos los especímenes pertenecen a la colección privada de uno de los autores (JSM). La muestra no había sufrido ningún proceso de selección previa, y en ningún caso aparecieron procesos patológicos o deformaciones craneanas que pudieran dar lugar a errores de medición. Se consideraron especímenes adultos los que presentaban el M^3 por lo menos en erupción. Se tomaron los datos indistintamente por el lado derecho o izquierdo.

No fue necesario contar con una aprobación ética previa puesto que se trabajó con especímenes recolectados *postmortem*.

MÉTODOS

Como instrumentos de medida se emplearon el compás de espesor, (con error absoluto de 1 mm) y el pie de rey (error absoluto 0,02 mm). Las 38 medidas cefálicas obtenidas se corresponden, íntegramente, con el protocolo definido por von Driesch (Driesch, 1976). Las medidas obtenidas aparecen relacionadas en la Tabla 1. Todas ellas fueron obtenidas por el mismo investigador.

La variabilidad craneométrica se estudió mediante análisis discriminantes realizados conjuntamente para ambos sexos. Debido a que podría esperarse un marcado dimorfismo sexual, y como paso previo, se corrigieron los datos mediante la metodología de Lleonart *et al*. (2000):

$$Y^* = Y_i \, (X_o/X_i)^b$$

donde Y_i es el valor de una determinada variable del individuo *i*; X_i es el antilogaritmo de la coordenada (score) del individuo *i* en el primer Componente Principal (CP1); X_o es el tamaño promedio de todos los individuos calculado como la media de las coordenadas del CP1 transformadas a sus antilogaritmos; Y* es el valor teórico calculado para una determinada variable del individuo *i* que correspondería a ese tamaño promedio (X_o) y *b* es el coeficiente del CP1 para esa variable. Este método elimina el efecto de la variación de tamaño, llevando a todos los individuos a un tamaño promedio, pero simultáneamente ajustando sus formas a este nuevo tamaño según un patrón alométrico.

Una vez realizados estos análisis preliminares, se obtuvo una matriz de varianzas, que constituyó la matriz básica de datos corregidos. A partir de esta matriz se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP).

El tratamiento estadístico se realizó mediante diversas aplicaciones del paquete estadístico PAST (Hammer *et al*., 2001).

V1	Longitud total (acrocranion-prostion)
V2	Longitud cóndilobasal (borde aboral de los cóndilos occipitales-prostion)
V3	Longitud basal (basion-prostion)
V4	Longitud craneal mínima (basion-premolar)
V5	Premolar-prosthion
V6	Longitud del neurocráneo (basion-nasion)
V7	Longitud del viscerocráneo (nasion-prostion)
V8	Longitud frontal mediana (acrocranion-nasion)
V9	Distancia acrocranion-bregma
V10	Longitud frontal (bregma-nasion)
V11	Longitud del neurocráneo superior (acrocranion-supraorbital)
V12	Longitud facial (supraorbital-prostion)
V13	Distancia acrocranion-infraorbital
V14	Longitud máxima del lagrimal
V15	Longitud máxima de los nasales (nasion-rinion)
V16	Longitud facial lateral corta (entorbitale-prostion)
V17	Borde aboral del cóndilo occipital-infraorbital
V18	Longitud dental (postdental-prostion)
V19	Longitud palatal oral (palatinooral-prostion)
V20	Longitud lateral del premaxilar (nasointermaxilar-prostion)
V24	Longitud interior máxima de la órbita (ectorbital-entorbital)
V25	Altura interior máxima de la órbita
V26	Anchura máxima del mastoide (otion-otion)
V27	Anchura máxima de los cóndilos occipitales
V28	Anchura máxima en la base de los procesos paraoccipitales
V29	Anchura máxima del *foramen magnum*
V30	Altura del *foramen magnum*
V31	Anchura mínima del parietal
V33	Anchura máxima del neurocráneo
V34	Anchura frontal máxima (ectorbital-ectorbital)
V35	Anchura mínima entre órbitas (entorbital-entorbital)
V36	Anchura facial
V37	Anchura máxima entre nasales
V38	Anchura máxima entre premaxilares
V39	Anchura palatina máxima

TABLA I. *Variables estudiadas según el protocolo descrito por von Driesch (1976)*

CONCLUSIONES

Los 3 primeros vectores (CP1 a CP3) explican un 99,99 % de la varianza total observada (Tabla II). Las variables 1, 2 y 3, referidas a las longitudes total, cóndilobasal y basal, se muestran como las más discriminantes (Figura 1).

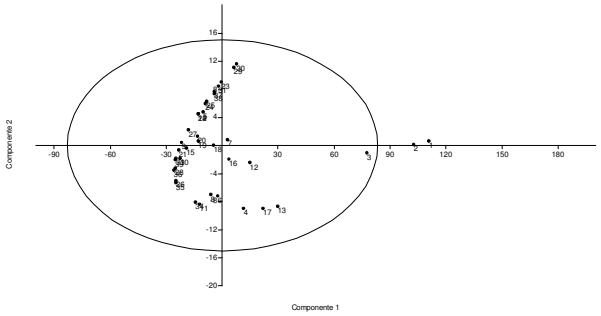


FIGURA 1. *Diagrama de dispersión de las variables en los CP1 y 2 (elipse al 95 %)*

En distintos estudios morfométricos, frecuentemente, se han intentado separar dos rasgos particulares de los organismos: tamaño y forma. En este ACP, la variabilidad representada por el CP1 es interpretada como "tamaño" (puesto que todos los coeficientes presentan el mismo signo y no difieren ostensiblemente en magnitud) (Figura 2), mientras que la expresada por los restantes componentes es interpretada como "forma". La variación de tamaño reflejada por el CP1 se debe a un patrón de variación en longitud, que sería compartido por todos los individuos incluidos en el análisis. La variación observada en los componentes principales de "forma" es reducida, de lo que se deduce que gran parte de la variación en la forma craneal en esta raza puede ser explicada puramente por alometría.

Aunque la muestra estudiada es pequeña, se refleja el interés que tiene el estudio de muestras osteológicas de razas no extinguidas, como medio para establecer series comparativas en muestras de sexo, edad y procedencia conocidos.

CP	Autovector	% varianza	Varianza acumulada
1	1.028,61	96,818	96,818
2	33,59	3,162	99,980
3	0,19	0,018	99,998

TABLA II. *Valores obtenidos (CP1 a CP3)*

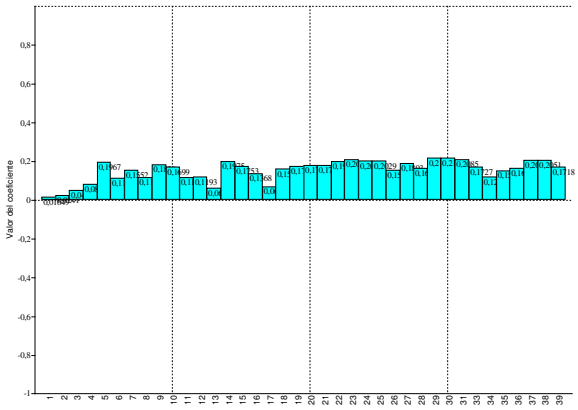


FIGURA 2. *Coeficientes de todas las variables en el CP1*

REFERENCIAS

Driesch, A. von den (1976): A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites. *Peabody Museum Bull*. 1: 1-137.

González-José, R. (2003): El poblamiento de la Patagonia. Análisis de la variación craneofacial en el contexto del poblamiento americano. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona. Barcelona.

Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1). [en línea]. URL: <*http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.html*>.

Lleonart, J.; Salat, J.; Torres, G.J. (2000): Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *J. theor. Biol*. 205: 85-93.

José Royo Gómez y los supuestos dientes de dinosaurio del Eoceno de Llamaquique (Asturias)

José Royo Gómez and the supposed dinosaur teeth from the Eocene of Llamaquique (Asturias, NW Spain)

X. Pereda Suberbiola[1], J. I. Ruiz-Omeñaca[2,3], A. Pérez-García[4], B. Sánchez-Chillón[5] y F. Ortega[6]

1 Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Apartado 644, 48080 Bilbao. xabier.pereda@ehu.es
2 Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), 33320 Colunga.
3 Grupo Aragosaurus-IUCA, Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra, Área de Paleontología, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. jigruiz@unizar.es
4 Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, c/ José Antonio Novais, 2, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. paleontologo@gmail.com
5 Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, c/José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid. mcnsc2b@mncn.csic.es
6 Grupo de Biología, Facultad de Ciencias, UNED, c/ Senda del Rey, 9, 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es

Resumen: José Royo Gómez fue el primer paleontólogo en desarrollar un proyecto de investigación sobre los dinosaurios en España, publicando varios trabajos referentes a fósiles descubiertos principalmente en el Levante, siendo la mayoría de ellos cretácicos. En 1928, describió dos dientes del Eoceno de Llamaquique (Asturias), y los comparó con "los de los dinosaurios terópodos del Secundario". El estudio de las colecciones de Paleontología del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid), así como de fotografías y otra documentación inédita en su Archivo, permite descartar que tales dientes pertenezcan a terópodos, asignando el único preservado a un Mesoeucrocodylia zifodonto.

Palabras clave: Royo Gómez, dientes, Llamaquique, Theropoda, Crocodyliformes.

Abstract: *José Royo Gómez was the first palaeontologist in developing a research project on Spanish dinosaurs. He published several papers during the 1910's and 1920's on the basis of fossils found in a number of localities from the Levant and other regions, most of them of Cretaceous age. In 1928, he described two teeth from the Eocene of Llamaquique (Asturias) and compared them to "those of theropod dinosaurs from the Secondary". The study of the Palaeontology collections of the Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid), as well as of photographs and unpublished documentation in its Archive, allows to reject that such teeth belong to theropods; the only preserved tooth is assigned to a ziphodont Mesoeucrocodylia.*

Key words: *Royo Gómez, teeth, Llamaquique, Theropoda, Crocodyliformes.*

INTRODUCCIÓN

El naturalista castellonense José Royo Gómez (1895-1961) es una de las figuras más importantes de la geología y paleontología españolas de la primera mitad del siglo XX. Miembro destacado de la escuela madrileña de Geología, las principales aportaciones de Royo Gómez trataron del estudio del Paleógeno continental de la Península Ibérica (Diéguez et al., 2004). Asimismo, Royo Gómez fue el primer paleontólogo en España que desarrolló un proyecto de investigación sobre los dinosaurios, aunque su labor apenas tuvo continuidad después de la Guerra Civil (Sanz, 1996; Pereda Suberbiola y Ruiz-Omeñaca, 2005; Pérez García et al., 2009).

El trabajo de Royo Gómez sobre los dinosaurios ibéricos se tradujo en una decena de artículos y comunicaciones publicados entre 1918 y 1928. Aunque sus labores se centraron principalmente en los yacimientos del Cretácico Inferior del Levante, Royo Gómez también se interesó en el descubrimiento de restos fósiles de dinosaurios en otras regiones de la geografía peninsular. Un ejemplo de ello es la descripción de lo que consideró eran dientes de dinosaurios terópodos en Asturias (Royo Gómez, 1928).

El yacimiento de Llamaquique (Cuenca de Oviedo) estaba ubicado en una antigua cantera de yesos. El primer hallazgo de fósiles de vertebrados fue dado a conocer en 1926 por José Ramón González Regueral y Joaquín Gómez de Llarena. Desde entonces, se han descrito restos fósiles de perisodáctilos, artiodáctilos y quelonios, y además se ha mencionado la presencia de restos de carnívoros y roedores (véase historia del yacimiento y referencias en Truyols y García-Ramos, 1991-1992; Casanovas y Santafé, 1991-1992). Se considera que Llamaquique pertenece a la unidad biocronológica MP 16-17, de edad Eoceno Medio-Superior (Badiola y Cuesta, 2008).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Royo Gómez visitó el yacimiento en agosto de 1926 y obtuvo la cesión de los fósiles hallados para su estudio (Royo Gómez, 1927a). Determinó la presencia del perisodáctilo *Palaeotherium magnum*, lo que le permitió datar el yacimiento como del Eoceno Superior (Royo Gómez, 1927b). Poco después, informó del hallazgo de "*dos dientes idénticos a los de los Dinosaurios terópodos del Secundario*" (Royo Gómez, 1928). En Llamaquique se hallaron nuevos fósiles en los años siguientes y Royo Gómez fotografió en 1932 varios dientes que creía pertenecientes a dinosaurios terópodos. La cita de Royo Gómez es la única de fósiles de arcosaurios descubiertos en el yacimiento.



FIGURA 1. MNCN 8647, diente en vista labial/lingual. Escala en mm. Colección del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

La revisión de las colecciones de Paleontología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN, Madrid) ha proporcionado un diente de cocodriliforme de Llamaquique. MNCN 8647 está incluido en matriz (Fig. 1), y conserva una pequeña etiqueta manuscrita de papel adherida que menciona "Oviedo" y cuyo estilo y caligrafía corresponde a Royo Gómez. La documentación disponible en los Archivos de esta misma institución (ACN-CSIC) incluye igualmente varias fotografías y otros documentos inéditos de Royo Gómez sobre Llamaquique. Parte del material fósil que fue fotografiado por Royo se encuentra actualmente en paradero desconocido.

MNCN 8647 tiene 18,5 mm de altura y una sección comprimida lateromedialmente, con una longitud basal de 10 mm. El esmalte es liso y está agrietado longitudinalmente debido a alteración subaérea. Se curva ligeramente hacia el borde distal, y posee carenas mesial y distal denticuladas (diente zifodonto) a lo largo de todo el borde mesial/distal (Fig. 1). Este diente no correspondería a un dinosaurio terópodo sino a un cocodriliforme, identificándose como probablemente perteneciente a un Mesoeucrocodylia zifodonto.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por los proyectos CGL2007-62469/BTE y CGL2007-64061/BTE del Ministerio de Ciencia e Innovación, el Protocolo CN-04-226 entre el Principado de Asturias y la Universidad de Oviedo (J.I.R-O) y la ayuda GIC07/14-361 del Gobierno Vasco (X.P.S).

REFERENCIAS

Badiola, A. y Cuesta, M. A. (2008): New endemic Eocene equoids from the Iberian Peninsula (Western Europe). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 28: 1149-1161.

Casanovas, M. L. y Santafé, J. V. (1991-1992): Los Paleotéridos (Perissodactyla, Mammalia) de Llamaquique (Oviedo, España). En: *El yacimiento eocénico de Llamaquique (Oviedo, España) y su contenido paleontológico* (Eds. M.L. Casanovas, J.V. Santafè y J. Truyols). *Boletín de Ciencias de la Naturaleza, Instituto de Estudios Asturianos*, 41: 101-195.

Diéguez, C., Perejón, A. y Truyols, J. (Coords.) (2004): *Homenaje a José Royo Gómez 1895-1961.* Monografies del Consell Valencià de Culture, Valencia, 322 p.

Pereda Suberbiola, X. y Ruiz-Omeñaca, J. I. (2005): Los primeros descubrimientos de dinosaurios en España. *Revista Española de Paleontología*, Número extraordinario 10: 15-28.

Pérez-García, A., Sánchez Chillón, B. y Ortega, F. (2009): Aportaciones de José Royo y Gómez al conocimiento sobre los dinosaurios de España. *Paleolusitana*, 1: 339-364.

Royo Gómez, J. (1927a): Découverte de restes de *Palaeotherium mágnum* dans la Péninsule Ibérique. *Comptes Rendus de la Société Géologique de France*, 27 (3): 25-27.

Royo Gómez, J. (1927b): Datos sobre el Terciario continental de Oviedo y hallazgo del *Palaeotherium magnum* (Sesión del 2 de febrero de 1927). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 27: 66.

Royo Gómez, J. (1928): Nuevas investigaciones sobre el Terciario de Oviedo (Sesión del 3 de octubre de 1928). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 28: 418.

Sanz, J. L. (1996): José Royo Gómez y los dinosaurios españoles. *Geogaceta*, 19: 167-168.

Truyols, J. y García-Ramos, J. C. (1991-1992): El Terciario de la Cuenca de Oviedo y el yacimiento de vertebrados de Llamaquique. En: *El yacimiento eocénico de Llamaquique (Oviedo, España) y su contenido paleontológico* (Eds. M.L. Casanovas, J.V. Santafè y J. Truyols). *Boletín de Ciencias de la Naturaleza. Real Instituto de Estudios Asturianos,* 41: 77-99.

Echinoids (Echinodermata) from the Neogene of Portugal mainland: systematics review

Equinóides (Echinodermata) do Neogénico de Portugal continental: revisão sistemática

P. Pereira[1]

1 Departamento de Ciências e Tecnologia, Universidade Aberta, Palácio Ceia, R. Escola Politécnica, 141-147. 1269-001 LISBOA. PORTUGAL. Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 LISBOA. PORTUGAL. pecten@univ-ab.pt

Abstract: The Portuguese Neogene echinoid fauna was reviewed in order to establish a taxonomically standardised echinoid database. 41 taxa from the Miocene of the Lower Tagus Basin and Algarve and two taxa from the Pliocene of Mondego Basin were described. 25 taxa were reported for the first time from Portugal mainland, while 22 of the previously reported Miocene species were excluded from the accepted species list.

Key words: Cidaroida, Camarodonta, Cassiduloida, Clypeasteroida, Spatangoida.

Resumo: *A presença de equinóides no Neogénico de Portugal é conhecida, pelo menos, desde há cerca de 170 anos. Durante este período de tempo, foram publicados 36 trabalhos com referências à ocorrência deste grupo de equinodermes em Portugal continental. No entanto, apenas seis apresentam descrições sistemáticas detalhadas e, destes, apenas dois se referem a mais de uma espécie. No total, até 2003, tinham sido descritos 42 taxa do Miocénico e uma espécie do Pliocénico. Apresenta-se a revisão sistemática da fauna de equinóides neogénicos, combinando a análise da literatura, a revisão das colecções existentes em museus portugueses e estrangeiros, tendo em vista o estabelecimento de uma base de dados taxonomicamente estandardizada dos equinóides neogénicos de Portugal continental. Deste estudo resultou a descrição de 41 taxa, entre os quais um género e uma espécie novos para a ciência, do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo e Algarve e dois taxa do Pliocénico da Bacia do Mondego. Das espécies miocénicas anteriormente referidas 22 foram excluídas da lista de espécies aceites.*

Palavras-chave: *Cidaroida, Camarodonta, Cassiduloida, Clypeasteroida, Spatangoida.*

INTRODUCTION

The occurrence of the class Echinoidea in the Neogene of Portugal has been known at least since the 1830's. Since then, 36 papers have mentioned the occurrence of this echinoderm group in Portugal mainland (Pereira, 2008). However, no more than six of these papers present detailed systematic descriptions (Agassiz, 1841; Michelin, 1861; de Loriol, 1896; Zbyszewski, 1953; Ferreira, 1962; and Kotchetoff et al., 1975) and only two of them describe (and illustrate) more than one species: de Loriol (1896) and Kotchetoff et al. (1975).

The systematics review of the Neogene echinoids from Portugal mainland presented here is particularly significant not only because of this rather small amount of published papers concerning echinoid descriptions but also because almost all echinoid species from the Portuguese Neogene have been described basing on one to three specimens and no systematics review has ever been done.

This systematics review also provides taxonomic standardization that is essential for large-scale palaeobiogeographic studies.

PREVIOUS STUDIES

The first palaeontological study with reference to an echinoid genus from the Portuguese Neogene was published by Smith (1847) in a study "*on the age of the Tertiary beds of the Tagus*" where he reported the occurrence of the genera *Clypeaster*, *Scutella*, *Micraster* and *Echinus*.

The first reference to an echinoid species was by Agassiz (1841) in his monograph about the living and fossil echinoderms where he described and illustrated the species *Scutella smithiana* based on an incomplete specimen collected by James Smith from the Miocene of Lisbon.

Twenty years later, Michelin (1861) in his monograph about the fossil *Clypeaster* described and illutrated the species *Clypeaster olissiponensis* based on a single specimen collected in Miocene sediments from the surroundings of Lisbon.

The first Portuguese publication with references to Neogene echinoids was produced by Cotter (1879): in a list of fossils from the Portuguese Tertiary basins he reported the occurrence of the genera *Spatangus*,

Echinolampas, *Clypeaster* and *Scutella* from the Lower Tagus Basin.

Near the end of the 19th century, de Loriol (1896) in a monograph about the Portuguese (Lower Tagus Basin and Algarve) Tertiary echinoderms described twenty-nine species or varieties of Miocene echinoids, nine of them new to the science (*Arbacina mutellaensis*, *Scutella lusitanica*, *S. roquetei*, *Clypeaster palencaensis*, *C. mutellensis*, *C. delgadoi*, *Echinolampas hemisphaericus* var. *maxima*, *Brissopsis lusitanicus* and *Opissaster cotteri*) and 20 that were previously known in other places (*Cidaris avenionensis*, *Rhabdocidaris sismondai*, *Psammechinus dubius*, *Scutella subrotunda*, *S. faujasii*, *Amphiope palpebrata*, *Clypeaster crassicostatus*, *C. olissiponensis*, *C. acclivis*, *C. altus*, *C. tauricus*, *C. michelotti*, *C. latirostris*, *C. laganoides*, *C. marginatus*, *Heteroclypeus semiglobus*, *Echinolampas hemisphaericus*, *Echinanthus aremoricus*, *Schizaster scillae* and *Spatangus corsicus*). This monograph included a table made by Berkeley Cotter with the lithostratigraphic distribution of the echinoids from the Lower Tagus Basin.

From 1940 onwards, mainly due to the work of George Zbyszewski and Veiga Ferreira, many studies contributed a lot to the better knowledge of the diversity and stratigraphic and palaeogeographic distribution of the Portuguese Neogene faunas, including echinoids.

Ferreira (1961) published a record of the echinoids from the Neogene of Portugal mainland and Azores and Madeira Archipelagos, with a minor revision, stratigraphic distribution and provenance of the material of all the species cited in all previous studies. This author reported the occurrence of 33 species in Portugal mainland: *Cyathocidaris avenionensis*, *Prionocidaris sismondai*, *Psammechinus dubius*, *Arbacina mutellensis*, *Echinocyamus pusillus* (the first echinoid species reported to occur in the Pliocene of Portugal), *Clypeaster crassicostatus*, *C. palencaensis*, *C. acclivis*, *C. mutellensis*, *C. olissiponensis*, *C. altus*, *C. tauricus*, *C. delgadoi*, *C. michelotti*, *C. latirostris*, *C. laganoides*, *C. marginatus*, *Scutella faujasii*, *S. lusitanica*, *S. roquetei*, *S. subrotunda*, *Amphiope palpebrata*, *Echinolampas hemisphaericus*, *E. barcinensis*, *E.* aff. *lovisatoi*, *Heteroclypeus semiglobus*, *Echinanthus aremoricus*, *Schizaster scillae*, *Schizaster* sp., *Brissopsis lusitanicus*, *Opissaster cotteri*, *Pericosmus latus*, *Agassizia (Anisaster) mossomi* and *Spatangus corsicus*.

The last important contribution to the knowledge of the Neogene echinoid palaeodiversity of Portugal mainland dates from 35 years ago. Kotchetoff et al. (1975) collected and described several echinoids from the Miocene of Foz da Fonte – North Penedo (Lower Tagus Basin) that they assigned to *Echinocardium olissiponensis* sp. nov., *Clypeaster papilionensis* sp. nov., *C. intermedius*, *Clypeaster* sp., *Prionocidaris sismondai, Spatangus ocellatus*, *Pericosmus latus*, *Pericosmus* sp., *Plagiobrissus* sp. and a "*grosse espèce à test mince*".

SYSTEMATICS REVIEW

The systematics review of the Neogene echinoid fauna included the revision of echinoid material existing in Portuguese and foreign museum collections and the searching and analysis of specific literature (about 400 papers and monographs).

The studied material, about 1200 specimens, belongs to the following museums (or other institutions): Museu Geológico (MG), Portugal; Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal; Laboratório de História Natural da Batalha, Portugal; Museu de Arqueologia e Etnografia do Distrito de Setúbal, Portugal; Naturhistorisches Museum Wien, Austria; The Natural History Museum, England; Musée des Confluences (former Musée d'Histoire Naturelle de Lyon), France; Museo Municipal Paleontológico de Estepona, Spain.

Initial classification of the specimens was based on character analysis. Whenever possible (depending on the availability of suitable numbers of specimens and their preservation) these classifications were subsequently tested by morphometric analyses. Potentially powerful multivariate analysis (e.g. principal component analysis, landmark methods, or canonical discriminant analysis) could not be employed due to the high number of missing values in the data sets. Instead, bivariate statistics was favoured.

The species accepted were the smallest morphologically diagnosable groups. During this process, several previously established species turned out to form gradational series rather than distinct groups. Previously employed species concepts (e.g., de Loriol, 1896) led to the differentiation of closely related forms based on subtle differences in size and shape. This went so far as to recognize nearly each individual as a separate species. An example of this is the genus *Clypeaster*, with 14 species reported from the Lower Tagus Basin.

The list of Miocene accepted species includes three cidarids [*Eucidaris zeamays* (Sismonda, 1842), *Prionocidaris avenionensis* (des Moulins, 1837) e *P. sismondai* (Mayer, 1864)], five camarodonts [*Genocidaris catenata* (Desor in Agassiz & Desor, 1846), *Genocidaris* sp., *Monilechinus portucallensis* nov. gen. nov. sp., *Psammechinus dubius dubius* (Agassiz, 1840) e *Schizechinus* sp.), six cassiduloids (*Pliolampas elegantula* ? (Cotteau, 1883), *Studeria* sp., *Hypsoclypus subpentagonalis* (Gregory, 1891), *Echinolampas* (*E.*) *barcinensis* Lambert, 1906, *Echinolampas* (*E.*) *hemisphaerica* (Lamarck, 1816) e *Echinolampas* (*E.*) *schultzi* Kroh, 2005], eleven clypeasteroids [*Clypeaster altus* (Leske, 1778), *C. campanulatus* (Schlotheim, 1820), *C. latirostris* Michelin, 1861, *C. marginatus* Lamarck, 1816, *C. olisiponensis* Michelin, 1861, *Echinocyamus* sp. 1, *Echinocyamus* sp. 2, *Parascutella lusitanica* (de Loriol, 1896), *P. smithiana* (Agassiz, 1841), *Parmulechinus* sp. e *Amphiope bioculata* (des Moulins, 1837)], and sixteen

spatangoids [*Brissopsis crescentica* Wright, 1855, *B. ottnangensis* Hoernes, 1875, *Schizobrissus* sp., Brissidae indet., *Spatangus delphinus* Defrance, 1827, *Echinocardium olisiponensis* Kotchetoff *et al.*, 1975, *Hemipatagus ocellatus* (Defrance, 1827), *Lovenia* sp., *Pericosmus latus* (Desor in Agassiz & Desor, 1847), *Pericosmus* sp. 1, *Opissaster cotteri* de Loriol, 1896, *Schizaster eurynotus* Sismonda, 1841, *Schizaster* ? sp. 1, *Ova karreri* (Laube, 1869), *Agassizia algarbiensis* Ferreira, 1962 e *A. zitteli* Fuchs, 1883] (see Fig. 1). The list of Pliocene taxa includes only camarodonts (Camarodonta indet.) and one clypeasteroid [*Echinocyamus pusillus* ? (Müller, 1776)] (see Fig. 1).

The list of rejected echinoid species from the Neogene of Portugal comprises 22 species, which were considered misidentifications or junior synonyms of other species.

CONCLUSIONS

The study of the Portuguese Neogene echinoids has been neglected for many years. In fact, the last (and only) serious systematics study of the Portuguese Neogene echinoid fauna dated from late nineteenth century (de Loriol, 1896).

After more than one century, the author (Pereira, 2008) presents a taxonomically standardised echinoid database: 41 taxa from the Miocene of the Lower Tagus Basin and Algarve and two taxa from the Pliocene of Mondego Basin. Among these 43 taxa, it was described one new genus and one new species and 24 (23 Miocene and one Pliocene) other taxa were reported for the first time from the Neogene of Portugal mainland. From the previously reported Miocene species, 22 were excluded from the accepted species list.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to acknowledge the Portuguese and foreign museum keepers that provided access to the collections under their care. The first visits to the Natural History museums of London and Vienna were financed by grants of the Calouste Gulbenkian Foundation and SYNTHESYS, respectively.

REFERENCES

Agassiz, L. (1841): *Monographie d'echinodermes vivants et fossiles. Échinites. Famillie des Clypéasteroides. Seconde Monographie. Des Scutelles*. Neuchatel, 149 pp., 32 pls.

Cotter, J. C. B. (1879): Contribuições para o conhecimento da Fauna terciária de Portugal – Fósseis das Bacias terciárias marinas do Tejo, do Sado e do Algarve. *Jornal de Sciencias Mathematicas, Physicas e Naturaes*, 26, 11 pp.

Ferreira, O. V. (1961): Equinídeos do Miocénico de Portugal continental e ilhas adjacentes. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 45: 529-564. 17 pls.

Ferreira, O. V. (1962): Nota sobre a presença do género "*Agassizia*" no Miocénico do Algarve. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 46: 293-295, 1 pl.

Kotchetoff, B., Kotchetoff, Y. and Ferreira, O. V. (1975): Contribution à la connaissance des gisement fossilifères miocènes au Nord du Cap d'Espichel. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 59: 59-106, 8 pls.

de Loriol, P. (1896):/ Description des Echinodermes tertiaires du Portugal [Accompagnée d'un tableau stratigraphique par J. C. Berkeley Cotter]. *Mémoires de la Direction des Traveaux Géologiques du Portugal*, 50 pp., 13 pls.

Michelin, M. H. (1861): Monographie de Clypéastres fossiles. *Mémoires de la Société Géologique de France*, Paris, Série 2, 7(1): 101-147, 36 pls.

Pereira, P. (2008): *Echinoids from the Neogene of Portugal mainland: Systematics, Palaeoecology, Palaeobiogeography*. Ph.D. thesis, Univ. of Lisbon, 200 pp., 50 pls.

Smith, J. (1847): On the age of the Tertiary beds of the Tagus, with a catalogue of the fossils. *The Quaterly Journal of the Geological Society of London*, London, 3: 410-423, 6 pls.

Zbyszewski, G. (1953): Notícia explicativa da Folha 31-A (Santarém) da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000. *Serviços Geológicos de Portugal*, 16 pp.

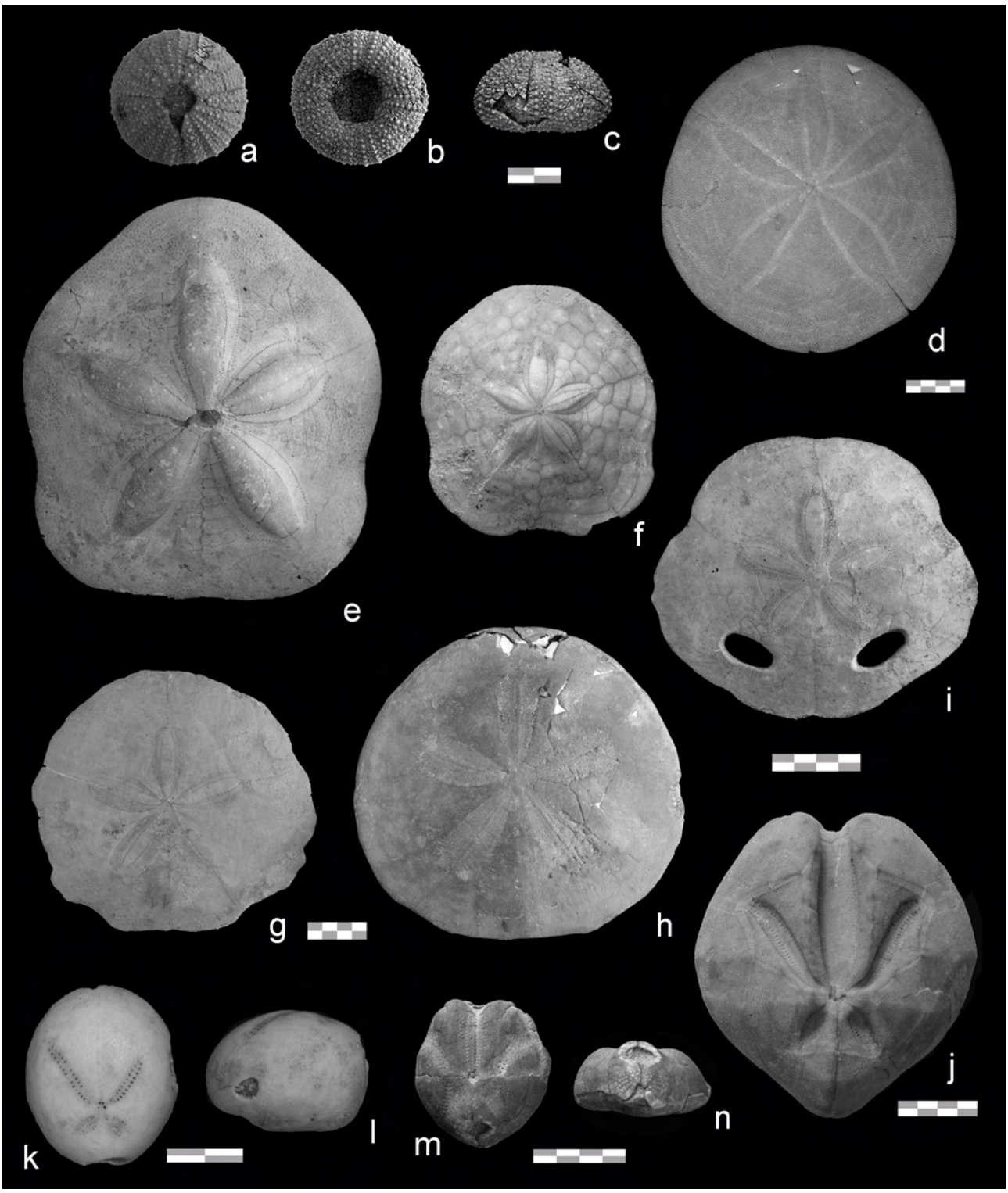


FIGURA 1. Characteristic echinoids from the Miocene of Portugal. **a-c**: *Psammechinus dubius dubius* (Agassiz, 1840), MG 3383c; **d**: *Echinolampas (Echinolampas) hemisphaericus* (Lamarck, 1816), MG 3807; **e**: *C. olisiponensis* Michelin, 1864, MG 3409; **f**: *Clypeaster marginatus* Lamarck, 1816, MG 3404; **g**: *Parascutella smithiana* (Agassiz, 1841), MG 3416; **h**: *P. lusitanica* (de Loriol, 1896), MG 3768; **i**: *Amphiope bioculata* (des Moulins, 1837), MG 3417; **j**: *Schizaster eurynotus* Sismonda, 1841, MG 3472; **k-l**: *Agassizia algarbiensis* Ferreira, 1962, MG 3793a; **m-n**: *Echinocardium olisiponensis* Kotchetoff et al., 1975, MG 3795. Each white (or grey) bar of the scale bars equals 5 mm.

Bioerosão sobre conchas de bivalves miocénicos da jazida da Foz do Rego (Tortoniano, Costa de Caparica, Portugal)

Bioerosion on miocene bivalve shells from Foz do Rego (Tortonian, Costa de Caparica, Portugal)

S. Pereira[1], P. Mocho[1], J. Lourenço[1] e C. M da Silva[1]

1 Departamento de Geologia e Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 1749-016 LISBOA. PORTUGAL. ardi_eu@hotmail.com, pedromochogeofcul@hotmail.com, jorge.c.lourenco@gmail.com e paleo.carlos@fc.ul.pt.

Resumo: O presente trabalho aborda o estudo de estruturas de bioerosão sobre conchas de bivalves miocénicos (Tortoniano) da jazida da Foz do Rego (Costa de Caparica, Almada, Portugal), num total de 26 icnotaxa de categoria específica distintos. A par da considerável icnodiversidade presente, a percentagem de valvas bioerosionadas é extremamente elevada (99%). A estrutura bioerosiva predominante é *Umbichnus inopinatus*, seguindo-se estruturas relacionadas com a actividade perfurante de organismos não predadores. A malacofauna e as estruturas bioerosivas sugerem que o ambiente seria costeiro pouco profundo, de águas quentes, com períodos de fraco hidrodinamismo, mas suficiente para permitir a colocação em suspensão das partículas nutritivas necessárias aos organismos filtradores.

Palavras-chave: Paleoicnologia, paleoecologia, encrustação, perfuração, Portugal.

Abstract: *This work focuses on the study of bioerosion structures produced on Miocene (Tortonian) bivalve shells from Foz do Rego (Costa de Caparica, Almada, Portugal). The study revealed 26 specific icnotaxa. The percentage of bioeroded shells in the analysed sample is extremely high (99%). The dominant structure is* Umbichnus inopinatus*, followed by structures linked to the boring activity of non-predatory organisms, including borings of annelids (*Caulostrepsis *and* Meandropolydora*), forams (*Semidendrina*) and ctenostome bryozoans (*Pinaceocladichnus *and* Pennatichnus*). Spatial distribution analysis of the bioerosion structures shows that there is a predominance of structures produced in a clearly* post-mortem *stage of the biosubstrate, rather than during the life of the bivalve or immediately* post-mortem*. The local environmental conditions, as suggested by the malacofauna and the presence of these particular bioerosion structures, should have been shallow marine, up to 20-50 meters deep, with normal salinity, tropical to subtropical and with periods of low hydrodynamic conditions.*

Key words: *Paleoichnology, paleoecology, encrustation, perforation*, *Portugal*.

INTRODUÇÃO

Bioerosão é o processo de desgaste ou corrosão resultante da acção de animais ou plantas, sobre substratos duros (mineralizados ou orgânicos), tendo como resultado o entalhe e/ou a perfuração da sua superfície (Bromley, 1994). As estruturas bioerosivas preservadas em contexto geológico (icnofósseis) constituem muitas vezes o único registo de organismos pretéritos que não possuíam partes esqueléticas duras e o seu estudo (paleoicnologia) permite obter informações preciosas sobre, nomeadamente, como os organismos do passado se comportavam e se relacionavam entre si.

O presente trabalho incide sobre o estudo de estruturas bioerosivas que ocorrem sobre substratos biomineralizados, em concreto conchas de moluscos bivalves, provenientes da jazida miocénica (Tortoniano) da Foz do Rego. Esta associação fossilífera foi já alvo de vários trabalhos paleontológicos. Contudo, poucos foram os estudos paleoicnológicos, em particular os estudos de aspectos da bioerosão produzida sobre valvas de bivalves (Pereira *et al*., 2009).

O material estudado proveio da jazida da Foz do Rego (Fig. 1), situada no NW da Península de Setúbal, a 3 km a SE da Costa de Caparica (Almada, Portugal). As formações aflorantes na região correspondem ao troço distal da Bacia Cenozóica do Baixo Tejo e são caracterizadas por fácies marinhas que, para o topo da sequência, passam a unidades detríticas fluvio-marinhas. Os níveis fossilíferos estudados são atribuídos ao Tortoniano (Legoinha, 2001).

METODOLOGIA

Foi efectuada uma amostragem por busca, tendo sido recolhidas 106 valvas de bivalves (valvas >50% completas), preservadas sob a forma de permineralizações: sete pertencentes à espécie *Gigantopecten tournali* De Serres, 1829; 10 a *Glycymeris bimaculata*

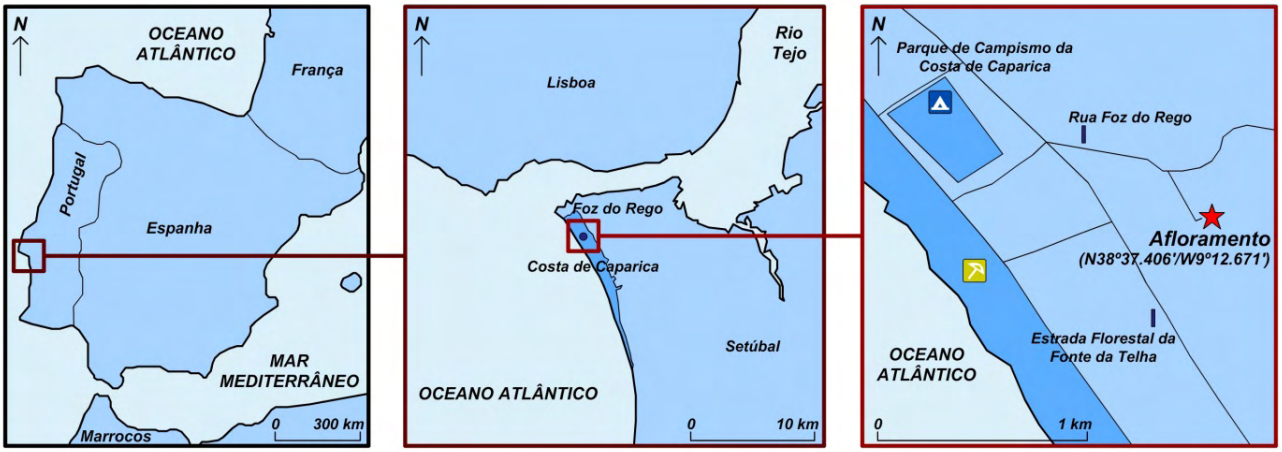


FIGURA 1. *Localização geográfica da jazida da Foz do Rego.*

Poli, 1795; 74 a *Megacardita jouanneti* Basterot, 1825; 10 a *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758 e cinco a *Pelecyora gigas* Lamarck, 1818. Estas espécies foram eleitas por apresentarem valvas espessas, constituindo assim um bom substrato para a acção bioerosiva e para a preservação das estruturas daí resultantes.

Após lavagem, o material malacológico foi observado à lupa binocular com aumento 45x (Olympus SZ). Identificaram-se as diferentes estruturas bioerosivas presentes que, de seguida, foram projectadas em diagramas esquemáticos do contorno das valvas de cada espécie, divididas segundo as suas principais áreas morfológicas. Para a espécie mais bem representada na amostra, *M. jouanneti*, foi efectuado um estudo quantitativo, tendo sido projectadas zonas de isodensidade para os icnitos identificados. Para identificação a nível específico, efectuou-se moldagem de algumas cavidades com pasta de modelar. Realizou-se registo fotográfico recorrendo a técnicas de macrofotografia digital e microfotografia à lupa binocular no PaleoLab GeoFCUL.

RESULTADOS

A icnodiversidade observada é considerável, tendo sido reconhecidas 26 icnoespécies atribuíveis a 16 icnogéneros (Tabela I; Fig. 2). Destas icnoespécies, uma foi identificada recorrendo a nomenclatura aberta (isp.). Foi identificada uma estrutura de fixação de anelídeos poliquetas da família Serpulidae ainda em fase de definição formal (Ana Santos, com. verbal, 2009). A taxa de bioerosão na amostra investigada é de 99%. Apenas uma (*M. jouanneti*) das 106 valvas examinadas não apresenta quaisquer estruturas de bioerosão visíveis à escala a que foram feitas as observações.

Umbichnus inopinatus (Fig. 2q) é a estrutura predominante, ocorrendo em 72 das 106 valvas examinadas, exclusivamente em charneiras heterodontes (*M. jouanneti* e *P. gigas*). Há um claro predomínio das estruturas produzidas por organismos com modo de vida perfurante face aos encrostantes. Ao nível dos grupos tróficos, a maioria das estruturas foi produzida por organismos suspensívoros, havendo ainda actividade de produtores primários (microalgas) e de fungos. Do ponto de vista etológico, Domichnia é o grupo dominante, seguido de Fixichnia, ocorrendo apenas uma estrutura de tipo Praedichnia (*Oichnus*).

Estruturas bioerosivas identificadas
Anellusichnus circularis Santos, Mayoral & Muñiz, 2005
Anellusichnus undulatus Santos, Mayoral & Muñiz, 2005
Caulostrepsis contorta Bromley & D'Alessandro, 1983
Caulostrepsis cretacea Voight, 1971
Caulostrepsis taeniola Clarke, 1908
Cavernula pediculata Radtke, 1991
Entobia cateniformis Bromley & D'Alessandro, 1984
Entobia geometrica Bromley & D'Alessandro, 1984
Gastrochaenolites digujus Kelly & Bromley, 1984
Iramena bonaresi Mayoral, 1988
Lacrimichnus cacelensis Santos, Mayoral & Muñiz, 2003
Leptichnus dromeus Taylor, Wilson & Bromley, 1999
Leptichnus peristroma Taylor, Wilson & Bromley, 1999
Meandropolydora decipiens Voigt, 1965
Meandropolydora elegans Bromley & D'Alessandro, 1983
Meandropolydora sulcans Voigt, 1965
Oichnus paraboloides Bromley, 1981
Oichnus simplex Bromley, 1981
Pennatichnus luceni Mayoral, 1988
Pennatichnus moguerenica Mayoral, 1988
Pinaceocladichnus onubensis Mayoral, 1988
Rogerella mathieui Saint-Seine, 1955
Rogerella pattei Saint-Seine, 1954
Saccomorpha terminalis Radtke, 1991
Semidendrina isp.
Umbichnus inopinatus Martinell, Domènech & Bromley, 1999
Marcas de Serpulídeos

TABELA I. *Estruturas de bioerosão identificadas na Foz do Rego.*

Relativamente a características particulares das estruturas de bioerosão observadas, *Anellusichnus circularis* Santos, Mayoral & Muñiz, 2005 apresenta sobreposição/fusão/toque entre as diferentes estruturas circulares individuais (Fig. 2a). No entanto, a morfologia geral, existência de linhas concêntricas delimitando círculo deprimido de diferente coloração, e o sulco externo presente, coincidem com as características diagnósticas desta icnospécie. Alguns exemplares de *Oichnus* apresentam diâmetro externo da perfuração maior que o interno e paredes internas da perfuração significativamente côncavas, geometria que se assemelha à descrita para *O. excavatus* Donovan & Jagt, 2002. No entanto, esta icnoespécie é caracterizada por ser não penetrativa e apresentar um botão central, o que não se observa nos exemplares estudados. Poder-se-á estar perante variante morfológica de *O. excavatus*, resultante do carácter penetrativo da estrutura que, deste modo, elimina o botão central. A taxonomia das icnospécies pertencentes a *Rogerella* carece de revisão. Os exemplares em estudo atribuídos a *R. pattei* não apresentam o alargamento posterior da perfuração, mas assemelham-se a esta estrutura nas restantes características diagnósticas. A diferença morfológica interna da cavidade poderá ser resultado do preenchimento desta por sedimento ou resultado da reacção do bivalve, caso as estruturas tenham sido produzidas em vida do hospedeiro.

SEQUÊNCIAS DE COLONIZAÇÃO

Muitas associações esqueletobióticas podem desenvolver-se em vida do organismo anfitrião. Outras representam colonização *post-mortem*, sendo ainda possível discernir colonizações que se iniciam em vida do hospedeiro e se prolongam após a morte deste. Esta distinção foi alvo de vários estudos paleoecológicos (*e.g.*, Taylor e Wilson, 2002; Santos, 2005).

Seguindo a sequência determinada por Santos (2005), consideraram-se três fases de colonização: Fase 1, relacionada com os registos que mostram uma clara produção em vida do anfitrião; Fase 2, correspondente à colonização do anfitrião imediatamente após a morte deste e Fase 3, correspondente à infestação claramente *post-mortem* do substrato.

O estudo de isodensidade de icnitos das valvas de *M. jounneti*, pormenorizado em Pereira *et al.* (2009), permitiu concluir que há um claro predomínio de valvas colonizadas numa fase *post-mortem* do organismo anfitrião, principalmente após exumação e exposição dos restos esqueléticos desse organismo sobre o substrato por períodos de tempo consideráveis, indicando taxas de sedimentação baixas e hidrodinamismo fraco. Há no entanto uma representatividade considerável de colonização de Fase 1 e 2, quer pelas estruturas que se distribuem com orientação preferencial, quer pelas que se concentram nas zonas inicialmente disponíveis após a morte dos hospedeiros.

Do mesmo modo, a observação de valvas de bivalves das restantes espécies em estudo permitiu identificar padrões preferenciais de colonização e ocupação do substrato, traduzindo os comportamentos adoptados pelos organismos colonizadores.

PALEOECOLOGIA E PALEOAMBIENTES

Os dados obtidos com base no estudo da bioerosão sugerem que a orictocenose em estudo se formou num ambiente claramente marinho, a baixa profundidade (sublitoral ou de plataforma interna), entre 20 e 50 metros (critérios de Santos & Mayoral, 2007) temperaturas subtropicais (abundância de *Cavernula pediculata*, Vogel & Marincovich, 2004), permitindo a proliferação de bioerosionadores favorecidos por temperaturas superiores a 20ºC (Wisshak, 2006); taxas de sedimentação consideravelmente baixas (*Caulostrepsis* – *Meandropolydora*, *Entobia* e esqueletozoários encrustantes), permitindo a exposição das valvas por períodos de tempo prolongados; hidrodinamismo variável (evidenciado pelas sequências de colonização), com períodos de baixa energia, de forma a permitir o estabelecimento de grupos cuja colonização é mais demorada (esponjas Clionaidae), mas suficiente para que a oxigenação do meio fosse boa, permitindo a existência de uma diversificada fauna de organismos produtores de icnitos e de bivalves. Segundo Wisshak (2006), em geral, o contributo dos macrobioerosionadores é reduzido no início da colonização, aumentando consideravelmente nos estádios seguintes, o que face às taxas de bioerosão obtidas para as valvas da Foz do Rego, sugere longa exposição da tanatocenose de bivalves sobre a interface sedimento-água.

CONCLUSÃO

O estudo bioerosivo dos restos de bivalves da Foz do Rego mostrou uma taxa de bioerosão muito elevada face a dados de investigações similares (Dávid, 2001; Santos, 2005), revelando um período de colonização longo e sob condições muito favoráveis para os organismos bioerosionadores. Também a diversidade de icnitos é considerável, tendo sido identificadas 26 icnoespécies sobre as valvas das cinco espécies de bivalves em estudo. Do ponto de vista ambiental, a icnoassociação estudada sugere um ambiente costeiro pouco profundo, de águas quentes, com períodos de hidrodinamismo predominantemente fraco.

AGRADECIMENTOS

Trabalho parcialmente financiado pela Fundação Amadeu Dias / Universidade de Lisboa, por meio de bolsa de iniciação à investigação de Sofia Pereira. Queremos agradecer a Ana Santos (FCE, Universidad de Huelva) pelo seu inestimável apoio científico.

BIBLIOGRAFIA

Bromley, R. G. (1994): The palaeoecology of Bioerosion. In: *The Palaeobiology of Trace Fossils* (Donovan, S.K., ed.). John Wiley & Sons, New York, 134-154.



FIGURA 2. Estruturas de bioerosão sobre valvas de bivalves miocénicos (Tortoniano) da Foz do Rego: a – *Anellusichnus circularis* sobre *M. jouanneti*; b – *Caulostrepsis contorta* sobre *O. edulis* (molde em pasta de modelar); c – *Cavernula pediculata* sobre *M. jouanneti;* d – *Caulostrepsis taeniola* sobre *M. jouanneti;* e – *Pinaceocladichnus onubensis* sobre *M. jouanneti;* f – *Pennatichnus moguerenica* sobre *M. jouanneti;* g – *Rogerella pattei* sobre *M. jouanneti*; h – Colónia de briozoários ctenostomados indeterminados sobre *M. jouanneti*; i – Marcas de Serpulídeos sobre *M. jouanneti;* j – *Entobia cateniformis* sobre *P. gigas* (molde interno em pasta de modelar); k – *Semidendrina* isp.; l – *Saccomorpha terminalis* sobre *G. bimaculata;* m – *Caulostrepsis cretacea* sobre *G. bimaculata* (molde interno em pasta de modelar); n – *Pennatichnus luceni* sobre *Megacardita jouanneti*; o – *Meandropolydora elegans* sobre *O. edulis* (molde interno em pasta de modelar); p – *Oichnus paraboloides* sobre *M. jouanneti*; q – *Umbichnus inopinatus* sobre *P. gigas.* Escala: barra branca, 2mm; barra cinzenta, 5 mm; barra preta, 10 mm.

Dávid, Á. (2001): Macrobioerosion in the shells of Miocene oysters of two localities a comparison (Hegyeskõ road cut, Szarvaskõ and abandoned limestone quarry, Nagyvisnyó; Bükk Mountains, Hungary). *Malacological Newsletter,* 19: 5-12.

Legoinha, P. (2001): *Biostratigrafia de foraminíferos do Miocénico de Portugal (Bacia do Baixo Tejo e Algarve).* Tese PhD, Univ. Nova de Lisboa, 238 pp.

Pereira, S., Mocho, P. e Lourenço, J. (2009): Bioerosão sobre *Megacardita jouanetti* (Bivalvia) do Miocénico da Foz do Rego (Costa de Caparica, Portugal). *Paleolusitana*, 1: 327-338.

Santos, A. (2005): *Tafonomia e Paleoicnologia do Neogénico Superior do sector Cacela-Huelva (SE da Ibéria).* Tese PhD, Universidade do Algarve, 308 pp.

Santos, A. e Mayoral, E. (2007): Paleoecología de la malacofauna de bivalvos del Mioceno superior de Cacela (SE Portugal). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 15: 25-49.

Taylor, P.D. e Wilson, M.A. (2002): Palaeoecology and evolution of marine hard substrate communities. *Earth-Science Reviews,* 62: 1-103.

Vogel, K. e Marincovich, L.Jr. (2004): Paleo-bathymetric implications of microborings in Tertiary strata of Alaska, USA. *Palaeogeography, Palaeo-climatology, Palaeoecology,* 206:1-20.

Wisshak, M. (2006): High latitude bioerosion: the Kosterfjord experiment. *Lecture Notes in Earth Sciences,* 109:1-202.

Primeira ocorrência do género *Palaeantedon* (Crinoidea, Echinodermata) no Miocénico de Portugal

First occurrence of the Genus Palaeantedon *(Crinoidea, Echinodermata) at the Miocene of Portugal*

B. Pereira[1], P. Pereira[2, 3] e M. Cachão[1, 3]

1 Dpto. de Geologia, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. bmcpereira@gmail.com
2 Dpto. de Ciências e Tecnologia, Universidade Aberta, R. Escola Politécnica, 141-147. 1269-001 Lisboa. pecten@univ-ab.pt
3 Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. mcachao@fc.ul.pt

Resumo: Níveis do Miocénico (Tortoniano Inferior) marinho a Sul da Lagoa de Albufeira (Península de Setúbal, Portugal) forneceram, entre outros milirrestos de Equinodermes, ossículos desarticulados de crinóides. A recente descoberta de vários centrodorsais permitiu a atribuição dos restos de crinóides ao género *Palaeanteodon*, pela primeira vez identificado no registo geológico português. A nível mundial, a descrição de crinóides cenozóicos é escassa, algo que acresce importância a esta descrição e possibilita compreender melhor a distribuição deste género.

Palavras-chave: Miocénico Superior (Tortoniano), Equinodermes, crinóides, Península de Setúbal, Portugal.

Abstract: *Crinoid ossicles were previously found in the Lower Tortonian marine layers from the Lagoa de Albufeira's cliffs (Setúbal peninsula). New sampling of that locality provided additional crinoid material, especially centrodorsals, along with other Echinoderm remains. From the study of those centrodorsals, it was possible to classify those remains as* Palaeantedon *sp.. This represents the first occurrence and description of this crinoid genus in the Portuguese fossil record. Due to the worldwide lack of Cenozoic crinoid descriptions, the description of this genus in Portugal helps to understand a little better his distribution.*

Key words: *Upper Miocene (Tortonian), Echinoderms, crinoids, Setúbal peninsula, Portugal.*

INTRODUÇÃO

Estudos preliminares (Pereira e Pita, 2006; Pereira et al., 2006) revelaram a existência de ossículos desarticulados de crinóides numa amostra proveniente da arriba litoral localizada a Sul da Lagoa de Albufeira (Península de Setúbal), pertencente geologicamente à Bacia Cenozóica do Tejo-Sado. A Lagoa de Albufeira localiza-se na Península de Setúbal, a cerca de 24 km a Sul da cidade de Lisboa (Fig. 1).

Segundo Manupella et al. (1999), as rochas existentes naquele local pertencem à unidade denominada Depósitos de Ribeira da Lage.

Do ponto de vista biostratigráfico, estudos das associações de Nanofósseis calcários (Pereira, 2010) e Foraminíferos planctónicos (Antunes et al., 2000) realizados naquele local permitem atribuir as unidades marinhas somitais que afloram no local de onde provêem os milirrestos estudados, às biozonas N15 para os Foraminíferos planctónicos e a NN7 (segundo Martini, 1971) e CN5b (segundo Okada e Burky, 1980) para os Nanofósseis calcários. Este enquadramento biostratigráfico insere-se no Tortoniano inferior.



FIGURA 1. *Localização do afloramento de onde provêem as amostras que forneceram ossículos de* Palaeantedon *sp. (círculo vermelho). Imagem retirada do programa Google Earth.*

O registo fossilífero mundial Cenozóico apresenta-se relativamente empobrecido na descrição de restos de crinóides. Esses restos são normalmente constituídos por ossículos desarticulados. Assim, os ossículos encontrados e aqui descritos são um elemento valioso, nomeadamente para o conhecimento da distribuição paleobiogeográfica neste grupo de Equinodermes, durante o Miocénico Superior.

METODOLOGIA

Várias amostras foram colhidas na arriba litoral, entre a Lagoa de Albufeira e a Foz da Ribeira da Lage, sendo distribuídas por duas camadas, a camada 1 e 2 definidas por Pereira (2010).

As amostras foram crivadas por via húmida (água corrente) com peneiros de malha de 500 e 250µm (Pereira, 2010).

A fracção retida no crivo de 500µm foi posteriormente tríada com o auxílio de uma lupa binocular (OLYMPUS SZ61) e os exemplares fotografados digitalmente com recurso ao equipamento OLYMPUS DP-20. Como complemento, foram obtidas imagens por microscopia electrónica de varrimento na microssonda electrónica JEOL JXA 8200 do Centro de Geologia da Universidade de Lisboa.

SISTEMÁTICA

Ordem: COMATULIDA Clark, 1908

Superfamília: ANTEDONACEA Norman, 1865

Família: ANTEDONIDAE Clark, 1909

Subfamília: ANTEDONINAE Norman, 1865

Género: *Palaeantedon* Gislén, 1924

(Fig. 2 e 3)

Descrição: Os centrodorsais são arqueados a hemisféricos, sendo aboralmente arredondados e sem estrela dorsal. O contorno da face dorsal varia de praticamente circular a pentagonal de arestas arredondadas. As depressões para os cirros são numerosas, pequenas e sem depressões para articulação com a projecção do primeiro cirral. Estas depressões encontram-se dispostas muito próximas umas das outras, alternando em fiadas sem formar colunas. As cavidades dorsais variam de tamanho entre cerca de 25 a 30%, em relação ao diâmetro total da face oral.

Para além da forma do centrodorsal, o modo como os radiais que o sobrepõem se dispõem também varia ligeiramente. Na forma em que o centrodorsal é praticamente pentagonal, os radiais não ultrapassam a linha de contorno do centrodorsal, enquanto na outra forma, o centrodorsal é mais pequeno que o conjunto dos radiais, pelo que estes sobressaem da margem do centrodorsal.

Os radiais cobrem a quase totalidade da face adoral do centrodorsal. A face articulável dos radiais, com largas fossas algo triangulares, não é muito deprimida.

Entre o 1º e 2º braquiais, a articulação é do tipo sinartrial, sendo o segundo primibraquial um auxiliar.

Discussão: Esta identificação corresponde à primeira referência a este género para a unidade Depósitos de Ribeira da Lage, tal como para o Cenozóico português.

Este género é conhecido no Eocénico da Carolina do Sul (Estado Unidos da América), no Miocénico da Itália, Hungria e Argélia e no Plistocénico da Argélia (Moore, 1967).

Espécimes figurados: Colecção de Paleontologia, do Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Ocorrência: Depósitos de Ribeira da Lage, Tortoniano Inferior, entre a Lagoa de Albufeira e a foz da Ribeira da Lage, Península de Setúbal.

DISCUSSÃO

Do ponto de vista tafonómico, os ossículos de crinóides colhidos encontram-se muito bem preservados em termos da sua morfologia externa.

Uma determinação específica é, de momento, impossível, em parte devido ao facto das descrições das espécies pertencentes a este género serem referências clássicas, pouco detalhadas onde, em muitos casos existe a falta de figuras perceptíveis.

Contudo e dado a escassa e dispersa descrição de crinóides no Cenozóico mundial, esta ocorrência, mesmo a nível genérico, reveste-se de particular importância, particularmente na distribuição paleobiogeográfica do género *Palaeantedon*, onde era apenas conhecido para o Cenozóico da Europa central, Norte de África e Estados Unidos da América. Assim, a identificação deste género em Portugal permite uma melhor caracterização do seu padrão paleobiogeográfico durante o Miocénico. Ulteriores estudos mais aprofundados poderão estabelecer uma correlação a nível da espécie entre os exemplares da Europa e Norte de África com os dos Estados Unidos da América.

BIBLIOGRAFIA

Antunes, M. T.; Legoinha, P.; Cunha, P. e Pais, J. (2000): High Resolution stratigraphy and Miocene Facies correlation in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus basin, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, vol. 14, 183-190.

Clark, A. H. (1908): New genera of unstalked crinoids. *Proceedings Biological Society of Washington*, 21: 125–136.

Clark, A. H. (1909): A revision of the crinoid families Thalassometridae and Himerometridae. *Proceedings Biological Society of Washington*, 22: 1–22.

Gislén, T. (1924): Echinoderm studies. *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, 9: 330 pp.

Manuppella, G., Antunes, M. T., Pais, J., Ramalho, M. M. e Rey, J. (1999): *Carta Geológica de Portugal 1:50000, notícia explicativa da folha 38-B (Setúbal).* Serviços Geológicos de Portugal, 70-71 e 95-96.

Martini, E. (1971): Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplakton zonation. In *Proc. 2nd Conf. Planktonic Microfossil*. (Farinnacci, A. ed.), Roma, Ed. Tecnosci., 2: 739-785.

Moore, R. C. (ed.) (1967): *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part S - Echinodermata 1, *The University of Kansas* e *The Geological Society of America, Inc.*, 1: T909.

Norman, A. M. (1865): On the genera and species of British Echinodermata. Part 1, Crinoidea, Ophiuroidea, Asteroidea. *Annals and Magazine of Natural History*, ser. 3, 15: 98–129.

Okada, H. & Burky, D. (1980): Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphy zonation (Burky, 1973, 1975). *Marine Micropaleontology*, 5: 321-325.

Pereira, B. e Pita R. (2006): *Restos Esqueléticos de Equinodermes do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo (Portugal)*. Relatório de Projecto I, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 25pp (não publicado).

Pereira, B. e Pita, R. (2006): *Restos Esqueléticos de Equinodermes do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo (Portugal)*. Relatório de Projecto I (não publicado), Fac. Ciências da Univ. de Lisboa, 25 pp.

Pereira, B. (2010): *Ossículos de Equinodermes do Miocénico da Península de Setúbal*. Tese de mestrado, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 153 pp (não publicada).

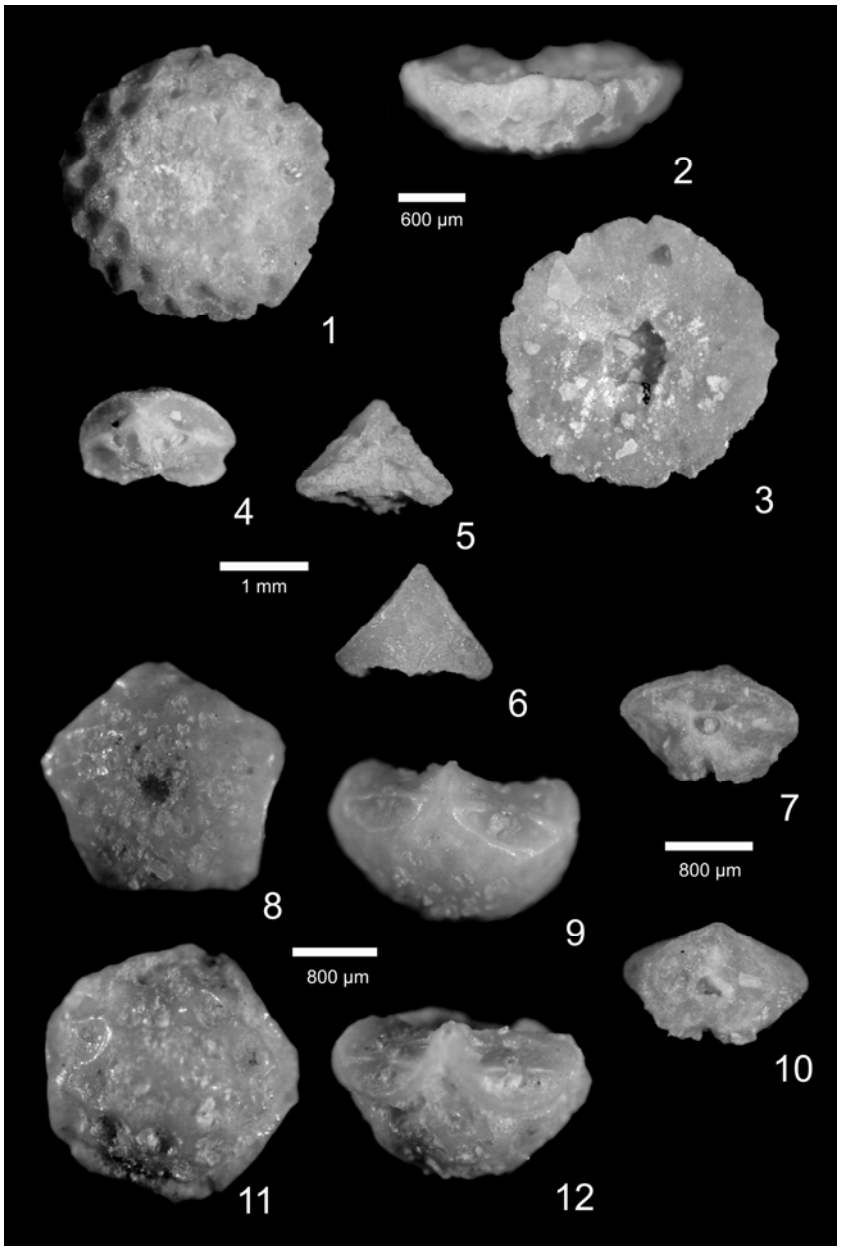


FIGURA 1. *Ossículos de Palaeantedon sp. vistos à lupa binocular, da Lagoa de Albufeira. 1 - Vista aboral de centrodorsal de contorno arrendondado, sem radiais; 2 - Vista lateral do mesmo exemplar que o anterior; 3 - Vista oral do mesmo exemplar que o anterior; 4 - Vista oral de axiliar; 5 - Vista lateral interior do mesmo que o anterior; 6 - Vista lateral externa do mesmo ossículo que o anterior; 7 - Vista aboral do primeiro primibraquial; 8 - Vista aboral de centrodorsal de contorno pentagonal; 9 - Vistal laretal do mesmo que o anterior; 10 - Vistal oral do mesmo ossículo que o 7; 11 - Vista aboral de um centrodorsal com radiais; 12 - Vista lateral do mesmo que o anterior.*

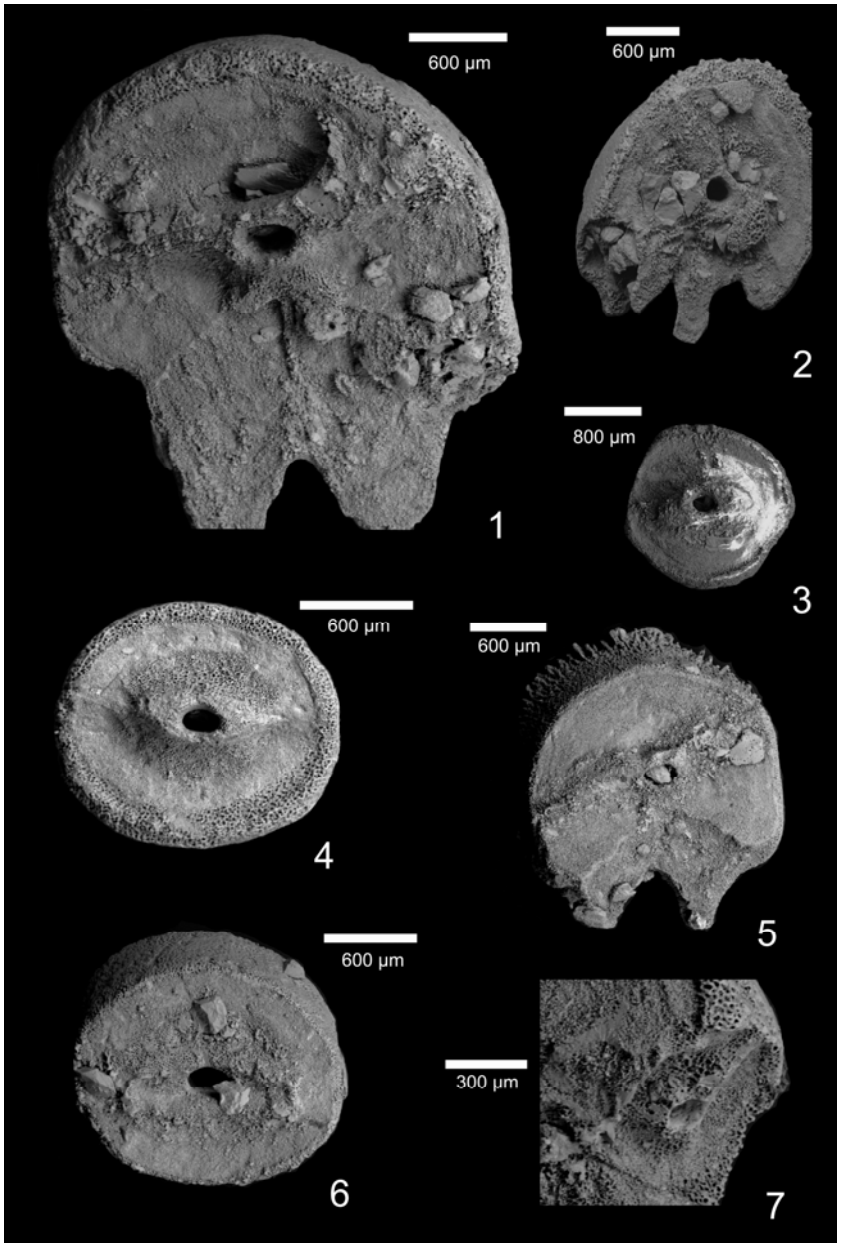


FIGURA 2. *Ossículos de Palaeantedon sp. da Lagoa de Albufeira vistos por microscopia electrónica de varrimento,. 1 - Vista oral de ossículo braquial; 2 - Vista oral de ossículo braquial, com intersecção para pínula visível no canto inferior esquerdo do ossículo; 3 - Cirral apresentando um contorno circular, mas não perfeito; 4 - Cirral com projecção para articulação; 5 - Vista oral de braquial; 6 - Cirral com depressão para articulação; 7- Vista oral de parte de braquial, onde é visível a articulação com a pínula.*

Asociaciones de foraminíferos bentónicos del tránsito Messiniense inferior-superior en la Cuenca del Guadalquivir (SO España)

Benthic foraminiferal assemblages from the lower-upper Messinian boundary at the Guadalquivir Basin (SW Spain)

J. N. Pérez-Asensio[1], J. Aguirre[1], G. Schmiedl[2], G. Jiménez-Moreno[1] y J. Civis[3]

1 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Avenida Fuentenueva s/n. 18002 Granada. jnoel@ugr.es, jaguirre@ugr.es, gonzaloj@ugr.es
2 Instituto y Museo Geológico-Paleontológico, Universidad de Hamburgo, c/Bundesstrasse 55. 22307 Hamburgo. gerhard.schmiedl@uni-hamburg.de
3 Dpto. Geología, Universidad de Salamanca, c/Parque s/n. 37008 Salamanca. civis@usal.es

Resumen: Se estudian las asociaciones de foraminíferos bentónicos del tránsito Messiniense inferior-superior del testigo de Montemayor-1 situado en el margen noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (Huelva). La distribución y diversidad de las asociaciones están controladas por las condiciones tróficas del medio en términos de cantidad y calidad de la materia orgánica. En el tramo estudiado se distinguen dos partes bien diferenciadas: una parte inferior que se interpreta como un talud medio-superior con frecuentes aportes de materia orgánica debidos a corrientes de upwelling y otra superior que se interpreta como un ambiente de borde de plataforma con escasa materia orgánica.

Palabras clave: Cuenca del Guadalquivir, Messiniense, foraminíferos bentónicos, upwelling, Huelva.

Abstract: *We have analysed the benthic foraminiferal assemblages from the lower-upper Messinian boundary in an interval of the Montemayor-1 (Huelva) core located in the northwestern margin of the Guadalquivir Basin. Patterns of benthic foraminiferal assemblages distribution and changes in diversity along the studied section are controlled by the trophic conditions in terms of quantity and quality of the organic matter supply. The studied interval can be divided into two distinct parts: a lower part, consisting of sediments deposited in the middle-upper slope with frequent organic matter inputs due to upwelling currents, and an upper part that is inferred to be deposited in the shelf edge with low organic matter input. This indicates a change in the environmental conditions from mesotrophic to oligotrophic settings. The P/(P+B) ratio along the studied section shows a progressive decrease up section. This variation is interpreted as a shallowing upward trend from the middle-upper slope to the edge of the shelf.*

Key words: *Guadalquivir Basin, Messinian, benthic foraminifera, upwelling, Huelva.*

INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Guadalquivir (SO España) es una cuenca de antepaís alargada en dirección ENE-OSO. Limita al N con el Macizo Ibérico, al S con la Cordillera Bética y al O con el Golfo de Cádiz. Esta cuenca formó parte del estrecho Norbético que conectaba el Atlántico con el Mediterráneo durante el Mioceno medio. Tras su cierre en el Tortoniense inferior, otros estrechos béticos, que se fueron cerrando durante el Tortoniense superior y el Messiniense inferior, conectaron el Mediterráneo y el Atlántico (Martín et al., 2001; Betzler et al., 2006). El relleno sedimentario de la Cuenca del Guadalquivir está constituido por sedimentos que abarcan desde el Tortoniense inferior hasta el Plioceno (González Delgado et al., 2004).

En este trabajo se ha estudiado un tramo de 65 m de espesor del testigo de Montemayor-1, situado en el margen noroccidental de la cuenca cerca del pueblo de Moguer (Huelva) (Larrasoaña et al., 2008). Según el esquema temporal establecido por estos autores, este tramo contiene sedimentos coetáneos con materiales depositados en torno al inicio de la crisis de salinidad en el Mediterráneo. El tramo estudiado está constituido por sedimentos de la formación Arcillas de Gibraleón, de edad Tortoniense-Messiniense (Civis et al., 1987). Se han estudiado las asociaciones de foraminíferos bentónicos con un intervalo de muestreo de 1 m. Para ello, se han identificado a nivel de especie un mínimo de 300 individuos de la fracción de 125 μm. Para agrupar las especies dominantes en asociaciones se ha utilizado el análisis de componentes principales en modo Q. Además se han calculado el número de taxones, índice de Shannon, equitatividad, dominancia, relación entre foraminíferos planctónicos y bentónicos [P/(P+B)] y la curva suavizada de la relación P/(P+B) obtenida calculando valores medios entre los 5 puntos más próximos. También los foraminíferos bentónicos han sido agrupados según su microhábitat.

Los objetivos de este trabajo son: 1) analizar los cambios en las asociaciones de foraminíferos

bentónicos del tránsito Messiniense inferior-superior; y 2) determinar los principales factores paleoambientales que controlan la distribución de las asociaciones.

RESULTADOS

Se han identificado un total de 118 especies de foraminíferos bentónicos en las 66 muestras estudiadas.

La relación P/(P+B) disminuye gradualmente de muro a techo en el intervalo estudiado. En las últimas 3 muestras se observa un ligero aumento. La curva suavizada de la relación P/(P+B) muestra la misma tendencia pero con fluctuaciones menos marcadas (Fig. 1).

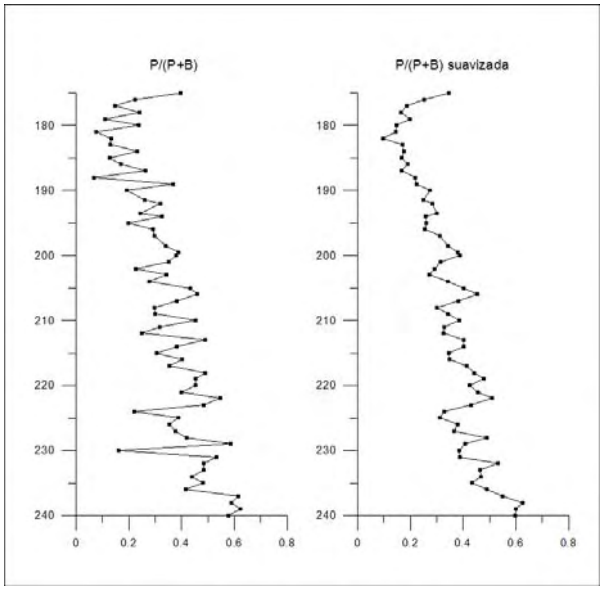


FIGURA 1. *Relación de foraminíferos planctónicos/bentónicos. La curva de la derecha ha sido suavizada utilizando 5 puntos para calcular la línea de tendencia.*

El número de taxones, el índice de Shannon y la equitatividad disminuyen ligeramente a lo largo del intervalo estudiado. Por el contrario la dominancia aumenta desde la parte inferior a la parte superior (Fig. 2).

El análisis de componentes principales (PCA) en modo Q agrupa las especies dominantes en 3 asociaciones (Fig. 3). Una asociación dominada por *Cibicidoides pachyderma* (Rzehak) (PC1) que explica un 49.9 % del total de la varianza. Esta asociación incluye *Cibicidoides* spp., *Planulina ariminensis* d'Orbigny y *Globocassidulina subglobosa* (Brady) como especies acompañantes. Los valores del PC1 fluctúan hasta 194 m, a partir de donde dicha asociación se hace dominante. La asociación dominada por *Uvigerina peregrina* Cushman (PC2), la cual explica un 33.2% del total de la varianza, incluye a *Cibicidoides pachyderma* como especie asociada. Dicha asociación fluctúa desde el muro hasta 194 m; por encima disminuye drásticamente.

Por último, la asociación dominada por *Bulimina subulata* Cushman y Parker (PC3) explica el 8.1% del total de la varianza. Las especies acompañantes más importantes son *Oridorsalis umbonatus* (Reuss), *Planulina ariminensis*, *Uvigerina striatissima* Perconig y *Trifarina bradyi* Cushman. Esta asociación es importante en la parte inferior del intervalo estudiado, donde alcanza tres máximos en 232 m, 228 m y 211 m.

La mayoría de los foraminíferos bentónicos del intervalo estudiado tiene un hábitat epifáunico, epifáunico-infáunico somero o infáunico somero (Fig. 4). Los foraminíferos infáunicos intermedios y profundos son poco abundantes alcanzando valores máximos en torno al 5%. La curva de proporción de microhábitats a lo largo del testigo puede dividirse en dos partes. La parte inferior (240-194 m) se caracteriza por una alternancia entre infáunicos someros y epifáunicos-infáunicos someros. En esta parte los foraminífero epifáunicos tienen valores en torno al 10%. En la parte superior (194-175 m) se observa una disminución de los foraminíferos infáunicos someros y un aumento de los epifáunicos-infáunicos someros y de los epifáunicos.

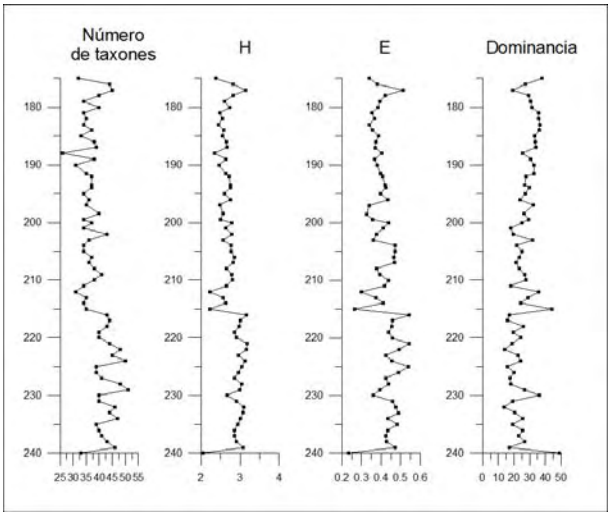


FIGURA 2. *Índices de diversidad: número de taxones, índice de Shannon, equitatividad y dominancia.*

DISCUSIÓN

En la parte inferior del intervalo estudiado se observa una alternancia entre la asociación dominada por *C. pachyderma* (PC1) y la dominada por *U. peregrina* (PC2). La asociación PC1 indicaría un medio oligotrófico con buena oxigenación (Schmiedl et al., 2000). En cambio, la asociación PC2 es típica de un ambiente mesotrófico con materia orgánica sin degradar y oxigenado (Schmiedl et al., 2000; Fontanier et al., 2002; Koho et al., 2008). Estas condiciones ambientales son comunes en zonas de upwelling. Por lo tanto, la alternancia entre estas dos asociaciones se explicaría como una sucesión entre periodos con frecuentes upwellings y periodos sin upwellings.

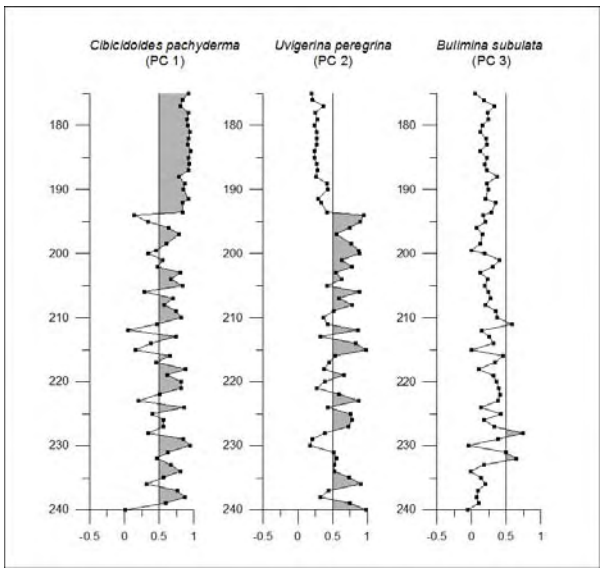


FIGURA 3. *Análisis de componentes principales en modo Q, Los valores mayores a 0.5 son considerados significativos.*

Por su parte, la asociación dominada por *B. subulata* (PC3) se interpreta como un ambiente relativamente eutrófico con materia orgánica en degradación y moderada oxigenación (Schmiedl et al., 2000; Mojtahid et al., 2006).

El dominio de la asociación PC1 en la parte alta de la sección indicaría el establecimiento de forma permanente un fondo oligotrófico con alta oxigenación (Fig. 3).

La disponibilidad de materia orgánica es consistente con el descenso de diversidad hacia techo y el concomitante aumento de la dominancia. En la parte inferior aparecen asociaciones más diversas y con menor dominancia debido a que en medios con alto aporte de materia orgánica y con substrato de grano fino se generan gran variedad de nichos infáunicos (Milker et al., 2009). Por el contrario, la parte superior esta dominada por una asociación con alta dominancia y baja diversidad debido a que la falta de materia orgánica reduce el número de nichos infáunicos (Schmiedl et al., 2000).

El cambio en las asociaciones debido a las condiciones tróficas del medio también queda reflejado en la distribución de microhábitats (Fig. 4). Ésta se puede dividir en una parte inferior con abundantes foraminíferos infáunicos someros alternando con epifáunicos-infáunicos someros como consecuencia de frecuentes periodos de upwelling que aportan materia orgánica y una parte superior con abundantes epifáunicos-infáunicos someros y epifáunicos y menos infaúnicos someros debido a la ausencia de aportes de materia orgánica.

La disminución de la relación P/(P+B) se podría relacionar con una somerización hacia techo, pasándose desde un ambiente de talud medio-superior hasta un ambiente de borde de plataforma.

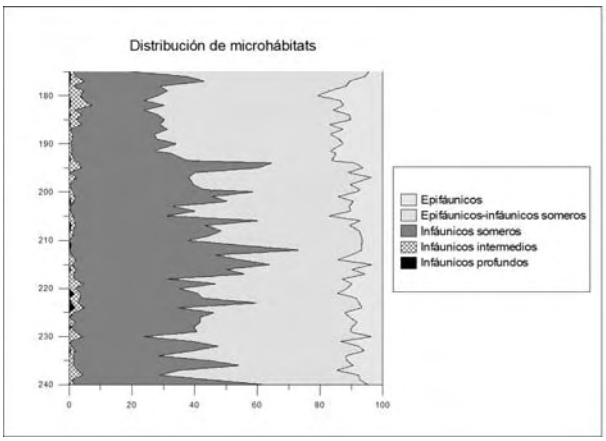


FIGURA 4. *Distribución de microhábitats*

CONCLUSIONES

1. La distribución, diversidad y microhábitats de las asociaciones de foraminíferos bentónicos del tránsito Messiniense inferior-superior en la Cuenca del Guadalquivir están principalmente controladas por la cantidad y calidad de la materia orgánica en el fondo.

2. La parte inferior del intervalo estudiado se interpreta como un talud medio-superior en el cual alternan medios mesotróficos con alta diversidad y buena oxigenación y medios oligotróficos oxigenados con poca diversidad. La parte alta se interpreta como un ambiente de borde de plataforma dominado por una asociación oligotrófica con alta dominancia y buena oxigenación.

3. La fuente más probable de materia orgánica son corrientes de upwelling.

4. La relación P/(P+B) indica una somerización a techo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los Fondos FEDER de la Unión Europea, el proyecto CGL2007-60774/BTE del Ministerio de Educación y Ciencia de España, el proyecto CGL2009-11539 del Ministerio de Ciencia e Innovación y el grupo de investigación de la Junta de Andalucía RNM-190. JNPA ha sido financiado por una beca de investigación F.P.U. del Ministerio de Educación de España.

REFERENCIAS

Betzler, C., Braga, J. C., Martín, J. M., Sánchez-Almazo, I. M. (2006): Closure of a seaway: stratigraphic record and facies (Guadix basin, Southern Spain). *Internat. J. Earth Sci.*, 95: 903-910.

Civis, J., Sierro, F. J., González Delgado, J. A., Flores, J. A., Andrés, I., Porta, J y Valle, M. F. (1987): El Neógeno marino de la provincia de Huelva: antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. En: *Paleontología del Neógeno de Huelva (O de la Cuenca del Guadalquivir)*

(Civis, J., ed.). Ediciones Universidad de Salamanca, 9-21.

Fontanier, C., Jorissen, F. J., Licari, L., Alexandre, A., Anschutz, P. y Carbonel, P. (2002): Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density, composition, and microhabitats. *Deep-Sea Research I*, 49: 751–785.

González Delgado, J. A (coord.), Civis, J., Dabrio, C. J., Goy, J. L., Ledesma, S., Pais, J., Sierro, F. J. y Zazo, C. (2004): Cuenca del Guadalquivir. En: *Geología de España* (J. A. Vera, ed.). SGE-IGME, Madrid, 543-550.

Koho, K. A., Garcia, R., de Stigter, H. C., Epping, E., Koning, E., Kouwenhoven, T. J., y van der Zwaan, G. J. (2008): Sedimentary labile organic carbon and pore water redox control on species distribution of benthic foraminifera: A case study from Lisbon–Setúbal Canyon (southern Portugal). *Progress in Oceanography*, 79: 55-82.

Larrasoaña, J. C., González-Delgado, J. A., Civis, J., Sierro, F. J., Alonso-Gavilán, G. y Pais, J. (2008): Magnetobiostratigraphic dating and environmental magnetism of Late Neogene marine sediments recovered at the Huelva-1 and Montemayor-1 boreholes (lower Guadalquivir basin, Spain). *Geo-Temas*, 10: 1175-1178.

Martín, J. M., Braga, J. C. Betzler, C. (2001): The Messinian Guadalhorce corridor: the last northern, Atlantic-Mediterranean gateway. *Terra Nova*, 13: 418-424.

Milker, Y, Schmiedl, G., Betzler, C. Römer, M., Jaramillo-Vogel, D. Y Siccha, M. (2009): Distribution of recent benthic foraminifera in shelf carbonate environments of the Western Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology*, 73: 207-225.

Mojtahid, M., Jorissen, F., Durrieu, J., Galgani, F., Howa H., Redois, F y Camps R. (2006): Benthic foraminifera as bio-indicators of drill cutting disposal in tropical east Atlantic outer shelf environments. *Marine Micropaleontology*, 61: 58-75.

Schmiedl, G., de Bovée, F., Buscail, R., Charrière, B., Hemleben, C., Medernach, L. y Picon, P. (2000): Trophic control of benthic foraminiferal abundance and microhabitat in the bathyal Gulf of Lions, western Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology*, 40: 167-188.

Factores filogenéticos de la covariación entre la complejidad sutural y la morfología del fragmocono en los ammonoideos del Jurásico superior

Phylogenetic aspects of the relationships between sutural complexity and phragmocone morphology in Upper Jurassic ammonoids

J. A. Pérez-Claros[1], F. Olóriz[2] y P. Palmqvist[3]

1 Depto. de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos, s/n 29071 Málaga. Johnny@uma.es
2 Depto. de Estratigrafía y Paleontología. Fac. de Ciencias. Universidad de Granada. Campus de Fuentenueva, 18002 Granada. floriz@ugr.es
3 Depto. de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos, s/n 29071 Málaga. ppb@uma.es

Resumen: El significado funcional de la complejidad de los septos de los ammonoideos ha sido objeto de un largo debate. Algunas de las propuestas emitidas en este sentido pueden ser evaluadas a través de sus predicciones respecto a como deberían covariar la forma y el tamaño del fragmocono con la complejidad sutural. Un análisis multidimensional para aclarar esta cuestión en una muestra representativa de especies de ammonites del Jurásico superior revela que la estrategia de covariación no es fija, sino que depende de la superfamilia considerada. Se discuten algunas de las hipótesis funcionales a la luz de estos resultados.

Palabras clave: Ammonites, Jurásico superior, complejidad sutural, morfometría, legado histórico.

Abstract: *The functional meaning of the sutural complexity in ammonoids has been the object of a long debate. Some of the proposed hypotheses can be evaluated in accordance with their predictions about how phragmocon shape and size should covariate with the sutural complexity. A multidimensional approach to this question has been accomplished on a representative sample of Upper Jurassic ammonites showing that there is not an unique covariation pattern but it depends on the ammonoid superfamily considered. Some of the functional hypotheses are discussed according these results.*

Key words: *Ammonites, Upper Jurassic, sutural complexity, morphometry, phylogenetic legacy.*

INTRODUCCIÓN

Desde su aparición en el Devónico inferior, los ammonoideos experimentaron un replegamiento progresivo de la periferia de sus septos. Este aumento en la complejidad de sus suturas alcanzó su cenit aproximadamente al final del Triásico. A partir de aquí, los niveles de replegamiento logrados se mantuvieron más o menos estables durante el resto del Mesozoico (Boyajian y Lutz, 1992). Durante aproximadamente la primera mitad de la historia evolutiva del grupo (140 Ma.) esta tendencia se ajusta mejor a un modelo dirigido que a uno de difusión a partir de una condición inicial simple (Saunders, 1999). Además, el hecho de que se verificara en líneas filéticas independientes, con morfologías de concha distintas e implicando procesos morfogenéticos diferentes, apoya la hipótesis de que dicha tendencia estuvo conducida por la selección natural, favoreciendo por tanto las interpretaciones en términos funcionales.

Entre las hipótesis emitidas a este respecto se encuentran i) el reforzamiento de la concha y/o septos frente a la presión hidrostática (una revisión más o menos exhaustiva de este bloque de interpretaciones puede encontarse en Hewitt y Westermann, 1997), ii) el control de la flotabilidad mediante diversos tipos de mecanismos (pe. Mutvei, 1967; Seilacher and LaBarbera, 1995) o iii) la mejora del anclaje del animal a su concha (pe. Lewy, 2002). Las interpretaciones que abogan por un incremento de la resistencia con la complejidad conducen a dos tipos de predicciones: al aumentar la profundidad de hábitat debería aumentar la complejidad, al igual que en aquellos casos donde la morfología de la concha fuera intrínsecamente más débil (pe. oxiconos). Los resultados que hemos ido obteniendo no parecen avalar la primera de estas predicciones (Olóriz et al., 2002; 2007). En relación a la segunda predicción, aunque ha sido refutada caracterizando la morfología de la concha mediante variables cualitativas (Olóriz et al., 2002) o bien cuantitativas mediante análisis bivariantes (Pérez-Claros et al., 2007), merece ser analizada en mayor detalle desde una perspectiva multivariante.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material analizado comprendió 403 especies nominales de ammonites planispirales adultos del Jurásico superior (118 géneros/subgéneros; 15 familias y 17 subfamilias) que componen una muestra razonablemente representativa tanto desde el punto de vista taxonómico como del espectro de morfologías presentes durante dicho intervalo temporal.

La complejidad sutural fue caracterizada por diversos parámetros derivados del análisis fractal, en el que la dimensión fractal fue sólo uno de ellos (ver

detalles en Pérez-Claros et al., 2002). La descripción morfométrica del fragmocono se llevó a cabo mediante los parámetros W, D y S de Raup junto con las amplitudes y ángulos de fase de los cinco primeros armónicos derivados del análisis de Fourier del contorno de la sección transversal (Pérez-Claros et al., 2007). El tamaño de la concha fue tenido en cuenta mediante el diámetro del fragmocono y la altura del flanco al nivel de la sutura analizada. Todas estas variables se analizaron conjuntamente mediante un análisis factorial.

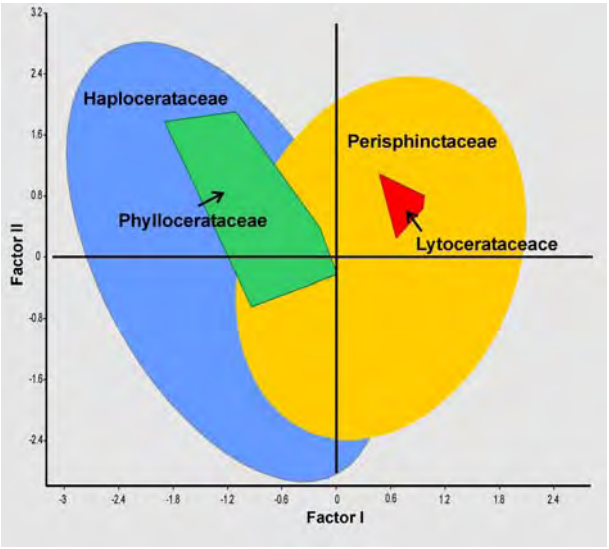


FIGURA 1. *Áreas ocupadas por las cuatro superfamilias analizadas en el morfoespacio definido por los dos primeros ejes del análisis factorial. El primer factor está relacionado con la forma del fragmocono. En él, las morfologías involutas de secciones comprimidas lateralmente puntúan a la izquierda mientras que a la derecha se sitúan los fragmoconos evolutos de sección subcircular. El segundo factor está positivamente correlacionado con el tamaño del fragmocono y con la complejidad sutural. En el caso de las superfamilias Haploceratoidea y Perisphinctoidea las áreas corresponden a las elipses de confianza al 95%.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los dos primeros ejes dan cuentan del 28.2% y el 19.7% de la varianza total, respectivamente. El primero se correlaciona con la morfología del fragmocono, puntuando negativamente aquellos que son involutos y de sección comprimida lateralmente mientras que a la derecha se sitúan las conchas más evolutas y de sección circular. El segundo factor está positivamente correlacionado tanto con el tamaño del fragmocono como con la complejidad sutural.

Las correlaciones entre ambos factores son significativas al 99% tanto para los representantes de *Haploceratoidea* como *Perisphinctoidea* aunque de signo contrario (r = -0.49 y r = 0.19, respectivamente; Fig.1). Los representantes de lytoceratoideos en la muestra son demasiado escasos (n=5) y morfológicamente homogéneos como para poder extraer conclusiones a este respecto. Sin embargo, en el caso de los phylloceratoideos la muestra es algo mayor (n=17) y aunque la correlación es débil, resulta significativa al 90% (r = -0.43; p = 0.086). Si bien en todos los casos la complejidad de los septos aumenta con el tamaño, tal y como puede observarse, existen dos tipos de alometrías que relacionan la forma del fragmocono con la complejidad sutural.

Aunque no podamos aún precisar las posibles interacciones entre los factores construccionales, adaptativos y filogenéticos en la configuración de estas alometrías, se deduce que no existe una estrategia un patrón común a todos los grupos analizados.

Teniendo en cuenta que la resistencia estructural del fragmocono, al igual que la de cualquier cámara de presión, está relacionada con su forma y no con su tamaño, desde la hipótesis del refuerzo quedan sin respuesta dos aspectos relevantes: (i) que la complejidad aumente con el tamaño; y (ii) que covaríe con la forma del fragmocono de manera opuesta dependiendo de la superfamilia considerada.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que los ammonoideos fueron organismos nectónicos con flotabilidad neutra y por lo tanto, la morfología de las partes blandas hubo de estar en consonancia con el tipo de framocono (cuerpos cortos y con áreas transversales relativamente grandes en el caso de los involutos con secciones amplias mientras que ocurriría lo opuesto en el caso de los ammonites evolutos). Es evidente que ambos tipos de morfologías no guardan similitud geométrica ni elástica. Dado que la relación entre la longitud y la sección transversal del cuerpo condiciona el comportamiento de las partes blandas frente a tensiones en sentido antero-posterior, tampoco parece que el significado funcional de las suturas complejas fuera incrementar la superficie de unión de las partes blandas al septo para hacer frente a este tipo de tensiones, ya que la complejidad aumenta con el tamaño e independientemente de la relación entre longitud/area tranversal del cuerpo.

Otros tipos de estudios apuntan a que la covariación entre la complejidad sutural y el tamaño del ammonites vino impuesta por aspectos de naturaleza fisiológica (Pérez-Claros, 2005) probablemente relacionados con la tasa de crecimiento de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está auspiciado por los proyectos de investigación [CGL2008-04896, CGL2005-01316 y CGL2008-05251] del Ministerio de Educación y Ciencia de España. Así como el proyecto P06-RNM-01521 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Boyajian, G. E. y Lutz, T. (1992): Evolution of biological complexity and its relation to taxonomic longevity in the Ammonoidea. *Geology*, 20: 983–986.

Hewitt, R. A. y Westermann, G. E. G. (1997): Mechanical significance of ammonoid septa with complex sutures. *Lethaia*, 30: 205–212.

Lewy, Z. (2002): The function of the ammonite fluted septal margins. *Journal of Paleontology*, 76: 63–69.

Mutvei, H. (1967): On the microscopic shell structure in some Jurassic ammonoids. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 129: 157–166.

Olóriz, F., Palmqvist, P. y Pérez-Claros, J. A. (2002): Morphostructural constraints and phylogenetic overprint on sutural frilling in Late Jurassic ammonites. *Lethaia*, 35: 158–168.

Pérez-Claros, J. A. (2005): Allometric and fractal exponent indicate a physiologic role for ammonite complex septa. *Paleobiology*, 31: 221–232.

Pérez-Claros, J. A., Palmqvist, P. y Olóriz, F. (2002): First and second orders of suture complexity in ammonites: a new methodological approach using fractal analysis. *Mathematical Geology*, 34: 323–343.

Pérez-Claros, J. A., Olóriz, F. y Palmqvist, P. (2007): Sutural complexity in Late Jurassic ammonites and its relationship with phragmocone size and shape: a multidimensional approach using fractal analysis. *Lethaia*, 40: 253–272.

Saunders, W. B., Work, D. M. y Nikolaeva, S. V. (1999): Evolution of complexity in Paleozoic ammonoid sutures. *Science*, 288: 760–763.

Seilacher, A. y LaBarbera, M. (1995): Ammonites as Cartesian divers. *Palaios*, 10: 493–506.

Consideraciones sobre la serie tipo de la tortuga *Peltochelys duchastelii* del Cretácico Inferior de Bernissart (Bélgica)

On the type series of the turtle Peltochelys duchastelii from the Lower Cretaceous of Bernissart (Belgium)

A. Pérez-García[1] y F. Ortega[2]

1 Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040 Ciudad Universitaria, Madrid. paleontologo@gmail.com
2 Grupo de Biología, Facultad de Ciencias. UNED. c./ Senda del Rey 9. 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es

Resumen: *Peltochelys duchastelii* es un taxón basado en material procedente de Bernissart (Bélgica). Fue definido, mediante tres ejemplares, en 1884, aunque no todos son actualmente asignables a él. El descubrimiento y estudio de *Peltochelys* no sólo fue conocido por científicos, sino que su información llegó a gran parte de la sociedad, como ocurrió en España. Desde su publicación, la hipótesis sobre su posición sistemática ha variado. No obstante, una revisión de los ejemplares asignados a ese taxón permite enmendar algunos errores descriptivos e interpretativos, algunos de ellos generados en su publicación original, que no se habían detectado hasta ahora.

Palabras clave: Cretácico Inferior, Bernissart, tortuga, *Peltochelys*.

Abstract: *Peltochelys duchastelii was based on three turtle specimens found in 1884, during the mining activity carried out in Bernissart (Belgium). The discovery and study of this turtle was not only known by scientists, but it became popular in the Spanish society through the mass media. In this regard, a few years after its publication, the Professor of Paleontology Juan Vilanova y Piera published in the Spanish news papers information and images concerning this turtle. Since its description, the hypothesis on its systematic position has been largely modified. A direct revision of the specimens originally assigned to this taxon allows amend some descriptive and interpretive mistakes, some of them produced in their original publication, and which were not detected until now. In addition, the assignation of the three specimens from Bernissart to Peltochelys is questioned, as has been done in some previous work. Furthermore, It is also discusses some aspects of the putative phylogenetic relationships of the taxon.*

Key words: *Lower Cretaceous, Bernissart, turtle, Peltochelys.*

INTRODUCCIÓN

Uno de los yacimientos paleontológicos europeos más relevantes de los descubiertos en la segunda mitad del siglo XIX es el de Bernissart (Belgica). Esta localidad destaca por el celebre hallazgo de numerosos esqueletos de dinosaurios ornitópodos del Cretácico Inferior. Además, junto a ellos, se hallaron fósiles de otros animales. De hecho, incluso la prensa española de la época, actuando como intermediario entre la ciencia y la sociedad (Pérez García y Sánchez Chillón), se hizo rápidamente eco de las noticias referentes a los dinosaurios y también difundió información relativa a otros grupos. En este sentido, el eminente geólogo Juan Vilanova y Piera (1821-1893), Catedrático de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid, realizó, en 1887, una nota divulgativa en la revista "La Ilustración Española y Americana". En ella, tras una introducción sobre el origen y diversificación de la vida sobre La Tierra, describe los hallazgos de quelonios efectuados en Bernissart, gracias a la documentación y fotografías que le envió el autor de estos nuevos taxones, Louis Dollo (1857-1931). Dollo, describió dos géneros, siendo el supuestamente mejor representado, al haberse asignado a él tres ejemplares, *Peltochelys duchastelii*. Vilanova acompañó su nota con una imagen de este quelonio (Fig. 1). En ella escribió, tomando las ideas de la publicación original (Dollo, 1884) que los representantes de este taxón eran "*tres ejemplares pertenecen á un individuo adulto y á dos jóvenes, todos ellos de la familia de los testudinidos, pero sin confundirse tampoco con ninguno de los conocidos entre los vivos ni entre los fósiles, lo cual era motivo suficiente para inventar un género nuevo llamado Peltochelys, afine al Peltocephalus, dedicado la especie al Conde Duchastel por la eficaz intervención que tuvo en el hallazgo, en su calidad de administrador de la empresa carbonera*".

La posición sistemática de *Peltochelys*, taxón considerado por Dollo (1884) un representante de la familia Testudinida de Strauch (1862), se ha modificado en varias ocasiones a lo largo de la historia, considerándose en trabajos actuales un representante de Trionychoidea, tal como se sitúa en la hipótesis filogenética planteada por Joyce (2007). Sin embargo, algunos errores de la descripción o en la interpretación

original de Dollo (1884) o de autores posteriores, han motivado que algunos caracteres no hallan sido correctamente procesados en estos análisis, tal como se expone aquí. Además, la revisión del material originalmente atribuido a *Peltochelys* permite generar nuevos argumentos sobre si en realidad todos ellos pudieran pertenecer a un mismo taxón, hipótesis previamente puesta en duda en otros trabajos (ver por ejemplo Meylan, 1988).

CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO

Hasta el momento *Peltochelys* está representado únicamente por material que fue extraído durante la actividad minera efectuada en el siglo XIX en Bernissart, localidad situada en la Cuenca de Mons (Belgica), en la parte noreste de la Cuenca de París. Su hallazgo se produjo en la Formación de Arcillas de Santa Bárbara, cuya datación está comprendida en el lapso Barremiense medio-Aptiense inferior. Estos niveles han sido interpretados como depositados en un medio lacustre (Dejax et al., 2007).

Además de quelonios, otros vertebrados han sido hallados en esta mina. Se han reconocido peces, anfibios, cocodrilos y numerosos esqueletos de dinosaurios ornitópodos muy completos (Martin y Bultynck, 1990; Dejax et al., 2007)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los tres ejemplares atribuidos por Dollo (1884) a *Peltochelys duchastelii* se conservan aún en las colecciones del Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (IRSNB), en Bruselas.

Dollo consideró que dos de ellos correspondían a juveniles de dicho taxón y esta es la determinación que sigue vigente en las colecciones de la citada institución. Meylan (1988) propuso que no había suficientes caracteres para soportar esa hipótesis. La similitud de la placa nucal con la de los representantes de Pleurosternidae le hizo considerar su posible asignación a ese grupo. Sin embargo, los ejemplares depositados en Bruselas difieren, tanto de los miembros de Pleurosternidae, como del resto de los representantes de Paracryptodira, en que carecen de mesoplastrones.

Por otra parte, el ejemplar que Dollo atribuido a un individuo adulto de *Peltochelys duchastelii*, en el que basó su diagnosis, IRSNB R 16, es actualmente considerado un representante de Trionychoidea (ver por ejemplo Joyce, 2007). Sin embargo, la revisión del ejemplar arroja alguna información que debe ser tenida en cuenta en una futura revisión del taxón, como el número, morfología y relaciones tanto de algunas placas óseas como de escudos córneos.

Por tanto, se considera que es necesaria una redescripción del holotipo de *Peltochelys duchastelii* (IRSNB R 16) y que tras ésta, se podría modificar la posición filogenética que para él se asume en las ultimas hipótesis filogenéticas disponibles (Joyce, 2007).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está financiada por una beca FPU (Ref. AP2007-00873) y los proyectos “Registro geológico de periodos críticos: factores paleoclimáticos y paleoambientales” (Ref. GI 910161) y “Geología y paleontología del yacimiento de "Lo Hueco" (Cretácico Superior. Fuentes, Cuenca)” (Ref. CGL2009-10766).

REFERENCIAS

Dollo, M. L. (1884): Premiere note sur les cheloniens de Bernissart. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, 3 : 63-79.

Joyce, W. G. (2007) : Phylogenetic Relationships of Mesozoic Turtles. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, 48(1) : 3-102.

Martin, F. y Bultynck, P. (1990): *The Iguanodons of Bernissart*. Publication de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Bruxelles, 51 p.

Meylan, P. A. (1988): *Peltochelys* Dollo and the relationships among the genera of the Carettochelyidae (Testudines: Reptilia). *Herpetologica*, 44(4): 440-450.

Pérez García, A. y Sánchez Chillón, B. (2009): Historia de *Diplodocus carnegii* del MNCN: primer esqueleto de dinosaurio montado en la Península Ibérica. *Revista Española de Paleontología*, 24 (2): 133-148.

Strauch, A. (1862): Chelonogische Studien, mit besonderer Bezeichung auf die Schildkrötensammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg*, 7 (5): 1-196.

Vilanova, J. (1887): Los tesoros geológicos de Bernissart (Bélgica). *La Ilustración Española y Americana*, 8 de junio, año 31, número 21: 371-373.



N.º XXI LA ILUSTRACION ESPAÑOLA Y AMERICANA. 373

FÓSILES RECIENTEMENTE DESCUBIERTOS EN BÉLGICA.

de la clase, el Sr. Dollo, del Museo de Bruselas, ha demostrado que se diferencia de todos los anfibios vivos y fósiles conocidos, razon que le ha movido á crear un género llamado Hylaeobatrachus, dedicando la especie único al Príncipe Cray, administrador de la Sociedad explotadora del carbon de Bernissart, por la eficaz intervencion que tuvo en salvar tan inestimables joyas científicas. (Véase el dibujo adjunto.)

La marcha que siguieron los representantes de los reptiles propiamente dichos, fue algun tanto distinta de lo que acaba de indicarse respecto de los anfibios, admitiéndose en aquellos un desarrollo tan extraordinario desde que entraron en el período llamado secundario, que Quiner, en la historia que publicó de la Creacion, no vacila en llamarle reino de los reptiles, distinguiéndose estos no tan sólo por el tamaño colosal que algunos alcanzan, como de ello son buen ejemplo los Iguanodontes, cuyo dibujo figura en el núm. XVIII de LA ILUSTRACIÓN de 1886, año tambien, y mas aun, las particularidades que ofrecen su corada organizacion, la cual permitia que unos, como los Pterodactilos, llevando alas entre los dedos y lados del cuerpo, fueran voladores; que otros reptaran como los Ichtiosaurios; que los Pleiosaurios nadaran como las aves paleípedas, asemejándose notablemente al cisne, y que no pocos, como los Iguanodontes, andaran tal vez á saltos, apoyando su pesado cuerpo en las robustas extremidades posteriores y en la poderosa cola, á la manera de lo que hacen los kanguros y los gerbos.

Durante aquel período, caracterizado por tan interesantes reptiles, aparecen tambien las aves y los mamíferos, si bien los últimos no alcanzaron su verdadera significacion é importancia hasta la época terciaria, en la cual los gigantescos mastodontes, elefantes y bueyes habian de ocupar en la escena del mundo el espacio que dejaron los grandes reptiles, que, por decirlo así, se extinguieron al final del terreno llamado cretáceo por los geólogos.

Y ahora, vinculado ya al grupo de las tortugas, que junto con el anfibio ya indicado forman el objeto culminante del escrito, segun demuestran los bonitos dibujos que lo ilustran, debe declararse que dichos seres fueron algo mas tardíos en aparecer, puesto que hasta el presente sólo se los conoce desde el promedio del período secundario, como formando parte de los materiales del terreno dicho jurásico. Y pensa singular! desde el primer momento de su aparicion figuran los mismos órdenes que hoy se conocen; es decir, que hubo tortugas marinas, lacustres, fluviales y terrestres, respectivamente de talla igual á las actuales, exceptuando tan sólo en territorio indico, cuyos depósitos subhimalayos contienen algunas tortugas extraordinarias por sus dimensiones, circunstancia que bien pudiera haber originado alguna fábula ó tradicion mitológica en aquella parte del Asia. Por otra parte, la distribucion geográfica de estos seres demuestra hasta la evidencia la mayor uniformidad que á la sazon ofrecia la temperatura terrestre, ya que en las regiones septentrionales del hemisferio norte se descubren restos de tortugas cuyos afines sólo pueden hoy vivir en países cálidos: los mismos de Bernissart arguyen esta circunstancia, pues en aquella parte de Europa no podrian en la actualidad subsistir las que allí se han encontrado. Pertenecen éstos, en número de cuatro, á dos tipos distintos, correspondientes el uno á las llamadas *Tolemaidas*, en nada parecidas á las actualmente vivas, y en los cuales diríase que se reunen los caracteres de los testudinidos, quelonidos y emidos, constituyendo un tipo de seres complejo. Pero aun dentro de las tortugas fósiles de los terrenos jurásico y cretáceo, se diferencia de todas ellas, circunstancia que la obligado al señor Dollo á crear un género nuevo, el Chitracephalus, que quiere decir cabeza de Cárex, otro grupo ya conocido, del propio modo que Iguanodon significa dientes como los de la iguana, esto es, estriados ó rayados á lo largo. La especie la dedicó á Mr. Damion, presidente de la Sociedad explotadora del carbon de Bernissart, en memoria y como debido reconocimiento á los servicios prestados al Museo de Historia Natural de Bruselas con motivo del feliz hallazgo. Los otros tres ejemplares pertenecen á un individuo adulto y á dos jóvenes, todos ellos de la familia de los testudinidos, pero sin confundirse tampoco con ninguno de los conocidos entre los vivos ni entre los fósiles, lo cual era motivo suficiente para inventar un género nuevo llamado Peltochelys, afine al Peltocephalus, dedicando la especie al Conde Duchastel por la eficaz intervencion que tuvo en el hallazgo, en su calidad de administrador de la empresa carbonera.

Ambas tortugas, con algunos de los más curiosos detalles de tan singulares criaturas, hállanse perfectamente representadas en los adjuntos dibujos, indicando bien á las claras que todos sus individuos, y con ellos los famosos Iguanodontes, el Hylaeobatrachus y los peces de Bernissart, pertenecen al grupo de habitantes de lugares pantanosos, de cuyo sello participan tambien las infinitas plantas fósiles allí existentes, constituyendo su descubrimiento uno de los hechos más extraordinarios que registran los anales de la ciencia geológica en el actual y en los anteriores siglos.

JUAN VILANOVA.

TORTUGA FÓSIL, LLAMADA «PELTOCHELYS DUCHASTELII», DOLLO.
Vista del espaldar.

FIGURA 1. *Parte de la nota divulgativa escrita por Juan Vilanova y Piera en 1887 para la revista "La Ilustración Española y Americana". Con el título "Los tesoros geológicos de Bernissart (Bélgica)", dicho autor dio a conocer a la sociedad española algunos de los vertebrados de Bernissart que habían recibido menos atención mediática que los dinosaurios. Entre ellos destacan las tortugas, observándose en la imagen el ejemplar de, Peltochelys duchastelii IRSNB R 16, gracias a una fotografía enviada por Dollo a Vilanova. Modificado de Vilanova (1887).*

Presencia de dos taxones de Bothremydidae (Chelonii, Panpleurodira) sincrónicos y simpátricos en el Cretácico Superior de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca)

Presence of two synchronic and sympatric Bothremydidae taxa (Chelonii, Panpleurodira) in the Upper Cretaceous of "Lo Hueco" (Cuenca, Spain)

A. Pérez-García[1], F. Ortega[2] y X. Murelaga[3]

1 Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040 Ciudad Universitaria, Madrid. paleontologo@gmail.com
2 Grupo de Biología, Facultad de Ciencias. UNED. c./ Senda del Rey 9. 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es
3 Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco. Apartado 644, 48080 Bilbao. xabier.murelaga@ehu.es

Resumen: El grupo de quelonios mejor representado en el Cretácico Superior de Europa Occidental es Bothremydidae, reconocido en numerosos yacimientos Campano-Maastrichtienses españoles. No obstante, hasta haberse reconocido su presencia en el recientemente descubierto yacimiento de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca), su registro estaba compuesto exclusivamente por material fragmentario, de difícil asignación. En este yacimiento se han identificado representantes de *Elochelys*. Sin embargo, se analiza aquí un plastrón articulado que no cumple la diagnosis de ese género, implicando la presencia de otro representante de Foxemydina en el yacimiento. La coexistencia de dos representantes de Bothremydidae resulta novedosa para el registro europeo.

Palabras clave: Cretácico superior, Lo Hueco, tortugas, Bothremydidae, *Elochelys*.

Abstract: *Bothremydidae is the group of turtles best represented in the Upper Cretaceous of Western Europe and their presence is known in many Spanish Campano-Maastrichtian localities. However, until the discovery of the fossil site of "Lo Hueco" (Fuentes, Cuenca), the Spanish record of these turtles was composed exclusively of disarticulated and fragmentary remains, that can not be accurately ascribed. In "Lo Hueco" hundreds of remains attributed to bothremydid turtles have been found. The collection is composed of plates and isolated bones, but also for portions of carapaces, complete carapaces, and even almost complete skeletons retaining a high percentage of its elements, including cranial and mandibular material. Among them, it has been recognized the presence of representatives of the bothremydid genus* Elochelys*. However, it is described and discussed here an articulated plastron that does not fit the diagnosis of this genus. The specimen has the characters combination of the bothremydid turtles, but some features are compatible with other members of the Foxemydina lineage but not with* Elochelys*. The synchronic and sympatric coexistence of two representatives of Bothremydidae had not previously been confirmed in the European record.*

Key words: *Upper Cretaceous, Lo Hueco, turtle, Bothremydidae,* Elochelys*.*

INTRODUCCIÓN

En la Península Ibérica se han reconocido numerosos yacimientos de vertebrados datados como del Cretácico Superior, y más concretamente del Campaniense y Maastrichtiense. En ellos las tortugas son uno de los grupos mejor representados, tanto por su abundancia como por su diversidad. Se han reconocido representantes de cuatro grupos de quelonios, siendo dos de ellos miembros de Panpleurodira (Dortokidae y Bothremydidae) y dos de Pancryptodira (Solemydidae y un taxón indeterminado del yacimiento conquense de Lo Hueco) (Lapparent de Broin, 2001; Pérez García, 2009; Pérez García et al., 2009a). De estos quelonios, los Bothremydidae son el grupo mejor representado en los yacimientos Campano-Maastrichtienses de Europa Occidental. El botremídido mejor conocido es *Polysternon*, no solo por haber sido el primero identificado, sino también por estar representado por abundante material en España y Francia. Se han descrito dos especies de este género, *Polysternon provinciale* Matheron, 1869, identificada en Francia y *Polysternon atlanticum* Lapparent de Broin y Murelaga, 1996, hasta ahora exclusiva de España (ver Lapparent de Broin y Murelaga, 1999; Gaffney et al., 2006; Pérez García et al., en prensa). Este género ha sido asignado a Foxemydina (Gaffney et al., 2006), taxón que también incluye a los botremídidos europeos *Foxemys mechinorum* Tong, Gaffney y Buffetaut, 1998, *Elochelys perfecta* Nopcsa, 1931 y *Elochelys*

convenarum Laurent, Tong y Claude, 2002, siendo el registro de las dos primeras especies citadas exclusivo de Francia, y habiéndose reconocido *E. convenarum* fuera de su localidad tipo (Haute-Garonne, France), en Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) (Lapparent de Broin, 2001; Gaffney et al., 2006; Pérez García et al., en prensa). El representante de Bothremydina *Rosasia soutoi* Carrington da Costa, 1940, hasta ahora exclusivo de Portugal, es el otro género de botremídido presente en el Cretácico Superior europeo (Lapparent de Broin, 2001; Gaffney et al., 2006).

Los botremídidos han sido citados en varias localidades españolas: Armuña (Segovia), Laño y varias localidades de la Sierra de la Tesla (Burgos), Fontllonga y Biscarri (Lleida), Korres (Alava), Chera (Valencia), Arén y Serraduy (Huesca) y Lo Hueco (Cuenca) (ver Pérez García, 2009; Pérez García et al. in press). No obstante, es únicamente en Lo Hueco donde han sido identificados elementos articulados de este grupo de tortugas, desde conjuntos de placas a caparazones o esqueletos muy completos. El análisis de algunos de estos botremídidos articulados ha permitido reconocer la presencia de *Elochelys* en la Península Ibérica (Pérez García et al., 2008; 2009b; en prensa). La ampliación del área de distribución de este género implica que se debe tener mayor cautela al asignar el material aislado español, hasta ahora tradicionalmente asignado al género *Polysternon*, así como la necesidad de una revisión de algunas de las asignaciones previas. Debido a que algunos de los representantes de Bothremydidae europeos son conocidos exclusivamente por material desarticulado y fragmentario, como *Polysternon atlanticum*, o mediante escasos ejemplares, como las dos especies conocidas de *Elochelys*, el conocimiento sobre la variabilidad interespecífica e intraespecífica de algunos de estos taxones apenas es conocido. En este sentido, la identificación de *Elochelys convenarum* en Lo Hueco (Pérez García et al., en prensa), especie de la que hasta ahora únicamente se conocía su holotipo, permite observar variabilidad en algunos caracteres previamente considerados diagnósticos no sólo para esta especie, sino para varios de los representantes de Bothremydini, dificultando aún más la asignación genérica o específica de material aislado.

A pesar de que en Lo Hueco ha sido confirmada hasta ahora únicamente la presencia de *Elochelys*, se presenta aquí un ejemplar (HUE-1220) que se asigna a un miembro de Foxemydina no *Elochelys*. La presencia de dos taxones de Bothremydidae en un mismo yacimiento no había sido previamente descrita en el Cretácico Superior de Europa. La posibilidad de coexistencia de más de un taxón de botremídido en los ecosistemas del Cretácico Superior dificulta aún más la identificación taxonómica del material fragmentario asignado a Bothremydidae en yacimientos europeos.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO

El yacimiento de Lo Hueco se sitúa en el término municipal de Fuentes (Cuenca), en el flanco este del sinclinal de Arcas-Fuentes, en la rama suroccidental de la Cordillera Ibérica (Barroso-Barcenilla et al., 2009). Su posición estratigráfica relativa dentro de la Formación Margas, Arcillas y Yesos de Villalba de la Sierra, así como su contenido faunístico, permiten situar el yacimiento en el Campaniense superior-Maastrichtiense inferior (Barroso-Barcenilla et al., 2009). Lo Hueco destaca por la abundancia de restos fósiles de vertebrados hallados, asignados a diversos grupos: "peces", anfibios, lepidosauromorfos, quelonios y arcosaurios. Las tortugas son uno de los taxones mejor representados, habiéndose identificado representantes de dos grupos. Uno de ellos, del que se han hallado escasos restos, se asigna a un quelonio Pancryptodira indeterminado, que difiere de los representantes de Solemydidae (Pérez García et al., 2009a). En cambio, Bothremydidae es muy abundante, habiéndose identificado centenares de ejemplares (Pérez García et al., 2009b; en prensa).

DISCUSIÓN

Algunos de los ejemplares de Lo Hueco, como es, entre otros, el caso del ejemplar HUE-4913 (Figs. 1A y 1B), pueden ser asignados a *Elochelys*. Como se ha discutido en Pérez García et al. (en prensa), este ejemplar se trata de un caparazón completo y articulado que puede ser asignado a *E. convenarum*, al compartir gran parte de los caracteres que diagnostican el caparazón de este taxón, observándose ciertas diferencias entre su holotipo y este ejemplar que podrían ser justificadas por variabilidad intraespecífica (Pérez García et al., en prensa).

Sin embargo, HUE-1220 es un plastrón casi completo, que carece únicamente del mesoplastrón derecho (Figs. 1C y 1D). Por lo tanto, la información disponible es más limitada que la del ejemplar anterior. No obstante, también comparte una combinación de caracteres exclusiva con Megapleurodira: la unión de los epiplastrones en el plano sagital, la presencia de un único escudo intergular y de un par de mesoplastrones situados lateralmente y la ausencia de escudos axilar e inguinal; con Podocnemidoidea: la superposición de los escudos pectorales sobre el entoplastrón; y con Bothremydidae: la morfología ancha y corta del lóbulo anterior del plastrón. Como ocurre en los representantes de Foxemydina, los escudos pectorales se prolongan sobre los epiplastrones, difiriendo de *Rosasia*, taxón en el que no se superponen al entoplastrón. Comparte con el resto de representantes de ese nodo otra sinapomorfía, surco pectoro-abdominal adelantado respecto a los mesoplastrones, condición de carácter que difiere de la observada en *Rosasia*, en el que se superpone a éstos (Gaffney et al., 2006).

Este ejemplar difiere de *Elochelys*, taxon en el que está presente un escudo intergular de gran tamaño que no permite el contacto sagital entre los escudos humerales, condición de carácter no compartido con ningún otro miembro de Foxemydina. Aunque el material atribuido a *Elochelys* muestra que su variabilidad puede ser mayor que la considerada hasta

ahora (Pérez García et al., en prensa), se ha observado que la morfología y dimensiones del escudo intergular puede variar considerablemente pero que, en todos los ejemplares conocidos, separa el par de escudos humerales, no siendo la variabilidad tan grande como la observada en el podocnemídido *Neochelys arenarum*, en el que en algunos especímenes el escudo intergular separa ambos humerales pero en otros están en contacto (Broin, 1977). Por lo tanto, teniendo en cuenta el registro actualmente conocido, se considera el plastrón de Lo Hueco como perteneciente a un miembro indeterminado de Foxemydina que no se trata de *Elochelys*.

Como hemos visto, se han reconocido otros dos géneros de Foxemydina en el Cretácico Superior de Europa Occidental, *Polysternon* y *Foxemys*. A pesar de la escasa información suministrada por HUE-1220, por tratarse únicamente de un plastrón, son varios los caracteres discutidos en la diagnosis o en las comparaciones entre *Polysternon* y *Foxemys* que podrían ser chequeados en el ejemplar de Lo Hueco, como el tamaño relativo del escudo intergular respecto al del entoplastrón, o del entoplastrón respecto a la de los mesoplastrones, la morfología del lóbulo posterior del plastrón, o la morfología y el tamaño de la escotadura anal (Gaffney et al., 2006). Aunque la condición de algunos de estos caractes en HUE-1220 es similar a la descrita para *Polysternon*, para otros es como la atribuida a *Foxemys*. De hecho, la variabilidad intraespecífica e interespecífica no han sido determinadas, e incluso hay autores que dudan de la validez de ambos géneros (ver, por ejemplo, Lapparent de Broin, 2001). Por lo tanto, hasta que se encuentre más material en Lo Hueco que pertenezca al mismo taxón que este plastrón y permita un mejor conocimiento del mismo, se opta por no proponer una asignación a nivel genérico.

CONCLUSIONES

A pesar de el registro de Bothremydidae es muy abundante en los yacimientos del Campaniense y Maastrichtiense de Europa Occidental, en los que han sido reconocidos varios de sus representantes, hasta ahora no había sido reconocida la coexistencia de más de un taxón.

En el yacimiento de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) se había reconocido previamente la presencia de *Elochelys*. Se discute aquí la asignación de un plastrón articulado que se determina como un miembro indeterminado de Foxemydina diferente de *Elochelys*. Esta supone la primera cita robusta sobre la coexistencia sincrónica y simpátrica de dos géneros de Bothremydidae en un mismo yacimiento europeo. Esta identificación aconseja la revisión de la asignación taxonómica de material aislado previamente asignado a algunos géneros de Bothremydidae en el registro europeo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está financiada por una beca FPU (Ref. AP2007-00873) y los proyectos “Registro geológico de periodos críticos: factores paleoclimáticos y paleoambientales” (Ref. GI 910161) y “Geología y paleontología del yacimiento de "Lo Hueco" (Cretácico Superior. Fuentes, Cuenca)” (Ref. CGL2009-10766).

REFERENCIAS

Barroso-Barcenilla, F., Cambra-Moo, O., Escaso, F., Ortega, F., Pascual, A., Pérez-García, A., Rodríguez-Lázaro, J., Sanz, J. L., Segura, M. y Torices, A. (2009): New and excepcional discovery in the Upper Cretaceous of the Iberian Peninsula: the palaeontological site of "Lo Hueco," Cuenca, Spain. *Cretaceous Research*, 30: 1268-1278.

Broin, F. de. (1977): Contribution à l'étude des Chéloniens. Chéloniens continentaux du Crétacé et du Tertiaire de France. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, C38: 1-366.

Gaffney, E. S., Tong, H. y Meylan, P. A. (2006): Evolution of the side-necked turtles: the families Bothremydidae, Euraxemydidae, and Araripemydidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 300: 1-700.

Lapparent de Broin, F. de (2001): The European turtle fauna from the Triassic to the Present. *Dumerilia*, 4 (3): 155-216.

Lapparent de Broin, F. de y Murelaga, X. (1999): Turtles from the Upper Cretaceous of Laño (Iberian Peninsula). *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava*, 14 (N.E. 1): 135-211.

Pérez García, A. (2009): Historia evolutiva de las tortugas del Mesozoico de la Península Ibérica. En: *Adaptación y Evolución: 150 años después del Origen de las Especies* (H. Dopazo y A. Navarro, eds). SESBE, Valencia: 424-431.

Pérez García, A., Ortega, F. y Murelaga, X. (2008): Sobre la presencia del género *Elochelys* (Chelonii, Bothremydidae) en la Península Ibérica. En: *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Libro de resúmenes: 177-178.

Pérez García, A., Ortega, F y Murelaga, X. (2009a): Una probable tortuga Pancryptodira del Cretácico Superior de Lo Hueco (Cuenca, España). *Paleolusitana*, 1: 365-371.

Pérez García, A., Ortega, F. y Murelaga, X. (2009b): Preliminary analysis of the bothremydid turtles from “Lo Hueco” (Upper Cretaceous. Cuenca, Spain). En: Gaffney Turtle Symposium. Abstract volume: 64-70.

Pérez García, A., Ortega, F. y Murelaga, X. (En prensa): Ampliación de la distribución geográfica y temporal de *Elochelys convenarum* (Chelonii, Bothremydidae) en el Cretácico Superior de la Península Ibérica. *Ameghiniana*.

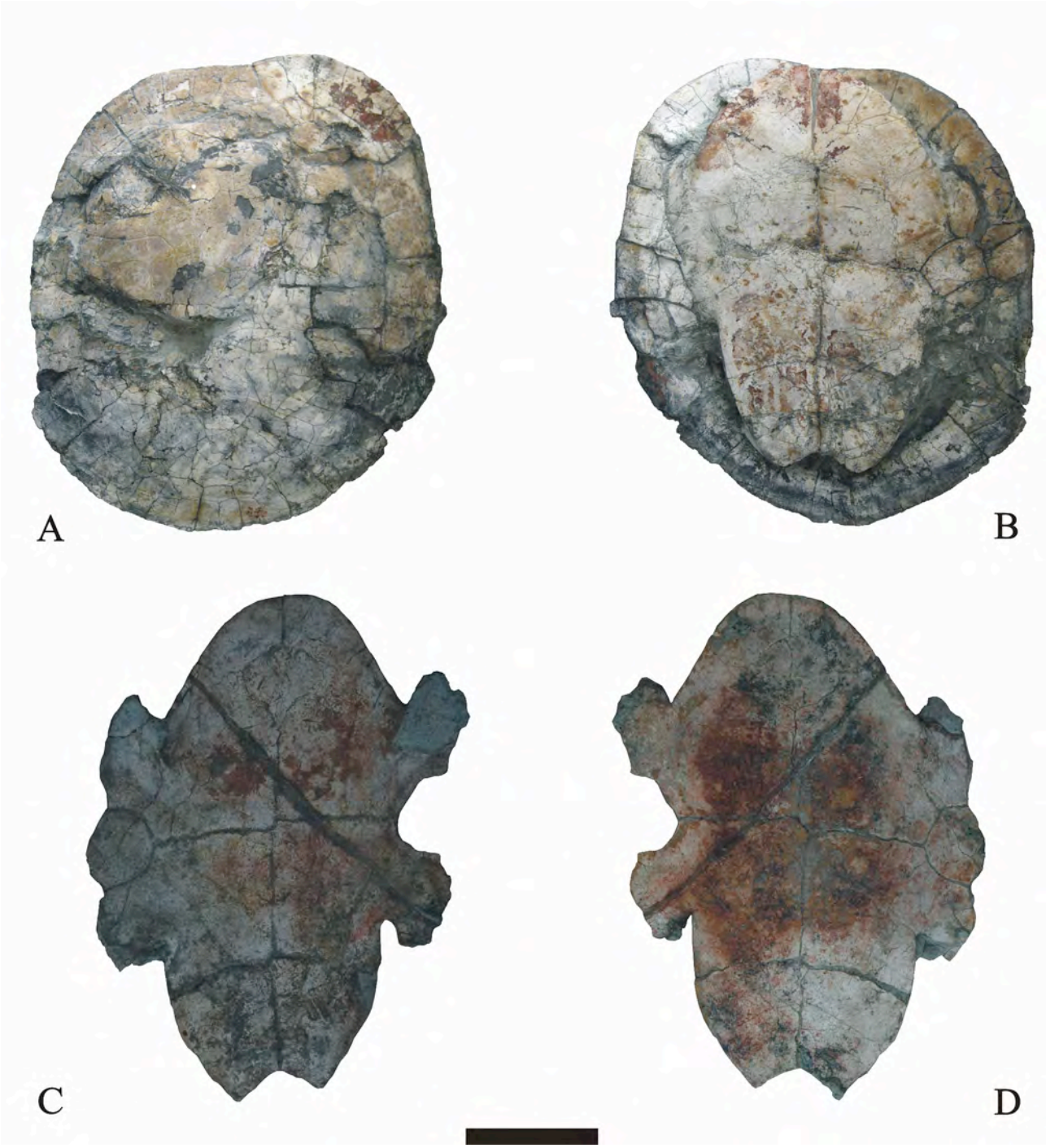


FIGURA 1. *Botremídidos de Lo Hueco. A-B, Ejemplar HUE-4913, caparazón de Elochelys convenarum . C-D, Ejemplar HUE-1220, plastrón de Foxemydina indet no Elochelys. A-C, vista dorsal. B-D, vista ventral. Escala = 10 cm.* Modificadas de Pérez García et al. (2009b).

Nuevas aportaciones al conocimiento sobre la probable tortuga eucriptodira *Chitracephalus dumonii* Dollo, 1884

New contributions to the knowledge of the probable eucryptodiran turtle Chitracephalus dumonii Dollo, 1884

A. Pérez-García[1], F. Ortega[2] y X. Murelaga[3]

1 Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040 Ciudad Universitaria, Madrid. paleontologo@gmail.com
2 Grupo de Biología, Facultad de Ciencias. UNED. c./ Senda del Rey 9. 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es
3 Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco. Apartado 644, 48080 Bilbao. xabier.murelaga@ehu.es

Resumen: *Chitracephalus dumonii* es un quelonio hallado en el Cretácico Inferior de Bernissart (Bélgica). Supone uno de los pocos taxones de tortugas del Cretácico Inferior europeo representados por gran parte del esqueleto. Desde que fue definido, en el siglo XIX, no ha vuelto a ser objeto de estudio. Aunque en la publicación original apenas fue descrito, hasta ahora no existía consenso ni justificación sobre su posición sistemática, identificándose habitualmente como un quelonio indeterminado e incluso como un representante de Pleurodira o de Eucryptodira. La revisión del holotipo y la posible atribución de nuevo material a *Chitracephalus* permiten realizar nuevos estudios.

Palabras clave: Cretácico Inferior, Bernissart, tortuga, Eucryptodira, *Chitracephalus.*

Abstract: *Chitracephalus dumonii is a turtle found in the middle Barremian-lower Aptian of Bernissart (Belgium). This is one of the few taxa of European Lower Cretaceous turtles in which most of the skeleton is known, having been found the skull, the shell and much of the appendicular skeleton. However, until now Chitracephalus is only represented by the holotype. Although this taxon was created in the nineteenth century, there have been no further studies on it. Curiously, the original publication was planned as a previous study, in which there were almost no descriptions of this turtle. There are only a few subsequent references, without descriptions or discussions. The knowledge about fossil turtles has improved considerably since the publication of Chitracephalus and, although the group to which this turtle was previously assigned is not considered valid at present, so far there is no consensus or justification on its systematic position. For that reason, Chitracephalus is usually identified as an indeterminate turtle and even as a representative of groups as distantly related as Pleurodira or Eucryptodira, being in fact a representative of the latter group.*

Key words: *Lower Cretaceous, Bernissart, turtle, Eucryptodira, Chitracephalus*.

INTRODUCCIÓN

En el Cretácico Inferior europeo son pocos los taxones de quelonios de los que se conocen esqueletos relativamente completos. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XIX se estudió uno, con el que se definió un nuevo taxón, que conservaba tanto el cráneo como gran parte del esqueleto postcraneal. Se trata de *Chitracephalus dumonii* Dollo, 1884, cuyo único ejemplar conocido proviene del Cretácico Inferior de Bernissart (Hainaut, Bélgica). Para llegar a su determinación, Dollo (1884) tuvo en cuenta la clasificación de los quelonios empleada en aquel tiempo y los caracteres en los que ésta estaba basada. Consideró que dicho ejemplar pertenecía a un nuevo género, por no poder ser asignado a ninguno de los taxones previamente reconocidos en el Purbeck o en el Weald. Fue identificado como un miembro de (sic) "Thalassemydes", redefiniendo este grupo de quelonios, exclusivamente fósil, como aquellas tortugas con caparazón y plastrón similar a los de los miembros de Cheloniida (*sensu* Strauch, 1862) y con las extremidades como aquellas de Testudinida (*sensu* Strauch, 1862) (Dollo, 1884).

En aquella época, en España las noticias sobre los hallazgos y estudios paleontológicos realizados en el extranjero eran habitualmente transmitidas por la prensa a la sociedad (Pérez García y Sánchez Chillón, 2009), siendo numerosas las noticias referentes a la fauna de Bernissart, y existiendo una referencia española, del siglo XIX, sobre el holotipo de *Chitracephalus*. En 1887, Juan Vilanova y Piera, primer Catedrático de Geología y Paleontología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid, en ese momento Catedrático de Paleontología tras la separación de ambas cátedras en 1878, publicó un reportaje divulgativo en "La Ilustración Española y Americana"

referente a esta temática, *"valiéndome para ello de los bien meditados estudios hechos por el Sr. Dollo, que tuvo la atención de mandarme las Memorias á este asunto referentes, así como las exactas fotografías que las acompañan"*. Una fotografía referente a *Chitracephalus* se publicó en este artículo (Fig. 1). Vilanova describió la fauna de Bernissart como *"singulares criaturas que en otros tiempos hermosearon el suelo de aquella interesante parte de Europa llamada Bélgica"*. En dicha nota, en la que describe de manera muy resumida la historia de nuestro planeta y de cómo la vida se desarrolló en él, originándose en el mar y pasando posteriormente a la tierra, alude a *Chitracephalus*, que, tomando las ideas del artículo de Dollo (1884), se asigna *"á las llamadas* Talasemidas*, en nada parecidas á las actualmente vivas* (tortugas)*, y en las cuales diriase que se reunen los caracteres de los testudinidos, quelonidos y emidos, constituyendo un tipo de seres complejo. Pero aun dentro de las tortugas fósiles de los terrenos jurásico y cretáceo, se diferencia de todas ellas, circunstancia que ha obligado al señor Dollo á crear un género nuevo, el Chitracephalus, que quiere decir cabeza de Chitra, otro grupo ya conocido, del propio modo que Iguanodon significa dientes como los de la Iguana, esto es, estriados ó rayados á lo largo. La especie la dedicó á Mr. Dumón, presidente de la Sociedad explotadora del carbón de Bernissart, en memoria y como debido reconocimiento á los servicios prestados al Museo de Historia Natural de Bruselas con motivo del feliz hallazgo"* (Vilanova, 1887).

En la nota en la que Dollo definió *Chitracephalus* (Dollo, 1884), afirmó que realizaría un trabajo posterior en el que estudiaría con mayor detalle las tortugas de Bernissart. Sin embargo, esto nunca se llegó a realizar, y ni él ni ningún autor posterior publicaron una descripción de dicho ejemplar, a pesar de la buena preservación del mismo. Por lo tanto, su posición sistemática permanece en la actualidad incierta, habiéndose asignado, de manera intuitiva y sin justificarse, a varios grupos diferentes de quelonios a lo largo de la historia (Martínez Marmaneu y Sanfeliú Montolio, 1978; Hirayama et al., 2000) e incluso identificándose, en varios trabajos, como un quelonio indeterminado (ver, por ejemplo, Lapparent de Broin, 2001). La recopilación de estas alusiones bibliográficas deja patente dicha problemática.

Actualmente se está realizando la revisión del ejemplar de *Chitracephalus dumonii* estudiado por Dollo, hasta ahora único representante del género, con el fin de evaluar las propuestas previas y proponer una hipótesis sobre sus relaciones de parentesco. Aunque actualmente no se conserva el ejemplar completo, existen fotografías en la publicación original de Dollo (1884) que permiten cierto conocimiento sobre algunas de las áreas dañadas. La revisión del holotipo de *Chitracephalus* permite la asignación de nuevos ejemplares del Cretácico Inferior europeos a este taxón.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOGRÁFICO

La mina de Bernissart, de donde proviene el holotipo de *Chitracephalus*, se sitúa en la Cuenca de Mons (Bélgica), considerada como la parte noreste de la Cuenca de París. Concretamente se sitúa en la Formación de Arcillas de Santa Bárbara, compuesta por depósitos cuya datación está comprendida entre el Barremiense medio y el Aptiense inferior. Estos niveles han sido interpretados como depositados en un medio lacustre (Dejax et al., 2007).

Además de quelonios, otros grupos representados son vegetales, insectos, peces, anfibios, cocodrilos y, numerosos esqueletos de dinosaurios ornitópodos muy completos (Dejax et al., 2007). El descubrimiento en el siglo XIX de esta biodiversidad, llevó a Vilanova a afirmar que este *"descubrimiento* (constituye) *uno de los hechos más extraordinarios que registran los anales de la ciencia geológica en el actual y en los anteriores siglos"* (Vilanova, 1887).

DISCUSIÓN

En la publicación original de *Chitracephalus*, Dollo (1884) consideró que este género difería de los taxones previamente identificados en el Purbeck o en el Weald, siendo diferente a *Chelone* por la estructura de su cráneo, más similar a la de Trionychida (*sensu* Strauch, 1862); de *Tretosternon*, por estar el borde de su caparazón completamente osificado; de *Pleurosternon*, por la naturaleza de su plastrón óseo, que en lugar de estar formado como el de Testudinida (*sensu* Strauch, 1862), es idéntico al de Cheloniida (*sensu* Strauch, 1862) y de *Emys* y *Platemys* por la misma razón. Sin embargo, Dollo consideró a *Chitracephalus* como un miembro del grupo de los (sic) "Thalassemydes", redefinido en ese mismo trabajo, siendo el único representante con una distribución posterior al Jurásico. Así pues, Dollo (1884) justificó que *Chitracephalus* no podía ser asignado a ninguno de los géneros conocidos de (sic) "Thalassemydes", difiriendo de *Thalassemys* por la morfología de su cráneo y por el menor desarrollo de la osificación tanto del plastrón como del espaldar; de *Tropidemys* también por su grado de osificación; de *Eurysternon* por su cráneo; de *Idiochelys* por su cráneo y de *Hydropelta* por la menor osificación de su plastrón y espaldar. Una vez justificada la asignación a un nuevo género, Dollo (1884) diagnosticó *Chitracephalus* mediante una combinación exclusiva de caracteres, siendo algunos de ellos craneales, como los referentes a la morfología del cráneo y a las proporciones y relaciones entre algunos de sus elementos; otros del caparazón, la mayoría de ellos propios de individuos juveniles (borde osificado, con fontanellas entre las placas costales y las periferales y en el plastrón), sometidas a variabilidad durante el desarrollo ontogenético (morfología del caparazón) o presentes en todos los quelonios excepto en *Dermochelys coriacea* y en Trionychidae (Joyce, 2007) (caparazón y plastrón cubiertos por escudos); y otros del esqueleto apendicular, describiéndose una condición generalizada: extremidades con cinco dedos, terminadas en garras bien desarrolladas.

Aunque en la publicación de Dollo (1884) se adjuntaban algunas fotografías del espécimen, no se realizó ningún dibujo interpretativo donde se pudieran distinguir los límites entre los distintos huesos del cráneo o del caparazón, o conocer en detalle la morfología de las vértebras. Estos elementos apenas fueron descritos. Desgraciadamente, no se han realizado descripciones ni publicado láminas más detalladas en ningún trabajo posterior.

En la década de 1930 Franz Nopcsa, tras analizar este ejemplar, llegó a una conclusión diferente a la de Dollo sobre su posición sistemática, que no justificó. Para él, *Chitracephalus* se trataba de un representante de Chelyidae (Nopcsa, 1934).

Hasta ahora, no se ha asignado a *Chitracephalus* ningún otro ejemplar, ni se ha efectuado ninguna revisión que permita situar a este taxón en una hipótesis filogenética actual. Por este motivo, *Chitracephalus* ha sido identificado a menudo como Chelonii *incertae sedis* (ver por ejemplo Lapparent de Broin, 2001). A pesar de esto, en algunos trabajos ha sido identificado como un representante de Pleurodira (Martínez Marmaneu y Sanfeliú Montolio, 1978), y en otros ha sido considerado un miembro de Eucryptodira (Hirayama et al., 2000), sin justificarse ninguna de estas asignaciones.

Entre 1884 y la actualidad, los conocimientos sobre los quelonios del Mesozoico de Europa se han incrementado notablemente. La revisión del holotipo de *Chitracephalus*, así como el análisis de nuevos ejemplares que pudieran asignarse a este taxón, permiten plantear una nueva diagnosis para este género y efectuar su incorporación en las hipótesis filogenéticas actualmente vigentes, confirmándose su atribución al nodo Eucryptodira (*sensu* Joyce, 2007) e incorporándose en nuevos estudios faunísticos y paleobiogeográficos.

CONCLUSIONES

Dollo (1884) consideró que el holotipo de *Chitracephalus dumonii* correspondía a un ejemplar adulto. Sin embargo, es muy probable que muchos de los caracteres que presenta se deban a su temprano estadío ontogenético. A pesar de que esto pudiera afectar la validez de la diagnosis del taxon descrito por Dollo, ésta está constituida por una combinación de caracteres exclusiva y acompañada por una discusión sobre su posición sistemática con los criterios y conocimientos de la época (Dollo, 1884). Por lo tanto, el nombre de *Chitracephalus dumonii* puede considerarse como válido, aunque su diagnosis puede ser enmendada, atendiendo a la información facilitada por nuevos ejemplares en estadíos ontogenéticos más avanzados, que también están en fase de estudio. El análisis de estos ejemplares permite identificar a *Chitracephalus* como un representante de Pancryptodira Eucryptodira, así como confirmar que el holotipo posee una combinación de caracteres exclusiva constituida por caracteres que se consideran independientes del desarrollo ontogenético.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está financiada por una beca FPU (Ref. AP2007-00873) y los proyectos “Registro geológico de periodos críticos: factores paleoclimáticos y paleoambientales” (Ref. GI 910161) y “Geología y paleontología del yacimiento de "Lo Hueco" (Cretácico Superior. Fuentes, Cuenca)” (Ref. CGL2009-10766).

REFERENCIAS

Dejax, J., Pons, D. y Yans, J. (2007): Palynology of the dinosaur-bearing Wealden facies in the natural pit of Bernissart (Belgium). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 144: 25-38.

Dollo, M. L. (1884): Premiere note sur les cheloniens de Bernissart. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, 3: 63-79.

Hirayama, R., Brinkman, D. B. y Danilov, I. G. (2000): Distribution and biogeography of non-marine Cretaceous turtles. *Russian Journal of Herpetology*, 7: 181-198.

Joyce, W. G. 2007. Phylogenetic relationships of mesozoic turtles. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, 48(1): 3-102.

Lapparent de Broin, F. de. (2001): The European turtle fauna from the Triassic to the Present. *Dumerilia*, 4: 155-216.

Martínez Marmaneu, A. y Sanfeliú Montolio, T. (1978): Notas y bibliografía referente a los grandes reptiles mesozoicos. *Millars*, 5: 251-268.

Nopcsa, B. F. (1934): The influence of geological and climatological factors on the distribution of non-marine fossil reptiles and Stegocephalia. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 90: 76-140.

Pérez García, A. y Sánchez Chillón, B. (2009): Historia de *Diplodocus carnegii* del MNCN: primer esqueleto de dinosaurio montado en la Península Ibérica. *Revista Española de Paleontología*, 24 (2): 133-148.

Strauch, A. (1862): Chelonogische Studien, mit besonderer Bezeichung auf die Schildkrötensammlung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg*, 7 (5): 1-196.

Vilanova, J. (1887): Los tesoros geológicos de Bernissart (Bélgica). *La Ilustración Española y Americana*, 8 de junio, año 31, número 21: 371-373.



FIGURA 1. *Fotografía del holotipo de Chitracephalus dumonii, enviada por Dollo a Vilanova y publicada por éste en una nota divulgativa en la prensa española (Vilanova, 1887).*

Análisis preliminar de la diversidad de quelonios del Jurásico Superior de Torres Vedras (Portugal)

Preliminary analysis of the diversity of Upper Jurassic turtles from Torres Vedras (Portugal)

A. Pérez-García[1,2], F. Ortega[2,3] y B. Silva[2]

1 Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040 Ciudad Universitaria, Madrid. paleontologo@gmail.com
2 Laboratório de Paleontologia e Paleoecologia da ALT-Sociedade de História Natural. Apartado 25, 2564-909 Torres Vedras, Portugal.
3 Grupo de Biología, Facultad de Ciencias. UNED. c./ Senda del Rey 9. 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es

Resumen: Aunque la presencia de quelonios en yacimientos del Jurásico Superior de Portugal se conoce desde el siglo XIX,,hasta ahora apenas han sido estudiados. En el Concelho de Torres Vedras, localidad situada en la Cuenca Lusitánica, en la región Centro-Occidental portuguesa, son muy abundantes los afloramientos jurásicos. En ellos se han hallado numerosos restos de tortugas, desde elementos aislados a ejemplares relativamente completos. Se presentan aquí, de manera preliminar, una nota sobre la diversidad de las tortugas halladas en este Concelho, que se asignan a dos grupos de Pancryptodira: Pleurosternidae y Plesiochelyidae.

Palabras clave: Jurásico Superior, Torres Vedras, tortugas, Pleurosternidae, Plesiochelyidae.

Abstract: *Although the presence of turtles in the Upper Jurassic deposits of the Lusitanian Basin (Central-Western Portugal) has been known since the nineteenth century, so far hardly been studied. In the Concelho de Torres Vedras are very abundant the Jurassic (Kimmeridgian-Tithonian) outcrops that have yielded a rich collection of vertebrate fossils (mainly turtles, lepidosauromophs, crocodylomorphs and dinosaurs . Among them, it has been found numerous remains of turtles, usually isolated elements, but sometimes relatively complete specimens have been found. Here we present a preliminary note on the diversity of turtles found in the Upper Jurassic fossilsites of Torres Vedras. The available specimens can be assigned to two groups of Pancryptodira: one assigned to Pleurosternidae and probably two representatives of Plesiochelyidae. Preliminary, it is considered that the two latter are represented by a robust form and another with thinner plates and further development of plastral fontanelles.*

Key words: *Upper Jurassic, Torres Vedras, turtles, Pleurosternidae, Plesiochelyidae*.

INTRODUCCIÓN

El registro de vertebrados fósiles es muy abundante en el Jurásico Superior de Portugal. Aunque los dinosaurios han sido los más estudiados, otros grupos de reptiles, que han recibido menos atención, están también bien representados (Ortega et al., 2009). Uno de ellos es el de los quelonios y aunque hasta ahora su estudio está en una fase muy inicial, se han identificado varios grupos que habitaban distintos medios.

En la mina de lignitos de Guimarota, en Leiria (Kimmeridgiense), fueron identificadas numerosas placas, generalmente fragmentarias, y algunos elementos apendiculares de tortugas. Atendiendo a la ornamentación de las placas, se consideró la presencia de, al menos, tres posibles taxones, habiéndose identificado un miembro indeterminado de Platychelidae, otro quelonio de apariencia similar a la de éste y un representante indeterminado de Pleurosternidae (Gassner, 2000), no descartándose la presencia de un quelonio indeterminado que presentaría semejanzas morfológicas con los miembros de Chelydridae (Lapparent de Broin, 2001). Algunos representantes de Pleurosternidae han sido también reconocidos, a través de placas aisladas, en los depósitos aluviales del Jurásico Superior (Kimmeridgiense superior-Titónico) de Porto das Barcas (Lourinhã) (Lapparent de Broin, 2001).

En el Jurásico Superior de Portugal también se ha reconocido la presencia de representantes de Plesiochelyidae, procediendo sus primeras referencias del siglo XIX. En la Formación Freixial (Titónico), en Vila Franca do Rosario, se describió el holotipo de *Plesiochelys choffati* (Sauvage, 1897-1898). Se ha atribuido a *Craspedochelys* sp. un caparazón proveniente de Romão (Capas de Alcobaça, Kimmeridgiense superior) (ver Lapparent de Broin et al., 1996).

A este registro, que en la actualidad está en fase de revisión, se puede incorporar la información procedente de los análisis que se están efectuando sobre el abundante material de quelonios jurásicos recogidos en el Concelho de Torres Vedras. Se presenta aquí, de manera preliminar, una nota sobre la diversidad de tortugas recogidas en esa área.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

El material analizado en este trabajo ha sido recogido en distintos afloramientos el Concelho de Torres Vedras, una localidad situada al norte del distrito de Lisboa (figura 1), en la en la orla mesocenozoica portuguesa. En este Concelho son abundantes los sedimentos de la Cuenca Lusitánica datados en el Jurásico Superior, y mas concretamente en el lapso Kimmeridgiense-Titónico. La fauna de reptiles recogida en estos niveles hasta el momento está compuesta por una treintena de taxones que incluyen tortugas, coristoderos, lepidosauromorfos, cocodrilos, pterosaurios y dinosaurios (Ortega e tal 2009)

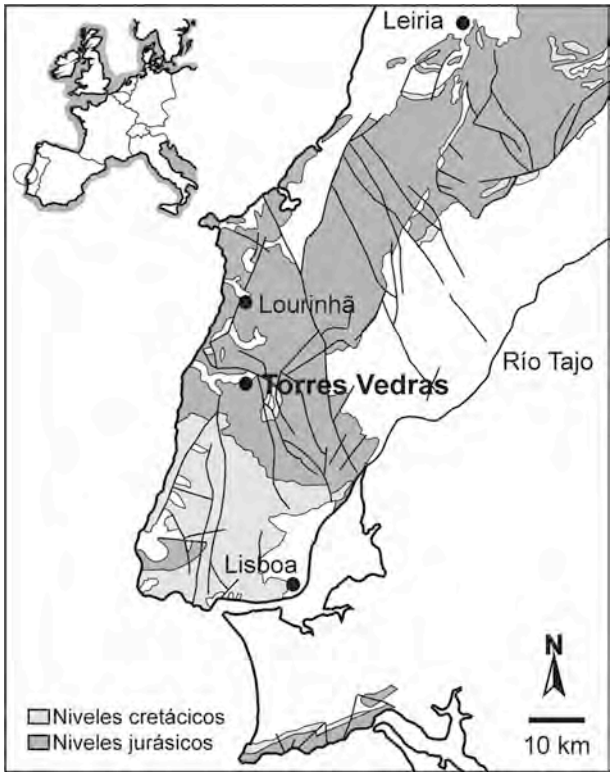


FIGURA 1. *Mapa geológico simplificado de la región centro-occidental de Portugal, donde se sitúa Torres Vedras.*

REGISTRO

En el Concelho de Torres Vedras son abundantes los afloramientos jurásicos donde se han hallado elementos asignables a quelonios. Se trata de placas y huesos aislados o articulados, tanto del esqueleto apendicular como del craneal, así como de caparazones fragmentarios o relativamente completos. La mayoría de este material permanece aún inédito, pero está en fase de estudio. Los elementos identificables pueden ser adscritos a Pancryptodira, estando bien representados tanto miembros de Pleurosternidae como de Plesiochelyidae.

Pleurosternidae es un grupo de Paracryptodira cuyos representantes probablemente habitaron ambientes dulceacuícolas (ver Pérez García, 2009), lo que es coherente con la interpretación ambiental de los niveles donde han sido hallados. Aunque se ha notificado su presencia en varios afloramientos del Concelho de Torres Vedras, destacan los hallazgos realizados en el Kimmeridgiense superior de Santa Rita (Vimeiro), en el miembro Praia da Amoreira-Porto Novo, perteneciente a la Formación Alcobaça del Grupo Lourinhã (sensu Yagüe et al., 2006). El material de pleurostérnidos previamente reconocido en la Península Ibérica se trataba de elementos desarticulados y aislados. No obstante, en este afloramiento se ha recogido material articulado o con una ligera dispersión (Pérez García et al., 2009). Entre otros elementos, se reconoce un plastrón completo (Figura 2A).

Pleurosternidae está presente tanto en Norteamérica como en Europa, con un registro conocido entre el Jurásico Superior y el Paleoceno (Lapparent de Broin, 2001). Existen varios taxones de los que se conoce poco registro, como es el caso de *Desmemys*, representada por un único ejemplar del Cretácico Inferior de Alemania o *Compsemys*, cuya presencia en Europa (Paleoceno de Francia) no está consensuada debido al escaso material que se le ha atribuido, en el que no pueden ser comprobados la mayoría de los caracteres diagnósticos del género. El único pleurostérnido con registro abundante es *Pleurosternon*, habiéndose reconocido en el Cretácico Inferior de Inglaterra y Alemania algunos caparazones completos y otros elementos óseos. También se ha citado en niveles jurásicos, habiéndose hallado placas aisladas en algunas localidades francesas que se asignan, de manera preliminar, a este género, y un único ejemplar determinado a nivel específico, correspondiente al holotipo de "*Pleurosternon*" *portlandicum*, en Portland (Inglaterra). La atribución genérica de esta especie no puede ser confirmada debido a que únicamente se observa su plastrón (Lapparent de Broin, 2001; Pérez García et al., 2009).

El plastrón de Santa Rita, tiene una ornamentación similar a la de *Pleurosternon*, consistente un patrón basado en pequeñas depresiones, con finos surcos perpendiculares a los bordes de las placas. Además, este ejemplar tiene tanto la morfología del entoplastrón como la del escudo intergular similar a la de *Pleurosternon bullockii*, en contraste con la de "*Pleurosternon*" *portlandicum*. No obstante, presenta numerosas diferencias con *Pleurosternon*, como el lóbulo posterior redondeado, carente de escotadura anal; el contacto sagital de los escudos plastrales sinuoso; o su menor tamaño (Pérez García et al., 2009). El análisis de placas correspondientes al espaldar permite señalar también notables diferencias, confirmando que se trata de un nuevo taxón.

Plesiochelyidae es un grupo de Eucryptodira endémico de Europa, donde se han reconocido los géneros *Plesiochelys*, *Craspedochelys*, *Tropidemys* y *Tholemys*, además de otros representantes tentativamente asignados a Plesiochelyidae, pero cuya asignación no ha sido confirmada (Lapparent de Broin et al., 1996; Lapparent de Broin, 2001). Se trata de quelonios habitantes de medios marinos litorales. A pesar de que carecían de las modificaciones de las extremidades presentes en Chelonioidea, los plesioquélidos protagonizaron la primera radiación de las tortugas marinas (ver Pérez García, 2009).

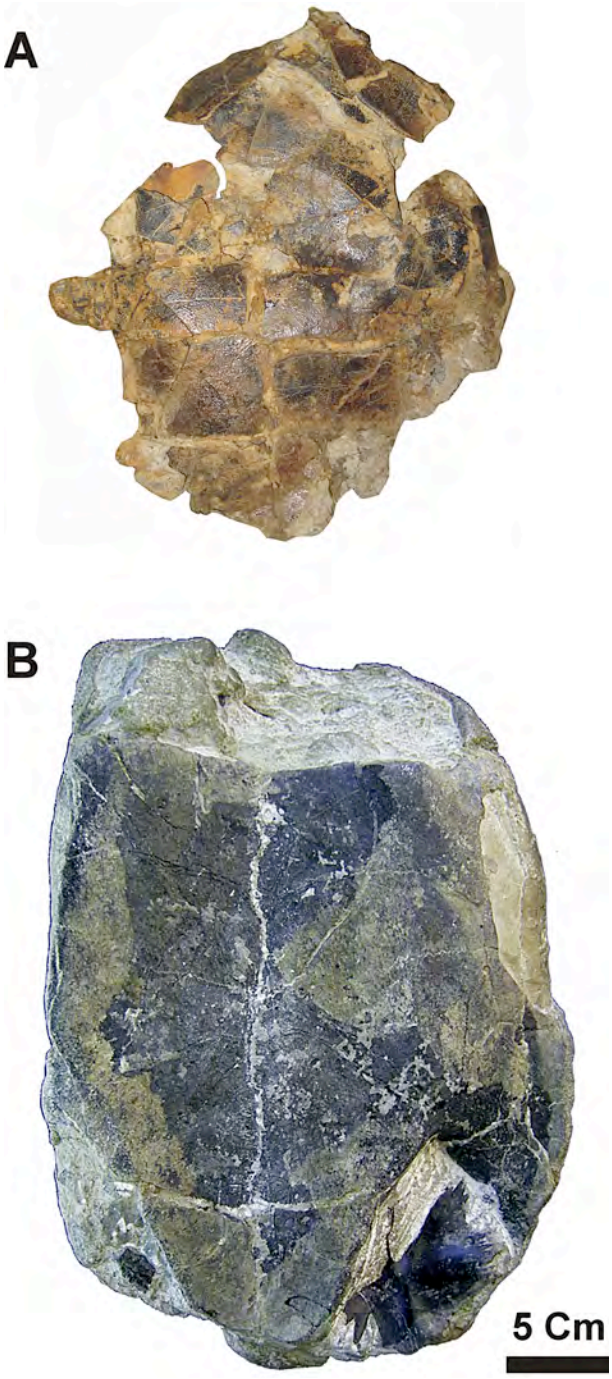


FIGURA 2. Quelonios del Jurásico Superior de Torres Vedras. A, Plastrón de Pleurosternidae procedente de Santa Rita. B, Plastrón de Plesiochelyidae procedente de Ulsa.

Uno de los caparazones articulados de plesioquélidos reconocidos en el área de Torres Vedras (Figura 2B) ya fue discutido, de manera preliminar, en Pérez García et al. (2008). Se trata de un caparazón incompleto, articulado y ligeramente deformado, procedente del Titónico de Ulsa. Este hallazgo se sitúa en la Formación Freixial, también perteneciente al Grupo Lourinhã (sensu Yagüe et al., 2006). Su espaldar carece de casi toda la placa nucal, gran parte de las periferales, la pigal, las suprapigales y las octavas costales. El plastrón está completo a excepción del lóbulo anterior, careciendo de epiplastrones, entoplastrón y de la parte anterior de los hioplastrones (Pérez García et al., 2008). El ejemplar difiere de los miembros de otros grupos de eucriptodiros basales reconocidos en el Jurásico Superior europeo por una serie de caracteres que diagnostican el taxón Plesiochelyidae. Así pues, difiere de los miembros de Eurysternidae en que el contacto entre el plastrón y el espaldar no es ligamentoso, en que los escudos vertebrales no son tan anchos en relación a los pleurales y en la ausencia de fontanelas dorsales y en la región ventral del puente. El caparazón tampoco es tan aplastado como ocurre en los representantes de Eurysternidae (Lapparent de Broin et al., 1996; Pérez García et al., 2008). Difiere de los miembros de Thalassemydidae en varios caracteres, como en la ausencia de un lóbulo plastral posterior corto y ancho o en que en los talasemídidos los procesos de los hioplastrones y de los hipoplastrones no contactan con las placas costales, estando en el ejemplar de Ulsa en contacto con éstas, tal como ocurre en los representantes de Plesiochelyidae.

Al igual que en Plesiochelyidae, el ejemplar de Ulsa presenta escudos vertebrales más anchos que largos, preservando la condición primitiva, mientras que en Thalassemydidae los vertebrales son más estrechos. (Lapparent de Broin et al., 1996; Pérez García et al., 2008). Se puede considerar que dicho ejemplar comparte caracteres con los miembros asignados de manera inequívoca a Plesiochelyidae, careciendo de los caracteres que constituyen la diagnosis de Eurysternidae y Thalassemydidae y no compartiendo las sinapomorfías de grupos más derivados (sensu Joyce, 2007).

El ejemplar descrito fue interpretado como un individuo adulto o subadulto (Pérez García et al., 2008). Posee unas placas relativamente gruesas y carece de fontanella plastral central. En varios afloramientos, como los de Alto da Vela (Santa Cruz, Torres Vedras), se han hallado placas plastrales gruesas y sin fontanelas, con una morfología similar a la del ejemplar de Ulsa, junto con otras también asignadas a Plesiochelyidae que, con un tamaño similar, tienen mucho menor espesor y presentan los bordes de una fontanela hio-

hipoplastral bien desarrollada. En los individuos juveniles de Plesiochelyidae esté presente una fontanela plastral central, que se va reduciendo a lo largo del desarrollo ontogénico, no llegando a cerrarse en algunos adultos. Por tanto, en individuos adultos de una misma especie podemos encontrar fontanelas abiertas o cerradas (Joyce, 2007). No obstante, comparando placas de ambos morfotipos de tamaños similares, las notables diferencias en espesor y la correlación de la presencia de amplias fontanellas con sólo uno de ellos, así como las diferencias morfológicas, permiten interpretar que ambas placas probablemente no pertenezcan a un único taxón.

CONCLUSIONES

El material de quelonios del Jurásico Superior de Torres Vedras es muy abundante. De manera preliminar, se identifican tres taxones que están bien representados, uno asignado a Pleurosternidae y dos a Plesiochelyidae. Su estudio y la revisión del material previamente citado no sólo permitirán conocer la diversidad de quelonios del Jurásico Superior de Portugal sino también integrarlo en el contexto paleobiogeográfico.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está financiada por una beca FPU (Ref. AP2007-00873) y por los proyectos "Registro geológico de periodos críticos: factores paleoclimáticos y paleoambientales" (Ref. GI 910161) y "Study of the vertebrate faunas of the Upper Jurassic of the Lusitanian Basin and paleobiogeographic implications (VERT-JURA)" (TDC/CTEGEX 67723/2006)

REFERENCIAS

Gassner, T. (2000): The turtles from the Guimarota mine. En: *Guimarota: A Jurassic ecosystems* (T. Martin y B. Krebs, eds.). Verlag, München, 55-58.

Joyce, W. G. (2007): Phylogenetic Relationships of Mesozoic Turtles. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, 48 (1): 3-102.

Lapparent de Broin, F. de (2001): The European turtle fauna from the Triassic to the Present. *Dumerilia*, 4 (3): 155-216.

Lapparent de Broin, F. de, Lange-Badré, B. y Dutrieux, M. (1996): Nouvelles decouvertes de tortues dans le Jurassique Supérieur du Lot (France) et examen du taxon Plesiochelyidae. *Revue de Paléobiologie*, 15 (2): 533-570.

Sauvage H. E. (1897-1898): Vertébrés fossiles du Portugal. Contribution à l'étude des poissons et des reptiles du Jurassique et du Crétacique. *Memorias Commissão do Serviço Geológico de Portugal*: 1-46.

Ortega, F., Malafaia, E., Escaso, F., Pérez García, A. y Dantas, P. (2009): Faunas de répteis do Jurássico Superior de Portugal. *Paleolusitana*, 1: 43-56.

Pérez García, A. (2009): Historia evolutiva de las tortugas del Mesozoico de la Península Ibérica. En: *Adaptación y Evolución: 150 años después del Origen de las Especies* (H. Dopazo y A. Navarro, eds). SESBE, Valencia: 424-431.

Pérez García, A., Ortega, F. y Escaso, F. (2009): A small pleurosternid turtle from the Upper Jurassic of Santa Rita (Torres Vedras, Portugal): Juvenile or new form?. En: *VII Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists*. Abstract Volume: 56.

Pérez García, A., Ortega, F., Murelaga, X. y Dantas, P. (2008): *Plesiochelys* sp. (Testudines; Eucryptodira) de la Fm. Freixial (Jurásico Superior) en Ulsa (Torres Vedras, Portugal). *Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, 8: 331-344.

Yagüe, P., Dantas, P., Ortega, F., Cachão, M., Santos, F.A.M.; Gonçalves, R. y Lopes, S. (2006): New sauropod material from the Upper Jurassic of Praia da Areia Branca (Lourinhã, Portugal). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 240 (3): 313-342.

Revisión de la fauna de tortugas del Cretácico superior de Armuña (Segovia)

Revision of the fauna of turtles from the Upper Cretaceous of Armuña (Segovia)

A. Pérez-García[1], F. Ortega[2], X. Murelaga[3] y E. Jiménez Fuentes[4]

1 Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040 Ciudad Universitaria, Madrid. paleontologo@gmail.com
2 Grupo de Biología, Facultad de Ciencias. UNED. c./ Senda del Rey 9. 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es
3 Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco. Apartado 644, 48080 Bilbao. xabier.murelaga@ehu.es
4 Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced, S/N. 37008 Salamanca. ejimenez@usal.es

Resumen: El yacimiento del Campaniense superior-Maastrichtiense de Armuña (Segovia) fue uno de los primeros en los que se analizó la fauna de quelonios finicretacicos de España. Sin embargo, este análisis no ha sido revisado a la luz de los estudios exhaustivos realizados posteriormente sobre los quelonios de otros yacimientos del Cretácico Superior de Europa Occidental. Se realiza aquí una revisión de la información sobre las tortugas de Armuña, ajustando el material disponible al conocimiento actual sobre las faunas de quelonios del Cretácico Superior de la Península Ibérica.

Palabras clave: Cretácico Superior, Armuña, tortugas, Bothremydidae, Solemydidae.

Abstract: *The Upper Campanian-Maastrichtian site of Armuña (Segovia) was among the first in which was analyzed the finicretaceous chelonian fauna from Spain. However, this analysis has not been revised yet in the light of the extensive studies carried out later on the turtles of other Upper Cretaceous deposits of Western Europe. A revision of the information on turtles from Armuña and its fit to the current knowledge is proposed. There are two kinds of turtles in the Armuñan record, although the material available is very fragmentary. The first morphotype, previously considered as a pelomedusid, is now attributed to a member of Bothremydidae. The second one, previously attributed to a dermatemidid, is now considered a form of Solemydidae. Both taxa are common in the Late Cretaceous of Western Europe, but at present it is not possible to establish the relationships among the taxa present in Armuña and the described in other sites.*

Key words: *Upper Cretaceous, Armuña, turtles, Bothremydidae, Solemydidae.*

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre las tortugas del Cretácico Superior europeas y, especialmente sobre las Ibero-Occitana de ha incrementado notablemente en los últimos años. En este contexto, una de las contribuciones más relevantes es el trabajo que Lapparent de Broin y Murelaga (1996) realizaron sobre los quelonios del yacimiento de Laño (Condado de Treviño, Burgos). En dicho trabajo, se definieron varios taxones nuevos, tanto a nivel de familia, como genérico y específico. A estos taxones se ha asignado gran parte del registro procedente de varios yacimientos campano-maastrichtienses (ver Pérez García, 2009). Sin embargo, las tortugas del yacimiento de Armuña (Segovia), que habían sido analizadas previamente (Jiménez et al., 1990; Jiménez-Fuentes, 1992), no han vuelto a ser objeto de estudio.

En 1990, Jiménez et al. describieron la presencia de dos tipos quelonios en el yacimiento de Armuña, a partir de placas aisladas y, en mucho casos, fragmentos de estas. El grupo más abundantemente representado se relacionó con los Pelomedusidae, mientras que el otro fue relacionado con los Dermatemydidae.

Respecto a los Pelomedusidae, Jimenéz et al (1990) consideraron que la ornamentación rugosa observada en la parte anterior de los epiplastrones, así como la forma de su peto, era similar a la del género *Rosasia* del Cretácico Superior de Portugal y tan sólo la presencia de algunas diferencias respecto al taxón portugués desaconsejaron la propuesta de una relación cogenérica. Posteriormente, Jiménez-Fuentes (1992) alude, a la probable presencia de *Elochelys* en los yacimientos de Laño (Condado de Treviño, Burgos) y de Armuña, aunque no se descarta la presencia de *Rosasia.*

Respecto a los Dermatemydidae se diferenciaron dos morfotipos, uno con placas más gruesas, ornamentadas mediante vermiculaciones muy marcadas, y otro con vermiculaciones menos

pronunciadas. (Jiménez et al., 1990; Jiménez-Fuentes, 1992).

Se pretende revisar la paleoquelonofauna de Armuña atendiendo a la información conocida actualmente sobre los quelonios de los yacimientos del Campaniense y del Maastrichtiense europeos. Se presenta aquí una propuesta preliminar, no descartándose que un análisis más detallado permita precisar aún más las asignaciones, así como identificar mayor variabilidad en la fauna de tortugas del yacimiento.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

El yacimiento se sitúa en la localidad segoviana de Armuña, al noroeste de la ciudad de Segovia. Fue identificado en la década de 1980 y en él se efectuaron varias excavaciones sistemáticas en los últimos años de dicha década, de las que proceden los restos de quelonios analizados. La fauna reconocida se compone de peces semionotiformes y teleósteos, quelonios, los cocodrilos *Musturzabalsuchus* y *Allodopasuchus* y dinosaurios terópodos indeterminados, saurópodos titanosaurios (posiblemente una forma cercana a *Lirainosaurus*) y ornitópodos (*Rhabdodon*). (Buscalioni y Martínez-Salanova 1990; Corral Hernández et al., 2007).

El yacimiento se localiza en una unidad detrítica, generada en un medio deltaico, que fue depositada en el Campaniense superior-Maastrichtiense (Buscalioni y Martínez-Salanova 1990).

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Entre los elementos identificados como pertenecientes a quelonios y tal como propusieron Jiménez et al. (1990) y Jiménez-Fuentes (1992), la mayoría pueden ser asignados a representantes de dos grupos.

Chelonii Brongniart, 1800 (Latreille, 1800)
Panpleurodira Joyce, Parham y Gauthier, 2004
Megapleurodira Gaffney *et al*., 2006
Pelomedusoides Cope, 1868
Podocnemidoidea Cope, 1868
Bothremydidae Baur, 1891
Bothremydidae indet.

Se atribuye a Bothremydidae todo el material que había sido previamente asignado a Pelomedusidae por Jiménez et al. (1990) y Jiménez-Fuentes (1992). Los estudios sobre quelonios de otros yacimientos cretácicos de Europa ponen de manifiesto la abundancia de los representantes de Pelomedusoides Bothremydidae, mientras que está consensuado que, por el momento, en Europa no se conoce registro de Pelomedusidae previo al Eoceno (Lapparent de Broin y Murelaga, 1999). Existe también un amplio consenso en considerar a Bothremydidae como grupo hermano de Podocnemididae, siendo ambos representantes de Podocnemidera, grupo hermano de Pelomedusidae.

En los últimos años se ha incrementado notablemente no sólo el número de yacimientos ibéricos donde se han hallado ejemplares asignados a Bothremydidae (ver Pérez García, 2009), sino que se han identificado varios nuevos taxones en el Campaniense y Maastrichtiense de Europa Occidental. Así pues, el número de taxones conocidos en la década de 1990 (*Rosasia soutoi* Carrington da Costa, 1940, *Polysternon provinciale* (Matheron, 1869) y *Elochelys perfecta* Nopcsa, 1931) se ha duplicado al describirse *Polysternon atlanticum* Lapparent de Broin y Murelaga, 1996, *Foxemys mechinorum* Tong, Gaffney y Buffetaut, 1998 y *Elochelys convenarum* Laurent, Tong y Claude, 2002. Hasta el momento, la presencia de *Rosasia* se ha confirmado únicamente en Portugal y la de *Foxemys* en Francia, siendo *Elochelys* y *Polysternon* géneros identificados tanto en Francia como en España (Lapparent de Broin, 2001; Pérez García et al, en prensa). Esta diversidad de taxones, así como la probable coexistencia de más de uno de ellos en algunas localidades (Pérez García et al., en este volumen), dificultan enormemente la atribución genérica o específica de material aislado, como es el caso del procedente de Armuña.

Aunque Jiménez et al. (1990) estimaron el tamaño medio de los ejemplares de Armuña en 20-30 cm. Este carácter carece de validez para su asignación genérica. Así, aunque en algunos géneros se ha considerado que existen especies de diferente tamaño, como es el caso de *Polysternon provinciale* frente a *Polysternon atlanticum* o de *Elochelys convenarum* frente a *Elochelys perfecta* (Lapparent de Broin y Murelaga, 1999; Pérez García et al, en prensa), se requiere un mayor conocimiento de esos taxones para confirmar la validez de este criterio.

La ornamentación rugosa de la parte anterior de los epiplastrones que Jiménez et al. (1990) consideraron un carácter compartido con *Rosasia*, no es un carácter diagnóstico de este taxón (Gaffney et al, 2006), no estando en realidad presente en gran parte de los individuos conocidos.

Desconociendo el número de representantes de Bothremydidae presentes en Armuña y a la espera de un estudio más detallado tanto del material de este yacimiento como de un mejor conocimiento del registro de Bothremydidae ibérico, se asignan provisionalmente estas placas a Bothremydidae indet., sin poderse confirmar la atribución a *Rosasia* o a *Elochelys* efectuadas por Jiménez et al. (1990) y por Jiménez-Fuentes (1992).

Chelonii Brongniart, 1800 (Latreille, 1800)
Pancryptodira Gaffney, 1975

Solemydidae Lapparent de Broin y Murelaga, 1996
Solemydidae indet.

Se atribuye a Solemydidae el material que había sido previamente asignado a Dermatemydidae por Jiménez et al. (1990) y en Jiménez-Fuentes (1992), atendiendo a su ornamentación, consistente en granulaciones, más o menos separadas y en vermiculaciones Al igual que Dermatemydidae, Solemydidae es un grupo de Pancryptodira. No obstante, mientras que Solemydidae se sitúa entre los Pancryptodiros basales, siendo su posición sistemática precisa incierta debido a la falta de información, por la ausencia de material craneal ni de caparazones completos, Dermatemydidae se asigna a Cryptodira, estando su posición más consensuada. Actualmente se considera que no se conoce registro de Dermatemydidae en Europa y se ha reasignado a Solemydidae (Lapparent de Broin, 2001) la mayoría del material europeo previamente considerado, como es el caso de Armuña.

El registro de Solemydidae es muy común en los yacimientos del Campaniense y del Maastrichtiense de Europa Occidental, habiéndose citado en numerosos yacimientos españoles (ver Lapparent de Broin y Murelaga, 1999; Lapparent de Broin, 2001; Pérez García, 2009).

A pesar de lo fragmentario del material disponible en Armuña no se puede descartar que los dos tipos morfológicos descritos por Jiménez et al. (1990) correspondan a individuos en distintos estadios del desarrollo ontogenético y a placas con mayor y menor grado de abrasión de miembros de un mismo taxón.

Atendiendo a esto se identifica este morfotipo de tortuga como Solemydidae indet.

CONCLUSIONES

Se confirma la presencia de representantes de dos grupos de quelonios en el yacimiento campano-maastrichtiense de Armuña (Segovia). Estos taxones, previamente identificados como Pelomedusidae y Dermatemydidae, son respectivamente reasignados a Bothremydidae y Solemydidae, dos de los grupos de quelonios más habituales en yacimientos del Cretácico Superior europeo. Sin embargo, debido al carácter fragmentario de los ejemplares, no es posible, por el momento, proponer una asignación a nivel genérico.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está financiada por una beca FPU (Ref. AP2007-00873) y los proyectos “Registro geológico de periodos críticos: factores paleoclimáticos y paleoambientales” (Ref. GI 910161) y “Geología y paleontología del yacimiento de "Lo Hueco" (Cretácico Superior. Fuentes, Cuenca)” (Ref. CGL2009-10766).

REFERENCIAS

Buscalioni, A. D. y Martínez-Salanova, J. (1990): Los vertebrados fósiles del yacimiento Cretácico de Armuña (Prov. Segovia, España). En: Comunicaciones de la Reunión de Tafonomía y Fosilización, Madrid, 51-57.

Corral Hernández, E., Sanz, J. L., Ortega, F. y Escaso, F. (2007): Restos de dinosaurios del Cretácico Superior de Armuña (Segovia). In: Cantera Paleontológica: 133-142. Diputación Provincial de Cuenca, Cuenca, 398 pp.

Jiménez, E., Martin, S., Mulas, E. y Perez, E. (1990): Yacimientos con quelonios del Cretácico español. Acta salmanticensia, 68: 173-176

Jiménez-Fuentes, E. (1992): Quelonios fósiles de Castilla y León. In "Vertebrados fósiles de Castilla y León". (Coord: Jiménez Fuentes, E.). Museo de Salamanca, junio-julio 1992: 71-100.

Lapparent de Broin, F. de (2001): The European turtle fauna from the Triassic to the Present. *Dumerilia*, 4 (3): 155-216.

Lapparent de Broin, F. de y Murelaga, X. 1996. Une nouvelle faune de chéloniens dans le Crétacé supérieur européen. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 323 (Série 2 a): 729-735.

Lapparent de Broin, F. de y Murelaga, X. (1999): Turtles from the Upper Cretaceous of Laño (Iberian Peninsula). *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava*, 14 (N.E. 1): 135-211.

Pérez García, A. (2009): Historia evolutiva de las tortugas del Mesozoico de la Península Ibérica. En: *Adaptación y Evolución: 150 años después del Origen de las Especies* (H. Dopazo y A. Navarro, eds). SESBE, Valencia: 424-431.

Pérez García, A., Ortega, F. y Murelaga, X. (En prensa): Ampliación de la distribución geográfica y temporal de *Elochelys convenarum* (Chelonii, Bothremydidae) en el Cretácico Superior de la Península Ibérica. *Ameghiniana*.

Pérez García, A., Ortega, F. y Murelaga, X. (En este volumen): Presencia de dos taxones de Bothremydidae (Chelonii, Panpleurodira) sincrónicos y simpátricos en el Cretácico Superior de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca).

Rodólitos actuais e fósseis (Miocénico) do Porto Santo (R. A. Madeira, Portugal)

Living and fossil rhodoliths from Porto Santo (Madeira Archipelago, Portugal)

A. C. Rebelo[1], R. Melo[2] e M. Cachão[1,3]

1 Departamento de Geologia, Fac. Ciências. Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. PORTUGAL. anacrisrebelo@hotmail.com,
2 Departamento de Biologia Vegetal. Universidade de Lisboa. Campo Grande. 1749-016 Lisboa. PORTUGAL. ramelo@fc.ul.pt
3 Centro de Geologia, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. PORTUGAL mcachao@fc.ul.pt

Resumo: Este trabalho apresenta uma caracterização dos principais grupos taxonómicos de algas vermelhas produtoras de rodólitos, actualmente na baía meridional do Porto Santo e, no decurso do Miocénico Médio, do Cabeço das Laranjas no Ilhéu de Cima (Porto Santo, Madeira). Teve como objectivo a aquisição metodológica de critérios de classificação tanto para algas actuais como fósseis e tenta contribuir para uma resposta à elevada acumulação de rodólitos fósseis no Cabeço das Laranjas.

Palavras-chave: Corallinales, Rhodophyta, *maerl*, Cabeço das Laranjas, Miocénico.

Abstract:*This paper presents a characterization of the major taxonomic groups of algae that produce at present rhodoliths in the bay of Porto Santo and produced the Miocene rhodolith massive accumulations of Cabeço das Laranjas on the Ilhéu de Cima (Porto Santo, Madeira). Methodological criteria for classification of both recent and fossil algae are presented while tries to contribute to an explanation for the abnormal accumulation of fossil rhodoliths at Cabeço das Laranjas.*

Key words: *Corallinales, Rhodophyta, maerl, Cabeço das Laranjas, Miocene.*

INTRODUÇÃO

As algas coralinas são conhecidas por formarem rodólitos (Bassi et al., 2009), grande parte constituídos por algas não geniculadas. Algumas algas geniculadas e outras algas vermelhas, tais como membros da família Peyssonneliaceae (Harvey e Woelkerling, 2007) também também podem integrá-los.

Os rodólitos são estruturas livres compostas maioritariamente (> 50%) por ramificações de algas vermelhas coralinas como resultado de envolvimento de uma rocha, bioclasto (p.ex. gastrópode ou coral) ou qualquer outro objecto solto. Neste caso são denominados "rodólitos nucleados"; (Freiwald e Henrich, 1994 *in* Foster, 2001), indicando que podem crescer de fragmentos ou de fixação dos esporos num substrato endurecido. Os fragmentos e o substrato endurecido podem originar-se no leito ou por fractura de recifes próximos e transportados para o local de crescimento (Foster, 2001).

Os rodólitos são estruturas tridimensionais, individuais podendo integrar uma ou várias espécies de algas calcárias bem como outros organismos incrustantes, tais como briozoários, foraminíferos, gastrópodes sedentários, entre outros (Foster, 2001; Harvey e Woelkerling, 2007).

De acordo com Foster (2001), o termo "rodólito" deve aplicar-se a um talo individual, complementado por adjectivos apropriados para descrever o seu estado, tamanho, forma, etc. Já à comunidade onde estes predominam deve utilizar-se a expressão "leitos de rodólitos". "*Maerl*" por outro lado, tem sido usado especificamente para descrever nódulos compostos inteiramente por algas coralinas, mortas ou vivas, ou uma mistura das duas, tais como aqueles formados por *Phymatolithon calcareum* (Foster, 2001; Donnan & Moore, 2003). Contudo, na terminologia geológica europeia "rodólito" é usado para descrever qualquer nódulo composto predominantemente ou completamente por algas coralinas (Bosence, 1983a, 1983b *in* Donnan & Moore, 2003). Por conseguinte deve-se ter em conta que em muitas partes do mundo o uso da palavra "rodólito" é sinónimo de "*maerl*" (Donnan e Moore, 2003).

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

A ilha atlântica do Porto Santo e os seus ilhéus adjacentes, de origem vulcânica, localizam-se a 40 km a NE da ilha da Madeira entre os paralelos 33º 07' N e 33º 00' N e os meridianos 16º 26' W e 16º 24' W, com uma área de aproximadamente 41 km^2 (Cachão *et al*., 1998; Instituto Hidrográfico, 2008; Santos et al., 2008).

A ilha do Porto Santo, embora situada muito próximo da ilha da Madeira, está separada desta por um canal com mais de 2 500 m de profundidade. Porto

Santo é geologicamente distinto e mais antigo do que a Madeira (Instituto Hidrográfico, 2008).

Porto Santo possui uma extensa plataforma de erosão, bastante regular, cujo bordo se situa abaixo da batimetria -40 m. Adjacente aos ilhéus de Cima e de Baixo, em frente ao porto de abrigo, esta plataforma insular apresenta uma largura de cerca de 2 500 m e uma batimetria de cerca de 30 m de profundidade. Nela se encontra uma área com elevadas percentagens de partículas com dimensão superior a -2 φ, particularmente rica em algas calcárias (Instituto Hidrográfico, 2008). A zona interna desta plataforma insular, até aos 10 m de profundidade, constitui uma área bastante plana e sem qualquer tipo de estruturas morfológicas em todo o sector a oeste da Ponta da Galé. A orientação preferencial dos afloramentos rochosos NW-SE, parece possuir algum controlo estrutural. Outras perturbações da superfície morfológica foram identificadas, entre os 20 e 30 m de profundidade, na zona imediatamente a sul do porto de abrigo, embora sem a mesma expressão morfológica. Nesta zona, foram colhidas as amostras de rodólitos correspondentes às estações 97 aos 25 m de profundidade e 98 aos 34 m de profundidade.

Uma característica comum às unidades marinhas do Miocénico que afloram na ilha do Porto Santo, é a presença de grandes rodólitos, localmente denominados "laranjas". Estes ocorrem associados com unidades marinhas sedimentares rasas na transição entre dois grandes complexos vulcânicos: (1) o complexo vulcânico basal submarino traquítico a basáltico com idades variando entre 18.8 e 13.5 Ma e (2) complexo alcalino subaéreo basáltico a havaítico formado entre 14 e 10.2 Ma (*in* Cachão et al., 2000).

No ilhéu de Cima, aflora no "Cabeço das Laranjas" no lado este da ponta NW do ilhéu uma associação de rodólitos, onde foram colhidos os exemplares para este estudo, apenas aqueles que se encontravam soltos, de modo a dar cumprimento às medidas de protecção do Património Natural em contexto de área protegida (Decreto-Lei 142/2008 de 24 de Julho que estabelece o regime jurídico da conservação da natureza e da biodiversidade dos geossítios e Património Geológico).

No "Cabeço das Laranjas" os rodólitos constituem a componente principal do conteúdo fóssil destes sedimentos marinhos com densidades de mais de 80 rodólitos por metro quadrado. Os *Clypeaster* são raros bem como os pectinídeos e outros bivalves. Alguns dos rodólitos têm exposto corais que cresceram directamente sobre si ocupando geralmente menos de metade da sua superfície visível (Cachão et al., 2000). A camada de rodólitos tem aproximadamente 3 metros tendo intercalada uma lente sedimentar de detritos vulcânicos (espessura máxima de 2.8 m) com estruturas sedimentares produzidas por correntes costeiras e bioturbação no topo.

RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O presente estudo pretendeu comparar as associações de rodólitos actuais da plataforma de Porto Santo que possuem uma morfologia com as associações de rodólitos fósseis do "Cabeço das Laranjas" do ilhéu de Cima (Porto Santo) (Fig. 1).

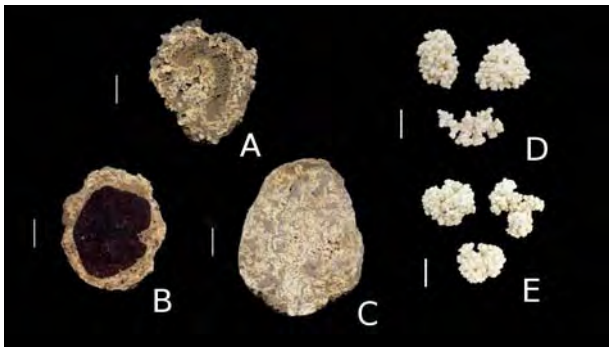


FIGURA 1: *Rodólitos fósseis e actuais. A - rodólito com núcleo de uma concha; B - rodólito com núcleo de seixo rolado de basalto; C - rodólito com interior composto pela alga formadora do rodólito; D - rodólitos actuais da estação 97; E - rodólitos actuais da estação 98. Escalas de A-E = 2 cm.*

Efectivamente, as estruturas anatómicas das algas coralinas actuais e fósseis ficam preservadas nas estruturas carbonatadas podendo fossilizar e ser observadas em lâminas delgadas, permitindo assim empregar os mesmos critérios diagnósticos na delimitação dos géneros.

As características dos rodólitos (taxonomia, natureza do núcleo, formas de crescimento exterior e tamanho) permite a comparação do ambiente tanto dos rodólitos actuais como fósseis.

Os rodólitos actuais da baía de Porto Santo têm morfologias e dimensões distintas dos rodólitos fósseis do Cabeço das Laranjas. Para os rodólitos fósseis registaram-se formas discoidais a tenderem para elipsoidais, para os actuais da estação 97 registaram-se formas discoidais a tenderem para elipsoidais e para os da estação 98, formas predominantemente discoidais a tenderem para elipsoidais, com alguns esferoidais. A superfície dos rodólitos fósseis é, fundamentalmente, encrustante e verrugosa raramente a fruticosa, enquanto as formas actuais são, fundamentalmente, encrustantes e fruticosas. Actualmente, na baía de Porto Santo as correntes são geralmente nulas ou muito fracas, principalmente para norte do alinhamento dos ilhéus de Baixo e de Cima (Instituto Hidrográfico, 2008). Independentemente das espécies que formam quer os rodólitos fósseis, quer os actuais e do seu próprio tamanho relativo, a forma dos rodólitos actuais está intimamente ligada à profundidade e quase ausência de correntes de fundo. Neste sentido, podemos concluir que, os rodólitos fósseis terão sido formados em águas não muito profundas. É de se ter em conta que não foi feito nenhum estudo em relação aos bioturbadores, tanto para os rodólitos fósseis como para os actuais, o qual

poderia ter ajudado a uma melhor interpretação dos resultados.

De acordo com Halfar e Mutti (2005), as litofácies rodalgais têm sido registadas em vários contextos durante o Paleogénico, mas a sua distribuição generalizou-se durante o Neogénico. Em adição à sua distribuição paleobiogeográfica mais global é, igualmente, durante o Miocénico Inferior e Médio que as algas vermelhas coralinas apresentam a sua maior paleobiodiversidade. Contudo, segundo estes mesmos autores, as algas coralinas sofreram declínios severos durante o Burdigaliano até ao Tortoniano. Isto pode ser uma explicação para os rodólitos actuais de Porto Santo que apresentam um tamanho mais pequeno e baixa diversidade (género *Sporolithon*) relativamente ao maior tamanho e mais elevado número de espécies nos rodólitos fósseis (géneros *Lithothamnion*, *Lithoporella*, *Lithophyllum e Sporolithon*).

Em termos gerais, este trabalho permitiu uma introdução ao estudo das algas vermelhas coralinas actuais e fósseis, nomeadamente o conhecimento das suas estruturas vegetativas e reprodutivas, e um melhor conhecimento da sua distribuição biogeográfica.

BIBLIOGRAFIA

Bassi, D., Nebelsick, J. H., Checconi, A., Hohenegger, J. and Iryu, Y. (2009): Present-day and fossil rhodolith pavements compared: Their potencial for analysing shallow-water carbonate deposits. *Sedimentary Geology*, 214: 74-84.

Cachão, M., Rodrigues, D. M. M., Marques da Silva, C. e Mata, J. (1998): Biostratigrafia (Nanofósseis calcários) e interpretação paleoambiental de Neogénico de Porto Santo (Madeira), (dados preliminares). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 84 (1): A185-A188.

Cachão, M., Rasser, M., Rodrigues, D. and Marques da Silva, C. (2000): Paleoenvironmental and taphonomical interpretation of Miocene rhodolithsr from Porto Santo (Madeira Archipelago, Portugal). Preliminary data. Livro de Resumos, *I Congresso Ibérico de Paleontologia, XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 12-14 de Outubro, Évora, 42-43 pp.

Donan, D. W., Moore, P. G. (2003): Introduction. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.,* 13: S1–S3.

Foster M. S. (2001): Rodoliths: between rocks and soft places. *J. Phycol*., 37: 659-667.

Halfar, J. and Mutti, M. (2005): Global dominance of coralline red-algal facies: A response to Miocene oceonographic events. *Geology*, 33 (69): 481-484.

Harvey, A. S. y Woelkerling, W. J. (2007): Guía para la identificación de rodolitos de algas rojas coralinas no geniculadas (Corallinales, Rhodophyta). *Ciencias Marinas*, 33 (4): 411-426.

Instituto Hidrográfico (2008): Caracterização dos depósitos sedimentares da plataforma insular sul da ilha do Porto Santo. REL.TF.GM.01/08, Projecto GM 52OP02, 78 pp.

Santos, A., Marques da Silva, C., Mayoral, E. y Cachão, M. (2008): Bioerosión en corales del Mioceno medio de los islotes de Porto Santo (Madeira, Portugal). *In*: *Libro de resúmenes. XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), Colunga, 15-18 de Octubre de 2008 (J. I. Ruiz-Omeñaca, L. Piñuela y J. C. García-Ramos eds.). Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 51-52.

Andar e Voar em Morfoespaços Composicionais

Walking and Flying in Compositional Morphospaces

L. A. Rodrigues[1], J. Daunis-i-Estadella[2], G. Mateu-Figueras[2] e S. Thió-Henestrosa[2]

1 Escola Secundária Gil Eanes, Rua da Escola Gil Eanes Ap. 41, 8601-901 Lagos. Portugal. laz.rodrigues@gmail.com
2 Dept. d'Informàtica i Matemàtica Aplicada, Universitat de Girona, Edifici P4 – Campus Montilivi E-10071 Girona. Espanha.

Resumo: O presente trabalho avalia e quantifica a disparidade morfológica de diversos morfoespaços de membros provenientes de dois sub-estudos de diferentes taxa – Aves, Pterosauria e Chiroptera (955 exemplares); e dinossauros Sauropodomorpha e outros grupos de Archosauria e Mammalia (600 exemplares). Seis unidades homólogas do esqueleto apendicular, membro anterior e posterior, serão comparadas. A Análise de Dados Composicionais (ADC) permite uma abordagem numérica rigorosa na caracterização de problemas biológicos e paleontológicos que impliquem a manipulação de proporções.

Palavras-chave: Morfoespaços, tetrápodes, disparidade, integração morfológica, locomoção.

Abstract: *This work quantifies and evaluates the morphological disparity of various limb morphospaces across two sub-studies in different taxa - Aves, Pterosauria and Chiroptera (955 specimens); and sauropodomorph dinosaurs along with other groups of Archosauria and Mammalia (600 specimens). Six homologous units, both from fore and hind limbs were compared. Morphospaces of proportions, and its operative instrument: ternary diagrams, have been used as tools for both theoretical and empirical morphospaces in numerous biological, paleontological and anthropological studies. These preceding works revealed different quantitative definitions/metrics for the similar data in the proportions morphospaces. As the fundamental purpose of the present work is morphospace structure and occupation the presentation will focus on the appendicular elements morphological organization under the macroevolutionary concepts of disparity, phenotypic integration and modularity, as well as introducing the relationship of size and proportions. Several analyses are performed, thus increasing and enriching interpretability of the results, particularly concerning morphospaces occupation and disparity among the analyzed tetrapods.*

Key words: *Morphospaces, tetrapods, disparity, morphological integration, locomotion.*

ANÁLISE COMPOSICIONAL DE DADOS – INTRODUÇÃO/METODOLOGIA

Quando um problema biológico ou paleontológico envolve dados composicionais, a importância está mais na sua magnitude relativa e na variação das componentes, do que nos seus valores absolutos – esta aspiração é atingida utilizando a Análise de Dados Composicionais (ADC) (Aitchison, 1986; Pawlowsky-Glahn e Egozcue, 2001).

A ADC permite uma abordagem numérica rigorosa na caracterização de problemas biológicos e paleontológicos que impliquem a manipulação de proporções. Estes refinamentos permitem: uma melhor quantificação da variação das composições; a quantificação e discriminação de grupos/áreas nos morfoespaços, bem como dos padrões de ocupação dos mesmos; a introdução de uma métrica/índice de disparidade em morfoespaços de proporções – Distância de Aitchison (A.D.); a incorporação da variável tamanho em análises de disparidade em proporções e de como o tamanho influencia a variabilidade; a aplicação de variáveis ADC como indicadores numéricos em estudos de integração morfológica e modularidade; e, por fim, um melhor conhecimento das condicionantes da variabilidade morfológica em morfoespaços de proporções de esqueleto apendicular.

As técnicas exploratórias empregando *Biplots* (Gabriel, 1971; Aitchison, 1990, 1997; Aitchison e Greenacre, 2002) permitem identificar e quantificar quais as partes com maior variabilidade, bem como as relações entre elas.

A informação que diz respeito aos modelos de integração morfológica pode ser obtida através dos resultados de variância em *Biplots* e análise de *Balances* e respectivas variáveis *ilr* (Egozcue e Pawlowsky-Glahn, 2005, 2006). A metodologia dos *Balances* viabiliza, através da ilustração gráfica

(dendrograma) de uma partição binária sequencial da variância, a revelação de tendências evolutivas nos elementos do esqueleto apendicular dos grupos analisados.

Adicionalmente, o estudo de correlações entre A.D. e tamanho, a par da análise de *Biplots*, permitem estabelecer um conhecimento adequado e complementar dos padrões de variabilidade de proporções entre os distintos grupos de animais analisados e as respectivas componentes do esqueleto apendicular. As análises da relação entre A.D. e tamanho discriminam onde e como o tamanho está a influenciar a variabilidade de proporções. A posição dos centróides dos grupos é informativa quanto ao seu posicionamento no morfoespaço, enquanto os índices grupais de disparidade A.D. (distâncias intragrupo) remetem para a distribuição dos exemplares.

MORCEGOS/PTEROSSAUROS/AVES

A diferença consistente na segmentação e distâncias entre centróides de pterossauros e morcegos, em morfoespaços de proporções e tanto nos membros anteriores como nos posteriores, não havia sido anteriormente quantificada aplicando metodologias numéricas adequadas (Fig.1) (Rodrigues, 2009). Os resultados das regressões das variáveis *ilr* demonstraram que o tamanho é um factor significativo nos morcegos Megachiroptera, ou seja, existe uma correlação significativa entre o tamanho do membro anterior e o índice braquial neste grupo de morcegos. O tamanho do membro posterior está significativamente correlacionado com o *Balance* B3 tanto em Aves como nos pterossauros Rhamphorhynchoidea (baixa correlação) e está negativamente correlacionado nos morcegos Microchiroptera.

CHIROPTERA

Nos morcegos, em termos de variabilidade de proporções, o membro anterior é mais conservador do que o membro posterior; Microchiroptera apresenta uma maior variabilidade nas proporções do membro anterior do que Megachiroptera, grupo que revela maior variabilidade no membro posterior; em Microchiroptera a variabilidade aumenta distalmente e de forma gradual no membro anterior; em ambos os grupos de morcegos o osso com maior variabilidade é o metatarso, revelando Megachiroptera maior variabilidade no metatarso do que Microchiroptera (Fig.2b).

PTEROSAURIA

Em ambos os grupos de pterossauros é possível constatar um aumento da variabilidade dos ossos proximais para os distais, no membro anterior e uma tendência semelhante no membro posterior, em Pterodactyloidea; existe um ratio aproximadamente constante entre o fémur e a tíbia em ambos os grupos de pterossauros (0.75 para Rhamphorhynchoidea e 0.66 para Pterodactyloidea); Pterodactyloidea é mais dissimilar entre indivíduos nas proporções do membro posterior do que Rhamphorhynchoidea, grupo mais dissimilar no membro anterior; o úmero, fémur e tíbia revelam variâncias relativas semelhantes em ambos os grupos de pterossauros; o metacarpo e o metatarso são os elementos que contribuem maioritariamente para a variabilidade dos grupos de pterossauros, apesar de em escalas distintas; o metacarpo e a tíbia são os elementos que mais contribuem para a variância total em Rhamphorhynchoidea, enquanto os elementos que mais contribuem para a variância total em Pterodactyloidea são o metacarpo e o metatarso (Fig.2a).

DINOSAURIA E MAMMALIA

Foi detectado que a integração morfológica entre membro anterior e membro posterior é alta para os quadrúpedes, como saurópodes, perissodáctilos, artiodáctilos e carnívoros. Este facto é corroborado pelas variâncias equivalentes do úmero e do fémur destes grupos de quadrúpedes (Fig.3).

Os bípedes apresentam valores baixos de integração morfológica entre os membros anterior e posterior, nomeadamente em terópodes, prossaurópodes, aves não-Passerines, morcegos Megachiroptera e cangurus. Este facto é corroborado pelas variâncias distintas do úmero e do fémur destes grupos de bípedes.

Os animais quadrúpedes são, assim, mais conservadores nas proporções/variabilidade entre os dois membros do que os bípedes/quadrúpedes facultativos ou mesmo do que os voadores.

Os bípedes/quadrúpedes facultativos como Plateosauria, Sauropodiformes, ou voadores como Aves, Pterosauria e Chiroptera apresentam maior variabilidade quando se analisam as proporções dos elementos de membro anterior vs. membro posterior, tal como é significativo que a variabilidade do úmero seja consideravelmente diferente da variabilidade do fémur.

Bípedes típicos como os terópodes, por exemplo, discriminam-se melhor quando comparados com quadrúpedes, como por exemplo os saurópodes, no morfoespaço do membro posterior, do que no morfoespaço do membro posterior. Por outras palavras, no morfoespaço do membro posterior existe uma separação/área mais clara dos dois modos de locomoção do que no morfoespaço do membro anterior. Corroborando este facto, foi identificada uma área de Saurischia no morfoespaço do membro anterior.

Metatheria, Artiodactyla, Perissoadctyla, Theropoda e não-Iguanodontia apresentam relações entre tamanho e disparidade no morfoespaço do

membro posterior idênticas às dos saurópodes derivados, à excepção de Lithostrotia.

Os resultados do *Balance* B1 indicam que, em prossaurópodes e terópodes, ambos os membros estão fracamente integrados, ou seja, uma vez que se verifica uma grande discrepância entre as variabilidades dos dois membros, a integração morfológica é baixa. Se esta premissa é suficiente para definir a condição bípede, ou se deve ser complementada com outros estudos comparativos de variância, deverá ser objecto de pesquisa futura.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho resulta da tese doutoramento defendida em 2009 por L.A. Rodrigues, na Universidad Autónoma de Madrid, que não teria sido possível sem a colaboração de Ângela Delgado Buscalioni, Universidad Autónoma de Madrid. Outro elemento indispensável foi Vera Pawlosky-Glahn, Universitat de Girona.

BIBLIOGRAFIA

Aitchison, J. (1986): *The Statistical Analysis of Compositional Data*. London, Chapman and Hall.

Aitchison, J. (1990): Relative variation diagrams for describing patterns of variability of compositional data. *Mathematical Geology*, 22: 487-512.

Aitchison, J. e Greenacre, M. (2002): Biplots for compositional data. *Applied Statistics*, 51: 375-382.

Egozcue, J. J. and Pawlowsky-Glahn, V. (2005): Groups of parts and their balances in compositional data analysis. *Mathematical Geology*, 37(7): 795-828.

Egozcue, J. J. e Pawlowsky-Glahn, V. (2006): Simplicial geometry for compositional data. 67-77 In *Compositional Data Analysis in the Geosciences: From Theory to Practice* (A. Buccianti, G. Mateu-Figueras e V. Pawlowsky-Glahn, eds.)Geological Society, London, Special Publications 264.

Gabriel, K. R. (1971): The biplot – graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58(3): 453-467.

Pawlowsky-Glahn, V. e Egozcue, J. J. (2001): Geometric approach to statistical analysis on the simplex. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (SERRA)*, 15(5): 384-398.

Rodrigues, L. (2009): *Sauropodomorpha (Dinosauria, Saurischia) appendicular skeleton disparity: a theoretical morphology and Compositional Data Analysis study*. Ph.D. Thesis, Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, 428 pp.

Schutt, W. J. e Simmons, N. (1998): Morphology and homology of the chiropteran calcar, with comments on the phylogenetic relationships of archaeopteropus. *Journal of Mammalian Evolution*, 5(1): 1–32.

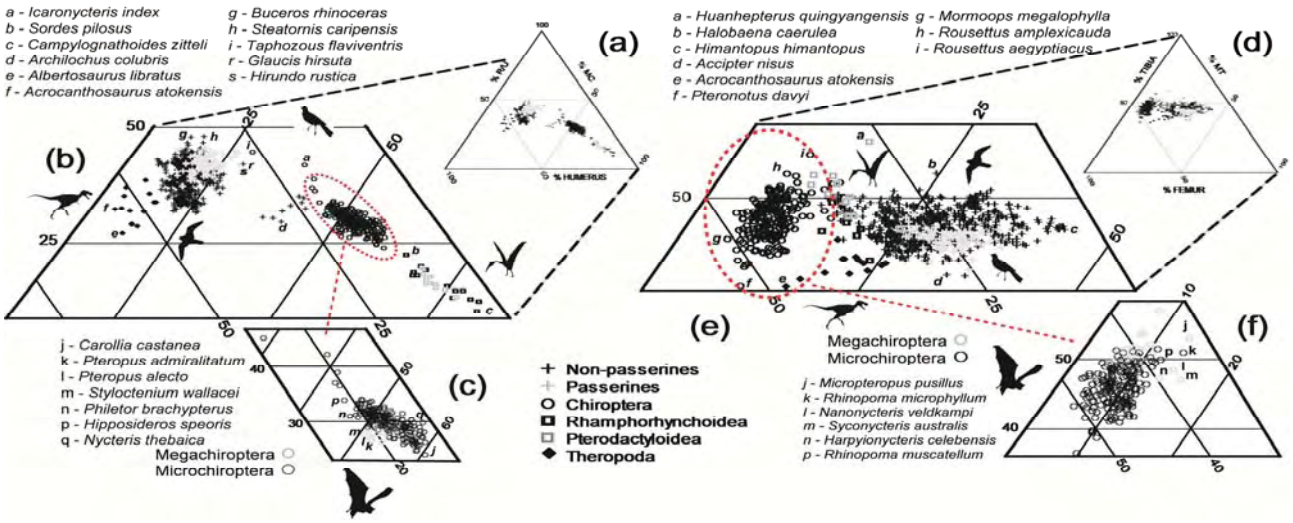


FIGURA 1. *a) Morfoespaço empírico dos elementos do esqueleto apendicular anterior de diferentes grupos de vertebrados voadores; b) Área ocupada no morfoespaço do esqueleto apendicular anterior pela amostra completa; c) Área ocupada no morfoespaço do esqueleto apendicular anterior pelos grupos de Chiroptera; d) Morfoespaço empírico dos elementos do esqueleto apendicular posterior de diferentes grupos de vertebrados voadores; e) Área ocupada no morfoespaço do esqueleto apendicular posterior pela amostra completa; f) Área ocupada no morfoespaço do esqueleto apendicular posterior pelos grupos de Chiroptera.*

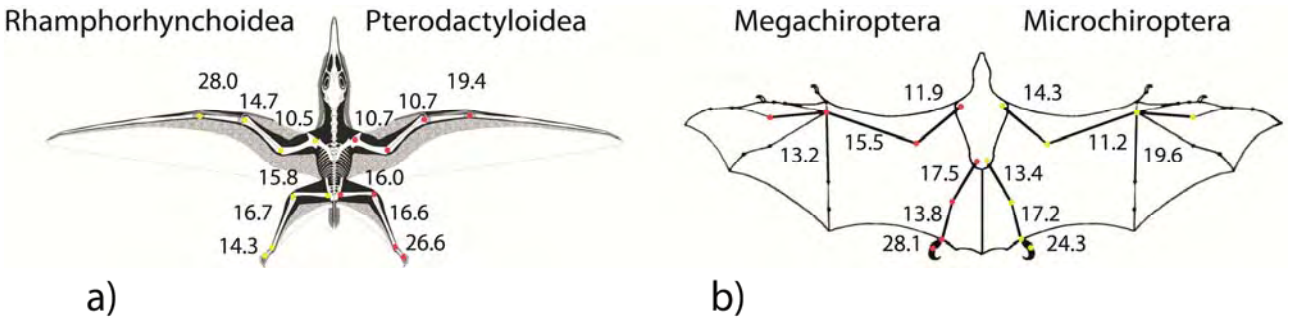


FIGURA 2. *a) Variabilidade das proporções dos elementos apendiculares de Pterodactyloidea e Rhamphorhynchoidea, expressa em percentagem de variância clr. Silhueta de pterossauro genérico adaptado de ilustração de John Conway de Nemicolopterus crypticus (inédita). b) Variabilidade das proporções dos elementos apendiculares de Megachiroptera and Microchiroptera, expressa em percentagem de variância clr. Silhueta de morcego genérico adaptado de Schutt e Simmons, fig. 9-c.*

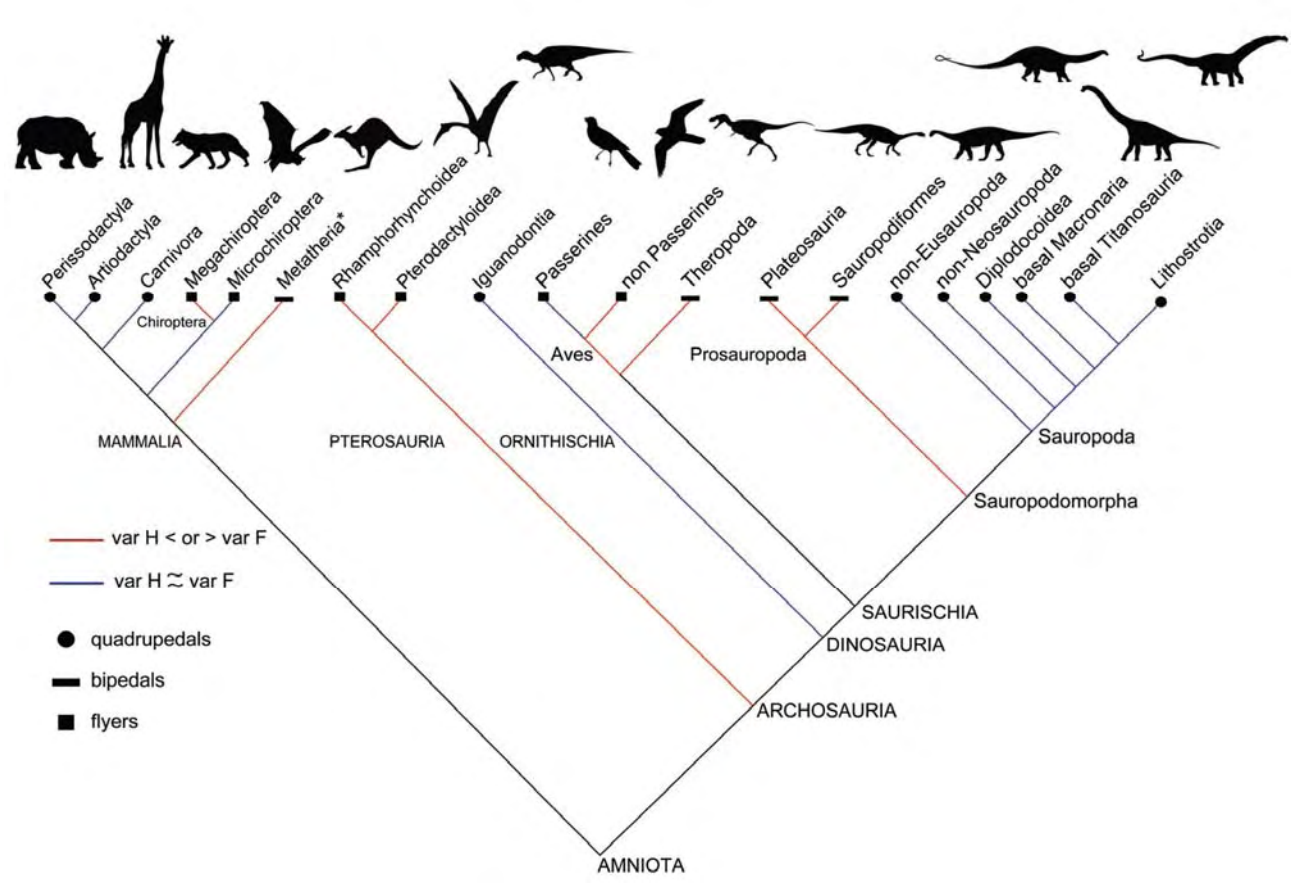


FIGURA 3. *a) Cladograma simplificado dos grupos analisados ilustrando a relação entre o tipo de locomoção e as variâncias clr do úmero e fémur. Valores de variância de Rodrigues, 2009. * - a amostra de Metatheria constituída apenas por exemplares de Diprotodonta – cangurus.*

Ostrácodos recientes de la plataforma marina de Vizcaya y Este de Cantabria

Recent ostracods of the Biscay and East Cantabria marine shelf

J. Rodríguez Lázaro, A. Pascual, B. Martínez García y M. Martín Rubio

Universidad del País Vasco/EHU. Facultad de Ciencia y Tecnología. Dpto. de Estratigrafía y Paleontología. Apdo. 644, 48080 Bilbao.
Julio.rodriguez@ehu.es

Resumen: Se presenta la distribución batimétrica de los ostrácodos recientes de la plataforma marina de Vizcaya y este de Cantabria. En un total de 26 muestras de sedimento han sido caracterizadas taxonómicamente 100 especies (49 géneros), siendo las más importantes: *Aurila convexa*, *Aurila woutersi*, *Bairdia longevaginata*, *Bairdia mediterranea*, *Bosquetina* sp., *Celtia quadridentata*, *Cytheropteron nodosoalatum*, *Echinocythereis laticarina*, *Loxoconcha elliptica*, *Loxoconcha rhomboidea*, *Palmoconcha guttata*, *Paracypris polita* y *Paradoxostoma normani*. El análisis multivariante tipo cluster-Q produce dos grupos principales, característicos de la plataforma interna (45-83 m prof.) y externa (>120 m prof.) y varios subgrupos diferenciados por la ecología de las asociaciones.

Palabras clave: ostrácodos, distribución, ecología, substrato, plataforma marina de Vizcaya-Cantabria.

Abstract: *Bathymetric faunal distribution of recent ostracods of the marine shelf of the Vizcaya and east Cantabria provinces is described in this work. Based upon 26 sediment samples, one hundred species (49 genera) have been taxonomically characterized. Most important species are Aurila convexa, Aurila woutersi, Bairdia longevaginata, Bairdia mediterranea, Bosquetina* sp., *Celtia quadridentata, Cytheropteron nodosoalatum, Echinocythereis laticarina, Loxoconcha elliptica, Loxoconcha rhomboidea, Palmoconcha guttata, Paracypris polita* and *Paradoxostoma normani*. Multivariate cluster-Q type analysis performed with the most abundant species, shows two main groups of samples, characterizing the inner (45-83 m water depth) and outer (>120 m water depth). Different subgroups are separated taking into account the ecologic character of the ostracod assemblages (marine, coastal, phytal, estuarine).

Key words: *ostracods, faunal distribution, ecology, substrate, Vizcaya-Cantabria shelf.*

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los mecanismos de la sedimentación de los materiales finos en las zonas costeras es importante debido a la relación existente entre estos depósitos y la calidad ambiental del medio tanto químico como biológico. La estrecha plataforma continental vasca (7-20 km) resulta un marco adecuado para el estudio de dicha sedimentación fina, puesto que estas dimensiones favorecen la alimentación rápida y directa de la materia particulada procedente de los ríos, hacia el fondo del Golfo de Vizcaya (Frouin *et al*., 1990).

Con el fin de localizar y cartografiar los depósitos de lodo en la plataforma sureste del Golfo de Vizcaya, se llevó a cabo una campaña oceanográfica en el año 2003 denominada Euskased. Los resultados de esta campaña (Jouanneau *et al.,* 2008) dan una visión de la sedimentación en esta plataforma, apareciendo un abundante depósito de elementos finos en la plataforma guipuzcoana, mientras que hacia el oeste, a lo largo de la plataforma de Vizcaya y la zona oriental de Cantabria predominan los sedimentos arenosos (Fig. 1).

Una primera descripción de los componentes bentónicos (foraminíferos) de la parte oriental de esta plataforma ha sido realizada por Pascual et al. (2008a,b). En el presente trabajo, se complementa el análisis de la distribución de elementos bentónicos de la campaña Euskased, en particular de los ostrácodos contenidos en muestras de sedimento de la zona occidental de dicha plataforma. Este estudio se incluye en un proyecto más amplio que trata de caracterizar la señal ecológica moderna de la meiofauna bentónica en la plataforma marina vasca, para ser utilizada posteriormente en el análisis de la evolución paleoceanográfica del Cuaternario en el Sur del Golfo de Vizcaya.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudian los ostrácodos extraídos de 26 muestras recogidas con una draga Schipeck (siglas BS, ver Tabla 1) o Eckman (siglas BE), en la plataforma marina de Vizcaya y este de Cantabria, durante la campaña oceanográfica Euskased que se desarrolló en julio de 2003 a bordo del barco oceanográfico francés "Côtes de la Manche". La zona muestreada se sitúa entre 43º

20,957'N y 43º 33,487'N de latitud y 2º 25,962'W y 3º 18,078'W de longitud (Tabla 1).

Las muestras fueron lavadas y tamizadas, recogiéndose la fracción mayor de 0,063 mm. Se extrajeron todas las valvas presentes en las muestras. A continuación, se procedió a su clasificación siguiendo la nomenclatura propuesta por Hartmann y Puri (1974), Athersuch et al. (1989) y Horne et al. (2002). La base de datos obtenida se ha procesado con un análisis "cluster tipo Q" de las muestras, utilizando el método UPGMA (Paired Group; programa PAST, Hammer et al., 2001), incluyéndose en el análisis solamente las especies con un porcentaje superior al 1%, al menos en una de las muestras.

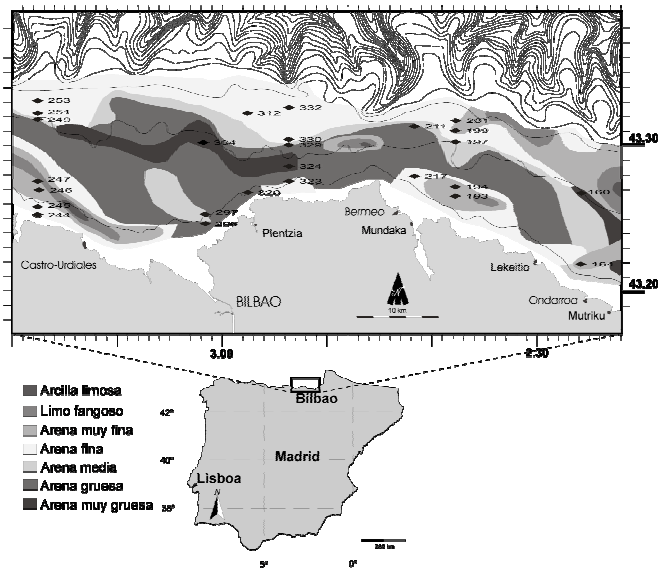


FIGURA 1. *Localización de las muestras estudiadas, con indicación de la tipología de los sedimentos de la zona occidental de la plataforma vasca según Jouanneau et al. (2008).*

MUESTRA	Lat.	Long.	Prof. (m)
BE03-244	43°25.713N	3°.17.992W	47.6
BS03-164	43°20.957N	2°26.067W	50
BS03-320	43°27.090N	2°54.026W	52.4
BS03-217	43°27.475N	2°41.964W	58
BE03-245	43°26.858N	3°.17.952W	62
BS03-296	43°25.207N	3°02.085W	63.6
BS03-297	43°25.925N	3°02.027W	72
BE03-246	43°27.451N	3°.18.026W	72.6
BS03-193	43°27.066N	2°38.014W	80.4
BE03-247	43°28.298N	3°.18.034W	83
BS03-323	43°28.473N	2°54.024W	86.6
BS03-160	43°26.777N	2°25.962W	91.8
BS03-194	43°28.332N	2°38.041W	92.2
BS03-324	43°29.161N	2°53.976W	97.2
BE03-249	43°32.063N	3°.18.070W	108
BS03-304	43°31.227N	3°02.096W	110.2
BS03-329	43°30.280N	2°54.035W	122
BS03-197	43°30.579N	2°37.993W	122.2
BS03-211	43°31.093N	2°40.025W	122.2
BE03-251	43°32.617N	3°.18.078W	126
BS03-312	43°31.711N	2°57.915W	130
BS03-330	43°31.015N	2°54.000W	131.8
BS03-199	43°30.909N	2°37.910W	135.6
BE03-253	43°33.487N	3°.18.077W	149.8
BS03-332	43°33.235N	2°53.983W	151.4
BS03-201	43°32.416N	2°38.002W	152.2

TABLA 1. *Coordenadas geográficas y batimetría de las muestras estudiadas.*

RESULTADOS

De las 26 muestras analizadas, tres de ellas, con sedimentos de arena muy gruesa, no contenían ostrácodos (BS 160, 296 y 304), otras 13 presentaban menos de 100 individuos por muestra (entre 1 y 29) y las 10 restantes, con más de 100 ejemplares, son las utilizadas en el análisis estadístico. Un total de 1436 individuos han sido analizados, agrupados en 100 especies (49 géneros), la mitad de las cuales están presentes en más del 1% del total, al menos en una muestra. Las especies más abundantes son (ver anexo1): *Aurila convexa* (Baird), *Aurila woutersi* Horne, *Bairdia longevaginata* G.W. Müller, *Bairdia mediterranea* G.W. Müller, *Bosquetina* sp., *Celtia quadridentata* (Baird), *Cytheropteron nodosoalatum* Neale y Howe, *Echinocythereis laticarina* (Brady), *Loxoconcha elliptica* Brady, *Loxoconcha rhomboidea* (Fischer), *Palmoconcha guttata* (Norman), *Paracypris polita* Sars y *Paradoxostoma normani* Brady. El análisis estadístico separa las muestras en dos grupos (Fig. 2).

Grupo 1

Incluye las muestras BE03-251, 253 y BS03-211, 312, 197, extraídas en la plataforma externa y que presentan como especies más abundantes: *B. mediterranea* y *P. polita*. El análisis estadístico separa a su vez dos subgrupos: 1_A y 1_B.

Subgrupo 1_A. Incluye las muestras BE03-251, 253, de arena fina, extraídas a profundidades de entre 126 y 150 m. La asociación dominante está formada por las especies: *C. quadridentata* (14%) y *P. guttata* (17%) acompañadas de *B. mediterranea* y *P. polita* como especies secundarias.

Subgrupo 1_B. Comprende las muestras BS03-211, 312, 197 de arena fina, media y gruesa, recogidas a profundidades comprendidas entre 122 y 130 m. En ellas las especies más abundantes son: *B. mediterranea* (12%), *C. nodosoalatum* (10%) y *P. polita* (10%) mientras que *B. longevaginata*, *Bosquetina* sp. y *E. laticarina* son especies secundarias.

Grupo 2

Queda definido por las muestras BS03-217, 193, BE 246, 247 y 244, extraídas en la plataforma interna y media, donde aparecen como especies principales *A. convexa* y *L. rhomboidea*. El análisis estadístico separa dichas muestras en tres conjuntos (Fig. 2): subgrupo 2_A y 2_B y muestra 2_C.

Subgrupo 2_A. Incluye las muestras BS03-217 y 193, con un sedimento de arena fina y muy fina recogidas a unas profundidades comprendidas entre 58 y 81 m y donde la especie más abundante es *L. elliptica* (11%) acompañada por *A. convexa*. El conjunto de la asociación de ostrácodos muestra una mezcla de medios costeros y estuarinos.

Subgrupo 2_B. Engloba a las muestras BE03-246 y 247 de arena muy fina extraídas en la plataforma media (73-83 m de batimetría) donde aparecen numerosas valvas de *P. normani* (11%) junto con *L. rhomboidea* y *Semicytherura sella* (Sars). Se aprecia un importante porcentaje de especies fitales en esta asociación.

Muestra 2_C. Recogida en la plataforma interna a 47 m de profundidad, se trata de un sedimento de arena fina donde dominan los ejemplares de *A. woutersi* (17%), junto con *Neocytherideis subulata* (Brady) y *Xestoleberis aurantia* (G.W. Müller), típicos de medios costeros y fitales de la plataforma interna.

Conclusiones

Los medios bentónicos del área costera de la Provincia de Vizcaya y este de Cantabria están caracterizados por una centena de especies de ostrácodos, siendo las más abundantes: *A. convexa*, *A. woutersi*, *B. longevaginata*, *B. mediterranea*, *Bosquetina* sp., *C. quadridentata*, *C. nodosoalatum*, *E. laticarina*, *L. elliptica*, *L. rhomboidea*, *P. guttata*, *P. polita* y *P. normani*. El análisis multivariante tipo cluster-Q diferencia dos grupos principales, característicos de la plataforma interna (45-83 m prof.) y externa (>120 m prof.) y varios subgrupos caracterizados por el carácter ecológico de las especies, reconociéndose asociaciones marinas euhalinas, costeras, fitales y estuarinas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CGL 2004-02987 del MEC y GIU 05/49 de la UPV/EHU. B. M. Martínez-García disfruta de una beca predoctoral FPU del MEC.

REFERENCIAS

Athersuch, J., Horne, D. J. y Whittaker, J. E. (1989): *Marine and Brackish Water Ostracods. Synop. British Fauna (New Series).* The Linnean Society, Brill, 343p.

Frouin, R., Fiuza A. F. G., Ambar I. y Boyd T. (1990): Observations of a Poleward surface current off the coasts of Portugal and Spain during winter. *Journal of Geophysical Research*, 95: 679-681.

Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001): PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1-9.

Hartmann, G. y Puri, H. S. (1974): *Summary of neontological and paleontological classification of Ostracoda*. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut, 70: 7-73.

Horne, D. J., Cohen, A. y Martens, K. (2002): Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living ostracoda. En: *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research* (Holmes, J. A. and Chivas, A. R., eds). American Geophysical Union (AGU), Geophysical Monograph, 301: 5-36.

Jouanneau, J. M., Weber, O., Champilou, N., Cirac, P., Muxica, I., Borja, A., Pascual, A., Rodríguez-Lázaro, J. y Donard, O. (2008): Recent sedimentary study of the shelf of the Basque country. *Journal of Marine Systems*, 72: 397-406.

Pascual, A., Rodríguez-Lázaro, J., Martín-Rubio, M., Jouanneau, J. M. y Weber, O. (2008a): A survey of the benthic microfauna (foraminifera, ostracoda) on the Basque shelf, southern Bay of Biscay. *Journal of Marine Systems*, 72: 35–63.

Pascual, A., Martín-Rubio, M., Martínez García, B. y Rodríguez-Lázaro, J. (2008b): Influencia de la batimetría y del tipo de sedimento en la distribución de la microfauna (foraminíferos bentónicos y ostrácodos) en la plataforma marina vasca. *Geogaceta*, 45: 75-78.

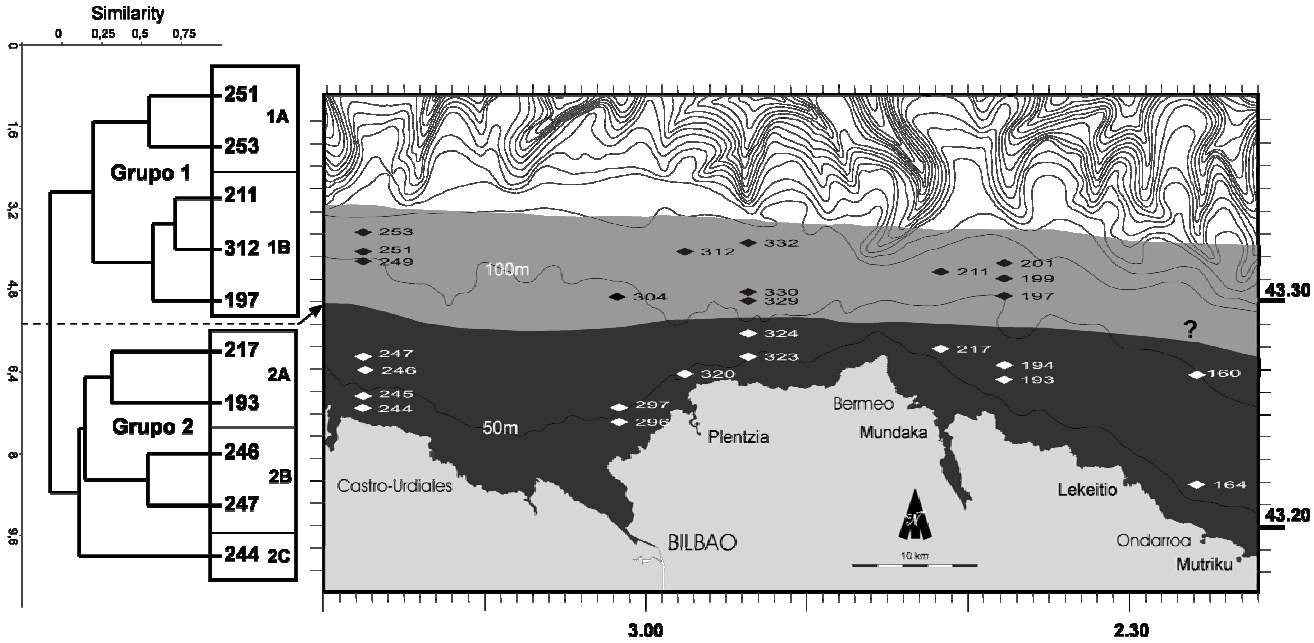


FIGURA 2. *Dendrograma del análisis de grupos-Q realizado con las especies representativas de ostrácodos y distribución de los grupos diferenciados en la plataforma vasca.*

Anexo 1
Listado de especies de Ostrácodos más abundantes

Aurila convexa (Baird, 1850)
Aurila woutersi Horne, 1986
Bairdia longevaginata G.W. Müller, 1894
Bairdia mediterranea G.W. Müller, 1894
Bosquetina dentata (G.W. Müller, 1894)
Bosquetina sp.
Brunostoma sp.
Bythocythere constricta Sars, 1866
Bythocythere turgida Sars, 1866
Bythocythere sp.
Callistocythere littoralis (G.W. Müller, 1894)
Carinocythereis antiquata (Baird, 1850)
Carinocythereis carinata (Roemer, 1838)
Caudites calceolatus (Costa, 1853)
Celtia quadridentata (Baird, 1850)
Costa edwardsii (Roemer, 1838)
Cuneocythere semipunctata (Brady, 1868)
Cytheropteron nodosoalatum Neale and Howe, 1973
Cytheropteron nodosum Brady, 1868
Echinocythereis laticarina (Brady, 1868)
Eucythere curta Ruggieri, 1975
Eucythere sp.
Eucytherura complexa (Brady, 1866)
Eucytherura sp.
Hemicytherura videns (G.W. Müller, 1894)
Heterocythereis albomaculata (Baird, 1838)
Hiltermannicythere emaciata (Brady, 1867)
Leptocythere castanea (Sars, 1866)
Loxoconcha elliptica Brady, 1868
Loxoconcha rhomboidea (Fischer, 1855)
Machaerina tenuissima (Norman, 1869)
Neocytherideis subulata (Brady, 1868)
Palmoconcha guttata (Norman, 1865)
Paracypris polita Sars, 1866
Paradoxostoma normani Brady, 1868
Paradoxostoma sp.
Polycope sp.
Pontocypris sp.
Pterigocythereis jonesii (Baird, 1850)
Sagmatocythere multiflora (Norman, 1865)
Sagmatocythere variolata (Brady, 1878)
Semicytherura acuticostata (Sars, 1866)
Semicytherura arcachonensis Yassini, 1969
Semicytherura nigrescens (Baird, 1838)
Semicytherura sella (Sars, 1866)
Semicytherura sp.
Urocythereis oblonga (Brady, 1868)
Uroleberis sp.
Xestoleberis aurantia (Baird, 1838)
Xestoleberis decipiens G.W. Müller, 1894

Estudio de la variabilidad craneal en *Homo sapiens* e implicaciones para la taxonomía de los homininos fósiles: variación geográfica y clinas

Study of cranial variability in Homo sapiens *and implications in fossil hominin taxonomy: geographic variation and clines*

L. Rodríguez[1] , J. M. Jiménez-Arenas[2] y M. De Renzi[1]

1 Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología evolutiva. Universitat de València. Apartado Oficial 22085, 46071 Valencia. lucia.rodriguez-casielles@uv.es, derenzim@uv.es.

2 Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras. Campus Universitario de Cartuja s/n. Universidad de Granada. 18071 Granada. jumajia@ugr.es.

Resumen: El estudio de la variabilidad morfológica craneal en la especie humana ha sido objeto de numerosas investigaciones. Sin embargo, la mayoría de ellas se centran en el estudio de la variación dentro y entre las poblaciones. El presente trabajo trata de identificar los caracteres morfológicos craneales más variables en un conjunto amplio de poblaciones humanas actuales así como entre los individuos de los grandes grupos geográficos. Para ello se han utilizado medidas craneales procedentes de dos bases de datos ya recopiladas empleando técnicas de morfometría tradicional. Por otra parte, se trata de evaluar si existe algún gradiente geográfico relacionado con los rasgos morfométricos que caracterizan a los grandes grupos geográficos. Finalmente, se propone la necesidad de reevaluar la taxonomía de los homininos fósiles a la luz de la variabilidad de los humanos modernos actuales.

Palabras clave: variabilidad craneal, gradiente geográfico, morfometría.

***Abstract**: The study of the morphological variability in the skull has been a very relevant topic. Much of these studies are focused on the variation intra- and interpopulational, and how such populations are related to each other. Nevertheless, only a few of these works investigate the significance of the traits involved in that variability. The present study examines and identifies the most variable morphometrics traits in a comprehensive context (the World as a whole) and between the major geographic groups. We have use cranial measurements from two databases, using traditional morphometric technique. In addition, we evaluate whether a geographic gradient exists linking to the cranial morphology. Finally, we propose the necessity of a reassessment of the hominin fossil taxonomy in the light of recent modern human cranial variability.*

***Key words:** cranial variability, geographic gradient, morphometrics.*

INTRODUCCIÓN

La variabilidad morfológica del cráneo de los humanos actuales ha sido objeto de numerosos estudios, la mayoría enfocados a la clasificación de las poblaciones en función de determinadas variables craneométricas (v.g. Howells, 1973).

En este sentido, se han aplicado diferentes enfoques que han conducido a distintos resultados, desde aquellos relacionados con la búsqueda de las variables que explican más varianza (Howells, 1973) hasta aquellos que exploran la ontogenia en relación con el momento en que surgen las diferencias morfológicas faciales, lo cual se relaciona, a su vez, con la heterocronía y la alometría (Vioarsdóttir et al. 2002). También se ha considerado en qué medida operan los factores genéticos y ambientales, conjugando aspectos tales como la hipótesis de neutralidad asociada a la distribución geográfica (v.g. Roseman y Weaver, 2004) o la relación entre aspectos genéticos y variables climáticas (v.g. Harvati y Weaver, 2006).

El objetivo de este trabajo es identificar los rasgos craneales más característicos de cada región geográfica y examinar si existe algún tipo de gradiente latitudinal o longitudinal en cuanto a la configuración craneal de los humanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron medidas craneales procedentes de la base de datos de Howells (1996) y de la base de datos de Brown (http://www.personal.une.edu.au/~pbrown3/resource.html, julio de 2009). En total se utilizaron medidas de 2607 individuos: 1377 machos y 1230 hembras.

En este análisis se ha procurado utilizar las medidas de Howells (1973). Los principales problemas se deben a lagunas de datos en la base de Brown y la presencia de variables redundantes. Esto último ha conducido a la creación de nuevas variables (por adición de variables ya existentes) con la consiguiente eliminación de otras utilizadas hasta entonces. El resultado de todo este proceso da un total de 20 variables, de las cuales 15 se encuentran en la base de datos de Howells (1996).

Se establecieron ocho regiones geográficas para realizar los análisis basadas en las divisiones continentales (África, Asia, Australia, Europa) excepto el continente americano, del cual se han considerado los subcontinentes Norteamérica y Sudamérica, y excepto la región del Pacífico, dividida en Pacífico Norte y Pacífico Sur con la línea del Ecuador como criterio de división.

En cuanto a las técnicas estadísticas, en primer lugar se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con un grupo selecto de variables (XCB, GOL, BBH, BPL, FRC, OCC Y PAC; Fig. 1). Posteriormente se realizó otro ACP con las 20 variables, a partir de la matriz de covarianzas, mediante el programa R, versión 10.0.0. En segundo lugar, se realizó un análisis discriminante canónico en función de los ocho grupos geográficos mediante los métodos de inclusión por pasos de las variables y de validación cruzada, con el programa estadístico JMP, versión 8.0.1.

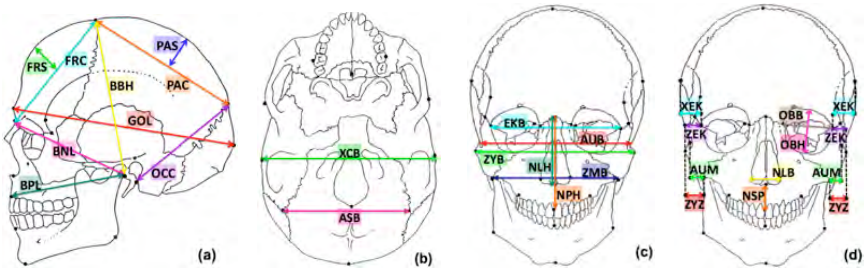


FIGURA 1. *Representación de las medidas craneales utilizadas en el análisis. 2a: visión lateral del cráneo (BPL= longitud basion-prostion; BNL= longitud basion-nasion; OCC= cuerda occipital; GOL= longitud craneal; BBH= longitud basion-bregma; PAC= cuerda parietal; PAS= subtensa parietal; FRC= cuerda frontal; FRS= subtensa frontal); 2b: visión basal (XCB= máxima anchura craneal; ASB= anchura biasteriónica); 2c: visión frontal: variables redundantes (EKB= anchura biorbital; AUB= anchura biauricular; ZYB= anchura bizigomática; NLH= altura nasal; NPH= altura nasion-prostion; ZMB= anchura bimaxilar); 2d: visión frontal: nuevas variables (XEK= diferencia entre XCB y EKB; ZEK= diferencia entre ZYB y EKB; AUM= diferencia entre AUB y ZMB; ZYZ= diferencia entre ZYB y ZMB; NSP= diferencia entre NPH y NLH; NLB= anchura nasal; OBH= altura orbital; OBB= anchura orbital).*

RESULTADOS

En el ACP realizado con variables que podrían estar revelando diferencias de tamaño, el primer componente, cuyos factores de carga son todos positivos, puso de manifiesto tales diferencias, y recogió el 46% de la varianza; en él, BBH, BPL y GOL fueron las variables con más carga (Tabla I).

En el ACP realizado con las 20 variables, el componente 1 recogió el 41% de la varianza; las variables más importantes (Tabla 1) fueron AUM, ZYZ, ZEK y XEK, todas con factores de carga negativos. En cuanto al componente 2, NSP, con carga positiva, y XEK, con carga positiva, tuvieron gran importancia.

	COMP. 1		COMP. 2	
TAMAÑO	BPL	0,436	BPL	0,517
	BBH	0,433	XCB	-0,515
	GOL	0,404	OCC	-0,513
20 VARIABLES	AUM	-0,721	NSP	0,762
	ZYZ	-0,392	XEK	-0,403
	ZEK	-0,372		
	XEK	-0,353		

TABLA 1. *Factores de carga más relevantes de los dos primeros componentes principales de cada ACP.*

En el diagrama de dispersión de los dos primeros componentes (Fig. 2) se muestra que la mayoría de los individuos de África, Australia, y parte de los de Norteamérica y Sudamérica se sitúan en la región positiva del componente 1, por lo que presentan una gran anchura biorbital en relación a la anchura craneal, un arco zigomático poco prominente y una anchura bimaxilar relativamente grande. Los europeos y los asiáticos se encuentran principalmente en la región negativa del componente, por lo cual presentan unas anchuras biorbital y bimaxilar relativamente reducidas y un arco zigomático pronunciado. Las poblaciones del Pacífico se encuentran distribuidas por todo el eje del componente. Respecto al componente 2, los individuos australianos se concentran en la región positiva del mismo lo cual indica la existencia de una gran longitud nasoespinal-prostion asociada a una región orbital relativamente ancha. El resto de las poblaciones se distribuyen por todo el componente.

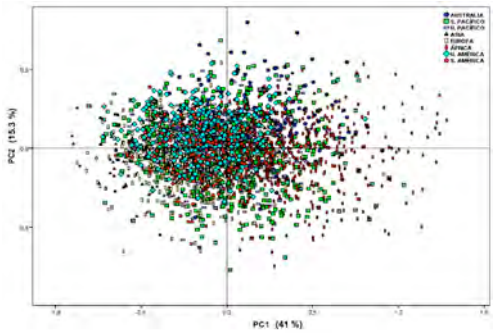


FIGURA 2. *Dispersión de los componentes 1 y 2 del ACP realizado con las 20 variables, mostrados por grupos geográficos*

Respecto al análisis discriminante canónico, las variables más relevantes en la función 1 fueron XCB, BNL, BBH y PAC (Tabla 2) y en la función 2 las más importantes fueron BNL, con factor de carga negativo, y BBH, BPL y GOL, con factores de carga positivos.

	FUNCIÓN 1		FUNCIÓN 2	
FACTORES DE CARGA	XCB	11,20	BNL	-19,77
	BNL	-9,46	BBH	14,99
	BBH	8,21	BPL	14,35
	PAC	-7,79	GOL	9,37

TABLA 2. *Factores de carga más relevantes de las dos primeras funciones discriminantes canónicas*

En el gráfico bivariante (Fig. 3) se observa que las poblaciones africanas se caracterizan por presentar unas anchura y altura craneales reducidas asociadas a una gran longitud basion-nasion. Los australianos presentan igualmente unas anchura y altura craneales reducidas. Sin embargo, poseen un prognatismo facial mayor, manifestado por una proporción mayor de la longitud de la cara respecto a la longitud de la base del cráneo. Asimismo, este grupo presenta una destacada longitud craneal.

Las poblaciones europeas y las del Pacífico son muy similares presentando una gran anchura craneal y una altura basiobregmática y una longitud de la cara relativamente grandes, mientras que las poblaciones del Pacífico Sur presentan una mayor longitud craneal y una menor longitud de la base del cráneo que los individuos del Pacífico Norte. Los individuos europeos poseen una longitud de la base del cráneo menor que los del Pacífico, y una longitud craneal relativamente grande.

Por otro lado, las poblaciones de América del Norte y del Sur presentan una gran similitud, y se caracterizan por la presencia de unas anchura y longitud craneales reducidas; sin embargo, las poblaciones norteamericanas presentan una altura basiobregmática algo mayor que las sudamericanas. Por último, los individuos asiáticos presentan unas anchura y altura craneales grandes y poseen una longitud craneal y una longitud de la base del cráneo reducidas. En este análisis se clasificaron correctamente el 63,6% de los individuos.

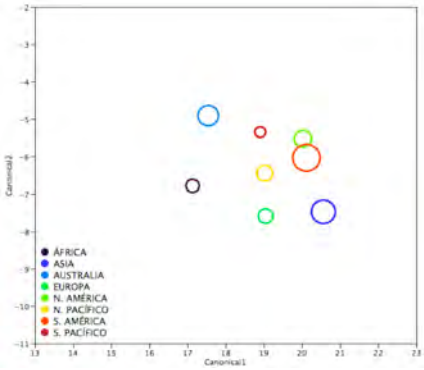


FIGURA 3. *Dispersión de las dos primeras funciones discriminantes, mostrando las circunferencias del 95% de confianza de los grupos geográficos.*

DISCUSIÓN

Los resultados del ACP obtenidos en este estudio indican que existe una diferenciación interregional considerable en la morfología del esqueleto facial de los humanos. Los rasgos faciales permiten, en cierto grado, discernir grupos geográficos. Dicha variabilidad puede estar vinculada a factores ambientales (Harvati y Weaver, 2006). Sin embargo, no está claro hasta qué punto la influencia ambiental contribuye a la diferenciación morfológica. Así, es relevante tener en cuenta las particularidades de la historia evolutiva de los grupos humanos asentados en distintas regiones geográficas (v.g. flujo genético).

El ACP realizado con variables que podrían estar revelando diferencias de tamaño craneal muestra que existen tales diferencias. Sin embargo, esta variabilidad no está regida por ningún factor geográfico, ya que existen diferencias de tamaño intrapoblacionales de la misma magnitud.

Por otro lado, este estudio revela una clina latitudinal que implica a los rasgos faciales. Las poblaciones situadas más al sur tienden a presentar un arco zigomático y una región orbital poco pronunciados, y las poblaciones situadas más al norte tienden a presentar estos rasgos más desarrollados. Ahora bien, existen dos excepciones, en primer lugar, las poblaciones del Pacífico. De acuerdo con estudios previos (v.g. Pietrusewsky y Chang, 2003) presentan una gran heterogeneidad morfológica debido al limitado flujo genético entre las islas y a las diferentes oleadas de colonización de Polinesia y Micronesia (Melton et al., 1995). En segundo lugar, los individuos de Sudamérica presentan rasgos similares a las poblaciones asiáticas probablemente a causa de

su origen reciente a partir de individuos procedentes de Asia que cruzaron el Estrecho de Bering (González-José, 2003).

La sustitución de variables redundantes por variables derivadas pone de manifiesto diferencias morfológicas importantes, las cuales estarían ausentes si se hubieran empleado las variables originales. Por otro lado, a pesar de la gran cantidad de literatura existente sobre la diferenciación morfológica entre las poblaciones y grandes grupos humanos, la mayor parte tienen como principal objetivo establecer relaciones intragrupales (v.g. Schillaci, 2008). Estos estudios, aunque relevantes, dejan de lado aspectos de tipo funcional y adaptativo implicados en la variación craneal. Por otro lado, aunque algunos estudios conjuntan análisis genéticos y morfológicos (Smith, 2009), es necesario también integrarlos con la información ontogenética, el análisis de alometrías y las interacciones epigenéticas, aspectos que juegan un papel importante en la morfología (Vioarsdóttir et al., 2002).

Por último, cabe destacar la aplicabilidad de lo anteriormente expuesto para la sistemática de los homininos fósiles. Así, es relevante tener presente el rango de variabilidad morfológica interregional de la humanidad. La asignación taxonómica de los homininos fósiles se sustenta, en muchos casos, en pocos restos y se establecen en función de escasas diferencias. Este escenario de evidencias escasas y localizadas a lo largo de amplios rangos geográfico y temporal no permiten, por regla general, mostrar la posible disparidad morfológica de las poblaciones. Extrapolando los resultados de este estudio al registro fósil de los homininos es posible que algunas de las especies consideradas no sean más que el reflejo de la variabilidad intragrupal propia de una especie altamente distribuida en el tiempo y en el espacio (v.g. *H. erectus* s.l.). Debido al impacto científico de estas asignaciones taxonómicas se sugiere un análisis morfológico de los restos fósiles mediante el mayor número de enfoques posible.

CONCLUSIONES

El presente trabajo analiza la variabilidad craneal en la especie humana en función de ocho grandes grupos geográficos. Los resultados muestran que existe una gran variabilidad relacionada con el esqueleto facial, especialmente en las regiones zigomática y orbital. Además, parece existir un gradiente geográfico latitudinal implicado en estos caracteres, aunque es necesario profundizar en el origen de tal variabilidad desde otros puntos de vista. El análisis discriminante canónico realizado en este estudio pone de manifiesto las características craneofaciales que presentan más variabilidad entre los grandes grupos geográficos, las cuales son la anchura craneal y el prognatismo facial. Estos resultados ponen de manifiesto una diferenciación interregional coherente. En consecuencia, los restos fósiles de homininos deberían ser taxonómicamente reevaluados teniendo en cuenta el rango de variabilidad presente en la especie humana actual.

REFERENCIAS

Brown, P. y Maeda, T. (2004): Post-Pleistocene diachronic change in East Asian facial skeletons: the size, shape and volume of the orbits. *Anthropological Science*, 112: 29–40.

González-José, R. (2003): *El poblamiento de la Patagonia. Análisis de la variación craneofacial en el contexto del poblamiento americano*. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona, 363 p.

Harvati, K. y Weaver, T. D. (2006): Human cranial anatomy and the differential preservation of population history and climate signatures. *The Anatomical Record*, 288A: 1225-1233.

Howells, W. W. (1973): *Cranial variation in man: a study by multivariate analysis of patterns of differences among recent human populations.* Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, vol. 67. Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 259 p.

Howells, W. W. (1996): Howells' craniometric data on the internet. *American Journal of Physical Anthropology*, 101: 441-442.

Melton, T., Peterson, R., Redd, A. J., Saha, N., Sofro, A. S. M., Martinson, J. y Stoneking, M. (1995): Polynesian genetics affinities with southeast Asian populations as identified by mtDNA analysis. *American Journal of Human Genetics*, 57: 403–414.

Pietrusewsky, M. y Chang, C. F. (2003): Taiwan aboriginals and peoples of the Pacific-Asian region: multivariate craniometric comparisons. *Anthropological Science*, 111 :293-332.

Schillaci, M. A. (2008): Human cranial diversity and evidence for an ancient lineage of modern humans. *Journal of Human Evolution*, 54: 814–826.

Smith, H. F. (2009): Which cranial regions reflect molecular distances reliably in humans? Evidence from three-dimensional morphology. *American Journal of Human Biology*, 21: 36-47.

Vioarsdóttir, U. S., O'Higgins, P. y Stringer, C. (2002). A geometric morphometric study of regional differences in the ontogeny of the modern human facial skeleton. *Journal of Anatomy*, 201: 211-229.

Estudio del dimorfismo sexual en el esqueleto craneofacial de *Homo sapiens* actual y de su variabilidad

Study of sexual dimorphism in the craniofacial skeleton of recent Homo sapiens and its variability

L. Rodríguez[1] , J. M. Jiménez-Arenas[2] y M. De Renzi[1]

1 Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología evolutiva. Universitat de València. Apartado Oficial 22085, 46071 Valencia. lucia.rodriguez-casielles@uv.es, derenzim@uv.es.

2 Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras. Campus Universitario de Cartuja s/n. Universidad de Granada. 18071 Granada. jumajia@ugr.es.

Resumen: El dimorfismo sexual presente en el cráneo de los humanos actuales ha sido estudiado por numerosos investigadores, principalmente desde la medicina forense, la antropología física y la arqueología. Estos estudios se centran principalmente en aportar herramientas de predicción aplicables a la determinación del sexo de los restos craneaofaciales con la mayor precisión posible. Dado que la variabilidad es una de las características más relevantes del cráneo de los humanos modernos y aquélla es inversamente proporcional a la capacidad de discriminación del sexo de los individuos, el material analizado suele ser local o regional. El presente trabajo trata de identificar los caracteres morfológicos craneales que más contribuyen al dimorfismo sexual en los humanos a nivel global, de manera que, con posterioridad, se pueda investigar el posible significado evolutivo de las diferencias.

Palabras clave: variabilidad craneal, dimorfismo sexual, morfometría.

Abstract: *The skull sexual dimorphism has been studied by many investigators, mainly by forensics scientists, bioanthropologists and archaeologists. Much of these studies are focused on the construction of predictive tools for applying to sex determination of craniofacial remains. On the other hand, it is well know that variability is one of the most conspicuous features of the human skull. For these reasons, the majority of sexual dimorphism studies analyze only local or regional samples. The present study examines the modern human craniofacial morphological traits that contribute more to the discrimination of sexes at a global context, by analyzing cranial measurements by the means of the use of traditional morphometrics and multivariate statistical thecniques. This study also emphasize the importance of avoiding the redundancy of variables in the assessment of the morphological variation and the necessity of analyzing the dimorphic traits from different points of view as well as taking into account their evolutionary significance.*

Key words: *cranial variability, sexual dimorphism, morphometrics.*

INTRODUCCIÓN

El dimorfismo sexual en la especie humana, y en particular del esqueleto craneofacial, ha sido y sigue siendo de gran interés para muchos investigadores puesto que supone un paso necesario para establecer inferencias sobre la biología y la cultura humanas. Así, los estudios relacionados con el dimorfismo sexual se han llevado a cabo principalmente en las áreas de medicina forense, antropología física y arqueología.

Algunos trabajos han tratado de evaluar cómo se expresa el dimorfismo sexual en el cráneo de los humanos desde una perspectiva ontogenética (v. g. Ursi et al., 1993). Otros lo han abordado mediante el análisis de las alometrías (v. g. Rosas y Bastir, 2002). Un tercer grupo se centra en evaluar el dimorfismo con objeto de obtener funciones discriminantes para determinar el sexo de los restos craneales sin asignación sexual fiable (Veyre-Goulet et al., 2008; Walker, 2008). En todos estos trabajos se emplean cráneos de individuos de procedencia conocida y rangos muestral y geográfico limitados, ya que la variabilidad interpoblacional influye en la morfología craneofacial y en la expresión del dimorfismo sexual.

El objetivo de este trabajo es identificar los rasgos craneales que más contribuyen al dimorfismo sexual en un conjunto amplio de poblaciones humanas, para tratar de establecer grandes patrones morfológicos craneofaciales vinculados al sexo de los individuos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron medidas craneales procedentes de la base de datos de Howells (1996) y de la base de datos de Brown (http://www.personal.une.edu.au/~pbrown3/resource.html, julio de 2009). En total se utilizaron medidas de 2607 individuos: 1377 machos y 1230 hembras.

En este análisis se ha procurado utilizar las medidas de Howells (1973). Los principales problemas se deben a lagunas de datos en la base de datos de Brown y a la presencia de variables redundantes. Esto último ha conducido a la creación de nuevas variables (por sustracción de variables ya existentes) con la consiguiente eliminación de otras utilizadas hasta entonces. Ello ha conducido a considerar finalmente un total de 20 variables (Fig. 1), de las cuales 15 son comunes a las de la base de datos de Howells (1996).

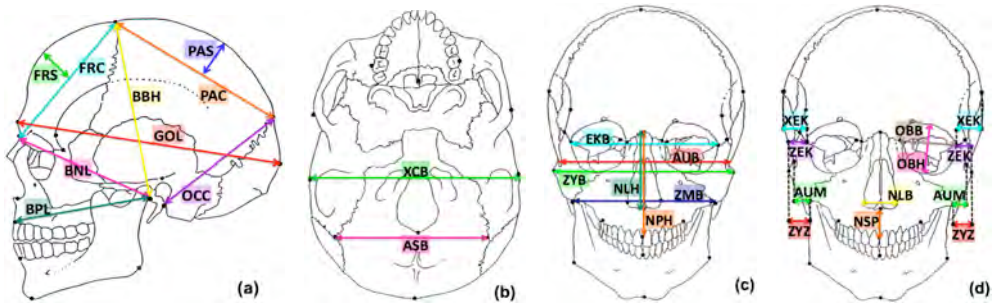


FIGURA 1. *Representación de las diferentes medidas craneales utilizadas en el análisis. 2a: visión lateral del cráneo (BPL= longitud basion-prostion; BNL= longitud basion-nasion; OCC= cuerda occipital; GOL= longitud craneal; BBH= longitud basion-bregma; PAC= cuerda parietal; PAS= subtensa parietal; FRC= cuerda frontal; FRS= subtensa frontal); 2b: visión basal (XCB= máxima anchura craneal; ASB= anchura biasteriónica); 2c: visión frontal con las variables redundantes (EKB= anchura biorbital; AUB= anchura biauricular; ZYB= anchura bizigomática; NLH= altura nasal; NPH= altura nasion-prostion; ZMB= anchura bimaxilar); 2d: visión frontal con las nuevas variables (XEK= diferencia entre XCB y EKB; ZEK= diferencia entre ZYB y EKB; AUM= diferencia entre AUB y ZMB; ZYZ= diferencia entre ZYB y ZMB; NSP= diferencia entre NPH y NLH; NLB= anchura nasal; OBH= altura orbital; OBB= anchura orbital).*

Respecto a las técnicas estadísticas, se realizaron tres Análisis de Componentes Principales (ACPs) a partir de la matriz de covarianzas mediante el programa R, versión 10.0.0: uno sólo con los machos, otro, sólo con las hembras y, finalmente, otro con todos los individuos. Posteriormente, se realizó un análisis discriminante en función del sexo, mediante los métodos de inclusión por pasos de las variables y validación cruzada, empleando el programa estadístico JMP, versión 8.0.1.

RESULTADOS

Los resultados del ACP realizado con todos los individuos se muestran en la Tabla I. Los tres primeros componentes acumularon el 68% de la varianza. El primero de ellos recogió el 41% de la varianza siendo las variables más importantes (en función de los factores de carga) AUM, ZYZ, ZEK y XEK, todas con carga negativa. El segundo componente representa el 15,3% de la varianza, y las variables que más participan en el mismo son NSP con carga positiva, XEK con factor de carga negativo.

El diagrama de dispersión de los dos primeros componentes (Fig. 2) muestra que existe un cierto grado de dimorfismo sexual, ya que las hembras tienden a estar ausentes en el cuadrante correspondiente a la región negativa del primer componente y positiva del segundo, por lo que presentan por lo general una anchura biorbital relativa menor que los machos, los cuales tienden a estar ausentes en el cuadrante correspondiente a la región positiva del primer componente y negativa del segundo, con lo cual tienden a presentar una longitud nasoespinal-prostion mayor que las hembras y un arco zigomático más pronunciado.

	COMP. 1		COMP. 2	
TODOS	AUM	-0,721	NSP	0,762
	ZYZ	-0,392	XEK	-0,403
	ZEK	-0,372		
	XEK	-0,353		
HEMBRAS	AUM	-0,752	NSP	-0,945
	ZYZ	-0,380		
	XEK	-0,356		
	ZEK	-0,347		
MACHOS	AUM	-0,763	NSP	0,692
	XEK	-0,405	XEK	-0,575
	ZYZ	-0,358		

TABLA 1. *Factores de carga más relevantes de los dos primeros componentes principales de cada ACP.*

En cuanto al ACP realizado con las hembras, los tres primeros componentes recogieron el 69 % de la varianza total. En el primer componente, que recogió el 42% de la varianza, las variables más relevantes (Tabla 1; Fig. 1) fueron AUM, ZYZ, XEK y ZEK, con factores de carga negativos, mientras que en el segundo componente, que recogió el 14,4% de la varianza, tuvo gran importancia NSP, también con un factor de carga negativo y muy alto.

Los resultados del ACP realizado con los machos muestran diferencias respecto al de las hembras (Tabla I). Los tres primeros componentes recogieron el 68 % de la varianza. En el componente con un 46 % de la varianza, las variables con factores de carga más elevados fueron AUM, XEK y ZYZ (Fig. 1); por tanto, la región orbital es más variable en los machos que en las hembras, mientras que la relevancia relativa de la región zigomática es menor. En el componente 2, que representa un 14,6% de la varianza, tuvieron gran importancia las variables NSP -en este caso con carga positiva aunque menor que en las hembras- y XEK, de nuevo con carga positiva.

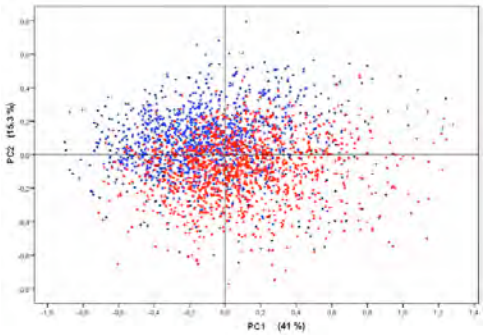


FIGURA 2. *Dispersión de los componentes 1 y 2 del ACP realizado con todos los individuos (rojo: hembras; azul: machos).*

Los resultados del análisis discriminante en función del sexo (Tabla 2) mostraron que, en la función 1, las variables más importantes fueron XCB, GOL y BBH, con factores de carga positivos, así como OBH, con factor de carga negativo; en la función 2 resultaron de gran importancia GOL, BBH y XCB (negativas) y FRC (positiva). En este análisis quedaron excluidas las variables BNL, PAC, NLB y OBB. El total de reclasificaciones correctas fue el 84,85%.

	FUNCIÓN 1		FUNCIÓN 2	
FACTORES DE CARGA	XCB	13,61	GOL	-21,91
	GOL	12,01	BBH	-19,77
	BBH	4,83	FRC	18,72
	OBH	- 4,19	XCB	-15,89

TABLA 2. *Principales factores de carga de las dos primeras funciones discriminantes.*

En la representación de las dos primeras funciones discriminantes (Fig. 3) se observa que los machos presentan mayores puntuaciones en la función 1, lo cual equivale generalmente a un mayor tamaño craneal que las hembras, mientras que respecto a la función 2 no existe patrón alguno en función del sexo. Se puede observar que los centroides de los grupos están bien separados, aunque también se aprecia que existe cierto solapamiento entre los individuos de ambos sexos respecto al eje correspondiente a la primera función discriminante.

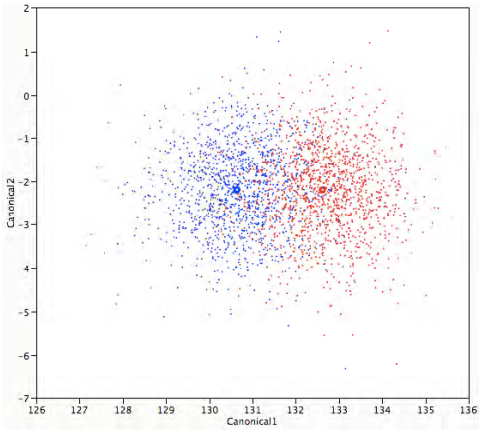


FIGURA 3. *Dispersión de las dos primeras funciones discriminantes. Las circunferencias indican la región donde puede encontrarse un individuo de un grupo determinado con un 95% de confianza. Los puntos dentro de ellas son los centroides de los dos grupos (rojo: hembras; azul: machos).*

DISCUSIÓN

Existe una gran variabilidad de resultados procedentes de estudios sobre el dimorfismo sexual en el cráneo de los humanos actuales; ello se debe en gran parte a que cada estudio se centra en poblaciones o regiones concretas, así craneométricas y de técnicas estadísticas. Por ejemplo, Rosas y Bastir (2002), mediante técnicas de morfometría geométrica y con cráneos de individuos portugueses, encontraron dimorfismo sexual en cuanto a las regiones nasoglabelar, orofaríngea, occipital y mastoidea.

Kimmerle et al. (2008), aplicaron también técnicas de morfometría geométrica a cráneos de individuos americanos y establecieron las diferencias en las regiones frontal, malar y occipital. Por otro lado, Veyre-Goulet et al. (2008), por medio de un análisis discriminante a partir de variables obtenidas de radiografías de individuos europeos, hallaron diferencias en las regiones frontal y basal del cráneo. Por último, Walker (2008), por medio de la combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos concluyó que las regiones más diferenciadas son la glabelar y la del mentón.

Los resultados del ACP obtenidos en este estudio, no comparables a los de estudios previos por los motivos arriba mencionados, indican que existe un claro dimorfismo sexual a nivel mundial expresado en el esqueleto craneofacial, especialmente en las regiones orbital, maxilar y zigomática. Se puede pensar que estas diferencias se deben parcialmente a un dimorfismo en el sistema muscular facial y masticatorio (Enlow y Hans, 1996), que está más desarrollado en los machos. Otro factor que podría ser responsable del dimorfismo es la diferencia de actividad metabólica entre los sexos (Rosas y Bastir, 2002), la cual podría

influir sobre la morfología de los huesos nasales y consecuentemente sobre la de los huesos adyacentes.

Por otro lado, el análisis discriminante realizado evidencia también diferencias de tamaño del neurocráneo, siendo éste mayor en los machos, algo que concuerda con estudios previos (v. g. Franklin et al., 2005).

Los resultados de los ACPs, en los que las variables que mayores factores de carga presentan son las consideradas para evitar la redundancia, ponen de manifiesto la importancia de dichas variables las cuales aportan información morfométrica importante con consecuencias en las interpretaciones sobre la naturaleza de las diferencias entre machos y hembras de humanos modernos. De cualquier manera, es necesaria más investigación en la que se comparen los resultados derivados del uso de variables tradicionales y de las que tratan de evitar, en la medida de lo posible, la redundancia. Por tanto, se anima a combinar y comparar los resultados usando este último tipo de variables y las tradicionales.

CONCLUSIONES

El presente trabajo analiza el dimorfismo sexual presente en el esqueleto craneofacial de los humanos en conjunto. Los resultados muestran que las regiones orbital, maxilar y zigomática, así como las dimensiones del neurocráneo, son los elementos craneofaciales que más contribuyen al dimorfismo sexual. Además, existen diferencias respecto a la variabilidad de ciertos rasgos dentro de cada sexo, concretamente, en los machos la región orbital es más variable que en las hembras, y en las hembras la región zigomática presenta mayor variabilidad que en los machos. Por último, el uso de variables no redundantes permite decodificar información morfológica muy relevante. En el futuro se pretende profundizar en el significado evolutivo y funcional de las principales diferencias morfológicas entre machos y hembras.

REFERENCIAS

Enlow, D. H. y Hans, M. G. (1996): *Essentials of facial growth*. W. B. Saunders Company, Philadelphia. 303 p.

Franklin, D., Freedman, L. y Milne, N. (2005): Sexual dimorphism and discriminant function sexing in indigenous South African crania. *Journal of Comparative Human Biology,* 55: 213–228.

Howells, W. W. (1973): *Cranial variation in man: a study by multivariate analysis of patterns of differences among recent human populations*. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, vol. 67. Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 259 p.

Howells, W. W. (1996): Howells' craniometric data on the internet. *American Journal of Physical Anthropology*, 101: 441-442.

Kimmerle, E. H., Ross, A. y Slice, D. (2008): Sexual dimorphism in America: geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *Journal of Forensic Science*, 53: 54-57.

Rosas, A. y Bastir, M. (2002): Thin-plate spline analysis of allometry and sexual dimorphism in the human craniofacial complex. *American Journal of Physical Anthropology*, 117: 236-245.

Ursi, W. J., Trotman, C. A., McNamara, J. A. y Behrents, R. G. (1993): Sexual dimorphism in normal craniofacial growth. *The Angle Orthodontist*, 63: 47-56.

Veyre-Goulet, S. A., Mercier, C., Robin, O. y Guérin, C. (2008): Recent human sexual dimorphism study using cephalometric plots on lateral teleradiography and discriminant function analysis. *Journal of Forensic Science*, 53: 786-789.

Walker, P. L. (2008): Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. *American Journal of Physical Anthropology*, 136: 39-50.

Los montículos microbianos del Misisípico de Tabainout (región de Azrou-Khenifra, Marruecos)

Mississippian microbial mounds from Tabainout (Azrou-Khenifra Region, Morocco)

S. Rodríguez[1], I. D. Somerville[2], I. Said[1] y P. Cózar[1]

1 Departamento y U.E.I. de Paleontología. Instituto de Geología Económica y Facultad de Ciencias Geológicas, CSIC-UCM, c/José Antonio Novais, 2, 28040 Madrid. sergrodr@geo.ucm.es
2 UCD School of Geological Sciences, University College Dublin, Belfield, Dublin 4. Ireland. Ian.Somerville@ucd.ie

Resumen: En el sector meridional de la región marroquí de Azrou-Khenifra se encuentra un ejemplo muy destacado de montículos microbianos del Misisípico junto a la localidad de Tabainout. Los montículos allí presentes se desarrollan directamente sobre areniscas del Ordovícico. La sucesión del Carbonífero comienza con conglomerados polimícticos que pasan muy pronto a calizas brechoideas y a calizas bioclásticas con diversos corales. Sobre ellas se encuentran las facies del núcleo constituidas por mudstones-wackestones micropeloidales con cavidades estromatactoideas, con muy pocos corales asociados. Como capas cobertoras y de flanco se encuentran coquinas con braquiópodos, bivalvos, crinoides y corales.

Palabras clave: Montículos microbianos, corales, coquinas, Marruecos, Khenifra.

Abstract: *Microbial mounds are common in the Carboniferous from Western Palaeotethys. A conspicuous Mississippian example is located close to Tabainout village in the southern part of the Azrou-Khenifra Basin. The mud mounds from Tabainout lie directly on Ordovician sandstones. Basal Carboniferous deposits are polymictic conglomerates, sedimented in a palaeorelief on the Ordovician sandstones during the upper Asbian. Calcareous breccias and bioclastic limestones with a diverse assemblage of corals occur in the conglomerates and represent the base for the core facies of the mounds. These are composed of micropeloidal mudstones-wackestones with stromatactoid cavities and very scarce corals of the genera Amplexus and Axophyllum. The capping and flank beds of the mounds are composed of cemented coquinas with abundant brachiopods, bivalves, corals and crinoids that yielded lower Brigantian foraminifera and algae. Shales with some interbedded marls containing Cyathaxonia-fauna corals occur around and above the microbial mounds.*

Key words: *Microbial mounds, corals, coquinas, Morocco, Khenifra.*

INTRODUCCIÓN

Los montículos microbianos son frecuentes en el norte de África, tanto en el Devónico como en el Carbonífero. Los montículos del Devónico han sido extensamente estudiados desde el punto de vista estratigráfico y sedimentológico (Wendt et al., 1997; Wendt y Kaufmann, 2006) y más recientemente han sido estudiadas las asociaciones de corales presentes en ellos (Berkowski 2006), pero los montículos del Carbonífero no habían sido abordados hasta fechas muy reciente, salvo los existentes en la región de Erfoud (Wendt et al., 2001). Los primeros montículos descritos a fondo han sido los presentes en la Formación Tizra del área de Adarouch (Said, 2005; Said et al., 2007; Cózar et al., 2008, Somerville et al., 2008; Said et al. en prensa), en la zona norte de la región de Azrou-Khenifra y los presentes en la región de Jerada, al nordeste de Marruecos (Aretz y Herbig, 2008; Aretz, 2010). Los afloramientos de la zona sur de Azrou-Khenifra han sido motivo de una breve nota introductoria (Aretz y Herbig, en prensa) sin que se hayan realizado ni estudios detallados de los afloramientos, ni muestreos sistemáticos de las asociaciones presentes en ellos. El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de un complejo de montículos microbianos situados en la localidad de Tabainout, unos 15 kilómetros al oeste de Khenifra.

LOS MONTÍCULOS DE TABAINOUT

Las características fundamentales de este complejo son la presencia de una serie de montículos alineados y en ocasiones conectados por su base y el desarrollo de una estructura más o menos compleja en la que abundan los componentes esqueléticos (corales, bivalvos, braquiópodos, crinoides) en algunas de las facies que se desarrollan en los montículos y en zonas aledañas. Los afloramientos de Tabainout forman una cresta prominente que alcanza unos 300 metros sobre

la meseta circundante a lo largo de algo más de un kilómetro, con una orientación nordeste-suroeste.

La estructura de los montículos de Tabainout consta de las siguientes características (Figura 1):

- La base de los montículos se sitúa sobre una notable discontinuidad, ya que la sedimentación del Misisípico comienza sobre un paleorelieve constituido por areniscas del Ordovícico.
- La primera sedimentación del Carbonífero está constituida por conglomerados polimícticos con base erosiva que engloban clastos de caliza y pizarra y que localmente contienen grandes clastos de las areniscas ordovícicas. Estos conglomerados presentan un espesor variable. Bajo los mayores montículos apenas tienen dos metros de potencia, pero hacia el suroeste alcanzan 8 metros de espesor. En muchos puntos estos conglomerados están cubiertos por unos niveles de areniscas de variable espesor.
- Sobre los conglomerados y las areniscas se encuentran unas calizas bioclásticas (wackestones-packstones) bien estratificadas, intercaladas con calizas brechoideas que contienen equinodermos, corales, braquiópodos, briozoos, algas y foraminíferos. La abundancia de calizas bioclásticas y brechas varía de unos puntos a otros y en muchas zonas se observan alternancias de estas dos facies. La potencia total de este tramo varía entre 5 y 12 metros. En estos niveles son frecuentes las algas, siendo dominantes las kamaénidas y *Koninckopora,* y frecuentes *Fasciella* y *Draffania.* Los foraminíferos son también abundantes, con frecuentes representantes de los géneros *Tetrataxis, Pseudotaxis, Vissariotaxis* y *Howchinia* así como archaeodíscidos. La asociación de corales de estos niveles presenta *Amplexizaphrentis* sp., *Amplexocarinia* sp., *Arachnolasma cylindricum*, *Clisiophyllum keyserlingi*, *Dibunophyllum bipartitum, Lithostrotion vorticale*, *Michelinia* sp., *Palaeosmilia murchisoni, Pseudozaphrentoides* sp., *Rotiphyllum* sp., *Siphonodendron irregulare*, *S. martini, S. pauciradiale, S. sociale, Siphonophyllia* sp. y *Hexaphyllia mirabilis.*
- Sobre los niveles bioclásticos y brechoideos se desarrolla el núcleo del montículo, constituido básicamente por caliza mudstone-wackestone con fábrica micropeloidal y cavidades estromatactoideas de dimensiones muy variables (1 mm a 15 cm), que pueden presentar cementos rojizos y rellenos geopetales. Los componentes esqueléticos son muy escasos, ya que raramente presenta foraminíferos y las algas están casi totalmente ausentes. Sólo se observan algunos briozoos fenestélidos, raros gasterópodos y corales rugosos de los géneros *Amplexus* y *Axophyllum* y pequeñas colonias de corales tabulados del género *Michelinia*. El espesor de los montículos es muy variable, habiéndose medido unos 100 metros en el montículo situado inmediatamente al norte de la población de Tabainout.
- Por encima del núcleo y en los flancos del mismo se encuentran capas de calizas bien estratificadas constituidas por coquinas de braquiópodos, bivalvos, corales, goniatites y crinoides con intensas cementaciones que se intercalan con niveles irregulares de mudstones con cavidades estromatactoideas, que alcanzan entre 10 y 15 metros de potencia. Hay escasas algas y foraminíferos en estos niveles (*Tetrataxis* y *Pseudotaxis*). Entre los corales destaca la abundancia localmente de *Pseudozaphrentoides juddi* y *Palaeosmilia murchisoni*. Además se encuentra una diversa asociación en la que se pueden mencionar *Amplexocarinia* sp. (forma gregaria), *Arachnolasma cylindricum*, *Diphyphyllum lateseptatum*, *Kizilia* sp. *Lithostrotion vorticale*, *Michelinia* sp., *Haplolasma* sp., *Rotiphyllum* sp., *Siphonodendron martini,* y *S. pauciradiale*.
- Alrededor de los montículos y estratigráficamente por encima de los mismos se encuentran pizarras con intercalaciones margosas que contienen frecuentes crinoides, goniatites y corales rugosos sin disepimentos de los géneros *Amplexus, Bradyphyllum*, *Claviphyllum*, *Cyathaxonia*, y *Rotiphyllum*. También son frecuentes pequeñas colonias de corales tabulados de los géneros *Michelinia* y *Syringopora*.

Las asociaciones de corales, foraminíferos y algas permiten identificar que el comienzo de la sedimentación Carbonífera se produjo en Tabainout durante el Asbiense tardío y que los niveles superiores y de flanco se sedimentaron durante el Brigantiense.

La características que hacen de los montículos de Tabainout un ejemplo de gran interés, aparte de sus excelentes afloramientos, donde se observan las distintas facies con excelentes exposiciones, son:

- Unas dimensiones poco usuales. La mayoría de los montículos de edades similares descritos en el norte de África y en Europa no suelen pasar de 50 metros de altura y medio kilómetro de extensión lateral, pero los mayores ejemplos de Tabainout superan los 100 metros de potencia sólo contando las facies del núcleo.

- La presencia de unas potentes capas de cobertera y flanco con grandes concentraciones de bioclastos cementados. Aunque este tipo de capas han sido descritos en otros montículos, en el Viseense del sur de Europa y del Norte de África no tienen parangón por su amplio desarrollo.
- La diversidad de las asociaciones de corales de la mayoría de las facies contrasta con la pobreza en foraminíferos y algas. Las asociaciones de corales son comparables en diversidad a las de la Formación Tizra, de la misma edad y a tan sólo 70 km de distancia en dirección norte, pero hay varios taxones diferentes: *Tizraia, Aulokoninckophyllum* y *Corwenia*, que aparecen en Tizra están ausentes en Tabainout y por el contrario, *Amplexus* y *Amplexocarinia* que están ausentes en Tizra son frecuentes en Tabainout.
- En el núcleo y en las facies de flanco aparecen formas de corales gregarios (*Axophyllum* y *Amplexocarinia*) que no se han descrito en otros montículos similares de Marruecos como los de Jerada (Aretz y Herbig 2008, 2009) y Adarouch (Said, 2005; Said et al., 2007).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el contexto de los proyectos de investigación CGL2006-03085/BTE, CGL2009-10340/BTE subvencionados por el Ministerio de Innovación y Ciencia de España y Grupo de Investigación 910231, subvencionado por la Comunidad de Madrid y la U.C.M.

REFERENCIAS

Aretz, M. (2010): Rugose corals from the upper Viséan (Carboniferous) of the Jerada Massif (NE Morocco): taxonomy, biostratigraphy, facies and palaeobiogeography. *Palaeontologische Zeitschrift*, 84, DOI 10.1007/s12542-009-0046-0

Aretz, M., Herbig, H.-G. (2008): Microbial-sponge and microbial-metazoan buildups in the late Viséan basin-fill sequence of the Jerada Massif (Carboniferous, NE Morocco). *Geological Journal*, 43(2-3): 307-336.

Aretz, M., Herbig, H.-G. (in press): Corals from the Viséan of the central and southern part of Azrou-Khénifra Basin (Carboniferous, Central Moroccan Meseta). In: *X Coral Symposium*, (Kossovaya, O. y Somerville, I. D. eds.). St Petersburg. *Palaeoworld*.

Berkowski, B. (2006): Vent and mound rugose coral associations from the Middle Devonian of Hamar Laghdad (Anti-Atlas, Morocco). *Geobios*, 39: 155-170.

Cózar, P., Vachard, D., Somerville, I. D., Berkhli, M., Medina-Varea, P., Rodríguez, S. y Said, I. (2008): Late Viséan-Serpukhovian foraminiferans and calcareous algae from the Adarouch region (central Morocco). *Geological Journa*l, 43(4): 463-485.

Said, I. (2005): *Estudio de los corales rugosos con disepimentos del Mississippiense del NE de la meseta marroquí (sectores de Adarouch y Agouaraï).* - (unpublished)**.** Ph.D. Thesis, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 240 pp.

Said, I. y Rodríguez, S. (2007): A new genus of coral (Rugosa) from the Adarouch area (Brigantian, NE Central Morocco). *Coloquios de Paleontología*, 57: 23-35.

Said, I., Rodríguez, S. y Berkhli, M. (2007): Preliminary data on the coral distribution in the Upper Visean (Mississippian) succession from Adarouch area (NE Central Morocco). In: *Fossil Corals and Sponges. Proceedings of the 9th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera* (Hubmann, B. and Piller, W. eds.). *Graz 2003*. Wien, *Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommission* 17: 353-364.

Said, I., Rodríguez, S., Somerville, I. D. and Cózar, P. (en prensa). Environmental study of coral assemblages from the upper Viséan Tizra Formation (Adarouch area, Morocco): implications for Western Palaeotethys biogeography. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie.*

Somerville, I. D., Cózar, P., Medina-Varea, P., Rodríguez, S. and Said, I. (2008): Sedimentology and palaeoecology of upper Viséan mud mounds from the Adarouch region (central Morocco), North Africa. In: *51st Annual Irish Geological Research Meeting, 29th Feb-2nd March, 2008 University College Dublin*, *Programme and Abstracts* 51.

Wendt, J., Kaufmann, B. and Belka, Z. (2001): An exhumed Palaeozoic underwater scenery: the Visean mud mounds of the eastern Anti-Atlas (Morocco). *Sedimentary Geology*, 145: 215-233.

Wendt, J., Belka, Z., Kaufmann, B., Kostrewa, R. and Hayer, J. (1997): The world's most spectacular carbonate mud mounds (Middle Devonian, Algerian Sahara). *Journal of Sedimentary Research*, 67: 424-436.

Wendt, J. and Kaufmann, B. (2006): Middle Devonian (Givetian) coral-stromatoporid reefs in West Sahara (Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 44: 339-350.

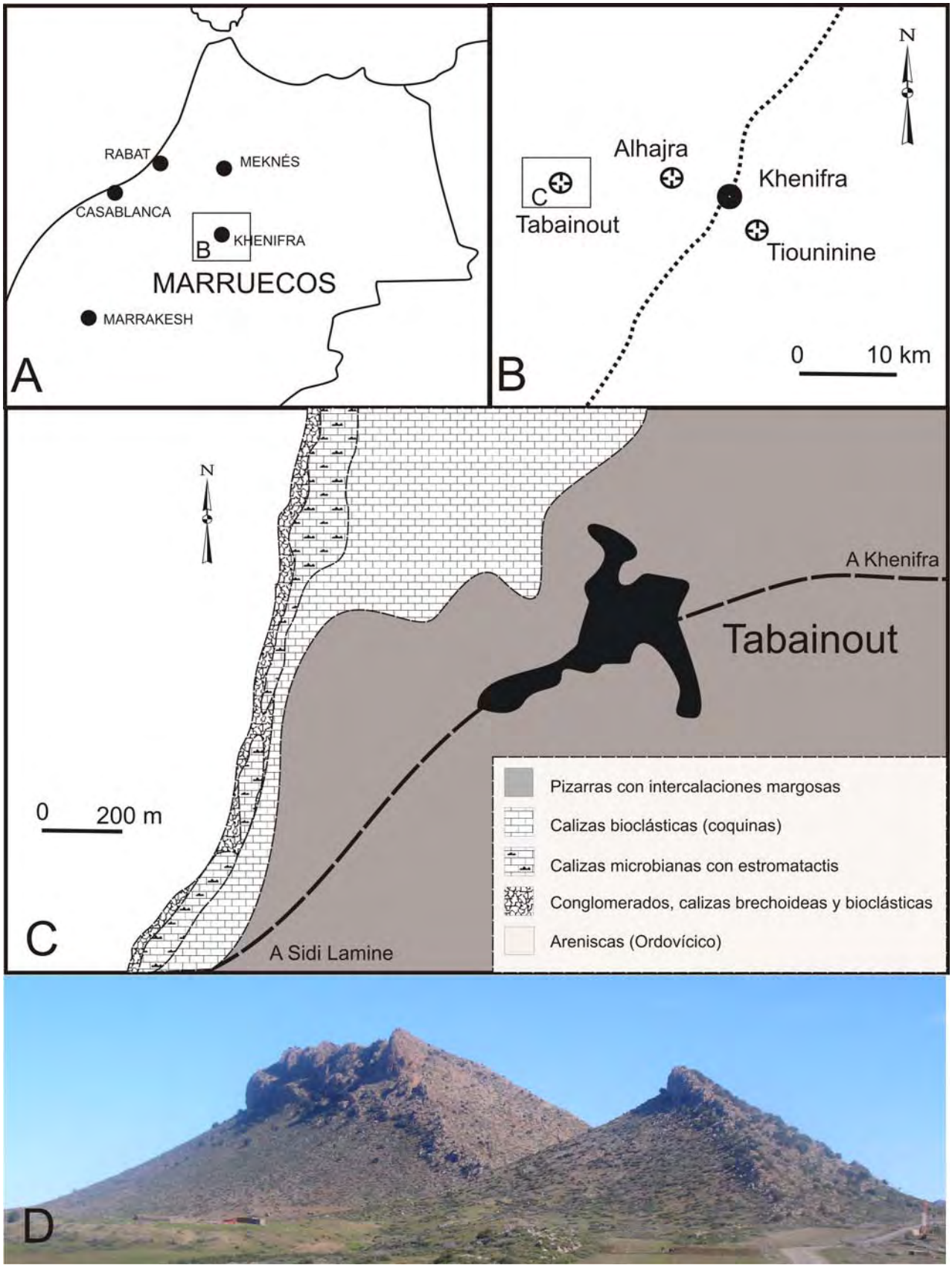


FIGURA 1. *Localización de los afloramientos de Tabainout. A.. Situación del área de Khenifra. B. Situación de los afloramientos carboníferos del área de Khenifra. C. Esquema de distribución de facies en Tabainout. D. Fotografía de los montículos de Tabainout desde el oeste*..

Tiouinine: un arrecife franjeante con la estructura preservada en el Misisípico de Marruecos

Tiouinine: a well preserved fringing reef in the Mississippian from Morocco

S. Rodríguez[1], I. D. Somerville[2], I. Said[1] y P. Cózar[1]

1 Departamento y U.E.I. de Paleontología. Instituto de Geología Económica y Facultad de Ciencias Geológicas, CSIC-UCM, c/José Antonio Novais, 2, 28040 Madrid. sergrodr@geo.ucm.es
2 UCD School of Geological Sciences, University College Dublin, Belfield, Dublin 4. Ireland. Ian.Somerville@ucd.ie

Resumen: En las proximidades de Khenifra (Meseta central marroquí) se encuentra un arrecife franjeante del Misisípico excelentemente preservado. Las facies arrecifales se sitúan directamente sobre areniscas del Devónico y se distinguen facies de llanura mareal, representadas por calizas arenosas; facies de llanura arrecifal, compuestas de packstones/grainstones y boundstones; facies de núcleo arrecifal constituidas por framestones de corales y algas con muy alta diversidad y dominadas por los géneros *Siphonodendron, Lithostrotion, Diphyphyllum* y *Tizraia*.; facies de talud proximal constituidas por packstones y rudstones con parches bioconstruidos y facies de talud algo más distal constituidas por calizas margosas con debris de corales y crinoides.

Palabras clave: Arrecifes, Misisípico, Corales, Khenifra, Marruecos.

Abstract: *A Mississippian fringing reef with excellent preservation and showing a coral framework is located near Khenifra (Central Moroccan Meseta). The reefal facies rest directly on Devonian sandstones. There is a complete zonation from tidal deposits to reefal talus. Tidal deposits occur in a narrow band and are composed of sandy packstones. There is a transition to reef flat deposits composed of packstones-grainstones with patchy distribution of coral colonies. There is also a transitional change to core reef facies that are composed of fasciculate and massive corals reinforced by algal masses around corals and microbial micropeloidal mudstone to wackestone coating the corals and algae. The spaces between corals and algal masses are infilled by crinoidal and coral grainstone. Dominant building organisms are corals of the genera Siphonodendron, Lithostrotion, Diphyphyllum and Tizraia. The proximal talus is represented by packstones and rudstones containing highly diverse bioclasts, corals, crinoids, foraminifers, gastropods, bivalves, etc., large fragments of reworked coral colonies and some coral colonies in growth position. These beds show erosive surfaces and amalgamation of beds. A somewhat distal talus is represented by well-bedded marly limestones containing mainly crinoids and branches of fasciculate corals.*

Key words: *Reefs, Mississippian, Corals, Khenifra, Morocco.*

INTRODUCCCIÓN

La meseta que ocupa el centro y norte de Marruecos presenta tres regiones con afloramientos paleozoicos: La Cuenca de Sidi Bettache al oeste, constituida básicamente de materiales carboníferos siliciclásticos, el escudo central compuesto de rocas precarboníferas y la Cuenca de Azrou-Khenifra, situada al este y compuesta por materiales carboníferos muy diversos, tanto siliciclásticos como carbonáticos. Los materiales de esta última unidad se encuentran apoyados discordantemente sobre rocas ordovícicas y devónicas (Allary et al., 1976; Piqué, 1983; Beauchamp e Izart, 1987; Bouabdelli y Piqué, 1996; Hoepffner et al., 2005).

En esta región han sido descrita la presencia de diversos afloramientos con bioconstrucciones (principalmente montículos microbianos) con abundancia de corales (Termier, 1936; Termier y Termier, 1950; Termier et al., 1975; Chanton-Güvenç *et al.,* 1971; Chanton-Güvenç y Morin, 1973; Semenoff-Tian-Chansky, 1985; Aretz y Herbig, in press). Sin embargo, hay un afloramiento muy destacado que no ha sido previamente descrito, al menos con la denominación correcta y que ha sido objeto de nuestro detallado estudio por su interés. Se encuentran los afloramientos en la aldea de Tiouinine, unos siete km al sur-suroeste de Khenifra. Allí se encuentran unos afloramientos que se extienden de norte a sur a lo largo de unos dos kilómetros y con unos 500 metros de anchura de afloramiento, paralelos a la carretera que une Khenifra con Marrakech. Los afloramientos comprenden una sucesión de más de 50 metros de espesor, con variadas facies.

DESCRIPCIÓN DE LOS AFLORAMIENTOS

Los primeros afloramientos estudiados por nuestro grupo se sitúan en una pequeña cantera situada junto a un barranco que atraviesa los afloramientos de este a oeste. Estos afloramientos están constituidos por calizas masivas de color gris claro con pequeñas intercalaciones de margas con algún nivel intercalado de margas de color morado. La primera inspección permitió reconocer una gran abundancia y diversidad de corales rugosos coloniales, tanto masivos como fasciculados, en posición de crecimiento y con intercrecimientos entre ellos, así como una alta diversidad de corales solitarios, algunos de gran tamaño. La asociación de corales representaba con mucho la más diversa con que nos habíamos encontrado en nuestras investigaciones sobre los corales del Misisípico del Paleotethys occidental.

La asociación comprende las especies *Diphyphyllum furcatum, D. lateseptatum*, *Lithostrotion decipiens*, *L. maccoyanum,, L. vorticale, Palastraea regia, Siphonodendron intermedium, S. martini*, *S. pauciradiale, S. sociale, S. scaleberense, Tizraia berkhlii,* y al menos dos especies del género de coral tabulado *Michelinia* y otras tantas del también tabulado *Syringopora*. Las formas solitarias comprenden '*Amplexus'*, *Arachnolasma cylindricum*, *Aulokoninckophyllum carinatum*, *Axophyllum pseudokirsopianum, Clisiophyllum keyserlingi*, *Gangamophyllum* sp., *Haplolasma* sp., *Palaeosmilia murchisoni, Pareynia splendens*, *Rotiphyllum* sp , *Semenoffia* sp. y *Siphononophyllia samsonensis*. En total 28 especies pertenecientes a 19 géneros de corales.

El estudio de las microfacies indicó unas características muy especiales, pues los espacios entre las colonias de corales estaban ocupadas por masas de caliza micropleoidal de origin microbiano, en la que destaca la presencia de algas verdes (Koninckopora, Coelosporella y Palaeoepimastoporella) constituyendo pequeños bafflestones entre los corales coloniales y solitarios. Los foraminíferos eran relativamente abundantes, dominando los archeodíscidos, los palaeotextuláridos y *Euxinita* sp. Los huecos que estas masas dejaban estaban ocupadas por caliza micropeloidal de claro origen microbiano. Los pocos espacios que todos estos componentes dejaban estaban rellenos por un grainstone (en ocasiones pasando a packstone) con diversos componentes entre los que destacan las placas de crinoides. Esta asociación de microfacies fue identificada como producida por una bioconstrucción desarrollada en aguas someras, lo que propició una investigación de campo más detallada. En la misma, se identificaron unas notables variaciones de facies con interrelaciones muy claras en el campo.

Se identificaron las facies principales que se extendían por varios cientos de metros hacia el sur. El desarrollo de la bioconstrucción se extiende a parches, con variaciones de componentes claras. Así, hay zonas en las que predominan las colonias de *Tizraia berkhlii*, (zona norte de la pequeña cantera), otras donde las formas dominantes son las especies de *Siphonodendron* (zona sur de la misma cantera) u otras zonas donde dominan colonias de grandes individuos de *Michelinia* (unos metros hacia el sur de la cantera). Con frecuencia se observaban intercrecimientos de corales solitarios con coloniales. Son especialmente frecuentes en algunas zonas corales solitarios del género *Axophyllum* que crecen rodeados por corales fasciculados de los géneros *Syringopora* y/o *Siphonodendron*, o corales solitarios del género *'Amplexus'* que crecen rodeados por corales masivos del género *Lithostrotion*.

Hacia el sur se observaron variaciones en espacios cortos de terreno en una zona donde se pasa de masas bioconstruidas con corales masivos, fasciculados y solitarios en estrecha asociación a facies carbonáticas clásticas estratificadas, intercaladas de forma irregular con colonias de corales removilizadas en unos casos y en posición de crecimiento en otros. Estos niveles estratificados mostraban cicatrices erosivas entre ellos. En una segunda cantera situada algo más al sur (que denominamos como Tiouinine 3) se reconocieron niveles estratificados de calizas en ocasiones margosas y con tonos negruzcos con gran cantidad de ramas fragmentarias de corales fasciculados.

Hacia el norte y el oeste se reconocieron calizas masivas a bien estratificadas que se hallaban en cambio lateral con los primeros niveles masivos y en parte por debajo de ellos. Estas calizas se componían de colonias en posición de crecimiento rodeadas de un packstone bioclástico con gran variedad de componentes, incluidos corales fragmentarios. La extensión hacia el norte de estas facies aflora en un área que se ha denominado como Tiouinine 2. En estos niveles también se observan fábricas micropeloidales, pero en este caso alternando con packstones y wackestones con gran diversidad de componentes. Entre los foraminíferos destacan los archaeodíscidos, palaeotextuláridos y raras *Forschia* , así como frecuentes *Koninckopora* y *Fasciella* entre las algas. Los corales dominates en estas facies son *Siphonodendron. pauciradiale* y *S. martini*, con más escasos *Syringopora* sp,. *Siphonodendron intermedium, S. irregulare, S. pauciradiale* y *Tizraia berkhlii.* Más escaso aún es *Lithostrotion decipiens.* Las formas solitarias incluyen '*Amplexus'* sp., *Arachnolasma* sp. y *Axophyllum pseudokirsopianum*.

En el afloramiento de Tiouinine 1, es decir a lo largo del pequeño barranco central del afloramiento, las calizas descritas pasan, también lateralmente y por debajo, a unos niveles de calizas arenosas con gran cantidad de bioclastos diversos. En estas calizas se reconocían algunos clastos de areniscas devónicas, sobre las que se apoyaban directamente.

Todas las asociaciones de corales, foraminíferos y algas indican una edad de Asbiense tardío a Brigantiense temprano (Viseense superior).

INTERPRETACIÓN

Los niveles de calizas arenosas se identificaron como facies de llanura mareal, donde se mezclan los materiales siliciclásticos erosionados directamente de las areniscas devónicas subyacentes y los productos del desarrollo de una activa producción carbonática in situ, representada por el apore de múltiples bioclastos y cementos carbonáticos. El conjunto constituye un grainstone con bioclastos y litoclastos.

Lateralmente esta facies pasa a otra típica de llanura arrecifal, con desarrollo de organismos bioconstructores (básicamemnte corales y algas) entre los que se encuentra un grainstone de bioclastos, donde quedan algunos litoclastos, que son más escasos cuanto más nos alejamos (lateralmente y en la vertical) de las areniscas del Devónico.

Estas facies pasan progresivamente, en muy poco espacio a calizas masivas que representan el núcleo del arrecife con una estructura 'framework' donde son dominantes los corales rugosos, lo que constituye una novedad para el Misisípico. Las facies donde se mezclan los niveles clásticos y colonias en diversos estados de preservación y cicatrices erosivas entre niveles, representa el prearrecife o talud proximal. Las facies tableadas con restos de corales rotos (Tiouinine 3) corresponden a facies de talud o prearrecife algo más distales.

La asociación de corales de Tiouinine (en lo que respecta a las facies del núcleo arrecifal son equivalentes a la asociación RCA4 de Somerville y Rodríguez (2007), caracterizada por la abundancia de corales rugosos fasciculados y la presencia de corales solitarios de notables dimensiones y con disepimentos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el contexto de los proyectos de investigación CGL2006-03085/BTE, CGL2009-1034/BTE subvencionados por el Ministerio de Innovación y Ciencia de España y Grupo de Investigación 910231, subvencionado por la Comunidad de Madrid y la U.C.M.

BIBLIOGRAFÍA

Allary, A., Lavenu, A. Ribeyrolles, M. (1976): Etude tectonique et microtectonique d'un segment de chaîne hercynienne dans la partie sud-orientale du Maroc central. *Notes et Mémoires du Service géologique, Maroc*, 261: 113-166.

Aretz, M. y Herbig, H.-G. (in press): Corals from the Viséan of the central and southern part of Azrou-Khénifra Basin (Carboniferous, Central Moroccan Meseta). In: X Coral Symposium St Petersburg. Editores Ian Somerville y Olga Kossovaya Palaeoworld

Beauchamp, J. y Izart A. (1987): Early Carboniferous basins of the Atlas–Meseta domain (Morocco); sedimentary model and geodynamic evolution. *Geology*, 15 (9): 797-800.

Bouabdelli, M. y Pique, A. (1996): Du bassin sur décrochement au bassin d'avant-pays: dynamique du Basin d'Azrou-Khenifra (Maroc hercynien central). *Journal of African Earth Sciences*, 22: 213-224.

Chanton-Güvenç, N. y Morin, P. (1973): Phénomènes récifaux dans le chaînon calcaire viséen du Tabainout (SE du Massif hercynien central du Maroc). *Service géologique du Maroc Notes,* 34: 87-91.

Chanton-Güvenç, N., Huvelin, P. y Semenoff-Tian-Chansky, P. (1971): Les deux series d'âge viséen supérieur du Jbel Hadid près de Khénifra (Maroc hercynien central). *Service géologique du Maroc Notes*, 31: 7-10.

Hoepffner, C., Soulaimani, A. y Piqué, A. (2005): The Moroccan Hercynides. *Journal of African Earth Sciences*, 43: 144-165.

Piqué, A. (1983): Structural domains of the Hercynian Belt in Morocco. In: *Regional trends in the geology of the Appalachian-Caledonian-Hercynian-Mauritanide orogen*. (Schenk, P. E. ed.), Reidel Publication Company, Dordrecht, Holland, 339-345.

Semenoff-Tian-Chansky, P. (1985). Corals. In: *The Carboniferous of the World, II, Australia, Indian subcontinent, South Africa, South America and North Africa*. (Wagner, R. H., Winkler-Prins, C. F. and Granados, L. F. eds.), 374–381. IUGS Publication 20.

Somerville, I. D. y Rodríguez, S. (2007): Rugose coral associations from the Upper Viséan of Ireland., Britain and SW Spain. In: *Fossil Corals and Sponges*. (Hubmann, B.and Piller, W. E. eds.), Proceedings of the 9th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera, Graz, 2003. *Austrian Academy of Sciences, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen*, 17: 329-351.

Termier, H. (1936): Etudes géologiques sur le Maroc Central et le Moyen-Atlas septentrional. *Notes et Mémoires du Service de mines et cartes géologiques du Maroc,* 33(1-4): 1-1566.

Termier, G. y Termier, H. (1950): Paléontologie marocaine. Tome II: Invertébrés de l'ère primaire. Fasc. 1, foraminifères, spongiaires et coelentérés, *Notes et Mémoires du Service géologique Maroc*, 73: 1-218.

Termier, G., Termier, H. y Vachard, D. (1975): Recherches micropaléontologiques dans le Paléozoïque supérieur du Maroc Central. *Cahiers de Micropaléontologie,* 4, 1-99.

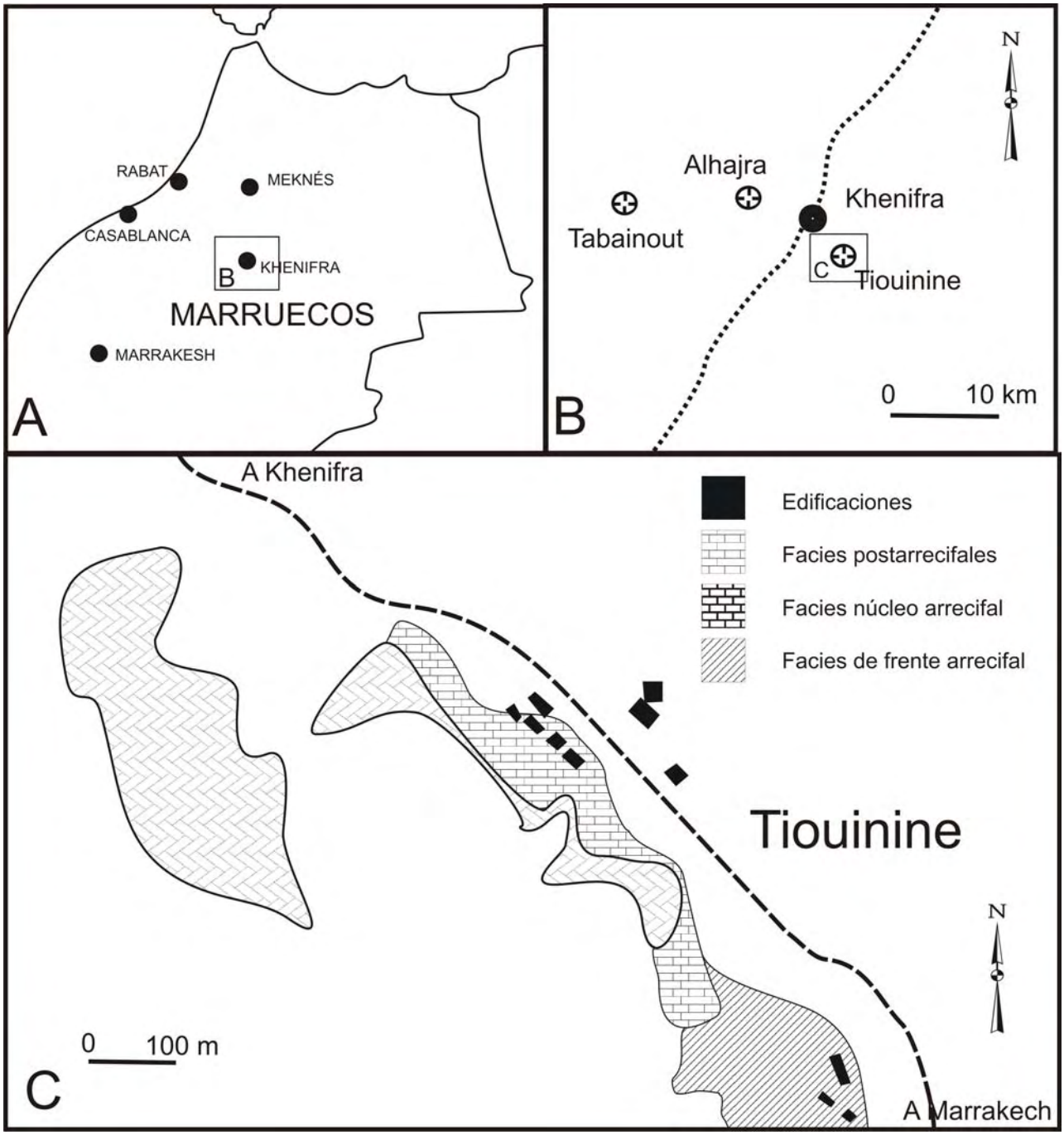


FIGURA 1. *Localización de los afloramientos de Tiouinine. A. Situación del área de Khenifra. B. Situación de los afloramientos carboníferos del área de Khenifra. C. Distribución de las facies arrecifales en Tiouinine.*

Aplicación de la icnología en el análisis de cuencas: Trazas fósiles y estratigrafía de secuencias

Application of ichnology in basin analysis: Trace fossils and sequence stratigraphy

F. J. Rodríguez-Tovar

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Avd. Fuente Nueva s/n. 18002 Granada. España. fjrtovar@ugr.es

Resumen: La utilidad de la icnología en el análisis de cuencas se ha visto en los últimos años potenciada por su aplicación a la estratigrafía de secuencias. Fundamentada en la respuesta de los organismos a los cambios ambientales, el registro icnológico se presenta como una herramienta de gran interés para reconocer variaciones del medio relacionadas con la dinámica del nivel relativo del mar. Su aplicación ha permitido avanzar en las propuestas recientes y se prevé una mayor significación en el futuro. En este trabajo se analizan los actuales campos de aplicación y las posibles líneas de avance.

Palabras clave: icnofacies, icnofábricas, límites de secuencias, cuerpos sedimentarios.

Abstract: *In the last years, the usefulness of ichnology in basin analysis has been increased, especially due to its application in sequence stratigraphy research. On the base that biogenic structures reflect the behavior of trace-makers to environmental fluctuations, ichnological record appears as a valuable tool to interpret environmental variations induced by relative-sea level dynamic. From the first applications, ichnological features (i.e., substrate-controlled ichnofacies) have been mainly used to recognize key sequence stratigraphy surfaces and different order sedimentary packages, improving sequence stratigraphy proposals, and placing ichnologists in a privileged position in basin research. However, even its usefulness has been clearly evidenced, new challenges must be considered in the next years: unfavourable successions, high-resolution sequence stratigraphy and cyclic phenomena, continental and deep-sea sequence stratigraphy, microichnological and neoichnological analyses. From the future, ichnological research must advance on those aspects in sequence stratigraphy less developed at the moment, where data from other disciplines are comparatively insufficient.*

Key words: *ichnology, ichnofacies, ichnofabrics, basin analysis, sequence stratigraphy.*

ESTRATIGRAFÍA DE SECUENCIAS E ICNOLOGÍA

La interpretación de cuerpos sedimentarios genéticamente relacionados a partir de un análisis integrado de datos y metodologías procedentes de diferentes disciplinas, forma el cuerpo de la estratigrafía de secuencias, considerada como uno de los paradigmas revolucionarios más recientes en el campo de la geología sedimentaria (Catuneanu et al., 2009). Desde sus inicios a finales de los años 70, se han sucedido diferentes aplicaciones, apareciendo distintos tipos de modelos, variaciones en el concepto de secuencia como unidad de referencia, o diversas superficies de referencia. A lo largo de estos años se vienen utilizando términos como secuencia, secuencia deposicional, secuencia genética, o secuencia transgresiva-regresiva, creando, incluso, cierta confusión (Catuneanu et al., 2009). Sin embargo, con independencia del modelo utilizado, existe un objetivo común; el reconocimiento e interpretación de unidades genéticas resultantes de la relación entre acomodación y sedimentación, definidas por un patrón de empaquetamiento de estratos específico y determinadas superficies límite. La identificación de tales unidades genéticas y de sus superficies límite se basa en la integración de datos de diferentes disciplinas, entre las que destacan estratigrafía, sedimentología, geofísica, geoquímica, etc. En este contexto de análisis integrado y multidisciplinar, la aportación paleontológica ha consistido, fundamentalmente, en definir el marco bioestratigráfico de referencia. Sin embargo, en los últimos años, la información paleontológica ha adquirido mayor relevancia, especialmente con la aportación de aproximaciones en términos de interpretación ecoestratigráfica, fundamentadas en la incidencia que tienen las fluctuaciones en determinados factores ambientales sobre poblaciones de distintas especies (Olóriz et al., en revisión y referencias incluidas). En relación con las variaciones del medio asociadas a cambios del nivel relativo del mar, y la respuesta de los organismos, como componentes de comunidades, poblaciones, o especies, el análisis icnológico ha adquirido recientemente una posición privilegiada en estratigrafía secuencias. Las estructuras biogénicas reflejan el comportamiento de los organismos que las producen, en respuesta a cambios en los parámetros ambientales tales como características del substrato, tasa

de sedimentación, grado de oxigenación, o cantidad de nutrientes, entre otros, de manera que ofrecen una valiosa información sobre aspectos paleoecológicos y paleoambientales. La integración de esta información en el marco de la estratigrafía de secuencias se está mostrando de gran interés, y se prevé adquiera mayor relevancia en los próximos años.

Sobre la base de una contribución previa (Rodríguez-Tovar, 2010), se lleva a cabo una actualización de la aplicación de la icnología en estratigrafía de secuencias, con especial atención a los nuevos retos y a las posibles líneas de avance en el futuro.

ESTRATIGRAFÍA DE SECUENCIAS, RASGOS ICNOLÓGICOS E ICNOFACIES SUBSTRATO-CONTROLADAS

Desde los primeros trabajos icnológicos en los que se ponía de manifiesto la utilidad del análisis de trazas fósiles en estratigrafía de secuencias, hasta los más recientes (p.e., Savrda, 1991 a MacEachern et al., 2008), la aplicación de la icnología se ha centrado fundamentalmente en el reconocimiento e interpretación de cuerpos genéticamente relacionados y de las superficies que los limitan. Sin embargo, su aportación en estos dos campos no ha desarrollado de manera paralela. Con independencia de los modelos de estratigrafía de secuencias, los distintos tipos de cuerpos genéticamente relacionados y sus correspondientes superficies límite, la aplicación a la caracterización de estas superficies ha sido más frecuente, especialmente a partir del reconocimiento e interpretación de icnofacies substrato-controladas.

La caracterización de cuerpos genéticamente relacionados de diferente orden (secuencias, cortejos sedimentarios, parasecuencias), a partir del estudio de las trazas fósiles se fundamenta en la relación entre los cambios paleoambientales asociados al desarrollo de estos cuerpos y la respuesta de los organismos generadores de las trazas. Esta línea de investigación está comparativamente menos desarrollada, debido a las dificultades de reconocer variaciones estratigráficas del registro icnológico lo suficientemente informativas. La aplicación se fundamenta tanto en el análisis de rasgos icnológicos concretos (p.e., abundancia y distribución de un determinado icnotaxón, índices de bioturbación, icnofábricas, etc.), como de la evolución vertical de las asociaciones de trazas, especialmente en relación con icnofacies de substrato blando.

El registro de icnofacies substrato-controladas (*Glossifungites*, *Teredolites* y *Trypanites*) ha sido utilizado en numerosos trabajos para la caracterización e interpretación de superficies clave en estratigrafía de secuencias. Estas icnofacies están ligadas con frecuencia a substratos relacionados con superficies erosivas, pero también a substratos endurecidos o semi-endurecidos asociados con superficies límite no erosivas, como las de las secciones condensadas. En los últimos años se han presentado recopilaciones de su aplicación para la caracterización de discontinuidades entre y en el interior de secuencias, como las correspondientes a superficies regresivas de erosión, superficies transgresivas de erosión, o superficies de inundación (p.e., MacEarchern et al., 2007). Aunque existen ejemplos documentados para las icnofacies de *Teredolites* y *Trypanites*, el mayor número de casos es referido a las icnofacies de *Glossifungites*. Estas últimas se relacionan con substratos firmes o semi-endurecidos originados por exposición subaérea o por enterramiento y posterior exhumación. Cuando retornan las condiciones marinas, durante el hiato previo al próximo depósito, la superficie expuesta, comúnmente representando una discontinuidad en estratigrafía de secuencias, es colonizada por los organismos que generan las icnofacies de *Glossifungites*.

PERSPECTIVAS Y NUEVOS RETOS EN LA RELACIÓN ICNOLOGÍA/ESTRATIGRAFÍA DE SECUENCIAS

Si bien ha quedado demostrado en estos últimos años las posibilidades que ofrece el estudio de trazas fósiles en el análisis de estratigrafía de secuencias, las perspectivas para el futuro se presentan, aún, más interesantes. El objetivo es alcanzar nuevos retos que incrementen el potencial del análisis icnológico, con especial atención a: i) el estudio de sucesiones poco favorables en términos de estratigrafía de secuencias, ii) la estratigrafía de secuencias de alta resolución y los fenómenos cíclicos, iii) el análisis de ambientes continentales y marino profundos, iv) la integración de datos microicnológicos, y v) la información neoicnológica.

Sucesiones poco favorables en términos de estratigrafía de secuencias.− Los modelos de estratigrafía de secuencias comenzaron a desarrollarse sobre ambientes costeros, en la zona de transición entre los ambientes marinos y no marinos, donde las relaciones entre facies, los rasgos estratigráficos y sedimentológicos, y especialmente las superficies estratigráficas son más fáciles de reconocer. La aplicación de la estratigrafía de secuencias en ambientes costeros y marino someros siliciclásticos está ampliamente documentada (Catuneanu et al., 2009). De igual manera, la mayor parte de los análisis icnológicos aplicados a la estratigrafía de secuencias se ha llevado a cabo sobre sucesiones clásticas pertenecientes a estos ambientes (p.e., MacEachern et al., 2007).

Posteriormente, la estratigrafía de secuencias se fue extendiendo hacia tierra y cuenca, hasta que se establecieron los modelos para medios fluviales y marino profundos. Sin embargo, lejos de los ambientes costeros a marino someros, la metodología propia de la estratigrafía de secuencias puede llegar a ser difícil de aplicar, en parte debido al menor número de superficies que pueden generarse, así como al peor registro de las características estratigráficas y sedimentológicas. En este contexto, será de gran utilidad avanzar en la información icnológica sobre sucesiones menos favorables para el estudio de estratigrafía de secuencias

basado exclusivamente en las características estratigráficas y sedimentológicas tradicionalmente utilizadas. Es el caso, por ejemplo, de sucesiones fundamentalmente carbonatadas, con facies poco expresivas, donde las superficies son escasas o difíciles de diferenciar, y en las que el análisis icnológico permite refinar previas propuestas de estratigrafía de secuencias (Rodríguez-Tovar et al., 2007).

Estratigrafía de secuencias de alta resolución y fenómenos cíclicos.− El avance de la estratigrafía de secuencias se dirige hacia un mayor detalle de los modelos e interpretaciones, con más protagonismo de la dinámica del nivel relativo del mar de alta frecuencia (ciclos de 4º y 5º orden, o "*low rank*" en Catuneanu et al., 2009), su relación con los cuerpos genéticamente relacionados (parasecuencia e intra parasecuencia) y las superficies asociadas. La aportación icnológica no puede quedarse al margen, sino avanzar hacia las investigaciones de alta resolución, estudios capa a capa, que permitan el reconocimiento de sutiles cambios estratigráficos en las asociaciones de trazas de substrato blando. Análisis de icnofábricas, relaciones de corte y modelos de estratificación ecológica (*tiering*) se presentan como una herramienta esencial para alcanzar este detalle.

El reconocimiento de patrones cíclicos de distinta escala temporal, de 10 a 10^5 años, permite mejorar la caracterización e interpretación de las propuestas de estratigrafía de secuencias, tanto en lo que respecta a la evolución de los cuerpos genéticamente relacionados, como a la resolución temporal de los procesos implicados. En la mayoría de los casos estas variaciones cíclicas están asociadas a cambios en el sistema atmósfera-océano, que involucran a fenómenos como el ENSO o los ciclos de Milankovitch, y que determinan cambios ambientales que afectan a parámetros como salinidad, oxigenación, nutrientes, etc. La influencia de estos parámetros sobre los organismos que generan las trazas ofrece la posibilidad de caracterizar estos ciclos a partir del estudio de las mismas. El análisis de algunas características icnológicas (p.e., ausencia/presencia de bioturbación, tipo de icnotaxón, densidad, o diámetro máximo, entre otras), ha permitido la interpretación de fenómenos como el ENSO, los ciclos de Milankovitch, o la combinación de fenómenos cíclicos de distinto rango (Rodríguez-Tovar et al., 2008). Aunque avanzar en esta línea requiere un análisis icnológico de gran detalle, se presenta como una herramienta de gran utilidad para el refinamiento y mayor resolución de las propuestas de estratigrafía de secuencias.

Ambientes continentales y marino profundos.− Aunque la aplicación de la icnología en estratigrafía de secuencias está claramente demostrada, esta se ha centrado, fundamentalmente, en paleoambientes correspondientes a medios marinos proximales, caracterizados por la gran abundancia de trazas fósiles y unos rasgos icnológicos distintivos. Sin embargo, en otro tipo de medios, como los correspondientes a ambientes continentales o marino profundos, donde la información icnológica es comparativamente menor, su aplicación en estratigrafía de secuencias es escasa.

Aunque la información icnológica de ambientes continentales ha incrementado significativamente, la aportación de la icnología a la estratigrafía de secuencias de estos medios es muy reducida. Asimismo, su aplicación basada exclusivamente en la extrapolación de conceptos propios del estudio de sucesiones marinas, presenta grandes inconvenientes sobre la base de la diferente naturaleza de las asociaciones de trazas y de las peculiaridades propias de ambos medios (Buatois y Mángano, 2004). Sin embargo, el estudio icnológico de medios lacustres y aluviales se ha revelado de gran utilidad en investigaciones de estratigrafía de secuencias (Buatois y Mángano, 2004). Siguiendo esta reciente línea de trabajo, en un futuro cercano el análisis de trazas fósiles en ambientes continentales se prevé como una fuente de información de gran potencial para la caracterización y refinamiento de la estratigrafía de secuencias de estos medios.

Al igual que en los medios continentales, la aportación de la icnología al análisis de estratigrafía de secuencias de medios marinos profundos es relativamente escasa, en gran medida debido a las limitaciones referentes a la neoicnología de estos ambientes (ver debajo). Sin embargo, la alta abundancia y diversidad de trazas fósiles en sedimentos marino profundos, especialmente la correspondiente a facies flysch (Uchman, 2007), ofrece grandes posibilidades de aplicación. Factores ambientales que condicionan el comportamiento de los organismos generadores de trazas en estos medios, como el grado de oxigenación, la cantidad de materia orgánica, las corrientes de fondo o las características del substrato, están estrechamente ligados a la dinámica de cambios del nivel relativo del mar. En relación con las variaciones de estos parámetros y su incidencia sobre las características de las trazas fósiles, se presenta el análisis icnológico como una herramienta clave en la estratigrafía de secuencias de medios marinos profundos (Rodríguez-Tovar et al., 2010).

Integración de datos microicnológicos.− Recientes avances en las técnicas de investigación icnológica a escala microscópica, junto con su enfoque desde distintos puntos de vista (biológico, paleontológico, geológico), han supuesto un gran impulso en la investigación microicnológica, con especial atención al análisis de microperforaciones (Wisshak y Tapanila, 2008). Se ha puesto de manifiesto la relación entre rasgos microicnológicos (tipo de microperforación, abundancia, distribución, etc.) y parámetros ambientales, entre los que cabría destacar la luz como principal factor limitante, junto con temperatura, salinidad, o nutrientes, entre otros. La mayoría de estos factores están estrechamente relacionados con cambios batimétricos y en la distancia a la línea de costas, y por ende con la dinámica del nivel relativo del mar. Aunque son escasos los trabajos en esta línea (Olóriz et al., 2004), el análisis microicnológico puede abrir un nuevo campo en la aplicación de la icnología en la

investigación de estratigrafía de secuencias, la cual está basada, fundamentalmente, en el estudio icnológico a escala macroscópica.

Información neoicnológica.− Una de las líneas de investigación icnológica que ha experimentado un mayor crecimiento en los últimos años ha sido el análisis neoicnológico. El estudio de trazas en ambientes actuales ofrece una valiosa información, que están siendo utilizada con resultados muy positivos en reconstrucciones paleoambientales. De especial interés es la aplicación de investigaciones neoicnológicas en el refinamiento y caracterización de icnofábricas e icnofacies (p.e., Wetzel, 2008a; Netto y Grangeiro, 2009). La información obtenida a partir del estudio de trazas actuales ofrece nuevas posibilidades al análisis de secuencias, como las relacionadas con una mejora en la interpretación de las icnofacies substrato-controladas y de todos aquellos factores implicados en su génesis y en la colonización de las superficies de discontinuidad asociadas.

Destaca el avance en el análisis neoicnológico de ambientes marinos profundos, teniendo en cuenta las limitaciones propias de este tipo de medios, como el coste de la investigación, las dificultades de experimentación directa, la conservación de las estructuras biogénicas o la aplicación de un "actualismo" sin la necesaria cautela (Uchman, 2007; Wetzel, 2008b). La aplicación de nuevas técnicas de análisis (p.e., estudios en 3-D), junto con la integración de datos de diferentes disciplinas (análisis geoquímicos, isotópicos, TOC, etc.), permitirá avanzar en la investigación de medios actuales, y contribuirá a la caracterización de análogos del pasado, incluidos los parámetros paleoambientales de mayor incidencia, en gran medida relacionados con la dinámica del nivel relativo del mar.

AGRADECIMENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL2008-03007/CLI y RNM-3715, y el grupo de investigación RNM-178.

BIBLIOGRAFIA

Buatois, L.A. y Mángano, G. (2004): Animal-substrate interactions in freshwater environments: applications of ichnology in facies and sequence stratigraphic analysis of fluvio-lacustrine successions. In: *The application of ichnology to palaeoenvironmental and stratigraphic analysis* (D. McIlroy, ed.). Geological Society of London, Special Publication, 228, 311-333.

Catuneanu, O., et al. (2009): Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 92: 1-33.

MacEachern, J.A., Pemberton, S.G., Gingras, M.K., Bann, K.L. y Dafoe, L.T. (2007): Uses of trace fossils in Genetic Stratigraphy. In: *Trace fossils: Concepts, problems, prospects* (W. Miller III, ed.). Elsevier, Amsterdam, 110-134.

MacEachern, J.A., Bann, K.L., Gingras, M.K. y Pemberton, S.G. (eds.) (2008): *Applied ichnology*. SEPM Short Course Notes 52, Tulsa, OK, 145 pp.

Netto, R.M. y Grangeiro, M.E. (2009): Neoichnology of the seaward side of Peixe lagoon in Mostardas, southernmost Brazil: The *Psilonichnus* ichnocoenosis revisited. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 12: 211-224.

Olóriz, F., Reolid, M. y Rodríguez-Tovar, F.J. (2004): Microboring and taphonomy in Middle Oxfordian to lowermost Kimmeridgian (Upper Jurassic) from the Prebetic Zone (southern Iberia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 212: 181-197.

Rodríguez-Tovar, F.J., Pérez-Valera, F. y Pérez-López, A. (2007): Ichnological analysis in high-resolution sequence stratigraphy: The *Glossifungites* ichnofacies in Triassic successions from the Betic Cordillera (southern Spain). *Sedimentary Geology*, 198: 293-307.

Rodríguez-Tovar, F.J., Löwemark, L. y Pardo-Igúzquiza, E. (2008): *Zoophycos* distribution as a potential proxy to approach different scale palaeoceanographic cyclical oscillations. En: *The Second International Congress on Ichnology*. Abstract Book, 111.

Rodríguez-Tovar, F.J. (2010): Ichnological analysis and sequence stratigraphy: Present-day and prospective. *Memoir Geological Society of India*: 99-114.

Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A., Payros, A., Orue-Etxebarria, X., Apellaniz, E. y Molina, E. (2010): Sea-level dynamics and palaeoecological factors affecting trace fossil distribution in Eocene turbiditic deposits (Gorrondatxe section, N Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 285: 50-65.

Savrda, C.E. (1991): Ichnology in sequence stratigraphic studies: an example from the Lower Paleocene of Alabama. *Palaios*, 6: 39-53.

Uchman, A. (2007): Deep-sea ichnology: Development of major concepts. In: *Trace fossils: Concepts, problems, prospects* (W. Miller III, ed.). Elsevier, Amsterdam, 248- 267.

Wetzel, A. (2008a): Recent bioturbation in the deep South China Sea: A uniformitarian ichnologic approach. *Palaios*, 23: 601-615.

Wetzel, A., (2008b): Ichnology of modern deep-sea sediments: Is the present a key to the past? En: *The Second International Congress on Ichnology*. Abstract Book, 125-126.

Wisshak, M. y Tapanila, L. (eds.) (2008): *Current development in bioerosion*. Erlangen Earth Conference Series, Springer-Verlag, Berlin, 499 pp.

El conjunto de yacimientos de micromamíferos fósiles de la Cuenca de Ribesalbes-Alcora (Castellón, España)

The micromammalian fossil localities from Ribesalbes-Alcora Basin (Castellón, Spain)

F. J. Ruiz-Sánchez[1], V. D. Crespo-Roures[1], M. Furió[2], P. Montoya[1]y M. Freudenthal[3]

1 Dpto. Geología (Paleontología), Universitat de València, Avgda. Dr. Moliner s/n. 46100 Burjassot. francisco.ruiz@uv.es; vidacres@alumni.uv.es; plinio.montoya@uv.es
2 Institut Català de Paleontologia, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Vallès. marc.furio@icp.cat
3 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n. 18002 Granada. mfreuden@ugr.es

Resumen: El intento de localización de los yacimientos de micro y macromamíferos de Mas de Antolino y Araia (cuenca de Ribesalbes-Alcora) ha conducido al hallazgo de dos nuevas secciones fosilíferas (Mas de Torner y Mas de Antolino B). Estos nuevos puntos fosilíferos contienen una rica y variada fauna de micromamíferos de edad Mioceno inferior. Entre los nuevos hallazgos destaca la presencia confirmada de un insectívoro de la Familia Dimylidae y de un resto perteneciente a un marsupial.

Palabras clave: cuenca de Ribesalbes-Alcora, Mioceno, Rodentia, Dimylidae, Marsupialia.

Abstract: *The attempt placing of micromammalian localities of Mas de Antolino and Araia (Ribesalbes-Alcora basin) has carried the finding of two new fossiliferous sections in the zone (Mas de Torner and Mas de Antolino B). These new fossiliferous levels contain a rich and varied micromammalian fauna from the lower Miocene. Within the new finds, the presence of an insectivore of the family Dimylidae and a remain of marsupial deserve a special attention.*

Key words: *Alcora-Ribesalbes basin, Miocene, Dimylidae, Marsupialia.*

INTRODUCCIÓN

La cuenca de Ribesalbes-Alcora se ubica en el Maestrazgo meridional, entre las dorsales de la Sierra de Espadán y los bloques caídos del Desierto de las Palmas (Agustí et al. 1988) (Figura 1).

El primer trabajo de corte paleontológico que se desarrolla en la cuenca procede a determinar los restos de gasterópodos fósiles de la zona de la Balsa de Fanzara. Desde entonces, se han sucedido en la cuenca varios trabajos relacionados con la geología y la paleontología. La atribución de edad a los depósitos de la cuenca dio lugar a una intensa controversia. Vilanova y Piera (1859) atribuye los sedimentos de la cuenca al Cretácico. Posteriormente, otra serie de trabajos los datan como pertenecientes al Eoceno ó al Oligoceno. Hasta la primera mitad del siglo XX la falta de un registro paleontológico suficiente impide una adecuada atribución de edad a los depósitos de la cuenca. Esta serie de trabajos relacionados con la geología y la paleontología se recogen en Sos Baynat (1981). Esta atribución de edad se mantiene hasta principios de la década de los años 70, cuando Fernández Marrón (1971) asigna los restos de flora al Mioceno basal. El hallazgo a finales de la década de los años 80 de nuevos puntos fosilíferos conteniendo restos de micromamíferos (Araya, Mas de Antolino 1 y Mas de Antolino 2) y macromamíferos (Mas de Antolino 3) fósiles llevan a sus autores a datar los depósitos que los contienen como Mioceno inferior, zona MN4 (Agusti et al., 1988).

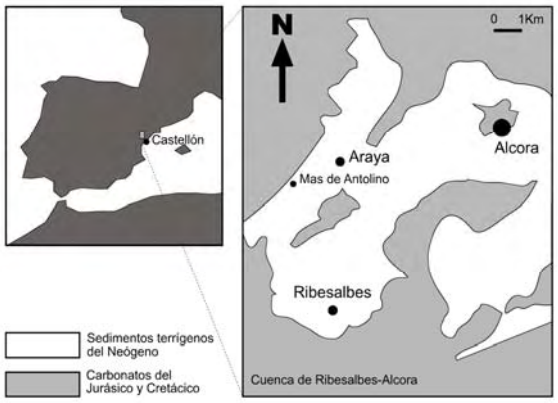


FIGURA 1. *Localización geográfica en la Península Ibérica de la cuenca de Ribesalbes-Alcora y de los sectores de Araya y Mas de Antolino (Tomado de Ruiz-Sánchez et al., in press).*

CONTEXTO GEOLÓGICO

Anadón (1983) define cinco grandes unidades deposicionales en el sector de Ribesalbes. Según este autor, en la base se localiza una primera formación detrítica grosera (conglomerados) de cerca de 300 m de espesor, discordante con el Cretácico Superior de Fanzara. La segunda Unidad estaría compuesta por dolomicritas con intercalaciones de areniscas, limonitas

con arenas y ritmitas bituminosas finamente estratificadas. En estos depósitos se localiza el yacimiento clásico de Ribesalbes. Los niveles que forman este conjunto fosilífero fueron formados en el seno de un antiguo lago meromíctico. El espesor de esta segunda Unidad se estima en alrededor de 100 metros (Anadón, 1983).

La tercera Unidad la forman dolomías recubiertas por un conjunto detrítico, de unos 90 metros de potencia, compuesto por lutitas amarillas y grises, bancos de arenisca, lechos dolomíticos y calcáreos. Entre la tercera y cuarta Unidad se sitúa un paquete de conglomerados de alrededor de 2'5 metros de espesor (Anadón, 1983).

La cuarta Unidad está formada por una acumulación olistolítica de bloques heterogéneos del Cretácico de más de 70 metros de espesor (Anadón, 1983). Por último, la quinta Unidad está formada por un nivel olistolítico con intercalaciones de calizas lacustres de 25 metros de espesor (Anadón, 1983).

Las áreas muestreadas por nuestro equipo se corresponderían con los depósitos de la Unidad 3 descrita por Anadón (1983) (Figura 2). En los depósitos de esta zona predominan las lutitas amarillentas, entre las que se pueden apreciar algunos bancos de conglomerados y de calizas (Agustí et al., 1988).



FIGURA 2. *Esquema geológico del sector de Mas de Antolino. 1: Cretácico superior de Fanzara; 10: Unidad 3; 14: Calizas de la Balsa de Fanzara. (Modificado de Agustí et al. (1988).*

CONTENIDO FAUNÍSTICO

En el año 2008, y dentro del programa de excavaciones paleontológicas financiadas por la Conselleria de Cultura i Esports de la Generalitat Valenciana, el Área de Paleontología de la Universitat de València llevó a cabo un nuevo muestreo paleontológico en la zona de Araia. Básicamente esta actuación perseguía, por un lado, relocalizar los yacimientos con mamíferos de Araia y Mas de Antolino citados por Agustí et al. (1988) y por otro servir de base práctica para los alumnos de la asignatura "Paleontología de Vertebrados y Humana" del Máster de Biodiversidad de la Universitat de València. Las secciones sobre las que se realizaron los nuevos muestreos fueron denominadas Mas de Torner (MTR) y Mas de Antolino B (MAB). En total se muestrearon dos niveles fosilíferos en Mas de Torner (MTR-1 y MTR-2) y seis en Mas de Antolino B (MAB-1, MAB-2, MAB-3, MAB-4, MAB-5 y MAB-6). En el último año se ha visitado de nuevo la zona y se han localizado más de una decena de posibles nuevos puntos fosilíferos.

El conjunto de nuevos yacimientos han librado una fauna de micromamíferos compuesta principalmente por roedores (cricétidos, glíridos, eómidos), insectívoros y lagomorfos, además de reptiles, anfibios y carófitas. Además de los restos de micromamíferos, en la sección de Mas de Antolino B existen indicios de la presencia de restos de macromamíferos fósiles.

Hasta el momento, únicamente se ha podido estudiar en la sección de Mas de Antolino, el material fósil de MAB-5. En este yacimiento han sido descritos los siguientes taxones de roedores: *Democricetodon* / *Fahlbuschia* sp., *Megacricetodon* cf. *primitivus*, *Glirudinus* cf. *modestus*, *Microdyromys* sp., *Simplomys* cf. *julii*, Myomiminae indet., *Ligerimys ellipticus* y Sciuridae indet. (Ruiz-Sánchez et al., in press).

La familia Cricetidae está representada en MAB-5 por dos formas pertenecientes a los géneros *Democricetodon* ó *Fahlbuschia* y *Megacricetodon*. La morfología del M1 adscrito a *Democricetodon* ó *Fahlbuschia* es similar a la descrita por Freudenthal y Daams (1988). El material asignado a *M.* cf. *primitivus* se caracteriza por la presencia en el M1 de un anterocono no muy profundamente dividido y en el M3 de un neoentolofo completo y un seno muy poco profundo, morfologías propias de los representantes del género en el Aragoniense inferior.

En la muestra obtenida de MAB-5 han podido identificarse hasta cuatro especies de lirones: *Glirudinus* cf. *modestus*, *Microdyromys* sp., *Simplomys* cf. *julii* y Myomiminae indet. El material del género *Glirudinus* presenta las crestas formando un ángulo aproximado de 45º con el eje longitudinal, carácter propio de este género. El *Microdyromys* de MAB-5 presenta un endolofo continuo y un patrón de crestas similar al de los representantes del género *Microdyromys* del Aragoniense inferior de la Península Ibérica (Daams, 1981). El tercer representante de la familia Gliridae es *Simplomys* cf. *julii*. El patrón dental del M1,2 es muy simple. El protolofo y metalofo forman una "Y", mientras que metalofo y posterolofo se disponen de forma paralela. Esta morfología es muy similar a la descrita en *Simplomys julii* de la localidad de Artesilla. El último representante de la familia Gliridae encontrado en la localidad MAB-5 ha sido adscrito a la subfamilia Myomiminae. La única pieza existente hasta el momento de este taxón presenta un endolofo no completo, el extremo lingual del anterolofo separado del protocono por un profundo valle, las crestas muy delgadas y la corona baja. Debido a la ausencia de endolofo completo en la pieza en cuestión asignamos esta pieza a Myomiminae indet.

El taxón más abundantemente representado en MAB-5 es *Ligerimys ellipticus*. El material de *Ligerimys* de MAB-5 se caracteriza por la presencia de cuatro crestas bien desarrolladas en los D4, P4 y M1,2.

La talla de este material es similar a la de *L. ellipticus* de Buñol (zona C del Aragoniense).

El material de *L. ellipticus* de MAB-5 desarrolla en los molares superiores un protolofo y un metalofo sinuoso que conectan en su parte media con el anterolofo y el posterolofo, respectivamente. La elipse anterior se encuentra abierta a la cara labial mientras que la posterior se encuentra cerrada.

El único resto presente en MAB-5 de la Familia Sciuridae es una pieza que se encuentra rota y en mal estado de conservación. Esta pieza tiene una forma subrectangular con un grueso protocono y un hipocono un poco menos desarrollado que el protocono. En la parte posterior del diente se aprecia un grueso metacónulo.

Además de roedores, dos formas del Orden Insectivora han sido identificadas hasta el momento en MAB-5: Insectivora indet. y un representante del género *Plesiodimylus* (Figura 3). La cita de este último taxón en la cuenca de Ribesalbes-Alcora constituye un registro totalmente inesperado, ya que hasta ahora las citas más antiguas del género en la península ibérica correspondían a *Plesiodimylus chantrei* del Aragoniense superior (biozona MN 7+8) del Vallès-Penedès (Van den Hoek Ostende y Furió, 2005). Por lo tanto, este hallazgo remonta la presencia del género en España hasta el Aragoniense inferior (MN4). De esta forma, el registro fósil ibérico de *Plesiodimylus* se acerca al centroeuropeo, donde el rango de este género está comprendido entre la MN3 y la MN11 (Ziegler, 1999a). Además de las implicaciones bioestratigráficas, este registro denota algún tipo de barrera biogeográfica hacia el oeste, ya que en las cuencas de la provincia de Teruel (Calatayud-Daroca, etc.), con un número muy elevado de localidades de microvertebrados del Aragoniense, jamás se ha recuperado resto alguno de *Plesiodimylus*.

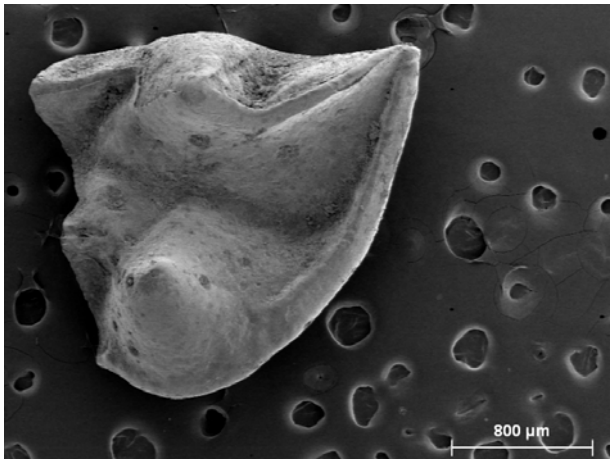


FIGURA 3. *M1 izquierdo (MGUV-23385) de Plesiodimylus sp. de MAB-5.*

Además de la fauna estudiada en MAB-5, el sector de Mas de Torner, y más concretamente la localidad MTR-1 ha proporcionado un primer molar superior de didélfido (Figura 4), presumiblemente *Amphiperatherium frequens*, la única especie de marsupial que aparentemente sobrevivió al tránsito Oligoceno-Mioceno en Europa (Ziegler, 1999b). Los restos de marsupiales en el Mioceno de España son tremendamente escasos, y tan sólo han sido documentados hasta ahora en las localidades del Mioceno inferior de Navarrete del Río (Crochet, 1980) y Buñol (Robles et al., 1991).

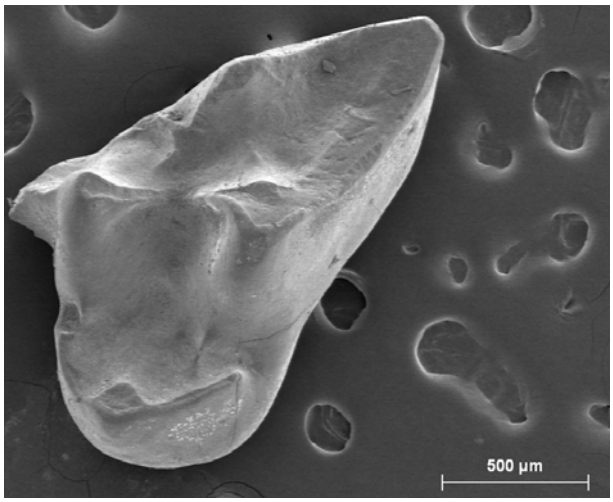


FIGURA 4. *Resto de Marsupial de la localidad Mas de Torner 1 (MTR1-1).*

CONCLUSIONES

Los nuevos muestreos paleontológicos realizados en la cuenca de Ribesalbes-Alcora en los sectores de Mas de Tornes y Mas de Antolino B han propiciado la localización de un importante conjunto de yacimientos en sucesión estratigráfica.

La determinación preliminar de la fauna de la nueva localidad MAB-5 permite establecer una edad Mioceno inferior (zona C del Aragoniense) para el conjunto de depósitos de la parte intermedia de la sección de Mas de Antolino B.

El conjunto faunístico encontrado en MAB-5 es muy similar al descrito por Agustí et al. (1988) en las localidades de Araya y Mas de Antolino 2. La diferencia más significativa entre la fauna de Araya y MAB-5 es la ausencia de *Ligerimy ellipticus* en la primera., mientras que MAB-5 y Mas de Antolino 2 comparten tanto *Megacricetodon primitivus* como *Ligerimys ellipticus*.

La cita de un representante del género *Plesiodimylus* en la cuenca de Ribesalbes-Alcora es el primer registro documentado de este taxón en la Península Ibérica en el Mioceno inferior.

Por último, la cita de un resto de Marsupial en la localidad MTR-1 se constituye como la tercera presencia confirmada en el Mioceno de la Península Ibérica de este taxón.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la ayuda prestada en el muestreo de los depósitos de la cuenca de Ribesalbes-Alcora a Francisco Gascó. Este estudio ha sido financiado por el proyecto 2008/0433-CS de la Conselleria de Cultura i Esports de la Generalitat Valenciana.

REFERENCIAS

Agustí, J., Anadón, P., Ginsburg, L., Mein, P. y Moissenet, E. (1988): Araya et Mira: noveaux gisements de Mammifères dans le Miocène inférieur-moyen des Chaînes Ibériques orientales et méditerranéennes. Conséquences stratigraphiques et structurales. *Paleontologia i Evolució* 22, 83-101.

Anadon, P. (1983): Características generales de diversas cuencas palustres terciarias con pizarras bituminosas del NE de la Península Ibérica. En: *X Congreso Nacional Sedimentología*. Comunicaciones, 1: 9-12.

Crochet, J.Y. (1980): *Les Marsupiaux du Tertiaire d'Europe*. Singer Polignac, Paris, 279 p.

Fernández Marrón, M. T. (1971): *Estudio paleoecológico y revisión sistemática de la flora fósil del Oligoceno español*. Tesis doctoral, Universidad Complutense, 177 p.

Robles, F., Belinchón, M., García Flor, J. y Morales, J. (1991): El Neógeno continental de Buñol y del valle del río Cabriel. Revista Española de Paleontología, n.º Extraordinario, 205-215.

Ruiz-Sánchez, F. J., Furió, M., Crespo, V. D., Freudenthal, M. y Montoya, P. (in press): MAB-5: Un nuevo yacimiento de micromamíferos fósiles de la MN4 en la cuenca de Ribesalbes-Alcora. *Cidaris*.

Sos Baynat, V. (1981): Geología de la provincia de Castellón. Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Castellón. 402 pp.

Van den Hoek Ostende, L. W. y Furió, M. (2005): Spain. En: *The fossil record of the Eurasian neogene insectivores (Erinaceomorpha, Soricomorpha, Mammalia), Part I.* (L. W. van den Hoek Ostende, C. S. Doukas y J. W. F. Reumer, eds.), *Scripta Geologica* Special Issue, 5, 149-284.

Ziegler, R. (1999a): Order Insectivora. En: *The Miocene Land Mammals of Europe* (E. Rössner y K. Heissig, eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 53-74.

Ziegler, R. (1999b): Order Marsupialia. *Amphiperatherium*, the last European Opossum. En: *The Miocene Land Mammals of Europe* (Rössner, E. y Heissig, K., eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 49-52.

Presencia del género *Vasseuromys* (Gliridae, Rodentia) en la sección de Pico del Fraile (Bardenas Reales de Navarra, Cuenca del Ebro, España)

Presence of Vasseuromys genus (Gliridae, Rodentia) in Pico del Fraile section (Bardenas Reales de Navarra, Ebro Basin, Spain)

F. J. Ruiz-Sánchez[1], X. Murelaga[2], M. Freudenthal[3], J. C. Larrasoaña[4] y M. Garcés[5]

1 Dpto. Geología (Paleontología), Universitat de València, Avgda. Dr. Moliner s/n. 46100 Burjassot. francisco.ruiz@uv.es; vidacres@alumni.uv.es; samanpa@alumni.uv.es; magonpar@alumni.uv.es.
2 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco, Barrio de Sarriena s/n. 48940 Leioa. xavier.murelaga@ehu.es
3 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n. 18002 Granada. mfreuden@ugr.es
4 Área de Cambio Global, Instituto Geológico y Minero de España (Oficina de Zaragoza), c./ Manuel Lasala, 44, 9º B. 50006 Zaragoza. jc.larra@igme.es
5 Dpt. Estratigrafia, Paleontología i Geociències Marines, Universitat de Barcelona, c./ Martí i Franques s/n. 08028 Barcelona. mgarces@ub.edu

Resumen: En la sección de Pico del Fraile (PF) afloran los materiales más modernos de la Formación Tudela (sector nor-occidental de la Cuenca del Ebro), con un espesor de más de 200 metros. Dos localidades con restos de micromamíferos fósiles son conocidas en esta sección, PF1 y PF2. La edad de PF1 es Rambliense superior y la de PF2 Aragoniense inferior-medio. El taxón mayormente representado en ambas localidades es el lirón *Vasseuromys*. Las formas presentes en PF1 y PF2 son claramente distinguibles entre si y con el resto de especies de este género.

Palabras clave: Cuenca del Ebro, sección del Pico del Fraile, Gliridae, *Vasseuromys*.

Abstract: *The Pico del Fraile section has more than 200 metre thick and it is located in the youngest rocks of the Tudela Formation (north-western part of the Ebro Basin). Two localities with micromammalian fossil remains are known in this section, PF1 and PF2. In the site of PF1 the micromammal assemblage is composed by Simplomys simplicidens, Peridyromys murinus, Vasseuromys sp., Ligeremys sp. and Lagomorpha indet and in the locality of PF2 by Eumyarion cf. weinfurteri, Megacricetodon cf. primitivus, Democricetodon aff. hispanicus, Spermophilinus cf. besana, Microdyromys cf. legidensis, Galerix sp. and Lagomorpha indet. The more abundant taxa represented in both two localities is the glirid Vasseuromys. According to the micrommal taxa the locality located at the Ramblian (Biozone A) whereas PF2 is lower-midle Aragonian (Biozone C or D). The forms of Vasseuromys sp. present in PF1 and PF2 are clearly distinguishable among themselves and with the rest of the genus species.*

Key words: *Ebro Basin, Pico del Fraile section, Gliridae, Vasseuromys.*

INTRODUCCIÓN

La sección de Pico del Fraile se encuentra situada en la parte superior de la formación Tudela, en el sector occidental de la Cuenca del Ebro, en la región de las Bardenas Reales de Navarra (Larrasoaña et al., 2006). Los materiales que afloran en la sección de Pico del Fraile forman parte de las Unidades 3, 4 y 5 descritas por Larrasoaña et al. (2006).

La Unidad 3 está compuesta por lutitas de tonalidades amarillentas, rojizas y grisáceas entre las que se intercalan niveles de calizas y areniscas. La Unidad 4 por lutitas rojizas, ocres y amarillentas con abundantes areniscas y ocasionalmente calizas. Por último, la Unidad 5 está compuesta de calizas grisáceas y beige con intercalaciones de poco espesor de lutitas en los primeros 20 m de la Unidad y lutitas grisáceas, amarillentas y ocres con intercalaciones de calizas en los 50 m de la parte superior.

Cerca de la base de la sección y a techo de la misma se localizan las localidades PF1 y PF2, respectivamente. La localidad PF2 se sitúa, estratigráficamente 200 m por encima de PF1. Esta última localidad se ubica en la parte superior de la Unidad 3 mientras que PF2 lo hace en la parte superior de la Unidad 5 (Figura 1).

Los primeros datos sobre el contenido faunístico del yacimiento PF1 aparecen en Larrasoaña et al. (2006). La fauna acompañante a *Vasseuromys* sp. en PF1 permite a estos autores situar el yacimiento en el Rambliense superior (zona A). La ausencia de *Eucricetodon* y *Democricetodon*, la predominancia de *Ligerimys* y la presencia de *Peridyromys murinus* and *Pseudodryomys ibericus* permite su atribución al Rambliense tardío (zona A).

La edad del yacimiento PF2 ha podido ser establecida a partir de las faunas que acompañan al glírido *Vasseuromys* (Ruiz-Sánchez et al., este volumen). La presencia de la asociación compuesta por,

entre otros, los roedores *Eumyarion* cf. *weinfurteri*, *Megacricetodon* cf. *primitivus*, *Democricetodon* aff. *Hispanicus* y *Spermophilinus* cf. *besana* permite atribuir el yacimiento a las zonas locales C ó D (MN4 ó MN5) del Aragoniense (Mioceno temprano-medio) (Daams y Freudenthal, 1988; Van der Meulen y Daams, 1992).

Vasseuromys ha sido tradicionalmente considerado como un glírido poco común en el registro fósil Europeo del Mioceno. El género fue creado por Baudelot y de Bonis (1966) a partir del escaso material de las localidades de Laugnac y Moissac I. *Vasseuromys* es un glírido de tamaño medio con una superficie oclusal más o menos cóncava en la que los molares inferiores se caracterizan por la presencia de un centrolófido que casi alcanza el borde labial y en el que la prolongación de las cúspides labiales forman casi una muralla.

El género comprende siete especies: *V. autolensis*, *V. priscus*, *V. duplex*, *V. rugosus*, *V. bacchius*, *V. elegans* y *V. pannonicus*. La distribución paleogeográfica de estas especies durante el Mioceno abarcó el Mediterráneo oriental (Turquía), el occidental (Península Ibérica, España) y Centroeuropa (Francia, Alemania y Austria) El rango temporal del género se extiende entre el Mioceno inferior y superior (zonas MN1 a MN11) (Daams, 1999).

La nomenclatura usada en la descripción de los dientes ha sido tomada de Freudenthal (2004).

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Orden Rodentia Bodwich, 1821
Familia Gliridae Thomas, 1897
Género *Vasseuromys* Baudelot & de Bonis, 1966
Vasseuromys aff. *bacchius*
Figuras 2 y 3

Vasseuromys sp. en Larrasoaña et al. (2006)
Localidad: Pico del Fraile 1 (PF1)
Material: 3 d4, 2 p4, 2 m1, 6 m2, 5 m3, 5 D4, 5 P4, 3 M1, 6 M2, 1 M3.

En la localidad PF1 aparece un representante del género *Vasseuromys* que se caracteriza por una talla intermedia entre el grupo formado por las especies de talla más pequeña del género (*V. autolensis*, *V. priscus*, *V. duplex*, *V. rugosus*, *V. elegans* y *V. pannonicus*) y *V. bacchius*, especie esta última que, representada en la localidad de Fuenmayor 2, alcanza los valores más elevados de talla en el género.

La forma de *Vasseuromys* de PF1 presenta los molares inferiores con cuatro crestas accesorias (anterotrópido, cresta accesoria entre metalófido y centrolófido, segundo centrolófido y posterotrópido) además de las cinco principales. Se observa que, a diferencia de lo que luego se verá que ocurre en la forma de *Vasseuromys* de PF2, en PF1 se produce una reducción importante de la longitud de las crestas accesorias en los molares inferiores. No sólo se produce una fuerte reducción de la longitud de estas crestas accesorias, sino que en el caso de alguna de ellas, caso del anterotrópido, ésta queda reducida en una parte importante de ejemplares (alrededor del 30-40%) a un pequeño resalte situado sobre el anterolófido (Figura 2).

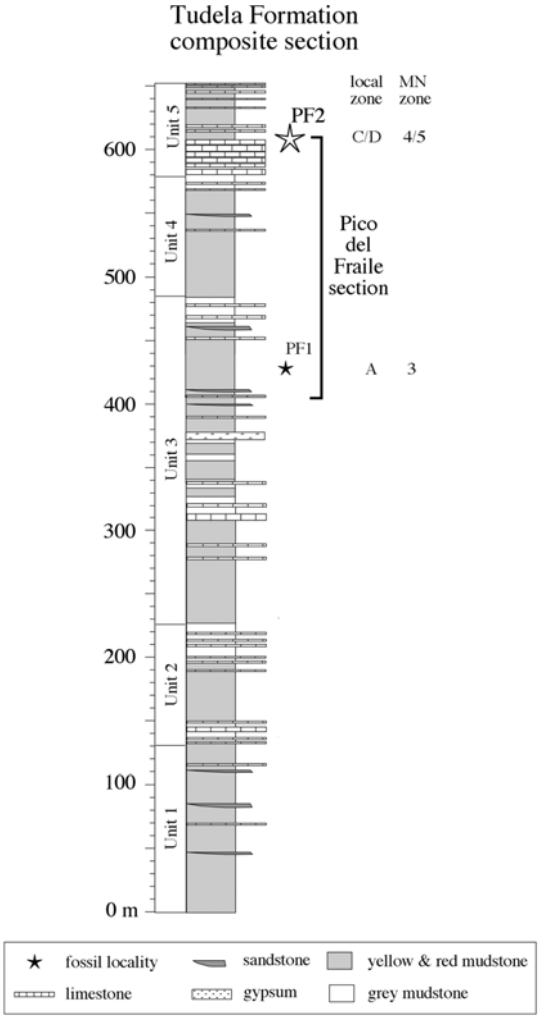


FIGURA 1. *Columna estratigráfica de la sección de Pico del Fraile, con la situación de los yacimientos PF1 y PF2.*

La reducción de crestas accesorias, y más concretamente, la fuerte reducción del tamaño (longitud) del anterotrópido se observa también en *V. bacchius* de Fuenmayor 2 (Martínez-Salanova, 1987). Si bien las semejanzas son bastante evidentes entre ambas poblaciones, también las diferencias son muy importantes. Entre las diferencias más importantes que se pueden observar en este caso en los molares superiores cabe destacar como más significativa el tipo de conexión que el metalofo establece en la cara lingual. Mientras que en el resto de especies del género

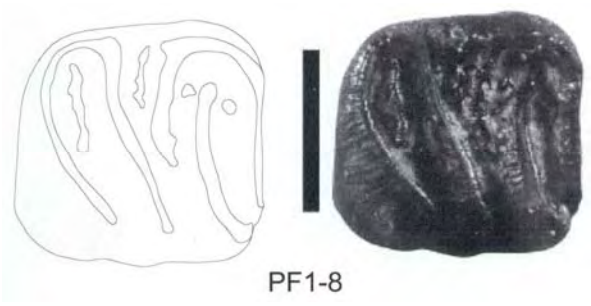


FIGURA 2. *m2 (PF1-8) de la localidad PF1 en donde se observa la presencia de cuatro crestas accesorias reducidas y cinco crestas principales. (Barra de escala 1 mm).*

Vasseuromys, el metalofo conecta al protocono (incluida la especie *V. bacchius*) en la forma de *Vasseuromys* de PF1, esta conexión es completamente diferente. En este caso el metalofo es transversal pero acaba flexionándose en su extremo lingual hacia el posterolofo, conectando alto o a media altura a éste.

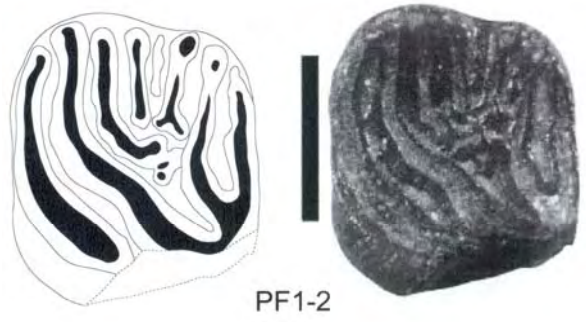


FIGURA 3. *M1 (PF1-2) de la localidad PF1 en el que se muestra el tipo de conexión característica del metalofo con el posterolofo. (Barra de escala 1 mm).*

Vasseuromys sp.
Figuras 4 y 5

Localidad: Pico del Fraile 1 (PF2)
Material: 2 p4, 8 m1, 7 m2, 5 m3, 1 D4, 2 P4, 11 M1, 4 M2, 3 M3.

El tamaño de *Vasseuromys* sp. de PF2 es intermedio entre la forma más grande del género, *V. bacchius* y las de menor tamaño (*V. elegans* y *V. duplex*). El rango de medidas por tanto de la práctica totalidad de elementos es más o menos equivalente al del resto de especies del género (*V. autolensis*, *V. priscus*, *V. rugosus* y *V. pannonicus*).

Los molares inferiores de *Vasseuromys* sp. de PF2 presentan cuatro crestas accesorias (anterotrópido, cresta accesoria entre metalófido y centrolófido, segundo centrolófido y posterotrópido), además de las cinco principales (anterolófido, metalófido, centrolófido, mesolófido y posterolófido). La longitud de las crestas accesorias es más o menos constante, llegando hasta la mitad del diente. El centrolófido suele alcanzar el borde labial de éste, conectándose en la mayor parte de los molares al mesocónido.

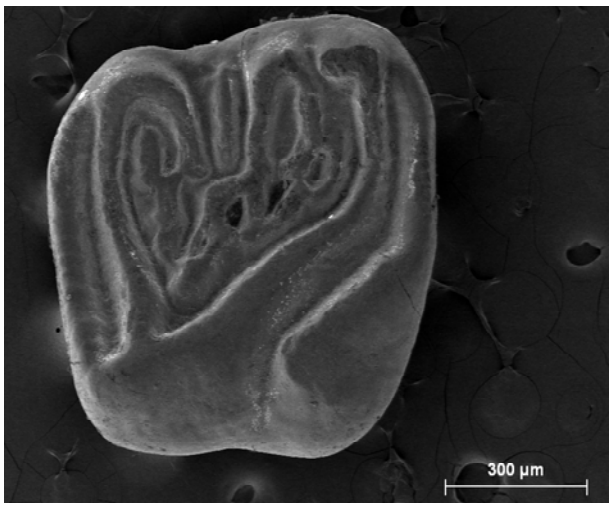


FIGURA 4. *M1 (PF2-63) de Vasseuromys sp. de la localidad Pico del Fraile 2 (Bardenas Reales, cuenca del Ebro).*

Los molares superiores presentan un endolofo incompleto, destacando la ausencia de crestas accesorias fuera del trígono en los M1,2 y la presencia constante de tres crestas accesorias en el interior del trígono (prototropo, metatropo y cresta entre precentrolofo y postcentrolofo).

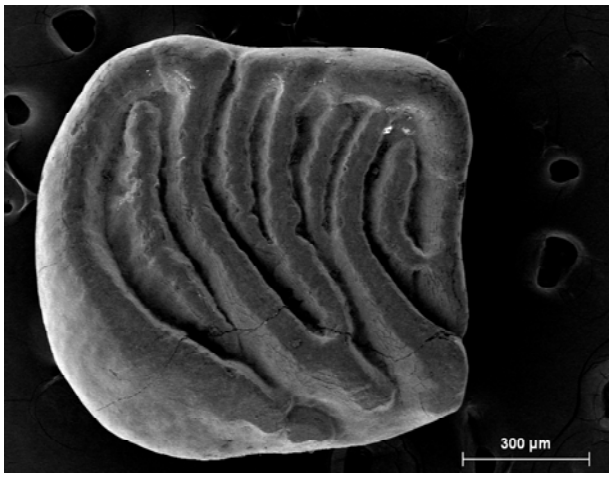


FIGURA 5. *m2 (PF2-92) de Vasseuromys sp. de la localidad Pico del Fraile 2 (Bardenas Reales, cuenca del Ebro).*

CONCLUSIONES

En la sección de Pico del Fraile, del sector de las Bardenas Reales en la cuenca del Ebro, dos localidades, PF1 y PF2 contienen restos del género *Vasseuromys*.

En ambas localidades los restos de *Vasseuromys* son los más abundantemente representados. Este hecho contradice la idea generalmente aceptada hasta ahora de lo raro y escaso del registro de este género durante el Mioceno Europeo.

Las diferencias biométricas y morfológicas de ambas poblaciones de *Vasseuromys* son lo suficientemente significativas para distinguirlas entre ellas, y muy probablemente con el resto de especies del género.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a A. Urmeneta, R. Arcos, E. Martínez y S. García su ayuda durante la excavación de este yacimiento. Esta investigación se ha realizado en el marco de los proyectos BTE2003-7252, CGL2004-0780, CGL2007/66431/C02-02 y GVPRE/2008/320.

REFERENCIAS

Baudelot, S. y de Bonis, L. (1966): Nouveaux Gliridés (Rodentia) de l'Aquitanien du basin d'Aquitaine. *Comptes Rendus Sommaires Societé Geologique de la France*, 9: 342-343.

Daams, R. (1999): Family Gliridae. En: *Land Mammals of Europe* (G. E. Rössner y K. Heissig, eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Manchen, 301-318.

Daams, R., y Freudenthal, M. (1988): Synopsis of the Dutch-Spanish collaboration program in the Aragonian type area. En: *Biostratigraphy and paleoecology of the Neogene micromammalian faunas from the Calatayud-Teruel Basin (Spain)* (M. Freudenthal, ed.). Scripta Geologica, Leiden, 1: 3-18.

Freudenthal, M. (2004): Gliridae (Rodentia, Mammalia) from the Eocene and Oligocene of the Sierra Palomera (Teruel, Spain). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 12: 97-173.

Larrasoaña, J. C., Murelaga, X. y Garcés, M. (2006): Magnetobiochronology of Lower Miocene (Ramblian) continental sediments from the Tudela Formation (western Ebro basin, Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 243: 409–423.

Martínez-Salanova, J. (1987): *Estudio paleontológico de los micromamíferos del Mioceno inferior de Fuenmayor (La Rioja)*. Ed. Inst. Est. Riojanos-Ciencias de la Tierra, Logroño, 99 p.

Ruiz-Sánchez, F. J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoaña, J., Garcés, M., Crespo-Roures, V. D., Mansino-Paris, S., y González-Pardos, M. (este volumen): Pico del Fraile 2 (PF2), una nueva localidad de edad Aragoniense en la Cuenca del Ebro (Bardenas Reales de Navarra). En: *III Congresso Ibérico de Paleontología / XXVI Jornadas SEP*. Comunicaciones.

Van der Meulen, A. J., y Daams, R. (1992): Evolution of Early-Middle Miocene rodent faunas in relation to longterm palaeoenvironmental changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 93: 227-253.

Pico del Fraile 2 (PF2), una nueva localidad de edad Aragoniense en la Cuenca del Ebro (Bardenas Reales de Navarra)

Pico del Fraile 2 (PF2), a new Aragonian locality from the Ebro Basin (Bardenas Reales de Navarra)

F. J. Ruiz-Sánchez[1], X. Murelaga[2], M. Freudenthal[3], J. C. Larrasoaña[4], M. Garcés[5], V. D. Crespo-Roures[1], S. Mansino-Paris[1] y M. González-Pardos[1]

1 Dpto. Geología (Paleontología), Universitat de València, Avgda. Dr. Moliner s/n. 46100 Burjassot. francisco.ruiz@uv.es; vidacres@alumni.uv.es; samanpa@alumni.uv.es; magonpar@alumni.uv.es.
2 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco, Barrio de Sarriena s/n. 48940 Leioa. xavier.murelaga@ehu.es
3 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n. 18002 Granada. mfreuden@ugr.es
4 Área de Cambio Global, Instituto Geológico y Minero de España (Oficina de Zaragoza), c./ Manuel Lasala, 44, 9º B. 50006 Zaragoza. jc.larra@igme.es
5 Dpt. Estratigrafia, Paleontología i Geociències Marines, Universitat de Barcelona, c./ Martí i Franques s/n. 08028 Barcelona. mgarces@ub.edu

Resumen: La localidad PF2 (Pico del Fraile 2) se localiza en el sector de Las Bardenas Reales en la Cuenca del Ebro. El muestreo y procesado de alrededor de 600 Kg de sedimento en este yacimiento ha proporcionado una lista faunística provisional compuesta por: *Eumyarion* cf. weinfurteri, *Megacricetodon* cf. *primitivus*, *Democricetodon* aff. *hispanicus*, *Vasseuromys* sp. y *Spermophilinus* cf. *besana*. El conjunto faunístico permite atribuir una edad Aragoniense (MN4 o MN5). Además de los restos de micromamíferos fósiles, en la localidad PF2 se han encontrado restos de Characeae pertenecientes a *Harrisichara* sp., *Krassavinella* sp., Characeae indet. 1 y Characeae indet. 2.

Palabras clave: Micromamíferos, Aragoniense, Cuenca del Ebro.

Abstract: *The locality of PF-2 (Pico del Fraile 2) is placed in Las Bardenas Reales sector (Ebro basin, Spain). The sampling and processing of about 600 Kg. of sediment from this locality has yielded a faunal list composed of: Eumyarion cf. weinfurteri, Megacricetodon cf. primitivus, Democricetodon aff. hispanicus, Spermophilinus cf. besana, Microdyromys cf. legidensis, Galerix sp., Lagomorpha indet. and Vasseuromys cristinae sp. nov. This faunal collection allows us to assign an Aragonian age for this locality. Moreover micromammals remains, the locality of PF-2 has provided gyrogonites of Charophyta of Characeae belonging to Harrisichara sp., Krassavinella sp., Characeae indet. 1 y Characeae indet. 2.*

Key words: *Micromammals, Aragonian, Ebro Basin.*

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

A comienzos del siglo XIX Ezquerra del Bayo (1850) fue el primero en citar restos de vertebrados de la Cuenca del Ebro. Este autor menciona la presencia de *Trionyx maunoir* en las cercanías de Tudela (Navarra). A finales de la década de los años 60 del siglo pasado, Crusafont et al. (1966) dan a conocer dos nuevos enclaves fosilíferos en esta cuenca, a los que denominan Tudela I y Tudela II. Posteriormente, en la década de los años 90, Cuenca et al. (1992), incrementan el número de localidades fosilíferas conocidas en esta área al mencionar nuevos niveles fosilíferos en las cercanías de Tudela y del Portillo de Santa Margarita (Bardenas Reales de Navarra).

Desde el año 1994, el área de Las Bardenas Reales de Navarra ha sido objeto de numerosas excavaciones paleontológicas en las que se han recuperado abundantes restos de vertebrados fósiles, correspondientes a peces (cipriniformes), anfibios (anuros y urodelos), reptiles (tortugas, cocodrilos, lagartos, anfisbénidos y serpientes), aves (caradriiformes) y mamíferos (insectívoros, quirópteros, eomíidos, glíridos, esciúridos, cricétidos, lagomorfos, perisodáctilos y artiodáctilos) (Murelaga, 2000).

A finales de 2006, nuevos niveles con restos de micro y macrovertebrados fósiles han sido reconocidos en esta área. Los primeros datos sobre las faunas que contienen permiten atribuirles una edad comprendida entre el Ageniense superior y el Aragoniense. La sección de Pico del Fraile forma parte de este nuevo conjunto de depósitos objeto de muestreo. La edad de las faunas de mamíferos localizadas en esta sección abarca el intervalo temporal comprendido entre el Rambliense superior y el Aragoniense inferior-medio.

MARCO GEOLÓGICO

El yacimiento PF2 se sitúa en la parte superior de la sección del Pico del Fraile. En esta sección afloran los sedimentos más recientes de la Formación Tudela (sector nor-occidental de la Cuenca del Ebro) (Fig. 1) (Larrasoaña et al., 2006).

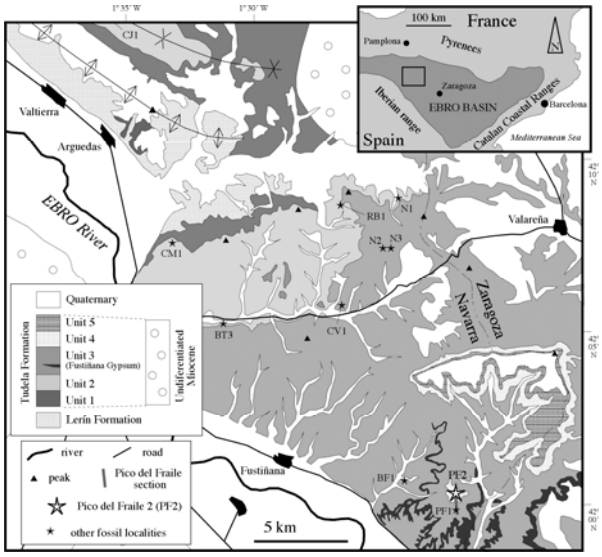


FIGURA 1. *Situación de la sección de Pico del Fraile en el conjunto de depósitos terciarios de Las Bardenas Reales (tomado de Ruiz-Sánchez et al., in press).*

En la sección de Pico del Fraile se encuentran representados la parte superior de la Unidad 3, la Unidad 4 y la parte inferior de la Unidad 5 de la Formación Tudela (Larrasoaña et al., 2006) (Fig. 3). La Unidad 5, donde se incluye el yacimiento PF2, se compone de arcillas continentales grises y ocres y calizas grises y beige. El espesor de los paquetes de arcillas oscila entre unos pocos centímetros y varios metros. Los depósitos de calizas alcanzan los dos metros de espesor, y suelen presentar un elevado grado de bioturbación, conteniendo una gran cantidad de restos de gasterópodos, ostrácodos, carófitas, y peces junto con otros fósiles. Estas calizas indican una deposición en un sistema lacustre de agua dulce estable, mientras que las arcillas serían resultado de condiciones palustres. Estas facies se asemejan a las descritas en la parte central de la cuenca del Ebro para el Mioceno Inferior y Medio, cuando la Cuenca del Ebro formaba una depresión endorreica entre los Pirineos, el macizo Ibérico y la cordillera Costero Catalana (Arenas y Pardo, 1999; Alonso Zarza et al., 2002).

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Orden Rodentia Bodwich, 1821
Familia Cricetidae Fischer von Waldheim, 1817
Género *Eumyarion* Thaler, 1966
Eumyarion cf. *weinfurteri*

Material: 1 m1, 1 m2.

El tamaño del material de PF2 presenta unos valores inferiores a los de *E. valencianum* y *E. medius* y coincidentes con las del rango superior de la especie *E. weinfurteri* de Bézian y La Romieu (Francia). Morfológicamente, el material de Pico del Fraile 2 es muy parecido al de la forma encontrada en las localidades francesas de Bézian y La Romieu.

En la cuenca del Vallés-Penedés existe una localidad, Can Martí Vell I (CMV I), adscrita a la base de la MN4, en la que ha sido descrita una pequeña población de *E. weinfurteri* (Agustí, 1983). La forma de la localidad catalana difiere morfológicamente de la de la localidad navarra, mientras que la presencia de un metalofúlido doble con la rama posterior muy corta, y de un mesolófido largo en el m2 de PF2 son muy similares a lo descrito en el material de *E. weinfurteri* de las localidades europeas de edad posterior a la MN4.

Género *Megacricetodon* Fahlbusch, 1964
Megacricetodon cf. *primitivus*

Material: 2 m1, 2 m2, 2 m3, 1 M1, 1 M2, 1M3.

El material del género *Megacricetodon* presente en PF2 es muy parecido, biométrica y morfológicamente al de la localidad tipo de esta especie, Valtorres (Calatayud, Zaragoza).

Morfológicamente este material se caracteriza por la presencia de un anterocónido simple en el m1, un corto mesolófido en el m3, un protolófulo simple y anterior en el M2 y por la ausencia de espuela posterior del paracono en el M2. Esta morfología es similar a la descrita en poblaciones de la especie *M. primitivus*.

Género *Democricetodon* Fahlbusch, 1964
Democricetodon aff. *hispanicus*

Material: 4 m1, 3 m3, 4 M1, 1 M2.

El tamaño de la asociación del género *Democricetodon* de PF2 es, en general, un poco más pequeña que la de las poblaciones de menor tamaño del género *Fahlbuschia* sitas en las localidades de Córcoles y Buñol (Freudenthal & Daams, 1988), así como claramente distinguible de las de *D. hispanicus* de las zonas B y C del Aragoniense y *D. franconicus* (sensu Van der Meulen et al., 2004) de la zona C del Aragoniense.

La tendencia al desarrollo de repliegues posteriores en el metalofúlido e hipolofúlido, así como de una traza de ectomesolófido en el m1 son rasgos bastantes raros en el material de *Democricetodon* de PF2. Hasta no contar con una colección de restos más abundante de la que hoy se cuenta es imposible afinar más en la determinación taxonómica de este material.

Familia Gliridae Thomas, 1897
Género *Vasseuromys* Baudelot & de Bonis, 1966
Vasseuromys sp.

Material: 2 p4, 8 m1, 7 m2, 5 m3, 1 D4, 2 P4, 11 M1, 4 M2, 3 M3.

El tamaño del *Vasseuromys* de PF2 es más pequeño que el de *V. bacchius*, más grande que el de *V. elegans* y *V. duplex* y similar al del resto de especies restantes del género *Vasseuromys*.

Morfológicamente, la forma del género *Vasseuromys* presente en PF2 se caracteriza por la presencia de cuatro crestas accesorias, un metalófido casi siempre unido al metacónido, un mesolófido conectado al entocónido y un posterotrópido simple y unido al posterolófido en los molares inferiores (Fig. 2). Los M1,2 presentan un endolofo incompleto, no tienen crestas accesorias fuera del trígono, además de tres crestas accesorias en el interior de éste.

Familia Sciuridae Gray, 1821
Género *Spermophilinus* de Bruijn & Mein, 1968
Spermophilinus cf. *besana*

Material: 3 d4, 2 p4, 1 m1, 2 m2, 1 m3, 1 P4, 5 M1,2.

En los molares inferiores completos se puede distinguir la presencia de un profundo surco que separa el anterolófido del protocónido, carácter diagnóstico de la especie. El m3 presenta además un metalófido muy corto. Los molares superiores son rectangulares, y en ellos se observa la presencia de un metalofo fino sin metacónulo. Estas morfologías son muy similares a la descritas en la localidad tipo de Vargas 1A.

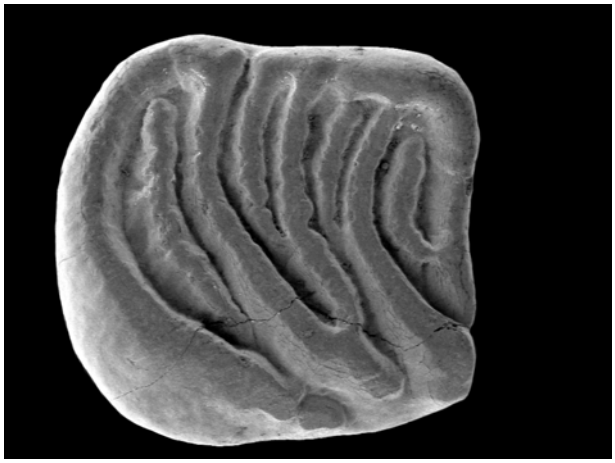


FIGURA 2. *m2 (PF2-92) de Vasseuromys sp. de la localidad Pico del Fraile 2, en el que se puede apreciar la presencia de cinco crestas principales y cuatro crestas accesorias.*

Familia Characeae Agardh, 1824
Género *Harrisichara* Grambast, 1957
Harrisichara sp.

Material: 1 ejemplar

El único ejemplar con que se cuenta de este género se caracteriza por la presencia en la base del oogonio de una protusión pentagonal basal, además de tubérculos primarios en las vueltas.

Género *Krassavinella* Feist, 1977
Krassavinella sp.

Material: 2 ejemplares

Los dos ejemplares presentan la base del oogonio que se prolonga en una columna corta, morfología característica de este género.

Characeae indet. 1

Material: 3 ejemplares

De adscripción a la familia Characeae encontramos dos morfotipos distintos aparte de los determinados como *Harrisichara* sp. y *Krassavinella* sp. El primer morfotipo (Characeae indet. 1) presenta un tamaño menor que el *Harrisichara* sp. y *Krassavinella* sp., las vueltas (7/8) son convexas y la zona apical tiene forma de roseta.

Characeae indet. 2

Material: 2 ejemplares

El segundo morfotipo (Characeae indet. 2) presenta un tamaño mayor que el resto de representantes de esta familia en PF2 y las vueltas (8) son ligeramente cóncavas.

CONCLUSIONES

El estudio preliminar de los fósiles obtenidos del lavado-tamizado de una muestra de 600 Kg de sedimento del yacimiento de PF2, situado a techo de la Formación Tudela (Bardenas Reales de Navarra, Cuenca del Ebro), ha permitido identificar una asociación compuesta principalmente por restos de micromamíferos y de carófitas.

La asociación de micromamíferos fósiles de PF2 se compone de: *Eumyarion* cf. *weinfurteri*, *Megacricetodon* cf. *primitivus*, *Democricetodon* aff. *hispanicus*, *Vasseuromys* sp.. y *Spermophilinus* cf. *besana*. En base a la presencia de estos taxones se sitúa el yacimiento en el Aragoniense, biozonas C ó D (MN4-MN5).

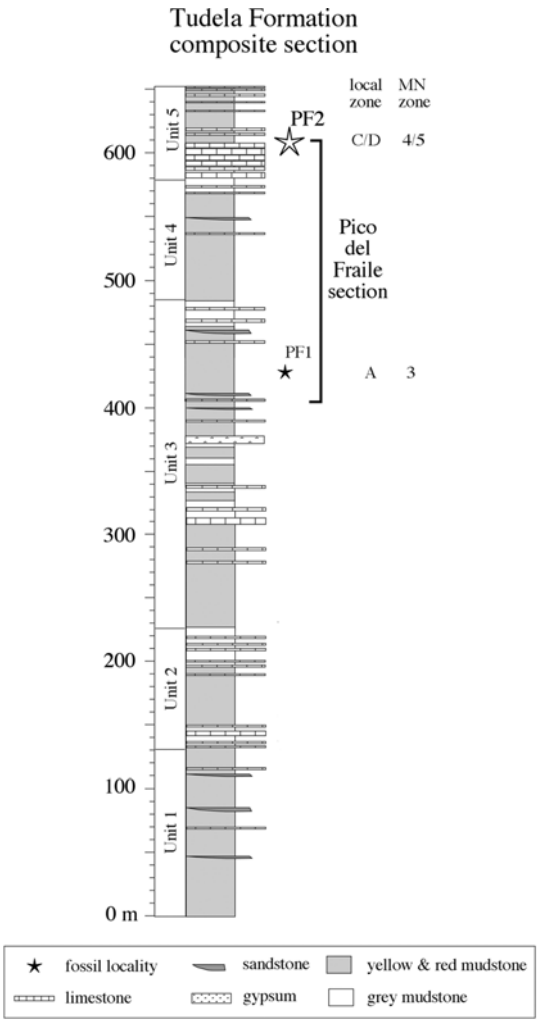


FIGURA 3. *Columna estratigráfica con la situación de os yacimientos de la sección de Pico del Fraile 1 (PF1) y Pico del Fraile 2 (PF2).*

Parte de los concentrados obtenidos del lavado del sedimento no ha sido sometido al tratamiento de reducción basado en la aplicación de ácido acético, lo que ha permitido la recuperación de un conjunto de restos de carófitas que han sido asignadas a la Familia Characeae.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a A. Urmeneta, R. Arcos, E. Martínez y S. García su ayuda durante la excavación de este yacimiento. Esta investigación se ha realizado en el marco de los proyectos BTE2003-7252, CGL2004-0780, CGL2007/66431/C02-02 y GVPRE/2008/320.

REFERENCIAS

Agustí, J. (1983): Roedores (Mammalia) del Mioceno inferior de Can Martí Vell (Vallès – Penedès, Cataluña, España). *Estudios Geológicos*, 39(5-6): 417-430.

Alonso-Zarza, A. M., Armenteros, A., Braga, J. C., Muñoz, A., Pujalte, V., Ramos, E., Aguirre, J., Alonso-Gavilán, G., Arenas, C., Baceta, J. I., Carballeira, J., Calvo, J. P., Corrochano, A., Fornós, J. J., González, A., Luzón, A., Martín, J. M., Pardo, G., Payros, A., Pérez, A., Pomar, L., Rodríguez, J. M. y Villena, J. (2002): En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno, eds.). Geological Society, London, 293–334.

Arenas, C. y Pardo, G. (1999): Latest Oligocene–late Miocene lacustrine systems of the north-central part of the Ebro Basin (Spain): sedimentary facies model and paleogeographic síntesis. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 151: 127–148.

Crusafont, M., Truyols, J. y Riba, O. (1966): Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja. *Not. y Com. I.G.M.E.*, 90: 53–76.

Cuenca, G., Canudo, J. I., Laplana, C. y Andrés, J. A. (1992): Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, 27: 127–143.

Ezquerra del Bayo, J. (1850) Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la Península. *Mem. R. Acad. Cienc. Madrid*. 161-184.

Freudenthal, M. y Daams, R. (1988): Cricetidae (Rodentia) from the type-Aragonian; the genera *Democricetodon*, *Fahlbuschia*, *Pseudofahlbuschia* nov. gen., and *Renzimys*. En: *Biostratigraphy and paleoecology of the Neogene micromammalian faunas from the Calatayud-Teruel basin (Spain)* (M. Freudenthal, ed.). Scripta Geologica, Leiden, 133-252.

Larrasoaña, J. C., Murelaga, X. y Garcés, M. (2006): Magnetobiochronology of Lower Miocene (Ramblian) continental sediments from the Tudela Formation (western Ebro basin, Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 243: 409–423.

Murelaga, X. (2000): *Estudio de las faunas de vertebrados del Mioceno inferior de las Bardenas Reales y áreas colindantes (Cuenca del Ebro, Navarra)*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco. 363 p.

Van der Meulen, A. J., Peláez-Campomanes, P. y Daams, R. (2004): Revision of medium-sized Cricetidae from the Miocene of the Daroca-Villafeliche area in the Calatayud-Teruel basin (Zaragoza, Spain). *Coloquios de Paleontología*, Vol. Extra 1: 385–441.

Middle Miocene Obrution deposits on a Volcanically Active Shoreline from Ilhéu de Cima (Porto Santo, Madeira Archipelago, Portugal)

Depósitos obtrusivos del Mioceno Medio en una línea de costa volcánicamente activa en Ilhéu de Cima (Porto Santo, Archipiélago de Madeira, Portugal)

A. Santos[1], E. Mayoral[1], M. E. Johnson[2], B. G. Baarli[2], C. M. da Silva[3] M. Cachão[3] and J. Ledesma-Vázquez[4]

1 Departamento de Geodinámica y Paleontologia, Universidad de Huelva Avd. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva. Spain. asantos@dgyp.uhu.es and mayoral@uhu.es.
2 Department of Geosciences, Williams College, Williamstown, MA 01267. USA. Markes.E.Johnson@williams.edu and Gudveig.Baarli@williams.edu.
3 Departamento de Geologia, Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande. 1749-016 Lisboa. Portugal. paleo.carlos@fc.ul.pt and mcachao@fc.ul.pt
4 Faculdad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, BC 22800, México. ledesma@uabc.mx.

Abstract: Well preserved basalt mounds with encrusting corals and intervening sandy zones with abundant rhodoliths can be found preserved by obrution deposits at Pedra de Água on Ilhéu de Cima off Porto Santo in the Madeira Achipelago (Portugal). Herein are reported and discussed two different coeval biofacies under the influence of intertidal to shallow-water conditions preserved on a low –relief rocky shore from the Middle Miocene. These biofacies are represented by simple community structures. Present in the mound community are Scleractinian corals (*Tarbellastrea reussiana* and *Solenastrea* sp.), one epifaunal bivalve (*Spondylus* sp.), and one coral-inhabiting barnacle *Ceratoconcha costata* and a wealth of bioeroders. The inter-reef community consists entirely of rhodoliths, crustose coralline red algae with an unattached circumrotary lifestyle.

Key words: Obrution deposits, Palaeorocky-shores, Hard-substrate colonization, Ilhéu de Cima (Porto Santo).

Resumen: *En el yacimiento de Pedra de Água situado en el islote de Cima (Porto Santo, archipiélago de Madeira, Portugal) se localizan una serie de pequeñas elevaciones de basalto bien conservados que presentan corales incrustantes junto con zonas arenosas intermedias muy ricas en rodolitos, todos ellos preservados intactos debido a un enterramiento rápido. En esto contexto, se describe y discute la existencia de dos biofacies coetáneas dentro de una zonación intermareal a marina somera, perteneciente a una costa rocosa de escaso relieve del Mioceno Medio. Estas biofacies están representadas por estructuras comunitarias simples. Así, la comunidad existente en las pequeñas elevaciones está compuesta por corales Escleractínidos (Tarbellastrea reussiana y Solenastrea sp.), un bivalvo epifaunal (Spondylus sp.), un cirrípedo (Ceratoconcha costata) y una gran variedad de organismos perforantes. La comunidad inter-arrecifal está constituida en su totalidad por rodolitos y algas coralinas rojas, sueltas, de hábito rodante.*

Palavras-chave: *Depósitos obtrusivos, Línea de costa rocosas, colonización de substratos duros, Ilhéu de Cima (Porto Santo).*

INTRODUCTION

Accepted without objection nowadays is the fact that rocky palaeoshores are represented in the geological record by unconformities between sedimentary rocks of marine origin and a wide range of other sedimentary igneous and metamorphic rocks (Johnson et al., 1988). Typically, those rocks most resistant to coastal erosion, such as basalt or quartzite, tend to form unconformity surfaces with appreciable topographic relief under transgressive conditions that promote the development of intertidal boulder beds.

Hard substrates exposed to intertidal and shallow-subtidal waters provide exceptional conditions for colonization by boring and encrusting organisms that as fossils become geologically verifiable markers of ancient shorelines.

This study documents two different middle Miocene biofacies under the influence of intertidal to shallow-water conditions preserved on a low–relief rocky shore at Pedra de Água on Ilhéu de Cima, a small satellite island off Porto Santo (Madeira Archipelago, Portugal) (Fig.1). At this single locality, small coral bioherms were briefly established on low basalt mounds and surrounded by a coarse sandy substrate that supported many rhodoliths prior to sudden burial by volcanic lapilli and other tephra. Generally, obrution deposits

provide a palaeoecological snapshot of the composition of fossil communities prior to burial.

GEOLOGICAL SETTING

Ilhéu de Cima is the second largest satellite islet of Porto Santo, an outlying island located 50 km northeast of the principal island of Madeira, and belonging to the Madeira Archipelago of Portugal (Fig. 1).

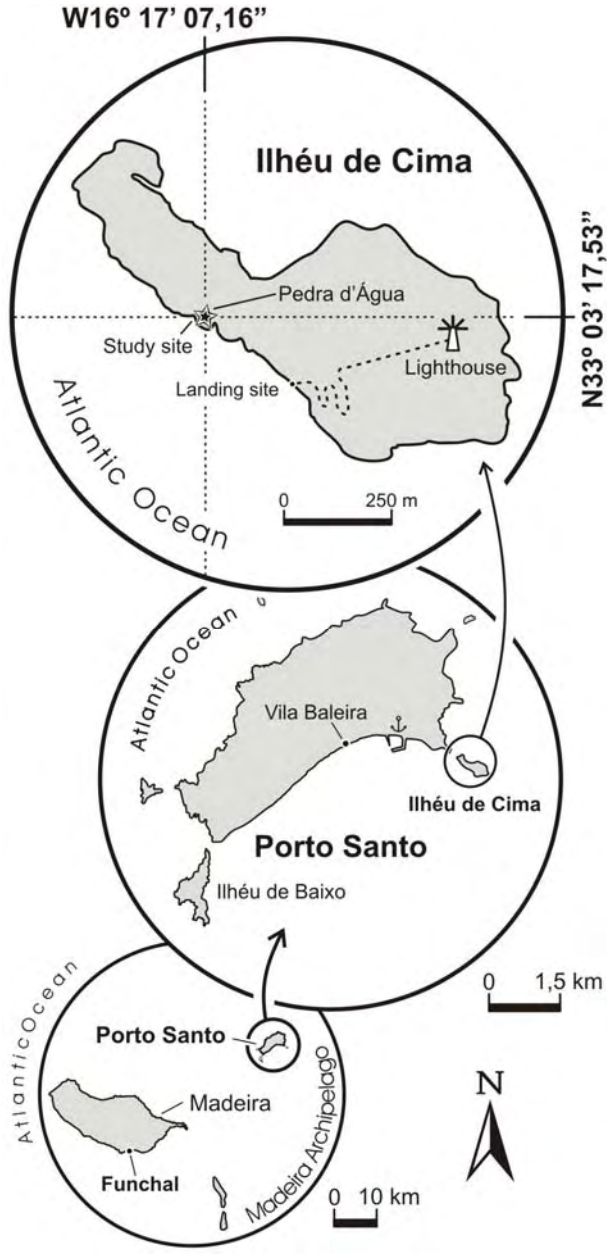


FIGURE 1. Geographic location of the study site at Pedra de Água (Ilhéu de Cima, Porto Santo).

Fossiliferous sedimentary rocks occur in several places on the north and west sides of the island at the transition between two major volcanic units: a trachytic to basaltic submarine basal volcanic complex with ages ranging from 18.8 to 13.5 Ma; and a subaerial alkali basaltic to hawaiitic complex dated between 14 and 10.2 Ma (Ferreira, 1985).

An age of about 14 to 15 Ma is projected for sedimentary intercalations with volcanic rocks on Ilhéu de Cima based on calcareous nannofossil assemblages from correlated sedimentary units at Lombinhos on the east of Porto Santo (Cachão et al., 1998).

An irregular basaltic flow (with large columnar disjunctions) provided the substratum for the fossiliferous layer at Pedra de Água (Fig. 2), which accumulated as a rhodolithic biocalcarenite over the lowermost depressions (near the current seashore). It changes laterally to fossiliferous limestone with rhodoliths on eastward over a more level surface. Here, near the present day cliff line about 30 m inland, the uppermost sediment-free basaltic substratum is almost completely covered by *in situ* coral crusts. In turn, these fossiliferous deposits are covered by a yellow-orange tuff layer of irregular thickness followed immediately above by a 13 meter thick basaltic lava flow. Stratigraphically above this volcanic unit is another whitish fossiliferous layer, mainly composed of corals. The succession is completed by two to three subaereal flows of basalt separated by a single red-tuff marker bed.



FIGURE 2: General view showing the study site. At the top of the picture, we can see the island of Porto Santo.

The study site described in this paper is approximately 225 m northwest of the only landing place on the islet (Fig. 1) of Ilhéu de Cima at an elevation of 7 m above mean sea level.

METHODOLOGY AND STUDIED MATERIAL

Two methods were used to test the visual impression of physical and biological zonation preserved intact on the rocky palaeoshore at Pedra de Água. The first was a systematic survey that involved the establishment of four transect lines (labeled A-D) to guide methodical sampling by grids (sample quadrate 0.5×0.5 m divided into twenty-five units of 10 × 10 cm) applied to the coral mounds and associated rhodoliths flats. A second supplementary method of data collection was applied randomly on the outcrop surface with the purpose of collecting data on size variation in rhodoliths and the extent to which rhodoliths formed around basalt cores.

Tabulation of the frequency data on a grid-by-grid basis for each fossil entity makes it possible to visualize lateral zonation of two distinct ecologic zonations or biofacies along the palaeoshore: a *Zone of basalt mounds encrusted by scleractinid corals* and a *Zone of rhodolithic pavement*. Present in the mound community are Scleractinian corals (*Tarbellastrea reussiana* and *Solenastrea* sp.), one epifaunal bivalve (*Spondylus* sp.), and one coral-inhabiting barnacle (*Ceratoconcha costata*) and a wealth of bioeroders (such as boring bivalves and sponges). The inter-reef community consists entirely of rhodoliths, crustose coralline red algae with an unattached circumrotary lifestyle.

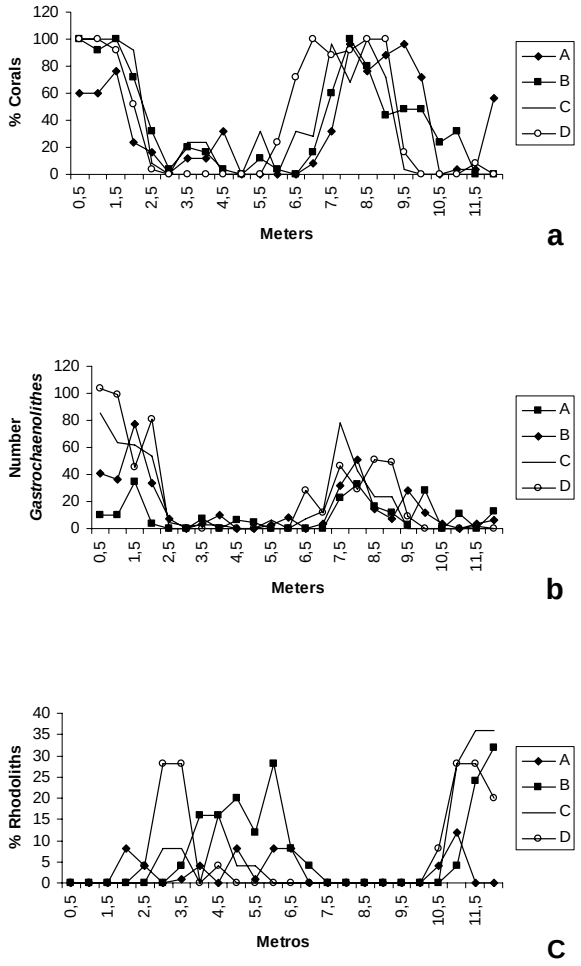


FIGURE 3. Frequency data of the lateral zonation present at Pedra de Água between the locations and among the transects A, B, C, and D. a: Spatial distribution of the corals; b: Spatial distribution of the *Gastrochaenolites* borings; c: Spatial distribution of the rhodoliths.

There is a distinct spatial affinity between the locations of the corals and *Gastrochaenolites* borings, which is separate from the favored locations for the rhodoliths (Figs. 3a – c).

The *Zone of basalt mounds encrusted by scleractinid corals* is characterized by a higher topography with at least 50 cm relief with closely packed corals directly attached to raised mounds of basalt. On the other hand, the *Zone of rhodolithic pavement* is restricted to a lower topographic position between the raised patches of basalt, and is characterized by densely clustered rhodoliths exclusively lumpy in morphology, on very coarse and unsorted sand.

The shape of these rhodoliths is spheroidal (according to the terminology of Bosence, 1983), being controlled by the rock core nucleus that tends to be very large (average value of 4.7 cm) compared to the algal covering (average value of 6.4 cm).

DISCUSSION

According to some authors (Bourillot et al., 2009) palaeotopography is the essential controlling factor over coral-reef location because reefs flourish in elevated zones and exposed to good marine circulation. Also, light conditions as well as the ambient energy of the environment, influence the growth form of the individuals that compose the coral assemblages (Mankiewicz, 1995). Coral communities that are dominated by domal forms, such as *Tarbellastrea*, indicate shallow, high-energy waters (Bourillot et al., 2009). Another argument in support for this interpretation derives from the presence of bivalve borings on coral colonies of Pedra de Água. The abundance of *Gastrochaenolites* is interpreted as corresponding to a very shallow marine environments with a low or null rate of sedimentation (Bromley and Asgaard 1993).

Wave energy clearly was sufficient to carry the smaller eroded clasts seaward, but insufficient to do much damage to the coral colonies, because they were firmly attached in a higher topographic position. In this context, eroded clasts filled the depressed areas of palaeorelief on the basalt shelf and were readily adopted as rock-core nucleae by the coralline red algae living there. Water depth in this area probably was near but always above normal wave base. Furthermore, the uniformly lumpy surface texture of the rhodoliths at Pedra de Água implies at least moderate action on wave action (Foster et al., 1997).

The sphericity of rhodoliths present at Pedra de Água is commonly used as an indicator of frequency of movement, as noted by Steller & Foster (1995). According to Johnson and Hayes (1993), continuous motion through wave activity is indicated by the characteristic development of algal rinds completely enveloped on individual rock clasts.

The surrounding topography around Pedra de Água display a 10 m high elevation immediately to the northwest and in the opposite direction, a paleoshore of at least that height extended more than 350 m to the southeast, thus the study area is clearly shown to have been a sheltered embayment Our hypothesis is that small bioherms were arranged on volcanic mounds that formed within a small embayment protected to the northwest and southeast by headlands that projected outward from the core of a paleoisland at the present

location of Ilhéu de Cima. Within the embayment, wave action was still sufficient to promote the growth of corals as small bioherms and to keep the rhodoliths in between the bioherms in constant motion.

The fine preservation of *in situ* corals and rhodoliths is a result of the rapid, catastrophic burial of the small embayment at Pedra de Água by volcanic lapilli and finer tephra. As such, all the Miocene fossils divided into two different biofacies at this locality are obrution deposits according to the criteria set out by Brett *et al*. (1997).

CONCLUSION

The study site at Pedra de Água illustrates the differences between two coeval biofacies under the influence of intertidal to shallow-water zonation on a low –relief rocky shore. Two ecologic zones developed immediately adjacent to one another during a rapid marine transgression at Pedra de Água during the Middle Miocene. These zones correspond to an array of associated biofacies occupying (1) a higher topographic basalt surface encrusted by Scleractinian corals with a related high-energy fauna of boring bivalves *Gastrochaenolites* and the epifaunal bivalve *Spondylus* sp., and (2) a lower topographic "rhodolithic bed" sitting unattached on a coarse sandy substrate also responding to moderate wave activity.

ACKNOWLEGMENTS

A. Santos received financial support from the Ministry of Science and Technology of Span in the form of a Juan de la Cierva contract (Refª JCI-2008-2431). Johnson's participation was supported by a travel grant from the Class of 1945 Faculty World Fellowship during sabbatical leave. Financial support was also given by the Junta de Andalucía (Spanish government) to the Research Group RNM316 (Tectonics and Palaeontology) and by the Spanish DGI Project CGL 2007-60507/BTE. J. Ledesma-Vázquez acknowledge to the UABC through PIFI and CAGC Programs. The Portuguese Navy provided transportation to and from Ilhéu de Cima.

REFERENCES

Bosence, D. W. J. (1983): The occurrence and ecology of recent rhodoliths – a review. In: *Coated grains* (Peryt, T. T., ed.). Berlin, Springer-Verlag, 225–242.

Bourillot, R., Vennin, E., Kolodka, C., Rouchy, J-M, Caruso, A., Durlet, C., Chaix, C. & Rommevaux, V. (2009): The role of topography and erosion in the development and architecture of shallow-water coral bioherms (Tortonian-Messinian, Cabo de Gata, SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281: 92–114.

Brett, C. E., Baird, G. C. & Speyer, S. E. (1997): Fossil lagerstätten: Stratigraphic record of paleontological and taphonomic events. In: *Paleontological Events – Stratigrahic, Ecological, and Evolutionary Implications* (Brett, C. E. and Baird, C., eds.). Columbia University Press, New York, 3–40.

Bromley, R. G. & Asgaard, U. (1993): Endolithic community replacement on a Pliocene rocky coast. *Ichnos*, 2: 93–116.

Cachão, M., Rodrigues, D., Silva, C. M. da e Mata J. (1998): Biostratigrafia (nanofósseis calcários) e interpretação paleoambiental do Neogénico de Porto Santo (Madeira), (dados preliminares). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 84 (1): A185–A188.

Foster, M. S., Riosmena-Rogríguez, R., Steller, D.L. and Woelkerling, W. J. (1997): Living rhodolith beds in the Gulf of California and their implications for paleoenvironmental interpretation. In: *Pliocene Carbonatees and Related Facies Flanking the Gulf of California, Baja Califórnia, México*. (Johnson, M. E. and Ledesma-Vázquez, J., eds.), *Geological Society of America Special Paper*, 318: 127–139.

Johnson, M. E. (1988): Why are ancient rocky shores so uncommon?. *Geology*, 96: 469–480.

Johnson, M. E. and Hayes, M. L. (1993): Dichotomous facies on a Late Cretaceous rocky island as related to wind and wave patterns (Baja California, Mexico). *Palaios*, 8: 385–395.

Mankiewicz, C. (1995): Response of reef growth to sea-level changes (Late Miocene, Fortuna Basin, Southeastern Spain). *Palaios*, 10: 322–336.

Steller, D. L. and Foster, M. S. (1995): Environmental factors influencing distribution and morphology of rhodoliths in Bahía Concepción, B.C.S., México. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 194: 201–212

El límite Misisípico/Pensilvánico a partir del contenido en conodontos del estratotipo de la Formación Barcaliente (Zona Cantábrica)

Conodonts from the Mississippian-Pennsylvanian boundary in the stratotype of the Barcaliente Formation (Cantabrian Zone)

J. Sanz-López[1], S. Blanco-Ferrera[2] y L. C. Sánchez de Posada[2]

1 Facultade de Ciencias da Educación, Universidade da Coruña, Campus de Elviña s/n. 15071 A Coruña. jasanz@udc.es
2 Dpto. Geología (Paleontología), Universidad de Oviedo, c/ Arias de Velasco s/n. 33005 Oviedo. silvia.blanco@geol.uniovi.es, lposada@geol.uniovi.es

Resumen: La sucesión de conodontos, particularmente varias especies de *Declinognathodus*, es estudiada a lo largo de un espesor de unos 150 m de la Formación Barcaliente en su estratotipos. Todos las especies encontradas pueden ser incluidas en *D. noduliferus* sensu lato, primer marcador escogido para reconocer y correlacionar con el GSSP del Límite del Carbonífero medio situado entre los subsistemas Misisípico y Pensilvánico. La distribución de los conodontos, tanto en la sección estudiada como en otras secciones, aconseja la correlación cronoestratigráfica entre la capa que registra la entrada de *D. inaequalis* y el GSSP del Límite del Carbonífero medio, a pesar de que la aparición de los primeros *Declinognathodus* tiene lugar previamente en la Zona Cantábrica.

Palabras clave: conodontos, GSSP del Límite del Carbonífero medio, Zona Cantábrica.

Abstract: *Findings of several conodont species especially of* Declinognathus*, are described from about 150 m thick in the type section of the Barcaliente Formation together. All species can be included in* D. noduliferus *sensu lato, primary marker for recognize and correlate with the mid Carboniferous Boundary GSSP located between the subsystems Mississippian and Pennsylvanian. Distribution of conodonts from known sections supports the chronostratigraphic correlation between the bed including the first occurrence of* D. inaequalis *and the mid-Carboniferous Boundary GSSP, in spite of the earlier entry of* Declinognathodus *in the Cantabrian Zone.*

Key words: *conodonts, mid-Carboniferous Boundary GSSP, Cantabrian Zone.*

INTRODUCCIÓN

El GSSP del denominado "Límite del Carbonífero medio", límite coincidente con el de los subsistemas Misisípico y Pensilvánico, y el de los pisos Serpukhoviense y Bashkiriense, se situó a 82,9 m sobre la base de la Formación Bird Spring en el cañón Arrow de Nevada en Norteamérica (Lane et al., 1999). El marcador elegido para el reconocimiento y correlación del horizonte del límite es la primera aparición de *Declinognathodus noduliferus* sensu lato en la línea evolutiva de *Gnathodus girtyi simplex*. Este acontecimiento de especiación autocronológico está sujeto a controversia y fue discutido entonces, ya que *D. noduliferus* también podía derivar de *Gnathodus bilineatus* y *G. postbilineatus*. Si el ancestro fuera una de estas últimas especies, la aparición del primer *Declinognathodus* en la sección del GSSP no registraría el proceso de especiación autocronológica, sino otros procesos que condicionan la distribución de las especies. Además, cuando fue tomada la decisión sobre dicho límite ya era conocido que *D. noduliferus* s.l. integraba varias subespecies o varias especies, según los distintos especialistas (*D. noduliferus*, *D. inaequalis*, *D. lateralis* and *D. japonicus*). A pesar de todo, *D. noduliferus* s.l. resultaba útil para la correlación intercontinental, argumento esgrimido para favorecer su elección como marcador del GSSP. Por supuesto, la utilización del primer hallazgo de varios taxones de *Declinognathodus* como "horizonte" de correlación no deja de ser un criterio similar al de un límite de genozona bioestratigráfica, por lo que su potencial de correlación es muy grande, pero no su resolución cronoestratigráfica. La resolución se incrementaría con la elección del horizonte determinado por un acontecimiento de especiación de un sólo taxón (o en su lugar un acontecimiento de dispersión con incremento de su espacio ecológico y geográfico). En este caso, sería lógico utilizar la entrada del taxón más antiguo (*D. praenoduliferus*).

De acuerdo con los hallazgos de Menéndez-Álvarez (1991, inédito), Nemyrovska et al. (2008) y Nemyrovska (2009), la primera entrada de *Declinognathodus* en la Zona Cantábrica tiene lugar en la parte superior de la Formación Barcaliente. Sin embargo, las capas más bajas de la formación han proporcionado *D. noduliferus bernesgae* (ver Sanz-López et al., 2006; Blanco-Ferrera y Sanz-López, 2008), una forma muy próxima a *D. praenoduliferus*.

Estas primeras capas se encuentran en algunas secciones, unos 100 m por debajo de las consideradas del Bashkiriense (Pensilvánico) por otros autores. La probabilidad de que estos primeros hallazgos de *Declinognathodus* tuvieran lugar en el final del Misisípico y no en la base del Pensilvánico parece plausible (Sanz-López y Blanco-Ferrera, 2009). El estudio de la parte media-superior de la Formación Barcaliente en el estratotipo (Figs. 1 y 2) puede contribuir a clarificar la secuencia de apariciones de los taxones de *Declinognathodus* cercanos al Límite del Carbonífero medio.

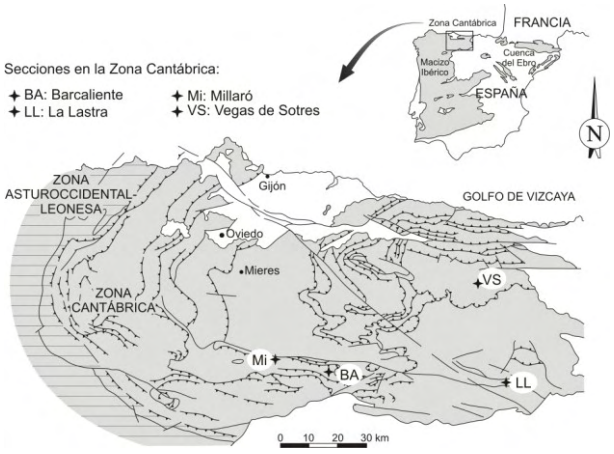


FIGURA 1. *Esquema geológico de situación de las secciones estratigráficas referidas.*

La Formacion Barcaliente (Wagner et al., 1971) fue definida en el arroyo de Tejedo (al sur de Valcaliente según la toponimia actual), en el margen izquierdo del río Curueño (León). En la sección tipo, la formación alcanza alrededor de 250 m de espesor y se dispone sobre 1,52 m de calizas de colores grises y morados, con margas y algunos restos de ammonoideos y crinoideos, techo de la Formación Alba (Comte, 1959). La sucesión está formada por un conjunto de capas de espesor de varios centímetros a decímetros de calizas negras ricas en materia orgánica, a menudo arcillosas y frecuentemente laminadas. El contenido fósil de la formación es escaso, contiene restos de equinodermos, calciesferas, foraminíferos aglutinados simples, braquiópodos de pequeña talla, ostrácodos, espículas de esponjas y ocasionalmente radiolarios. Hacia la parte superior de la formación se encuentra un tramo de calizas laminadas por debajo de unos 15 m de brechas intraformacionales que corresponden a la Brecha del Porma de Reuther (1977). Sobre la brecha se repiten las calizas negras con espículas y radiolarios, que forman cuerpos plegados y deslizados e intercalan brechas intraformacionales y algunas capas granoclasificadas con fragmentos de bioclastos procedentes de aguas someras.

SUCESIÓN DE CONODONTOS

Menéndez-Álvarez (1991, inédito) realizó una primera prospección orientada al estudio de los conodontos de la sección de Barcaliente (Fig. 2), con resultados positivos en un 55% de las muestras de la parte inferior de la formación y un 22% de la parte superior. Este autor obtuvo elementos de *Gnathodus* hasta unos 111 m sobre la base de la formación, por lo que atribuyó esta parte de la formación al Misisípico. Sin embargo, Blanco-Ferrera y Sanz-López (2008) estudiaron los primeros 50 m de la formación en donde obtuvieron *D. n. bernesgae* entre 3 y 8,5 m por encima de la base de la sección, acompañados por elementos de *Gnathodus* y *Lochriea*. La entrada de este declinognátido fue utilizada por estos autores para incluir a la mayor parte de la Formación Barcaliente en el Pensilvánico.

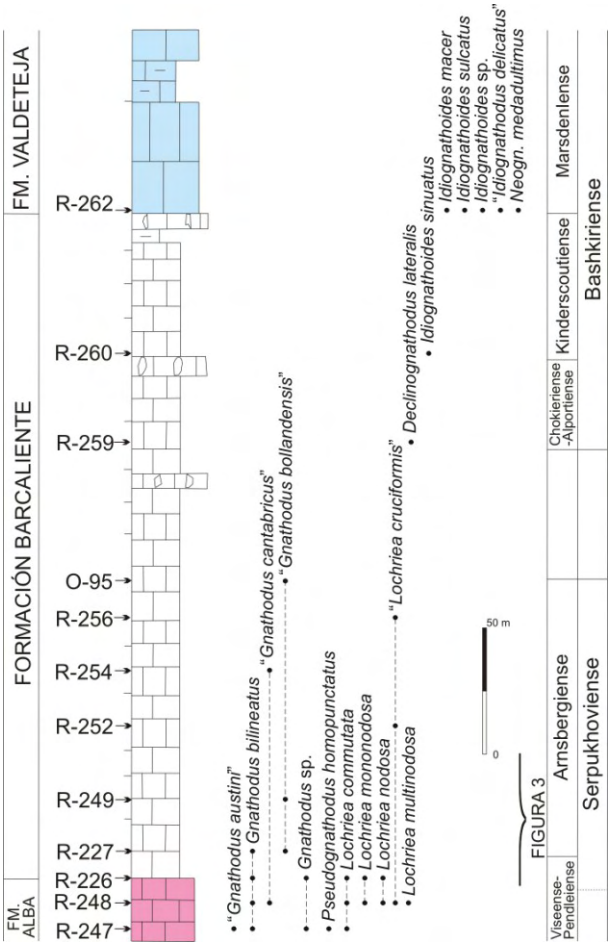


FIGURA 2. *Sección estratigráfica simplificada basada en Menéndez-Álvarez (1991, inédito) de la Formación Barcaliente en el arroyo de Barcaliente. Se indican sólo la numeración para las muestras positivas y la distribución de algunos taxones con las unidades cronoestratigráficas reconocidas por dicho autor. Las litologías corresponden a calizas, calizas arcillosas y brechas carbonatadas.*

En cambio, el primer declinognátido obtenido por Menéndez-Álvarez (1991) es *D. lateralis*, a unos 156 m sobre la base de la formación, por lo que este autor consideraba que la base del Pensilvánico se encontraba entre 111 y 156 m sobre la base de la formación. En el presente estudio se ha muestreado un intervalo entre 130 y 182 m sobre la base de la formación. El contenido en conodontos de las muestras estudiadas es muy dispar, con capas sin conodontos o sólo con fragmentos escasos. Sin embargo, los resultados indican que *D. n. bernesgae* vuelve a encontrarse desde la muestra tomada entre 134,91 y 135 m, junto a

elementos abundantes de *G. bollandensis*, *G. postbilineatus*, *L. commutata*. Por lo tanto, la Zona de *D. n. bernesgae* se extiende a lo largo de la mitad inferior de la formación, junto a conodontos considerados del Misisípico. A 148,42 m sobre la base aparece *D. inaequalis* junto con el primer hallazgo en España de la especie de aguas someras, *Rachistognathus minutus*. *D. inaequalis* aparece por encima de ejemplares de *D. n. bernesgae* con tendencia a desarrollar nódulos bajos y alineados en la plataforma dorsal. A nuestro entender, esta tendencia apunta a una probable relación filogenética en la que *D. inaequalis* derivaría de *D. n. bernesgae*. El último hallazgo de un taxón típico del Misisípico corresponde a *L. commutata* y se registra a unos 150 m sobre la base de la formación, antes de la aparición de ejemplares similares a *D. noduliferus noduliferus* (muestra AB-152,46-152,5) y de *D.* cf. *lateralis* (muestra AB-156,72-156,77). Finalmente, elementos de *Idiognathoides asiaticus* y de *I. sinuatus* se han obtenido entre las muestras AB-171,63-171,78 y AB-181,79-182,03. Sin embargo, Menéndez-Álvarez (1991) había obtenido *I. sinuatus* en capas más modernas, justo por encima de la Brecha del Porma, hallazgo que este autor correlacionaba con la base del Kinderscoutiense (Bashkiriense inferior).

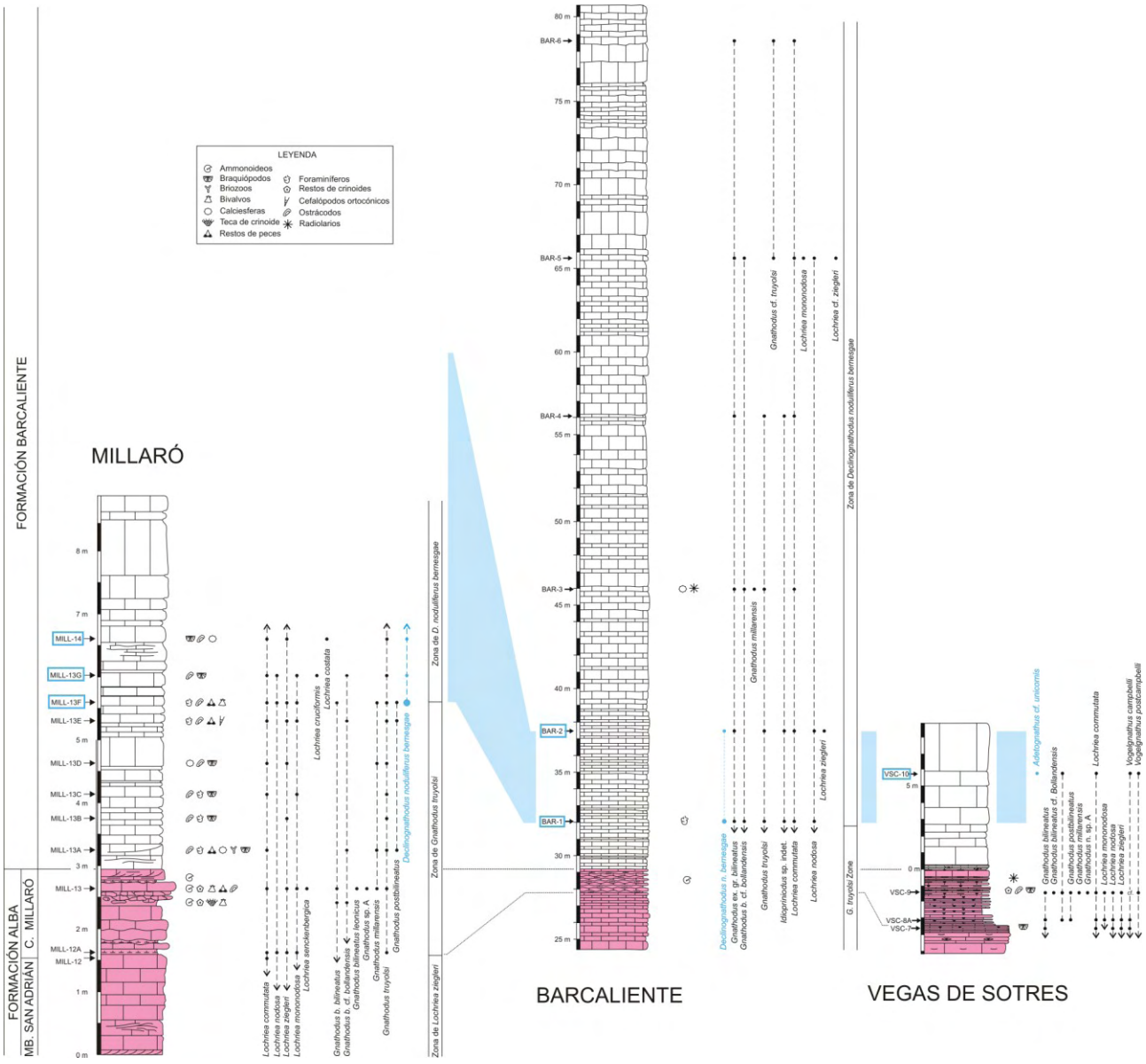


FIGURE 3. *Correlación bioestratigráfica de acuerdo con los hallazgos de conodontos en la parte inferior de la Formación Barcaliente de las secciones de Millaró, Barcaliente y Vegas de Sotres. La escala vertical de la columna de la izquierda es el doble que las otras dos.*

DISCUSIÓN

Sanz-López y Blanco-Ferrera (2009) indicaron la posibilidad de que *D. n. bernesgae* en la Zona Cantábrica estuviera presente previamente al Límite del Carbonífero medio en el GSSP de Nevada. Esta afirmación estaba de acuerdo con el hallazgo de *Adetognathus* cf. *unicornis* en un capa a 6 m de la base de la Formación Barcaliente en la sección de las Vegas de Sotres (Fig. 3). Esta especie es típica de aguas someras en el Misisípico del Continente Medio americano. Si *Declinognathodus* se encuentra ya en el

Misisípico, deberíamos diferenciar entre las primeras apariciones de los distintos taxones integrados en *D. noduliferus* s.l. (secuencia de aparición descrita en distintas cuencas) con fines a reconocer cual de ellos corresponde con el Límite del Carbonífero medio en la sección del GSSP (Sanz- López et al., 2006). Los únicos elementos figurados y procedentes justo del horizonte en el GSSP son *D. inaequalis*. Esta especie es el primer declinognátido presente en muchas cuencas en capas correlacionadas con la base del Pensilvánico por muchos autores. La primera muestra con *D. inaequalis* en la sección de Barcaliente se encuentra entre 148,42 y 148,47 m sobre la base de la formación, y por lo tanto se puede correlacionar con la entrada de la misma especie en la sección del GSSP. Además, el hallazgo de *R. minutus* en la misma muestra es significativo, por cuanto esta especie tienen una distribución desde capas del techo del Serpukhoviense hasta los primeros hallazgos de *D. inaequalis* en las secciones clásicas de Inglaterra. La primera entrada de *D. inaequalis* ha sido correlacionada con la base del Pensilvánico en la Formación Barcaliente de la sección de La Lastra, aunque el criterio utilizado para esa correlación es la entrada de *D. noduliferus* s.l. y tan sólo un ejemplar dudoso de *D. praenoduliferus*? fue recogido justo por debajo (Nemyrovska et al., 2008).

En nuestra opinión, una ilustración y revisión sistemática es imprescindible para confirmar que *D. inaequalis* es la especie presente en el horizonte del Límite del Carbonífero medio en el GSSP de Nevada. De ser así, la entrada de esta especie (y no de *D. noduliferus* s.l.) debería definir el reconocimiento y correlación de dicho límite, como se ha puesto de manifiesto en varias secciones de la Zona Cantábrica.

Los primeros hallazgos de *Idiognathoides* próximos a la aparición de *D. inaequalis* en la sección de Barcaliente coinciden con la distribución descrita en la sección de La Lastra. Allí, Nemyrovska (2009) argumentaba que no existe ningún criterio para correlacionar los hallazgos de *Idiognathoides* con la transgresión de la Zona de Ammonoideos *Reticuloceras* (Kinderscoutiense) como normalmente sucede en Europa. Por el contrario, los primeros *Idiognathoides* cantábricos podrían aparecer antes, en la Zona de Ammonoideos de *Homoceras* (Chokieriense), como se ha descrito en las secciones de aguas profundas de Asia central. En este caso, la profundización del Kinderscoutiense puede estar registrada en la Formación Barcaliente por encima de la Brecha del Porma. De hecho, ammonoideos del Kinderscoutiense (Kullmann, 1979) se encuentran justo encima de la Formación Barcaliente.

CONCLUSIONES

D. n. bernesgae se encuentra en capas de la Formación Barcaliente consideradas del Misisípico por su contenido en conodontos. El horizonte correlacionado con el Límite del Carbonífero medio se encuentra en la parte superior de la Formación Barcaliente, coincidiendo con la primera aparición de *D. inaequalis.* Los distintos acontecimientos conocidos en la evolución de los taxones de *D. noduliferus* s.l. permiten una resolución mayor que la obtenida mediante el marcador biótico escogido por la IUGS para el reconocimiento y correlación del Límite del Carbonífero medio, o del Misisípico/Pensilvánico ("aparición de *D. noduliferus* s.l. en su línea evolutiva").

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es fruto del proyecto CGL2006-04554 del Ministerio de Educación y Ciencia y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

REFERENCIAS

Blanco-Ferrera, S. y Sanz-López, J. (2008): Conodontos declinognátidos en el estratotipo de la Formación Barcaliente (Carbonífero, Zona Cantábrica). En: *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*: 77-78.

Comte, P. (1959): *Recherches sur les terrains anciens de la Cordillère Cantabrique*. Memorias del Instituto Geológico y Minero de España 60, Madrid, 440 p.

Kullmann, J. (1979): Die *Reticuloceras*-Zeit (Oberkarbon) in der entwicklung des Kantabrischen Variszikums. *Clausthaler Geologische Abhandlungen,* 15: 34-44.

Lane, H. R., Brenckle, P. L., Baesemann, J. F. y Richards, B. (1999): The IUGS boundary in the middle of the Carboniferous: Arrow Canyon, Nevada, USA. *Episodes,* 22: 272-283.

Menéndez-Álvarez, J. R. (1991): *Conodontos del Carbonífero Inferior y Medio de la Cordillera Cantábrica*. Tesis Doctoral, Univ. Oviedo, 283 p.

Nemyrovska, T. I. (2009): Mid-Carboniferous boundary conodonts of the Cantabrian Mountains (Palencia, Spain). *Permophiles*, 53: 35-36.

Nemyrovska, T. I., Winkler Prins, C. F. y Wagner, R. (2008): The mid-Carboniferous boundary in the Cantabrian Mountains (N Spain). En: *Problems of Carboniferous Stratigraphy* (P. F. Gozhik y S. A. Vizhva, eds.). Zbirnik naukovikh prats, Kiev, 69-86.

Sanz-López, J. y Blanco-Ferrera, S. (2009): Probable presence of old species of *Declinognathodus* in the Mississippian and the correlation with the Mid-Carboniferous boundary in the Cantabrian Mountains (Spain). *Permophiles*, 53: 45-46.

Sanz-López, J., Blanco-Ferrera, García-López, S. y Sánchez de Posada, L. C. (2006): The Mid-Carboniferous boundary in Northern Spain: difficulties for correlation of the Global Stratotype Section and Point. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 112: 3-22.

Wagner, R. H., Winkler Prins, C. F. y Riding, R. E. (1971): Lithostratigraphic units of the lower part of the Carboniferous in the northern León, Spain. *Trabajos de Geología*, 4: 603-663.

Nueva especie de *Ambocoelia* (Brachiopoda) del Devónico Medio (Zona *Ensensis*) de las pizarras de Silica del noroeste de Ohio (E.E.U.U.)

A new species of Ambocoelia (Brachiopoda) of the Middle Devonian (Ensensis Zone) Silica Shale in NW Ohio (USA)

M. Schemm-Gregory[1] y J. J. Zambito[2]

1 Smithsonian Tropical Research Institute, Apartado Postal 0843-03092, Panamá, República de Panamá. Mena_Schemm@gmx.de
2 University of Cincinnati, Department of Geology, Cincinnati, OH 45219-0013, E.E.U.U. zambitojj@mail.uc.edu

Resumen: Se describe una nueva especie cosmopolita del género *Ambocoelia* de las pizarras Silica de edad Givetiense (Devónico Medio) del noroeste de Ohio (EEUU).
Los especímenes proceden de la cantera abandonada "Essroc" que probablemente fueron encontrados en las unidades 16-17 de los materiales pizarrosos de Silica y que fueron descritos originalmente como caliza pizarrosas con abundancia del género de braquiópodo, *Ambocoelia*.
Estudios de reconstrucciones tridimensionales basados en unas 300 secciones seriadas por especimen de 25 μm de distancia fueron usados para la identificación y comparación de los aspectos morfológicos internos para la nueva forma descrita y de la especie tipo del género, *Ambocoelia umbonata*. Este grupo Ambocoelídidos son formas plano-convexas con un surco ventral poco definido y un pliegue invisible. Se asemeja a *Ambocoelia umbonata* y las conchas de esta nueva forma son extraordinariamente gruesas según su tamaño, especialmente en la región del umbo. El foramen deltirial de los adultos es relativamente grande si se compara con otras especies de *Ambocoelia*. Nuestros ejemplares poseen un proceso cardinal bilobado, un proceso cardinal tuberculado, unas placas crurales insignificantes y 4-5 espirales en cada lado del braquidio.
La nueva especie de *Ambocoelia* del NW de Ohio tiene en común muchas características con *Ambocoelia umbonata* (Nueva York) y *Ambocoelia tuberculata* (S. de Ontario). Sin embargo estudios adicionales son necesarios para proponer si esta nueva forma puede considerarse como una forma intermedia de las especies citadas anteriormente, apareciendo *Ambocoelia umbonata* antes y *A. tuberculata* después, de la nueva especie descrita de las pizarras del Silica.

Palabras clave: *Ambocoelia*, pizarras de Silica, Devónico Medio, E.E.U.U.

Abstract: *A new species of the cosmopolitan genus Ambocoelia is described from the Middle Devonian (Givetian) Silica Shale (Ensensis Zone) of northwestern Ohio, U.S.A. Specimens come from Silica Shale dump piles at the abandoned Essroc Quarry, and are presumably from units 16-17 of the Silica Shale which is reported in the literature as an argillaceous limestone rich in the brachiopod Ambocoelia. Three-dimensional reconstruction after section distance of 25 μm resulting in over 300 serial sections per specimen were used to identify and compare internal morphological features for the newly described form and the type species for the genus, Ambocoelia umbonata. Ambocoeliids from the Silica Shale are planoconvex, with a poorly defined ventral sulcus and no visible fold. Similar to Ambocoelia umbonata, the shells of this new form are extraordinarily thick for their size, in particular in the umbonal area. In adult forms, the delthyrial gap is relatively large compared to other species of Ambocoelia. This form possess a bilobed, tuberculate cardinal process, inconspicuous crural plates, and spires with 4-5 coils. While Ambocoelia n. sp. of the Silica Shale of northwestern Ohio possesses many features in common with Ambocoelia umbonata from New York State and Ambocoelia tuberculata from southern Ontario, Canada, further work is necessary to determine if this species is intermediate between these forms, which have their first appearance just prior to (A. umbonata) and slightly after (A. tuberculata) the form described here from the Silica Shale.*

Key words: *Ambocoelia*, Silica Shale, Middle Devonian, E.E.U.U.

La taxonomía revisada y la interpretación paleo-auto ecológica del género braquiópodo *Ambocoelia* del Devónico Medio y Superior de la Cuenca del Estado de Nueva York

Revised Taxonomy and Paleoautecological Interpretation of the Brachiopod Genus Ambocoelia in the Middle and Upper Devonian Appalachian Basin of New York State

M. Schemm-Gregory[1] y J. J. Zambito[2]

1 Smithsonian Tropical Research Institute, Apartado Postal 0843-03092, Panamá, República de Panamá. Mena_Schemm@gmx.de
2 University of Cincinnati, Department of Geology, Cincinnati, OH 45219-0013, E.E.U.U. zambitojj@mail.uc.edu

Resumen: *Ambocoelia* es un género del grupo de espiriféridos que aparecen con frecuencia en los estratos del Devónico Medio y Superior de la Cuenca de los Apalaches del Norte. *Ambocoelia umbonata* aparece en el Eifeliense y persistió durante los eventos Kačak y Taghanic y se extingue en el límite Frasniense/Fameniense. Una variedad de este grupo en las sucesiones Devónicas de Nueva York, la *Ambocoelia umbonata* var. *gregaria* aparece en el Frasniense Inferior y se extingue en el Fameniense más superior. James Hall (1860) describió originalmente esta forma como *Ambocoelia gregaria*, pero posteriormente le reasignó a *Ambocoelia umbonata* var. *gregaria,* confirmando su similitud a las formas del Devónico Medio. Posteriormente, muchos autores tomaron referencia a esta forma como *Ambocoelia gregaria.*

Estudios de los materiales adicionales de la colección de la localidad tipo de la var. *gregaria* ha permitido una mejor descripción taxonómica y resultó una tendencia a nivel específico, como *Ambocoelia gregaria.* Comparaciones de especimenes adultos y juveniles y de preferencia ambiental de *A. umbonata* y *A. gregaria* sugiere que este ultimo, presenta una morfología pedomórfica que se desarrolló de *A. umbonata* por causa de neotonia.

Comparaciones morfológicas de ambos especies ha permitido una nueva interpretación sobre el modo de vida: especimenes adultos de *A. umbonata* podría haber sido incapaz de tener un pedúnculo funcional porque la curvatura del umbo boquearía al deltirio. Por el contrario, *A. gregaria* que tiene una apertura peduncular no restringida que es similar a los especímenes juveniles de *A. umbonata*. Por tanto, concluímos que los especímenes adultos de *A. umbonata* vivían con la valva ventral hacia abajo, mientras que *A. gregaria*, vivia con la valva ventral hacia arriba.

Palabras clave: *Ambocoelia*, taxonomia, paleoautecologia, Devónico, Nueva York

Abstract: *In the Northern Appalachian Basin, Ambocoelia is a common occurrence throughout Middle and Upper Devonian strata. Originating in the Eifelian, Ambocoelia umbonata persists through both the Kacak and Taghanic Biocrises, finally meeting its demise at the Frasnian/Fammenian extinction. The only other form of Ambocoelia in the Devonian succession of New York, A. umbonata var. gregaria originates in the early Frasnian, and became extinct in the latest Fammenian. James Hall (1860) originally described this form as A. gregaria, but then reassigned it to A. umbonata var. gregaria, noting its similarity to Middle Devonian forms, that he hesitant to classify it as a distinct species. Subsequently, numerous workers have taken to referring to this form as A. gregaria.*

Collection of additional material from the type localities of var. gregaria has allowed for a better taxonomic description and has resulted in elevation back to the species-level, as Ambocoelia gregaria. Comparison of adult and juvenile forms and environmental preference of A. umbonata and A. gregaria suggests that the latter exhibits a paedomorphic morphology that likely evolved from A. umbonata through neotony. Morphological comparison of both species has allowed for revised interpretation of life position: Adult A. umbonata would have been unable to possess a functional pedicle because the umbonal curvature blocks the delthyrium, in contrary to A. gregaria, which exhibited an unrestricted pedicle opening, similar to juvenile A. umbonata. We conclude that adult forms of A. umbonata lived pedicle valve down, while A. gregaria, with a functional pedicle, lived pedicle valve up.

Key words: *Ambocoelia*, taxonomy, paleoautecology, Devonian, New York

El origen del género *Intermedites* Struve, 1995 (Delthyridoidea, Brachiopoda)

The origin of the genus Intermedites Struve, 1995 (Delthyridoidea, Brachiopoda)

M. Schemm-Gregory

Smithsonian Tropical Research Institute, Apartado Postal 0843-03092, Panamá, República de Panamá. Mena_Schemm@gmx.de

Resumen: El género *Intermedites* es considerado como un grupo fósil-guía muy típico de los materiales del Eifeliense de Europa Occidental y Central y del Norte de África. Hasta ahora, este grupo *Intermedites* ha sido considerado como un descendiente del *Arduspirifer*, un género de braquiópodo del Devónico Inferior que tienen las mismas distribuciones geográficas que los *Intermedites*. Sin embargo, unas series de estudios de comparaciones entre *Intermedites*, *Arduspirifer* y otros géneros de espiriféridos deltiridoideos del Sur de China y Vietnam, indican que probablemente el origen de *Intermedites* se encuentra dentro del grupo de *Rostrospirifer* y *Otospirifer*. Un análisis cladístico realizado con el programa PAUP 4.10b apoya esta interpretación.
Se realiza por primera vez unas reconstrucciones tridimensionales basadas en secciones seriadas que permiten una comparación directa entre conchas articuladas con moldes externos e internos y también revelan las similitudes y diferencias morfológicas entre los géneros.
Además, la migración hacia el oeste de los espiriféridos del S. de China desde el Emsiense Superior es otro argumento más para la existencia pérdida del endemismo durante el Devónico Inferior.

Palabras clave: *Intermedites*, filogenía, cladistica, reconstrucciones tridimensionales, Devónico Medio

Abstract: *Intermedites is a well known index fossil common in Eifelian strata in Western and Central Europe and in North Africa and has hitherto been considered as a descendent of Arduspirifer, an Early Devonian genus distributed in the same regions as Intermedites. However, side-by-side comparison of Intermedites with Arduspirifer and South Chinese and Vietnamese delthyridoid brachiopod genera indicates that it is more likely that Intermedites originated from the group that includes Rostrospirifer and Otospirifer. A computer supported cladistical analysis using the program PAUP supports this interpretation.*
Three-dimensional reconstructions based on serial sections were made that enabled, for the first time, a comparison to be made between articulated shells with internal and external moulds that revealed the morphological similarities and differences between genera.
The westward migration of southern Chinese spiriferids since the Late Emsian further supports of the loss of endemicity during Early Devonian time.

Key words: *Intermedites, Phylogeny, Cladistics, 3D reconstructions, Middle Devonian*

Inferencias tróficas sobre especies extintas de Ailuridae (Carnivora, Caniformia): una aproximación morfométrica al aparato masticador

Paleodietary inferences for extinct members of Ailuridae (Carnivora, Caniformia): a morphometric approach based on the masticatory apparatus

F. Serrano-Alarcón, B. Figueirido y P. Palmqvist

Área de Paleontología. Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos, s/n. E-29071 Málaga. España. fjsa@uma.es, francisco.figueirdo@uv.es, ppb@uma.es

Resumen: La familia Ailuridae tiene un sólo representante actual, el panda rojo, que se alimenta casi exclusivamente de bambú. El resto de especies se conocen exclusivamente a partir de fósiles. Sus características mandibulares y dentales se han comparado cuantitativamente con las de diversos miembros actuales del suborden Caniformia (Mammalia, Carnivora). Los resultados obtenidos sugieren que el ailúrido más primitivo, *Amphictis*, incorporaba un alto porcentaje de carne en su dieta. A finales del Mioceno aparecen dos linajes: por una parte los simocioninos, con caracteres mandibulares primitivos, y por ello, una dieta carnívora; por otra, los ailurinos, cuya mandíbula derivada evidencia una adaptación hacia la dieta herbívora.

Palabras clave: Ailuridae, morfometría geométrica, trigónido, talónido.

Abstract: The lesser or red panda, a bamboo feeder, is the only living member of Ailuridae. The other ailurids are exclusively known from the fossil record. A comparative analysis was performed between mandibular and dental traits of ailurids and extant members of Caniformia (Mammalia, Carnivora). A high proportion of meat was estimated for the diet of *Amphictis,* the most ancestral ailurid. Two lineages of Ailuridae arose at late Miocene times, simocyonines and ailurines. The first retains a primitive mandible and teeth, and therefore it is presumed that had a carnivorous diet. In contrast, the derived mandible and teeth of ailurines represent adaptations toward herbivory.

Key words: *Ailuridae, Geometric Morphometrics, trigonid, talonid.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente los miembros de orden Carnivora se distribuyen globalmente, ocupando ambientes muy diversos (mares, ríos, selvas, sabanas, desiertos, alta montaña y glaciares), por lo que constituyen un buen modelo para el estudio de la influencia que los factores ecológicos tienen sobre la forma orgánica. En esta línea, existen toda una serie de estudios sobre la relación entre la ecología trófica de los carnívoros y su morfología craneodental, teniendo en cuenta las restricciones derivadas del legado filogenético (vg., Popowics, 2003; Figueirido et al., 2009).

Biomecánicamente, la mandíbula actúa como una palanca, en la que las fuerzas de aducción son ejercidas por tres paquetes musculares, los temporales, los maseteros y los pterigoideos (Ewer, 1973). La variación espacial relativa entre los puntos de inserción de estos músculos, además de otros caracteres mandibulares como longitud y la anchura de las ramas o de las series dentarias, permite agrupar las especies que muestran un comportamiento trófico similar (vg., Figueirido et al., 2009). Por otra parte, la dentición también evidencia el grado de especialización hacia un tipo de dieta. Así, las muelas carniceras (P4 y m1), que constituyen una sinapomorfía del orden Carnivora, se cierran a modo de cizalla, lo que se traduce en una alta eficiencia a la hora de cortar la carne. La carnicera inferior, en concreto, tiene dos regiones con funciones bien definidas: la parte anterior (trigónido) se encarga de cortar la piel y la carne, así como de fracturar tejidos duros de vertebrados, mientras que la parte posterior (talónido) se encarga de triturar alimentos más diversos, como insectos, huevos, frutas y vegetación (Popowics, 2003).

Dentro del orden Carnivora, la familia Ailuridae pertenece al suborden Caniformia, que abarca otras ocho familias: Canidae, Ursidae, Phocidae, Ottaridae, Odobenidae, Mephitidae, Procyonidae y Mustelidae. El panda rojo, *Ailurus fulgens*, es el único representante moderno de los ailúridos y su posición filogenética dentro de los caniformes sigue siendo discutida. Así, clasificaciones morfológicas y moleculares lo han incluido en Procyonidae y en Ursidae, o bien formando un taxón monofilético junto al panda gigante. Incluso recientemente se ha agrupado junto a Canidae. A pesar de ello, la hipótesis más aceptada emplaza a Ailuridae

como el taxón más primitivo de la superfamilia Musteloidea (Finarelli, 2008), integrada además por mefítidos, prociónidos y mustélidos.

Además del panda rojo actual, se conocen seis géneros extintos de ailúridos, que se agrupan en tres subfamilias. Los fósiles más antiguos del grupo corresponden a *Amphictis* (finales del Oligoceno) y *Viretius* (principios del Mioceno), que forman la subfamilia Amphictinae. Simocyoninae es más moderna, apareciendo cuatro especies de *Simocyon* entre el Mioceno Superior y principios del Plioceno. Ordenadas cronológicamente, se trata de *Simocyon diaphorus*, *S. batalleri*, *S. hungaricus* y *S. primigenius*. Finalmente, la subfamilia Ailurinae engloba a los géneros *Magerictis* (Mioceno Medio), asignado al grupo en base a un único m2, *Pristinailurus* (Mioceno Superior), *Parailurus* (Mioceno Superior y Plioceno) y el actual *Ailurus*. (Ginsburg et al. 2001; Peigné et al. 2005; Salesa et al. 2006).

En este trabajo se ha llevado a cabo una caracterización de los grupos tróficos actuales pertenecientes al suborden caniformia, tomando como base la morfología de la mandíbula y de dos piezas dentales, el m1 y el p4. Nuestro objetivo fue realizar inferencias sobre la paleodieta de los ailúridos extintos, con el fin de discutir las modificaciones mandibulares y dentales que determinaron la evolución trófica y ecológica de este linaje.

DATOS Y RESULTADOS

El estudio se realizó sobre fotografías en vista lateral de 144 mandíbulas y 93 carniceras inferiores de 31 especies de carnívoros actuales, pertenecientes a todas las familias de Caniformia, excepto Ottaridae y Odobenidae. Los restos fósiles empleados de Ailuridae fueron mandíbulas pertenecientes a *Parailurus baikalikus, S. batalleri*, *S. primigenius*, así como m1 y p4 de *S. diaphorus, S. hungaricus* y *Amphictis milloquensis*. A continuación, se obtuvieron de la bibliografía los porcentajes de materia vegetal, invertebrados y vertebrados consumidos por las especies actuales. Con ello se establecieron cuatro grupos tróficos: herbívoros (>90% materia vegetal), carnívoros (>55% vertebrados), insectívoros (>55% insectos y otros invertebrados) y omnívoros (<55% de vertebrados y <55% de invertebrados).

En primer lugar, se analizó la variación morfológica de la mandíbula mediante métdodos de la morfometría geométrica basados en *landmarks* (Zelditch et al., 2004). Para extraer el efecto del tamaño, se realizó una regresión de las coordenadas de los procrustos alineados frente al tamaño del centroide, que resultó significativa ($p < 0.0001$), y se analizaron los valores residuales (Drake y Klingenberg, 2008). Sobre estos residuos, se llevó a cabo un análisis canónico de la varianza (ACV) en función de los cuatro grupos tróficos establecidos previamente (Fig. 1A). Las tres funciones canónicas resultantes reclasificaron correctamente al 91,4% de los grupos originales. La primera función (CVI) separó a los caniformes carnívoros del resto, mientras que la segunda (CVII) discriminó herbívoros y carnívoros de omnívoros e insectívoros. Por último, el CVIII permitió diferenciar omnívoros de insectívoros. En este análisis se incluyeron tres especies de ailúridos: *Parailurus baikalikus* que fue clasificada dentro de los herbívoros, con una probabilidad de pertenencia 0,9987, además de *Simocyon batalleri* y *S. primigenius*, que se agruparon dentro de los omnívoros con probabilidades 0,9947 y 0,9164, respectivamente (Fig. 1A).

Por otra parte, la carnicera inferior y el cuarto premolar inferior se analizaron tomando una serie de medidas lineales. Con estas variables métricas se realizó un nuevo ACV. En esta ocasión se clasificaron correctamente el 76,3% de los grupos originales, observándose que las diferencias entre herbívoros, insectívoros y omnívoros no fueron tan claras como en el caso de la mandíbula. No obstante, el CVI sí separa claramente a los individuos con dieta carnívora del resto. El resultado de la inclusión de fósiles en este análisis fue el siguiente: *Parailurus baikalikus*, herbívoro (prob. pertenencia 0,9536); *Simocyon primigenius*, carnívoro (0,6878); *S. batalleri*, carnívoro (0,9181); *S. diaphorus*, carnívoro (0,9222); *Amphictis milloquensis*, carnívoro (0,9988).

Posteriormente, se calcularon dos nuevos parámetros en la carnicera inferior, el ángulo alfa (Crusafont-Pairó y Truyols-Santonja, 1956) y la proporción entre el trigónido y el talónido, que resultaron independientes de la masa corporal ($p = 1,0$ y $p = 0,699$, respectivamente). En la representación espacial (Fig. 1B) se observa que los carnívoros muestran unas carniceras cuyo trigónido representa el doble o más de la longitud del talónido y muestran valores elevados para el ángulo alfa (>30º), excepto en el caso del oso polar (10-20º). Por su parte, los herbívoros se agrupan en función de sus carniceras con valores bajos de alfa (2-14º) y trigónidos ligeramente mayores que los talónidos. Los insectívoros no se agruparon, pero su m1 presenta un ratio trigónido/talónido igual o ligeramente superior a uno, y un ángulo alfa que varía desde los 20º aproximados de *Otocyon megalotis* hasta los 4º de *Nasua nasua*. Por último, la carnicera inferior de los omnívoros presenta unos valores de trigónido/talónido muy similares a los de los herbívoros, mientras que el rango de alfa es mucho mayor, abarcando desde los 3º de *Procyon lotor* hasta los 40º de *Chrysocyon brachyurus*. En este análisis, *Parailurus baikalikus*, con bajos valores de ángulo alfa y un trigónido 1,7 veces mayor que el talónido, cayó junto a los herbívoros y a los omnívoros (con valor bajo de alfa). En cambio, las carniceras inferiores de *Simocyon diaphorus*, *S. batalleri* y *S. primigenius* los agruparon con los carnívoros (Fig. 1B). Finalmente se llevó a cabo una regresión entre ambos parámetros, que resultó significativa ($R = 0,727$; $p < 0,001$). Con ella se obtuvieron los valores de ángulo alfa para 2 fósiles: *Amphictis milloquensis y Simocyon hungaricus*. Ambos puntuaron con los carnívoros, aunque *A. milloquensis* muestra un ángulo alfa ligeramente inferior (Fig. 1B).

DISCUSIÓN

Este es el primer trabajo que ofrece una aproximación cuantitativa de la ecología trófica de los miembros extintos de Ailuridae, basándose en el estudio morfométrico de sus parientes actuales más cercanos.

La separación de los grupos tróficos en función de las piezas m1 y p4 resultó menos clara que en el caso de la mandíbula. Las carniceras de los individuos con dieta carnívora sí se diferenciaron del resto, ya que tienen muy desarrollada la región cortante (trigónido). En cambio, las características del trigónido y del talónido (región cortante y región trituradora) tomadas en este análisis no fueron suficientes para discriminar entre herbívoros, insectívoros y omnívoros.

Dos miembros de la subfamilia Ailurinae, *Ailurus fulgens* y *Parailurus baikalikus,* presentan una mandíbula y unas carniceras que los agrupan con los caniformes de dieta herbívora. Así, su mandíbula es robusta, con un ramus orientado anteriormente, el cóndilo articular se aleja del proceso angular, situándose por encima de la superficie oclusiva de los molares, que están relativamente cerca de la articulación. Tratándolas como una palanca (Ewer, 1973), estas mandíbulas tienen una alta eficiencia biomecánica para ejercer una presión elevada en la región posterior de la serie dental. Por otra parte, la carnicera inferior muestra un talónido bastante desarrollado y un protocónido bajo y poco apuntado, lo que indica una predominancia de la función machacadora. Todas estas características son adaptaciones biomecánicas hacia una dieta herbívora. Dentro de la subfamilia Simocyoninae, la morfología mandibular de *Simocyon batalleri* y de *S. primigenius* es similar a la de los caniformes con una dieta generalista. El ramus tiene una inclinación ligeramente posterior, los molares se sitúan a la misma altura que la articulación temporomandibular, y la distancia entre el proceso angular y el cóndilo es reducida. Todo esto indica una menor fuerza a nivel de la serie molar. Sin embargo, el proceso coronoides en posición elevada indica una importante musculatura temporal, que se traduce en una mayor fuerza de mordida a nivel de los caninos, lo que resulta característico de los animales cazadores con una dieta más carnívora. Esta hipótesis es respaldada por las características del m1 de *S. diaphorus, S. batalleri*, *S. primigenius* y *S. hungaricus*, que presentan un trigónido que como mínimo duplica al talónido y un protocónido muy apuntado. Finalmente, la carnicera inferior de *A. milloquensis* (subfamilia Amphictinae) resultó similar a la de los simocioninos.

Los resultados muestran la evolución de la ecología trófica a lo largo del linaje de Ailuridae, reflejada por una serie de cambios mandibulares y dentales. Los individuos más primitivos, como *Amphictis* (finales del Oligoceno), tenían una carnicera inferior adaptada para una dieta que incluría un alto porcentaje de carne. A finales del Mioceno, el género *Simocyon* presentaba también un m1 capacitado para una dieta muy carnívora, pero su morfología mandibular indica que podían tener una mayor versatilidad trófica. Igualmente, a finales del Mioceno aparecen en el registro los ailurinos, que se extenderán durante el Plioceno y el Pleistoceno, llegando a la actualidad con el panda rojo. La especie más primitiva de esta subfamilia, *Pristinailurus bristoli,* tiene la mandíbula y los molares semejantes al panda rojo, mientras que los premolares muestran características primitivas (Wallace y Wang, 2007). En *Ailurus* y *Parailurus* se observa la inclinación del proceso coronoides hacia delante, la elevación del proceso angular y la molarización de las carniceras. Esto muestra la divergencia morfológica respecto a sus ancestros de dieta carnívora, como consecuencia de una adaptación gradual hacia una alimentación herbívora.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado en el marco del proyecto CGL2008-04896, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

REFERENCIAS

Crusafont-Pairó, M. y Truyols-Santonja, J. (1956): A biometric study of the evolution of fissiped carnivores. *Evolution*, 10: 314–332.

Drake, A. G. y Klingenberg, C. P. (2008): The pace of morphological change: Historical transformation of skull shape in St Bernard dogs. *Proceedings of the Royal Society B*, 275: 71-76.

Ewer, R. F. (1973): *The Carnivores*. Cornell University Press: New York.

Figueirido, B., Palmqvist, P. y Pérez-Claros, J. A. (2009): Ecomorphological correlates of craniodental variation in bears and paleobiological implications for extinct taxa: an approach based on geometric morphometrics. *Journal of Zoology*, 277: 70-80.

Finarelli, J. A. (2008): A Total Evidence Phylogeny of the Arctoidea (Carnivora: Mammalia): Relationships among basal taxa. *Journal of Mammalian Evolution,* 15: 231-259.

Ginsburg, L., Maridet, O. y Mein, P. (2001): Un Ailurinae (Mammalia, Carnivora, Ailuridae) dans le Miocène moyen de Four (Isère, France). *Geodiversitas,* 23: 81-85.

Peigné, S., Salesa, M., Antón, M. y Morales, J. (2005): Ailurid carnivoran mammal *Simocyon* from the late Miocene of Spain and the systematics of the genus. *Acta Palaeontologica Polonica,* 50: 219-238.

Popowics, T. E. (2003): Postcanine dental form in the Mustelidae and Viverridae (Carnivora: Mammalia). *Journal of Zoology*, 256: 322-341.

Salesa, M.J., Antón, S., Peigne, S. y Morales, J. (2006): Evidence of a false thumb in a fossil carnivore clarifies the evolution of pandas. *Proceedings of National Academy of Sciences,* 109: 379-382.

Wallace, S. C. y Wang, X. (2007): First mandible and lower dentition of *Pristinailurus bristoli* with comments on life history and phylogeny. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27: 162A.

Zelditch, M. L., Swinderski, D. L., Sheets, H. D. y Fink, W. L. (2004): *Geometric morphometrics for biologist: a primer*. Elsevier Academic Press: New York/London.

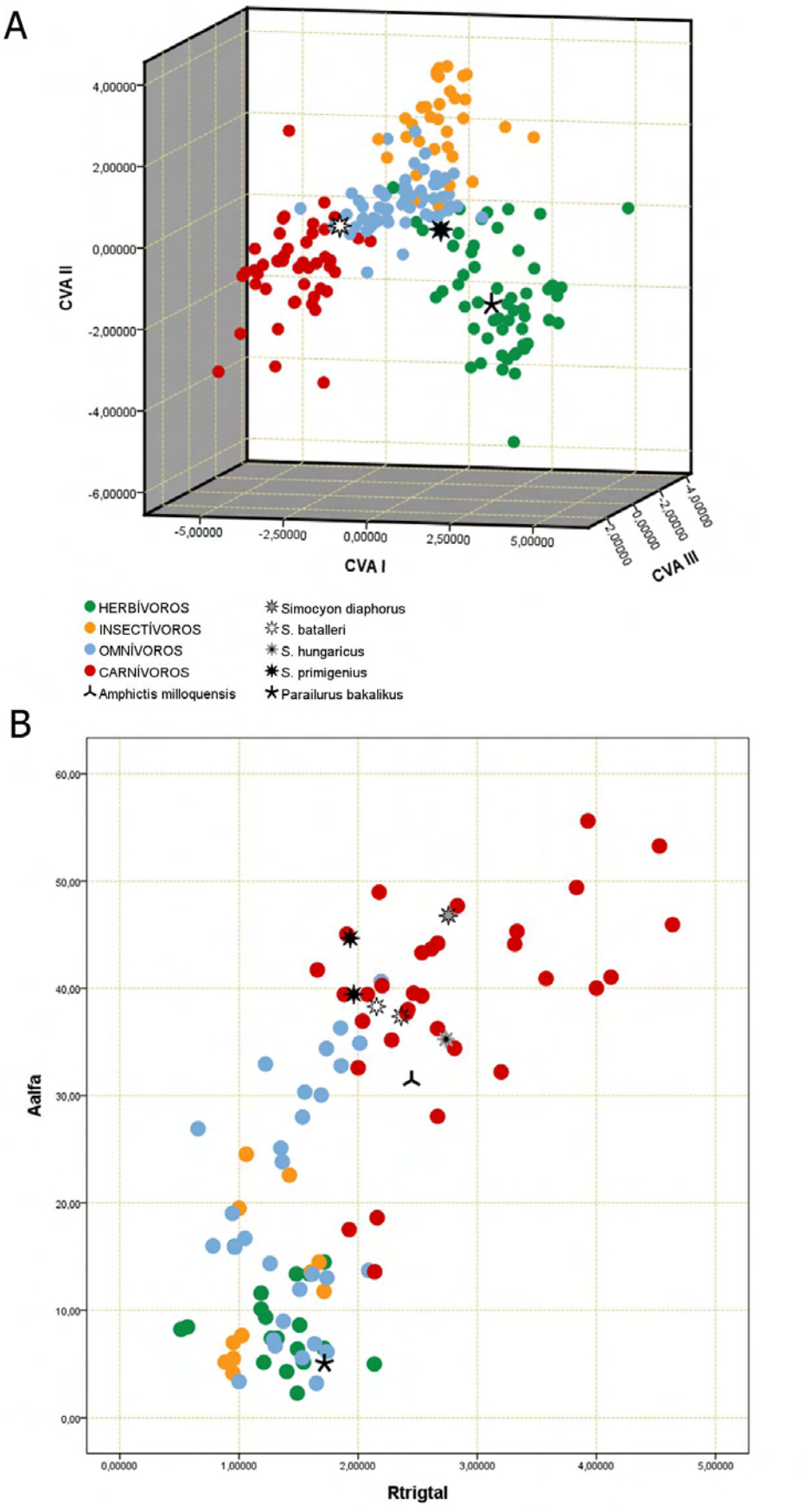


FIGURA 1. Gráficas resultantes de los análisis del aparato masticador de los carnívoros. A: CVA sobre los residuos de las coordenadas geométricas de las mandíbulas. B: Dispersión de los especímenes en función del ángulo alfa y de la proporción del trigónido respecto al talónido.

Una revisión de los taxones nuevos de foraminíferos descritos por Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993) en el Neógeno y Actual

A review of new foraminiferal taxa described by Guillermo Colom Casasnovas (1900 - 1993) in the Neogene and Recen

J. Usera[1] y C. Alberola[1]

1 Dpto. Geología, Universidad de Valencia, c/ Dr. Moliner, 50. 46100 Burjasot, Valencia. Juan.usera@uv.es

Resumen: Se revisan los nuevos taxones de foraminíferos descritos por Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993), depositados en el Museo Balear de Ciencias Naturales de Soller, Mallorca. El material lo constituyen 44 taxones del Neógeno identificados en distintos puntos de la Península Ibérica y Baleares, y 14 taxones procedentes de muestras de sedimentos marinos recientes de las costas atlánticas y mediterráneas. Del total de 58 taxones nuevos, solo una especie corresponde a una forma planctónica *Globigerina globorotaloidea* Colom, 1954, de gran importancia desde el punto de vista bioestratigráfico y sobre la que ha pesado un inexplicable olvido.

Palabras clave: Foraminíferos, Guillermo Colom, Nuevos taxones.

Abstract *We review the new foraminiferal taxa described by Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993), deposited in the Balearic Museum of Natural Sciences of Soller, Mallorca. The 44 constituent material of the Neogene taxa identified in different parts of the Iberian Peninsula and Balearic Islands, and 14 taxa from recent marine sediment samples from the Mediterranean and Atlantic coasts. Of the total of 58 new taxa, only one species corresponds to a planktonic Globigerina globorotaloidea Colom, 1954, of great importance from a biostratigraphical point of view and that has weighed on an inexplicable oblivion.*

Key words: *Foraminifera, Guillermo Colom, New taxa.*

INTRODUCCIÓN

Los trabajos de Guillermo Colom Casasnovas sobre materiales del Neógeno y sedimentos marinos actuales, se distribuyeron a lo largo de su extensa vida científica, alternando con otros de edades comprendidas desde el Triásico al Cuaternario. El primero de ellos aparecido en 1926 (Colom, 1926) trataba sobre las Amphisteginas, Miogypsinas y Lepidocyclinas del Burdigaliense de Mallorca, iniciándose de esta manera una carrera científica que no abandonaría hasta su fallecimiento, después de 68 años de trabajo, prácticamente ininterrumpido. La revisión que ahora se presenta es continuación de otros dos trabajos ya realizados sobre los taxones nuevos de foraminíferos descritos por Colom en el Jurásico, Cretácico y Paleógeno (Usera y Alberola, 2006, 2009)

FORAMINÍFEROS DEL NEÓGENO

Gran parte del material utilizado por Colom para la obtención de los especimenes de foraminíferos, procede de afloramientos de rocas del Neógeno de Mallorca o de otras islas del Archipiélago Balear. No obstante hay también especies nuevas descritas a partir de muestras enviadas por otros geólogos o ingenieros con los que mantenía correspondencia o colaboraba en sus trabajos, como Bartolomé Darder, Shoares de Carvalho, Dupuy de Lôme, Bray, Lozano, etc.

Un total de 44 taxones fueron propuestos como nuevos y que fueron apareciendo en diferentes publicaciones desde 1943 hasta 1973:

Ammobaculites Buiosensis Colom, 1945
Anomalina pseudogrosserugosa Colom, 1945
Astacolus balearicus Colom, 1956
Astacolus burdigalensis Colom, 1956
Bigenerina compressisima Colom 1946
Cassidulina Carandelli Colom, 1943
Cassidulina crispula simples Colom, 1943
Cibicides cicatricosa maioricensis Colom, 1943
Cibicides floridana burdigalensis Colom, 1943
Cibicides floridana miocenica Colom 1946
Cibicides pseudowuellorstorfi sacaresi Colom, 1973
Dorothia burdigalensis Colom, 1945
Elphidium crispum Biniacoensis Colom, 1943
Ehrenbergina cubensis pollentiana Colom, 1943
Eponides byramensis hispanicus Colom, 1943
Ehrenbergina alicantina Colom, 1950
Gaudryina balearica Colom, 1945
Gaudryina lapugyensis maioricensi Colom, 1945
Gaudryina (Pseudogaudryina) gymnesica Colom, 1945
Globigerina globorotaloidea Colom, 1954
Hanzawaia solei Colom, 1957
Lagena castrensis transversostriata Colom, 1956
Lagena montuiriensis Colom, 1956
Lagena ornaticollis Colom, 1943
Lagena (Reussoolina) birdigalensis Colom, 1956

Lenticulina (Astacoline) sublitua Jordai Colom, 1943
Marginulina balearica Colom, 1956
Marginulina binisalemensis Colom, 1956
Nodosarella balearica Colom, 1956
Nodosarella pliocenica Soares de Carvalho y Colom, 1954
Orthomorphina nodulosastriata. Colom, 1956
Plectofrondicularia Deyaensis Colom, 1943
Quinqueloculina orihuelensis Colom, 1954
Reussoolina Colom, 1956
Robulus ariminensis alcoyensis Colom, 1957
Robulus calcar multispinata Colom 1946
Robulus coloratus planularioides Colom 1946
Robulus costatus gymnesicus Colom, 1943
Rotalia darderi Colom, 1956
Siphonina bradyana burdigalensis Colom, 1943
Textularia deyaensis Colom, 1945
Tritaxilina balearica Colom, 1945
Vaginulina pseudoclavata Colom, 1943
Vaginulinopsis vindoboniensis Colom, 1956

De todo este conjunto, solo una especie es de tipo planctónico *Globigerina globorotaloidea* Colom 1954, definida en el Neógeno de la provincia de Alicante y cuyas afinidades con *Neogloboquadrina acostaensis* (Blow, 1959) son manifiestas.

FORAMINIFEROS ACTUALES

La mayor parte del material de donde proceden los taxones nuevos descritos por Colom, fue proporcionado por el Instituto Español de Oceanografía. Otra parte lo recibió de manos del Profesor Margalef, sobre todo el recogido en las costas atlánticas.

Los primeros trabajos aparecen en el año 1935 (Colom, 1935) y se sucederán con cierta regularidad hasta 1974 (Colom, 1974) con una obra recopilatoria sobre los foraminíferos de las costas de la Península Ibérica y Baleares. Un total de 14 nuevos taxones fueron propuestos por Colom de los que solo un taxón *Globigerinoides bradyi grandis* (Colom, 1964) corresponde a una forma planctónica:

Angulogerina elongatastriata Colom, 1952
Cruciloculina navarroi Colom, 1964
Cruciloculina navarroi costulata Colom, 1964
Cyclammina senegalensis Colom, 1956
Discorbis posidonicola Colom, 1942
Elphidium maioricense Colom, 1942
Globigerinoides bradyi grandis Colom, 1964
Hofkerina mediterránea Colom, 1958
Listerella gymnesica Colom, 1964
Nubecularia massutiniana Colom, 1942
Siliconodosaria delicatula Colom, 1963
Spirolina navarroi Colom, 1935
Uvigerina finisterrensis Colom, 1952
Valvotextularia alboraensis Colom, 1964

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación/Instituto Español de Oceanografía y el Govern de les Illes Balears.

REFERENCIAS

Colom, (1926): Nota sobre las *Amphistegina, Miogypsina* y *Lepidocyclina* del Burdigaliense de Mallorca. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XXVI: 287-291.

Colom, G., (1935): Las especies de la Familia Peneroplidae actuales y fósiles de las Baleares. *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, XXXV: 83-102.

Colom, G. (1936): Los foraminiferos de las margas azules de Enguera (prov. de Valencia). *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, XXXVI, 4: 205-226..

Colom, G. (1964): Estudios sobre la sedimentación costera balear (Mallorca y Menorca). *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. Tercera época. Num. 698, XXXIV (15): 495-550.

Colom, G. (1973): Primer esbozo del Aqutaniense marllorquín. Caracteres litológicos y micropaleontológicos de los depósitos. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. II época XLI (12): 425-473.

Colom, G. 1974. Foraminíferos Ibéricos. Introducción al estudio de las especies bentónicas recientes. *Investigación Pesquera*, 38 (1): 245 pp.

Usera, J. y Alberola, C. (1996): Revisión de los taxones descritos por Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993), I Foraminíferos del Jurásico y Cretácico. En: *La obra científica de Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993)* (G. Mateu coord.,). Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Español de Oceanografía, 311-455.

Usera, J. y Alberola, C. (2009): Revisión de los taxones descritos por Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993), II Foraminíferos del Paleógeno. En: *La obra científica de Guillermo Colom Casasnovas (1900-1993)* (G. Mateu coord.,). Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto Español de Oceanografía, 201-406.

Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán. II: Sector Golfo de Almería

Recent Quaternary foraminifera from Alboran Sea. II: Gulf of Almería Sector

J. Usera[1], C. Alberola[1] y J. M. Brito[1]

1 Dpto. Geología, Universidad de Valencia, c/ Dr. Moliner, 50. 46100 Burjasot, Valencia. Juan.usera@uv.es

Resumen: Se estudian 12 muestras recogidas en el Mar de Alborán por el Buque Oceanográfico Vizconde de Eza del Instituto Español de Oceanografía, durante su campaña del año 2003. Los foraminíferos que aquí se estudian , corresponden al sector del Golfo de Almería y fueron recogidas en profundidades desde 80 a 1601 metros. En todos los casos se aprecia como el aumento en la profundidad va ligado a la disminución de foraminíferos bentónicos, tanto al número de taxones, como al número de individuos de cada uno de ellos. Aquellas muestras tomadas a profundidades alrededor de los mil metros, muestran unas asociaciones formadas prácticamente por individuos planctónico, donde *Gloorotalia inflata* (D'Orbigny) es la especie más abundante.

Palabras clave: Foraminíferos, Cuaternario Reciente, Mar de Alborán.

Abstract: *We studied 12 samples collected in the Alboran Sea by the Viscount de Eza Oceanographic Vessel of the Spanish Institute of Oceanography, during his 2003 campaign. The foraminifera studied here correspond to the sector of Gulf of Almeria and were collected at depths from 80 to 1601 meters. In all cases, seen as the increase in depth is linked to decreased benthic foraminifera, both the number of taxa, and the number of individuals of each of them. Those samples taken at depths of about a thousand meters, show some associations of planktonic individuals practically where Gloorotalia inflata (D'Orbigny) is the most abundant species.*

Key words: *Foraminifera, Quaternary Recently, the Alboran Sea.*

INTRODUCCIÓN

El material objeto de este trabajo, procede de los muestreos realizados por el Buque Oceanográfico Vizconde de Eza en el Mar de Alborán, durante las campañas de los años 2002 y 2003.

El muestreo fue realizado utilizando una draga Shipec o de cazoleta, que se lanza desde la superficie y que al colisionar con el fondo se acciona y cierra sus mandíbulas tomando la muestra.

La posición de cada una de las muestras se realizó mediante un sistema de posicionamiento GPS diferencial SeaStar. Las posiciones fueron calculadas en el sistema de referencia WGS84, al cual los navegadores GPS refieren siempre sus datos.

De los numerosos estudios realizados en el Mar de Alborán, la mayoría lo han sido para para estudios paleoceanográficos o paleoclimáticos (Haynes *et al.*, 1999; Linares *et al.* 1999: Pérez Folgado *et al.*, 204, etc.) y muy pocos hacen hincapié en el estudio sistematico de sus materiales más superficiales (Mateu, 1971, Usera y Alberola, 2009)

SITUACIÓN DE LAS MUESTRAS

En este trabajo se han estudiado 12 muestras situadas en el golfo de Almería y cuyas coordenadas geográficas y profundidad son:

S. 11: 36º 37' 58,88" N y 2º 27' 26,26" W. Profundidad 582 m.

S. 2: 36º 31' 24,80" N y 2º 24' 11,23" W. Profundidad 284 m

S. 3: 36º 25' 21,24" N y 2º 12' 54,96" W. Profundidad 1099 m.

S. 4: 36º 24' 51,00" N y 2º 12' 9,12" W. Profundidad1175 m

S. 9: 36º 36' 13,02" N y 2º 7' 26,04" W. Profundidad 363 m

S. 12: 36º 40' 35,38" N y 2º 9' 49,50" W. Profundidad 80 m.

S. 14: 36º 32' 33,36" N y 2º 18' 54,90" W. Profundidad 564 m.

S. 17: 36º 20' 18,12" N y 2º 31' 27,12" W. Profundidad 1601 m.

S. 18: 36º 20' 0,92" N y 2º 30' 53,20" W. Profundidad 1539 m.

S. 22: 36º 40' 9,90" N y 2º 30' 6,84" W. Profundidad 248 m.

S. 23: 36º 37' 11,22" N y 2º 28' 11,22" W. Profundidad1376 m.

S. 24: 36º 40' 38,94" N y 2º 37' 25,43" w. Profundidad775 m

ASOCIACIONES DE FORAMINÍFEROS

Las asociaciones de foraminíferos parecen estar en todos los casos muy ligadas a la profundidad, aumentando el índice de oceanización (IO=P/P+B) desde las muestras de la plataforma hasta las zonas batiales.

Las asociaciones de foraminíferos para cada muestra son:

S. 1: Profundidad 582 m.

Bentos: *Uvigerina mediterránea* Hofker, *Planulina ariminensis* D'Orbigny, *Uvigerina elongatastriata* (Colom), *Bulimina costata* D'Orbigny, *Pseudoclavulina mexicana* (Cushman), *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny.

Plancton: *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globigerinella aequilateralis* (Brady), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globorotalia hirsuta* (D'Orbigny), *Orbulina universa* D'Orbigny, *Globigerinoides sacculifer* (Brady).

S.2. Profundidad 284 m.

Bentos: *Siphotextularia cónc*(Karrer), *Amphycorina scalaris* (Batsh), *Nonion barleeanum* (Williamson), *Martinottiella communis* (D'Orbigny).

Plancton: *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globigerinoides sacculifer* (Brady), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny).

S. 3. Profundidad 1099 m.

Bentos: : *Pseudoclavulina mexicana* (Cushman), *Uvigerina mediterránea* Hofker, *Cyclammina cancellata* Brady, *Bulimina affinis* D'Orbigny, *Lingulina carinata* D'Orbigny.

Plancton: *Orbulina universa* D'Orbigny, *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Globigerina bulloies* D'Orbigny.

S. 4. Profundidad 1175 m

Bentos: *Cyclammina cancellata* Brady, *Ammodiscus incertus* D'Orbigny, *Pseudoclavulina mexicana* (Cushman), *Uvigerina mediterránea* Hofker, *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri).

Plancton: *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Orbulina universa* D'Orbigny, *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globigerinella aequilateralis* (Brady).

S. 9. Profundidad 363 m.

Bentos : *Cassidulina laevigata* D'Orbigny, *Nonion barleeanum* (Williamson), *Globocassidulina oblonga* (Reuss), *Cassidulina crassa* D'Orbigny, *Hyalinea balthica* (Schroeter), *Bulimina marginata* D'Orbigny, *Brizalina spathulata* (Williamson), *Brizalina striatula* (Cushman).

Plancton: *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerinella aequilateralis* (Brady).

S. 12. Profundidad 80 m.

Bentos: *Textularia gramen* D'Orbigny, *Hyalinea balthica* (Schroeter), *Cassidulina laevigata* D'Orbigny, *Bulimina marginata* D'Orbigny, *Bulimina aculeata* D'Orbigny, *Brizalina spathulata* (Williamson), *Brizalina alata* (Seguenza), *Bulimina affinis* D'Orbigny, *Reophax scorpiurus* De Monfort.

Plancton: *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globigerinella aequilateralis* (Brady), *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny).

S. 14. Profundidad 564 m.

Bentos: *Uvigerina elongatastriata* (Colom), *Hyalinea balthica* (Schroeter), *Nonion barleeanum* (Williamson), *Cassidulina laevigata* D'Orbigny, *Bulimina marginata* D'Orbigny, *Bulimina marginata* D'Orbigny, *Bulimina aculeata* D'Orbigny, *Brizalina spathulata* (Williamson), *Brizalina alata* (Seguenza), *Bulimina affinis* D'Orbigny, *Reophax scorpiurus* De Monfort, *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny.

Plancton: *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globigerinella aequilateralis* (Brady), *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny).

S. 17. Profundidad 1601 m.

Bentos: *Cyclammina cancellata* Brady, *Uvigerina mediterránea* Hofker, *Uvigerina peregrina* Cushman, *Bulimina affinis* D'Orbigny.

Plancton: *Orbulina universa* D'Orbigny, *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globorotalia hirsuta* (D'Orbigny), *Globigerinella aequilateralis* (Brady).

S. 18. Profundidad 1539 m.

Bentos: *Brizalina spathulata* (Williamson), *Rhizammina indivisa* Brady, *Hoeglundina elegans* (D'Orbigny),

Plancton: *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Orbulina universa* D'Orbigny, *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerinella aequilateralis* (Brady), *Globigerina bulloies* D'Orbigny.

S. 22. Profundidad 248 m.

Bentos: *Bulimina marginata* D'Orbigny, *Bulimina aculeata* D'Orbigny, *Reophax curtus* Cushman, *Reophax scorpiurus* De Monfort, *Uvigerina mediterránea* Hofker, *Uvigerina peregrina* Cushman, *Uvigerina elongatastriata* (Colom), *Amphycorina scalaris* (Batsh), *Nonion commune* (D'Orbigny), *Nonion barleeanum* (Williamson), *Hyalinea balthica* (Schroeter), *Brizalina alata* (Seguenza), *Brizalina spathulata* (Williamson), *Brizalina striatula* (Cushman), *Bigenerina nodosaria* D'Orbigny, *Textularia agglutinans* D'Orbigny, *Adelosina laevigata* D'Orbigny.

Plancton: *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globigerinoides sacculifer* (Brady), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerinella aequilateralis* (Brady).

S. 23. Profundidad 1376 m.

Bentos: *Hyalinea balthica* (Schroeter), *Nonion commune* (D'Orbigny), *Bulimina marginata* D'Orbigny,

Bulimina aculeata D'Orbigny, *Amphycorina scalaris* (Batsh), *Uvigerina elongatastriata* (Colom), *Cassidulina laevigata* D'Orbigny.

Plancton: *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny), *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Globigerinella aequilateralis* (Brady).

S. 24. Profundidad 775 m.

Bentos: *Uvigerina mediterránea* Hofker, *Brizalina spathulata* (Williamson), *Nonion barleeanum* (Williamson), *Bulimina marginata* D'Orbigny, *Martinottiella communis* (D'Orbigny), *Brizalina alata* (Seguenza), *Hyalinea balthica* (Schroeter), *Nonion commune* (D'Orbigny), *Cassidulina laevigata* D'Orbigny, *Amphycorina scalaris* (Batsh), *Bulimina aculeata* D'Orbigny, *Uvigerina elongatastriata* (Colom), *Bulimina affinis* D'Orbigny.

Plancton: *Globigerina bulloies* D'Orbigny, *Globorotalia inflata* (D'Orbigny), *Truncorotalia truncatulinoides* (D'Orbigny), *Globigerinoides ruber* (D'Orbigny). *Neogloboquadrina dutertrei* (D'Orbigny).

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Dr. Juan Acosta del Instituto Español de Oceanografía por habernos proporcionado el material para el presente estudio. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Fundación Ciencia y Vida. y el Proyecto CGL2009-12229 (subprograma BOS) Del Ministerio de Ciencia e Innovación.

REFERENCIAS

Haynes, A., Roholing, E. J., De Rijk, S., Kroon, D. and Zachariasse, W. J. (1999): Mediterranean planktonic foraminiferal faunas during the last glacial cycle. *Marine Geology*, 153: 239-252.

Linares, D., González Donoso, J. M. and Serrano, F. (1999): Paleoceanografic conditions during the quaternary at sites 976 (Alboran sea) and 975 (Menorca Rise) inferred from the planktonic foraminiferal assemblages: Basis For A Biostratigraphy. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 161: 441- 455.

Mateu, G. (1971): Foraminifères de la mer d'Alboran. Leur importance comme indicateurs des diferentes mases d'eau qui confluent dans cette mer et l'influence des courants marines dans la distribution de leur biocenosis planctoniques e benthoniques. *Rapport Communications internes mer Mediterraneenne*, 20 (3): 211-213.

Pérez-Folgado, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Grimalt, J. O. and Zahan, (2004): Paleoclimatic variations in foraminifer assemblages from the Alboran Sea (western Mediterranean) during the last 150 ka in ODP Site 977. *Marine Geology*, 212, 113-131.

Usera, J y Alberola C. (2009): Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán. Parte I: Sector Cabo Sacratif. En: *XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Comunicaciones: 270-271.

Revisión de Libro
Crítica de Livro

Paleontología de Invertebrados (Eds. Mª Luisa Martínez Chacón; Pascual Rivas Carrera). Sociedad Española de Paleontología, Universidad de Oviedo, Universidad de Granada, Instituto Geológico y Minero de España. 2009.

G. Meléndez[1]

1 Dto. Geología (Paleontología). Universidad de Zaragoza. (gmelende@unizar.es).

Paleontología de Invertebrados, es el libro aparecido recientemente en el seno de la Sociedad Española de Paleontología con el concurso editorial de las Universidades de Oviedo y Granada (en correspondencia con la procedencia de los dos editores) y una treintena de autores de distinta procedencia, mayoritariamente de estas universidades, y del Instituto Geológico y Minero. La obra constituye un proyecto gestado en el seno de la Sociedad e iniciado hace más de siete años con el loable objetivo de ofrecer a la comunidad de paleontólogos, principalmente hispanohablantes, incluidos los estudiantes de paleontología (si es posible imaginar a un estudiante abriendo un libro), un manual actualizado y exhaustivo en sus aspectos generales y paleobiológicos, aunque no en la Sistemática, que es tratada de manera más general, de los principales grupos de invertebrados.

El contenido del libro abarca, a lo largo de 8 capítulos (528 páginas) un tratamiento más o menos extenso, dependiendo del grupo en cuestión, de los phyllums de invertebrados, e incluyendo un primer capítulo (por E. Liñán, J.A. Gámez y R. Gozalo) bastante sintético (20 páginas) pero extremadamente claro y útil sobre el origen y diversificación de los animales pluricelulares, incluyendo una actualizada descripción de las asociaciones del Véndico (Ediacara) y del Cámbrico Medio de Burgess (Burgess shales) con una interesante discusión final sobre los misterios y las claves de la "explosión cámbrica" en la que habría venido bien una figura filogenética de origen y conexiones iniciales de los grupos en esos estadios iniciales (si alguien se atreve a hacerlo). Los phyllums (o filos) se agrupan en los capítulos del siguiente modo: poríferos y cnidarios (capítulo 2); artrópodos (capítulo 3); moluscos (capítulo 4); braquiópodos (capítulo 5); briozoos (capítulo 6); equinodermos (capítulo 7) y hemicordados (graptolitos; capítulo 8).

El capítulo de Poríferos y Cnidarios, (78 págs) coordinado por J.C. Braga con la intervención de otros 7 autores (E. Fernández, D. García Bellido, I. Méndez, E. Moreno, A. Perejón, S. Rodríguez y F. Soto) desarrolla ampliamente estos grupos, tradicionalmente presentados juntos o próximos lo cual no es de extrañar si se tiene en cuenta que algunos grupos como estromatoporoideos o chaetétidos han ido pasando históricamente de uno a otro. Incomprensiblemente, en este capítulo no se indica la autoría de cada apartado. Esponjas, arqueociatos, esfinctozoos, chaetétidos y estromatoporoideos quedan definitivamente integrados como Poríferos después de largas peregrinaciones por otros phyllums. Su desarrollo es excelente (los gráficos de Arqueociatos son especialmente claros). Se echa en falta ilustraciones (láminas) de ejemplares, sí incluidas en estromatoporoideos. Los Cnidarios reciben un tratamiento más amplio al incluir muchas clases y subclases, algunas poco o nada representadas en el registro fósil, incluidas las Conularias, reconocidas como Cnidarios. Uno piensa que este enigmático grupo podría haber sido tratado con más detalle. Los grupos (de corales) que con mayor representación en el registro fósil, es decir: Tabulados, Rugosos y Escleractinios (apartados 3.6-3.8) reciben un tratamiento más detallado, si bien dos láminas fotográficas con sólo tres ejemplares de escleractinios parecen insuficientes para un grupo tan amplio.

Los Artrópodos (capítulo 3) coordinados por L.C. Sánchez de Posada, se desarrollan a lo largo de 115 páginas. La labor de coordinación ha dado aquí un resultado bastante uniforme de agradecer, aunque da la impresión de que los trilobites, realizados por M. Arbizu, E. Liñán e I. Rábano, se han "desmandado" y siguen un tratamiento más anárquico. Una introducción impecable (algunos gráficos podrían mejorarse) con unos buenos apartados de anatomía, morfología etc., y unos buenos capítulos finales de ecología, bioestratigrafía, morfología funcional y evolución. El apartado de Sistemática queda entre ellos como un paréntesis carente de láminas e ilustraciones de ejemplares, con lo cual el lector se condena a intentar ver "algo" en las ilustraciones individuales que salpican el texto con otros propósitos (estructura del esqueleto, etc). El gráfico filogenético-sistemático de Fortey de 1997 es a todas luces, insuficiente. El coordinador y R.Gozalo se encargan de la mayoría de los restantes grupos (con la excepción de los insectos), incluida la Introducción, los Marrelomorfos, los Aracnomorfos no-trilobites (Cheliceromorfos) los crustáceos y los miriápodos. Todos estos grupos, menos relevantes en el registro fósil son sin embargo objeto de una ajustada puesta al día. El capítulo de Ostrácodos, en el que interviene también como autor J. Rodríguez Lázaro, es el más sobresaliente por su muy meritoria actualización en todos los aspectos paleobiológicos como por su apartado de Sistemática (aquí sí que parece que los autores han seguido las instrucciones) con excelentes láminas e ilustraciones fotográficas correspondientes a cada apartado. Con todo, el capítulo más espectacular de esta parte es sin duda el de los insectos. Aparte de

cuatro láminas fotográficas en color con fotografías de ejemplares de todo el mundo, el desarrollo de la parte paleobiológica, la intrincadísima sistemática de este grupo y todos los demás apartados (morfología, evolución, tafonomía) están expuestos con meridiana claridad. Únicamente se echa en falta una figura de evolución y filogenia. No hay apartado de bioestratigrafía, pero viendo el apartado de evolución ya puede constatarse que en este grupo, no es lo suyo.

Los Moluscos, (150 páginas) son coordinado por Jordi Martinell, quien se encarga de una breve pero clarísima introducción general. Los distintos grupos son cubiertos por A. Checa y R. Doménech (bivalvos); C. Gili y J. Martinell (gasterópodos; Clase Gastropoda); F. Olóriz y F.J. Rodríguez Tovar (cefalópodos). Finalmente, Rosa Doménech y Jordi Martinell se encargan de la parte final (que a mí me ha resultado quizás la más atractiva) de "Otros moluscos y grupos afines", incluyendo monoplacóforos (Tryblidiida), los Moluscos bellerofontiformes (?) situados definitivamente fuera de los gasterópodos, los rostroconchios, escafópodos, poliplacóforos, así como los tentaculites (reconocidos como clase dentro del phyllum de los moluscos) y los hiolítidos, otro grupo clásicamente "errante" en su posición sistemática, y reconocidos aquí como phyllum independiente.

En la mayoría de los grupos, la buena labor de dirección del coordinador ha dado como resultado un capítulo homogéneo en sus distintas partes; Una introducción y unos apartados de paleobiología apoyados en figuras que consiguen transmitir la información esencial, tanto en la anatomía y estructura de la concha como en morfología, modo de vida, paleoecología y evolución; es decir, de un gran valor didáctico. La sistemática, un apartado especialmente conflictivo en unos grupos en donde en los últimos 20 años todo ha cambiado y ninguno de los grupos (ni de los criterios de clasificación) de entonces se mantiene hoy (especialmente en bivalvos y gasterópodos) pero apoyados en unas excelentes láminas fotográficas que siguen el desarrollo grupo a grupo. Las de bivalvos han quedado un poco oscuras.

En los cefalópodos, la impresión es que, de nuevo, los autores se hubieran "desmandado" (o actuado por libre) al coordinador, desde la extensión (a todas luces sobredimensionado) y el planteamiento excesivamente "biológico" de la introducción hasta la correlación de las figuras con el texto (biogeografía, bioestratigrafía, sistemática) o el criterio de presentación de los grupos en las láminas fotográficas según el tipo (?) de arrollamiento como si se tratara de foraminíferos. Por otra parte, alguien debería indicarle a los autores que la utilización constante de snobismos ("diseño" cuando se refieren a la ornamentación de las conchas, -mal término en estos tiempos de dura batalla contra las tendencias creacionistas del diseño inteligente-) o la inclusión gratuita de anglicismos ("sifúnculo" (?) por sifón…) no añaden mayor nivel al texto sino que, al contrario, provocan el rechazo del lector. La parte gráfica en conjunto está bien cuidada aunque se insiste en no numerar ni señalizar las distintas partes que componen una figura (A,B,C…) dejándolo todo en cambio en series de iniciales de los distintos elementos representados en las mismas, lo que lleva a unas leyendas sobrecargadas de siglas y difíciles de seguir.

La biogeografía reducida a dos figuras, una de repartición de cefalópodos actuales (4.63) y otra (bastante poco clara) de coleoideos y ammonoideos para el Jurásico terminal y el Cretácico basal (4.64) es, cuando menos, chocante en un capítulo que debería recoger a todos los cefalópodos con relevancia en el registro fósil. El apartado de Tafonomía es desarrollado en más de tres páginas sin una sola figura. Los autores podrían haber incorporado los conceptos desarrollados desde 1981 por la Tafonomía evolutiva, que son completamente ignorados; por ejemplo, interpretar las evidencias de resedimentación; desplazamiento sobre el sustrato de los elementos previamente acumulados, incluyendo fragmentación, reorientación, encajamiento… con evidencias de transporte. La resedimentación no implica transporte ni, por lo tanto, aloctonía. El apartado de Bioestratigrafía se apoya en dos figuras (4.74 y 4.75) con esquemas evolutivos y de distribución estratigráfica de grupos; la primera para las subclases de cefalópodos y la segunda para los ammonoideos en particular, que resultan interesantes como tales, pero insuficientes para mostrar la importancia bioestratigráfica de los mismos. Por último, al hablar de evolución, los autores evitan entrar en una discusión real sobre posibles causas de la controvertida extinción finicretácica de ammonites y belemnites (caida de meteoritos u otras).

Los Braquiópodos ocupan el capítulo 5 (41 páginas) con F. Álvarez y Mª L. Martínez-Chacón como autores. El desarrollo del capítulo es, en general, impecable, comenzando por su caracterización anatómica y filogenética (como lofoforados, protostomos) con una buena figura donde se reflejan los tres subphyllums (o subfilos) aceptados actualmente, linguliformes, craniiformes y rinconeliformes. Todos los apartados se acompañan de ilustraciones notablemente claras (gráficos y fotografías) no pocas de los propios autores, lo cual constituye un mérito añadido. La rotunda afirmación de la consideración de los braquiópodos como organismos "solitarios" (en el sentido de que no son coloniales) parece una ironía humorística, precisamente en un grupo de tan claros hábitos gregarios, especialmente cuando a continuación los mismos autores reconocen su desarrollo en forma de racimos (también, nidos, grupos, puestas… quizás los distintos autores deberían ponerse de acuerdo sobre el término con que los denominan). La morfología funcional sólo se trata circunstancial, o accidentalmente. Aspectos como la relación entre la forma más o menos estrófica de la concha y la adaptación a la vida en distinto tipo de fondos en relación con la capacidad para generar un mayor impulso a las corrientes inhalante y exhalante, o el de la adaptación recifal y modo de alimentación de los Richtoféndos (Prorichtofenia) base y referencia fundamental de los paradigmas morfofuncionales de Rudwick, está aquí apenas esbozado (o brilla por su ausencia). Otros apartados

como la paleoecología y sobre todo la bioestratigrafía están desarrollados de modo injustamente corto. Teniendo en cuenta el esfuerzo que en este apartado llevan haciendo muchos colegas que estudian los braquiópodos jurásicos, los autores podrían encontrarse con más de una protesta en este sentido.

Los Briozoos, también lofoforados, son descritos por J. Aguirre a lo largo de 27 páginas. Desde el primer párrafo el autor esquiva la denominación de Ectoproctos para los Briozoos calcificados (los verdaderos briozoos para muchos autores) e igualmente el de Entoproctos para "los de cuerpo blando sin esqueleto mineralizado". Destacan las figuras claras, bien numeradas y con las distintas partes bien señaladas además de poner los términos completos (no unas siglas abstrusas) sobre las distintas partes anatómicas.

Los apartados de morfología, anatomía y estructura se siguen perfectamente, apoyados por una figuras excelentes, incluyendo el del polimorfismo y la descripción de los heterozooides igual que la reproducción y el el concepto clave de astogenia. Quizás convenga señalar que el concepto de astogenia, tal como se entiende en otras obras (ej., Raup y Stanley y otros) es algo más amplio, haciendo referencia al crecimiento de la colonia en general y de los diferentes organismos en ella en función de su funcionalidad y posición (tal como ocurre en las colonias de briozoos). La parte sistemática está bien desarrollada, apoyada en tres láminas fotográficas de gran calidad. En el apartado de evolución sí se incluyen dos gráficos de filogenia y se hace una discusión detallada de las extinciones y radiaciones de los distintos grupos.

Los Equinodermos se desarrollan en el capítulo 7 a lo largo de 50 páginas, coordinados por P. Domínguez que se encarga de una parte de la Introducción, de los "Equinodermos postcámbricos" (los Pelmatozoos Blastozoos) más los eleuterozoos asterozoos. Los grupos restantes corren a cargo de M. Martí Mus (Introducción y grupos primitivos; Edrioasteroideos, helicoplacoideos, eocrinoideos y homalozoos), J. Le Men (crinozoos) y Mª P. Villalba (equinozoos). El capítulo es quizás el que produce una sensación de mayor equilibrio y de armonía en su tratamiento, quizás porque, a pesar de sus diferencias, todos los autores han seguido un esquema de desarrollo muy similar con un apreciable esfuerzo por incluir ilustraciones (fotográficas o dibujos) de gran calidad y extremadamente claras. Hay excepciones, naturalmente; grupos como los Somasteroideos, Ophiuroideos y Holoturioideos pasan sin una sola ilustración.

En las discusiones de los grupos menos conocidos (aunque en rápida actualización) la más interesante, quizás por ser la más espinosa, es sin duda la de los Homalozoos, abordada por Mónica Martí con gran simplicidad y claridad (algunos pueden pensar que excesiva). Los pelmatozoos excepto los crinozoos, son desarrollados por el coordinador (Patricio Domínguez). Una buena exposición de la anatomía aunque otros aspectos como el modo particular de vida, paleoecología, bioestratigrafía o evolución no aparecen reflejados. Los crinozoos (clase Crinoidea) son desarrollados por Jean Le Men de forma bastante sintética y directa, diciendo lo esencial del grupo en muy poco espacio, Una excelente introducción a los aspectos zoológicos (anatomía, fisiología, orientación, reproducción) apoyados en unas figuras muy claras y bien explicadas, dejan en cambio paso a una parte sistemática apenas esbozada en la que nuevamente las láminas fotográficas brillan por su ausencia. Por último, los Eleuterozoos (equinodermos libres o no pedunculados) son desarrollados por el coordinador, Patricio Domínguez (los asterozoos –somasteroideos, asteroideos, ofiuroideos-) y los equinozoos holoturioideos. Todos estos grupos, no particularmente relevantes o abundantes en el registro fósil, son despachados por el autor de modo muy sintético, se puede decir que acorde con su presencia en el registro fósil. Los equinozoos (clase Echinoidea) son tratados de modo claro, por Mª Paz Villalba. Nuevamente, da la impresión de que unos autores "siguen las instrucciones" mejor que otros. El detallado desarrollo de toda la parte de Introducción con claras explicaciones e ilustraciones de las estructuras anatómicas de los equínidos, constituye uno de los puntos fuertes. Por su parte, la Sistemática, presentada de modo muy claro y apoyada en tres láminas fotográficas de muy buena calidad (importadas del tratado de B. Meléndez y del Treatise) añade valor al capítulo y lo deja en muy buena posición en el conjunto de la obra. Por desgracia mientras que el apartado de paleoecología se apoya en un buen gráfico interpretativo, el de evolución pasa sin una ilustración, haciendo que se eche en falta un cuadro filogenético.

Los Hemicordados son desarrollados por J.C. Gutiérrez Marco a lo largo de 27 páginas, incluyendo los subphyllums Enteropneusta (enteropneustos) y Pterobranchia (pterobranquios) o graptolithoidea, entre los que se incluyen los graptolitos, apartado que es objeto de atención preferente. Toda la parte de generalidades se apoya en unos gráficos excelentes y en unas fotografías de ejemplares con una conservación (y preparación) excepcional, lo cual tratándose de fósiles de graptolitos, habitualmente conservados como una lámina blanca fosfática sobre lajas de pizarra, constituye un mérito añadido. El autor utiliza también el concepto de astogenia, en el sentido más amplio: el crecimiento de la colonia en relación con la posición particular de los elementos individuales en ella. Los apartados finales, de Evolución, Paleoecología y Morfología funcional, Biogeografía y Bioestratigrafía se encuentran también muy bien desarrollados aunque, como viene siendo costumbre en otros capítulos, se echa en falta un esquema filogenético. Una frase como la que afirma que "la historia evolutiva (…) de los Graptoloideos se caracteriza por una tendencia general hacia el perfeccionamiento… (en los mecanismos de flotabilidad…)" de resonancias lamarckianas (cuando no teilhardianas) dejan ver que por modernos que seamos, no hemos superado al finalista oculto que llevamos dentro. El autor debería poner más cuidado en este tipo de afirmaciones que transmiten una falsa idea del proceso y los mecanismos evolutivos. Sí se aporta

un cuadro (Fig. 8.17) con la escala zonal estándar para el Ordovícico-Devónico Inferior (uno de los "puntos fuertes" clásicos de este grupo) en donde se señalan los principales eventos de extinción del grupo. La definitiva refutación de una estructura como el órgano de flotación colonial (neumatóforo) aceptado durante mucho tiempo como estructura esencial de las colonias flotantes (que pasan a ser interpretadas en algunos casos como epiplanctónicas o pseudoplanctónicas) es otro punto interesante.

En conjunto, la obra constituye un recorrido extenso, bien construido, actualizado detallado y en ocasiones brillante, por los invertebrados fósiles (y no sólo) que en ocasiones se inclina más por la parte de la reconstrucción y descripción de la parte biológica de los grupos. Al final sólo llama la atención dos ausencias: un capítulo sobre Conodontos, generosamente incluidos hasta la fecha en otras obras semejantes (el mismo Boardman, pero no sólo) y un capítulo sobre Paleoicnología. Esta ausencia es menos explicable si se tiene en cuenta que este apartado está netamente centrado, en su práctica totalidad, en las señales de actividad realizadas por invertebrados, y en la actualidad forma un cuerpo de doctrina estimable con un corpus sistemático (parataxonómico) extenso. Viendo el resultado, uno no puede por menos de valorar positivamente la dura labor de coordinación que durante siete años han debido realizar los editores y las dificultades que habrán supuesto el imponer unas normas editoriales a la anárquica comunidad paleontológica española. Entre los aspectos más mejorables, sobre todo, la falta de uniformidad en el tratamiento de los capítulos por los distintos autores. Quizás lo que más desmerece en la obra sea la falta de un criterio uniforme en el tratamiento de las leyendas de las figuras, de la referencia al copyright de las mismas, la extensión del texto (unos capítulos aparecen claramente sobredimensionados mientras que otros se mantienen en unas dimensiones justas; habría sido una buena decisión el poner una limitación a los autores). También, el modo de referencia a la bibliografía y el número de referencias incluidas en cada capítulo, a todas luces excesivo en un manual de consulta. Igualmente, el diferente criterio seguido por los distintos autores a la hora de incluir láminas fotográficas, esquemas evolutivos de los grupos, etc.

Menos justificables son algunas decisiones sobre lenguaje, gramática o léxico difícilmente admisibles. En la Introducción, los editores nos advierten de que "han preferido utilizar la acentuación paroxítona del término taxon (= grave en lugar de aguda), plural: táxones (esdrújula en lugar de grave) "porque es la usada en el texto oficial en español de la 4ª edición del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (publicado el año 2000)" (…) equivalente a utilizado en otros idiomas". Efectivamente, hay idiomas (como el Italiano o el Inglés) en donde las palabras agudas, o no existen o son excepcionales y en donde palabras que en nuestra lengua española son agudas, son fácilmente "esdrujulizadas". Pero no alcanzo a comprender por qué nosotros debamos hacer lo mismo con palabras nuestras. El Código Internacional de Nomenclatura Zoológica dice muchas cosas, pero hay que saber distinguir entre lo que son normativas y lo que son cuestiones de uso. Y semejante ataque al uso; a la prosodia y a la fonética del castellano no puede (o no debería) ser normativizado en razón de la internacionalización del mismo, a no ser que se encuentre un grupo de snobs ávidos de incorporarse con entusiasmo a la modernidad. Que no cuenten conmigo. No me imagino a la comunidad científica francesa modificando la prosodia y la fonética de sus términos científicos porque los americanos lo hagan así.

Igualmente inaceptable es la utilización confusa en las unidades cronoestratigráficas de los términos "temprano", "medio" y "tardío", (en lugar de inferior, medio y superior). En realidad, un anglicismo directamente incorporado del "early", "middle", y "late" inglés, con la muy justificada convicción de que estas palabras son más adecuadas para expresar el sentido temporal de una unidad cronoestratigráfica. Nada que objetar si no fuera porque después de salpicar el texto de estas expresiones, en los cuadros de unidades cronoestratigráficas en todos los capítulos (los que las incluyen) aparece siempre la expresión tradicional; inferior, medio y superior, empezando por el "Cuadro Estratigráfico Internacional" incluido en la última página.

Más pintoresca aún resulta la utilización de las series del Carbonífero: Misisípico y Pensilvánico, en lugar de Misisipiense. Por cierto, que la raíz original tiene doble s y doble p –Mississippian- y una norma de uso en estos casos recomienda para la internacionalización del término, el conservar al menos las cuatro primeras letras del mismo.

Se puede argumentar que en el Carbonífero se trata de Series (o Épocas) y no de Pisos y que por tanto no procede su terminación en "iense". Pero eso tampoco es cierto, porque inmediatamente a continuación el Período Pérmico aparece subdividido en tres Series; Cisuraliense, Guadalupiense y Lopingiense, subdivididas a su vez en pisos (terminados también en "iense", claro). Señores, o una cosa o la otra. No es aceptable esta sucesión de contradicciones. Curiosamente, en el Jurásico Superior, el único piso que no termina en "iense", el Tithónico, es aquí escrito "Tithoniense". Desde la definición original por Oppel hace más de 150 años de este piso, la raíz "Tithon" ha sido traducido a todas las lenguas europeas excepto el inglés como "Tithónico" y así ha sido utilizado siempre. Parece que los autores que han adaptado el cuadro han ido en su entusiasmo innovador más lejos que los propios especialistas en Jurásico. Y puestos a ser tan modernos, alguien debería indicar a los autores que la expresión "así mismo" separada en dos palabras y acentuada en la segunda sílaba, hace tiempo que se acepta escrita: asimismo, como una palabra única y sin acentuar, pese a su aparente estructura esdrújula.

Una obra como ésta, con vocación de constituirse en modelo de instrumento docente para la comunidad paleontológica hispanohablante, debería cuidar al máximo estos detalles de coherencia y no dejarse

arrastrar por el atractivo de los reclamos de modernidad, contribuyendo en lo posible a preservar la corrección y la pureza de la lengua y, es una opinión, manteniendo los aspectos del uso de la misma que tienen amplia aceptación. No hay que olvidar que una condición clave para que un texto científico sea claro e inteligible es la corrección y el buen uso del lenguaje en que se escribe dicho texto.

Zaragoza, Febrero 2010

XXVI Jornadas SEP · III Congresso Ibérico de Paleontologia · lisboa 2010

Patrocinadores & Colaboradores

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Presidencia Española eu 2010.es

FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DE LISBOA

lisboa Câmara Municipal de Lisboa

DEPARTAMENTO GEODINÁMICA Y PALEONTOLOGÍA

Centro de Geologia

Facultad de Ciencias Experimentales

Departamento de GEOLOGIA

abaco Servicios informáticos

M N H N Museu Nacional de História Natural

BANCO ESPIRITO SANTO

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR Portugal



Organización • Organização