

- Rashevsky, N. 1954. Topology and life. *Bulletin of Mathematical Biophysics* **16**, 317-348.
- Rasskin-Gutman, D. 2003. Boundary constraints for the emergence of form. In: *Origination of Organism Form* (Eds. G. Muller and S. Newman). MIT Press, Cambridge, 305-322.
- Watts, D.J. & Strogatz, S.H. 1998. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature* **393**, 440-442.
- Woodger, J.H. 1945. On biological transformations. In: *Essays on Growth and Form presented to D'A. W. Thompson*, (Eds. Le Gros, W.E. and P.B. Medawar). Oxford University Press. 95-120.
- Wuchty, S. Ravasz, E. & Barabási A.L. 2006. The architecture of biological networks. In: *Complex Systems Science in Biomedicine* (Eds. T.S. Deisboeck and J.T. Kresh). Springer, Berlin, 165-181.
- Dorogovtsev, S.N & Mendes, J.F.F. 2003. Evolution of Networks: From Biological Nets to the Internet and WWW. Oxford University Press, New York.

Bioerosión debida a gasterópodos en cáscaras de huevo de dinosaurio del Cretácico Inferior de La Cantalera (Teruel, España)

Gámez-Vintaned, J.A.¹, Moreno-Azanza, M.² y Canudo, J.I.²

1: Grupo Murero-IUCA. Área y Museo de Paleontología. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. E-50009 Zaragoza. España. gamez@unizar.es

2: Grupo Aragosaurus-IUCA. Área y Museo de Paleontología. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. E-50009 Zaragoza. España. www.aragosaurus.com, mmazanza@unizar.es, jicanudo@unizar.es

Introducción

El yacimiento de La Cantalera es un lugar de referencia para el estudio de los vertebrados del Cretácico Inferior del Sistema Ibérico y ha sido considerado un “yacimiento resumen” para el tránsito Hauteriviense-Barremiense, debido a la gran diversidad de microfósiles de vertebrados que ha aportado (Canudo *et al.*, 2002). En él se han recuperado varios centenares de fragmentos de cáscara de huevo, uno de los cuales se estudia aquí.

Situación geológica

El yacimiento de La Cantalera se encuentra situado en un afloramiento de la Formación Margas y Calizas de Blesa, dentro de la subcuenca de Oliete, 3 km al oeste de la localidad de Josa (Teruel; Fig. 1A). Durante el Cretácico Inferior, la denominada cuenca del Maestrazgo se fragmentó en siete subcuencas controladas por una serie de fallas normales sintectónicas de dirección variable (Salas & Guimerá, 1996). La subcuenca de Oliete inicia su sedimentación con la Formación Blesa, datada como Hauteriviense terminal-Barremiense inferior. Esta formación presenta, en el sector de Josa, una evolución sedimentaria compleja. En su parte inferior dominan las facies continentales lacustres, palustres y aluviales. Este primer tramo continental puede ser dividido en dos episodios (Fig. 1B). En el primer episodio se establece un abanico aluvial cuyo depósito se restringe al sector de Josa; en sus facies más distales se formó el yacimiento de La Cantalera. Durante el segundo episodio se establece una sedimentación lacustre más homogénea, extendiéndose a otras áreas de la subcuenca de Oliete. El tramo superior de la Formación Blesa consiste en facies fundamentalmente marinas, con depósitos propios de lagunas y marismas costeras (Aurell *et al.*, 2004).

El yacimiento de La Cantalera es un afloramiento de lutitas grises y rojas palustres, con abundancia de paleosuelos y rico en restos de vertebrados. La edad del yacimiento se ha determinado por el análisis de la asociación de carofitas como Hauteriviense terminal-Barremiense basal (Martín-Closas, 1989). Entre los restos de vertebrados se han identificado

un total de 29 taxa diferentes incluyendo dinosaurios, cocodrilos, tortugas, pterosaurios mamíferos y anfibios (Ruiz-Omeñaca, 1997). Además de los restos esqueléticos, en La Cantalera abundan los restos indirectos, especialmente coprolitos y fragmentos de cáscara de huevo. Se han diferenciado al menos siete ootaxones, pertenecientes a las oofamilias Elongaloolithidae, Prismatoolithidae, Spheroolithidae?, Krokoolithidae y Testudoolithidae.

Resultados

El sustrato sobre el que se encuentran las pistas aquí descritas es un fragmento de cáscara de huevo fósil (Fig. 2A). El espesor medio de la cáscara es de 390 μm . En sección radial presenta morfotipo angustiprismático, con dos capas diferenciadas con una transición progresiva entre ellas: una capa inferior mamilar, con ultraestructura calcítica radial y una capa superior con estructura prismática (Fig. 2B). La relación entre la capa mamilar y la capa prismática es de 1,5:1. El sistema de poros es angusticanaliculado, y los canales de poro son estrechos y rectos (Fig. 2D). La superficie externa es lisa, y sólo se observa una única apertura de poro elíptica de 40 μm de diámetro (Fig. 2A). La superficie interna presenta mamilas de pequeño tamaño (80 μm ; Fig. 2B), densamente empaquetadas, con una densidad de aproximadamente 100 mamilas/ mm^2 . Este fragmento de cáscara se asigna provisionalmente a cf. *Prismatoolithus* sp. Zhao & Li, 1993.

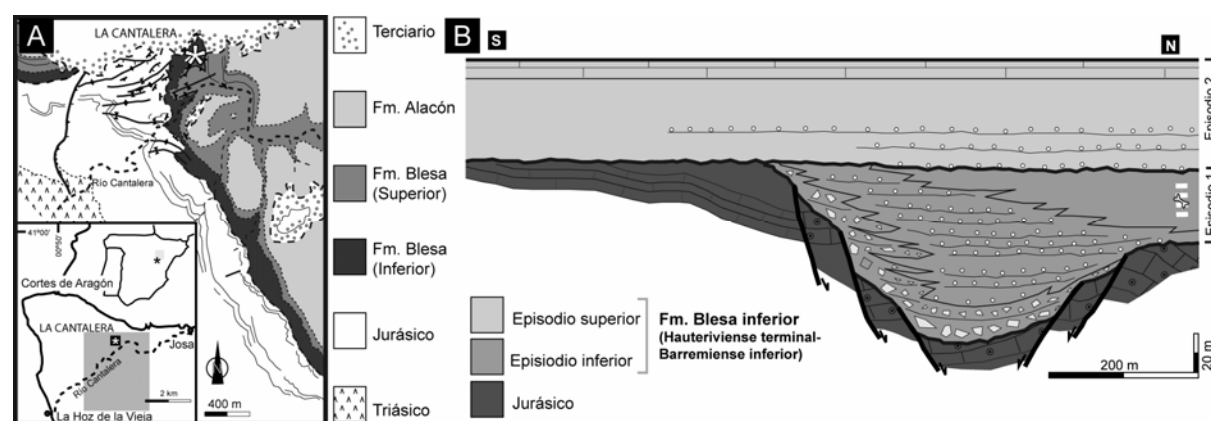


Figura 1. A. Mapa geológico del entorno del yacimiento de La Cantalera. B. Distribución de las facies del tramo inferior de la Formación Blesa (modificado de Aurell *et al.*, 2004).

El fragmento de cáscara de huevo presenta lo que parecen ser dos estructuras bioerosivas superpuestas, una en la superficie exterior (Fig. 2A, D) y otra en la interior (Fig. 2I). Ambas presentan características compatibles con raspaduras (*scrapings*) hechas por pequeños invertebrados con un comportamiento de pacer (*pascichnia*) epilítico.

La pista bioerosiva de mayor tamaño puede asignarse al icnogénero *Radulichnus* Voigt, 1977 y se localiza en la superficie externa de la cáscara (Fig. 2F). Presenta una morfología general en forma de surco ancho y somero (la relación anchura:profundidad varía entre 11:1 y 16:1) con paredes escarpadas (Fig. 2J, K), con trayectoria ligeramente divagante que presenta cambios más o menos bruscos en la dirección de hasta 30° (Fig. 2A). La longitud total observada es de 4,0 mm. La anchura total varía entre las 217 y las 334 μm de ambos extremos; la profundidad máxima de la pista en su conjunto es aproximadamente de 20 μm , reduciéndose mucho en las partes más someras. De hecho, a lo largo de la pista se observa una serie de promontorios y de depresiones espaciados a intervalos que varían entre 51 y 88 μm (media de 70 μm) (Figs. 2A, E, G). Es notable la presencia de un pulido (interpretado

como pulido por raspado) en dichas depresiones (Fig. 2K), mientras que las zonas elevadas están ornamentadas con surcos rectilíneos paralelos separados a intervalos regulares por crestas. El número de surcos es de 13, observándose hasta 15 en uno de los extremos de la pista (el que termina en su borde fracturado). La anchura de los surcos varía entre 8,5 y 16 μm (media de 11,7 μm) y la de las crestas entre 6,6 y 10 μm (media de 8,5 μm). La conservación de los surcos es relativamente pobre, no observándose todos los surcos juntos (en continuidad transversal) más que en el mencionado extremo del icnofósil coincidente con el borde fracturado de la cáscara. Es precisamente aquí donde la pista presenta su anchura máxima, a la vez que la profundidad general se atenúa (Fig. 2H).

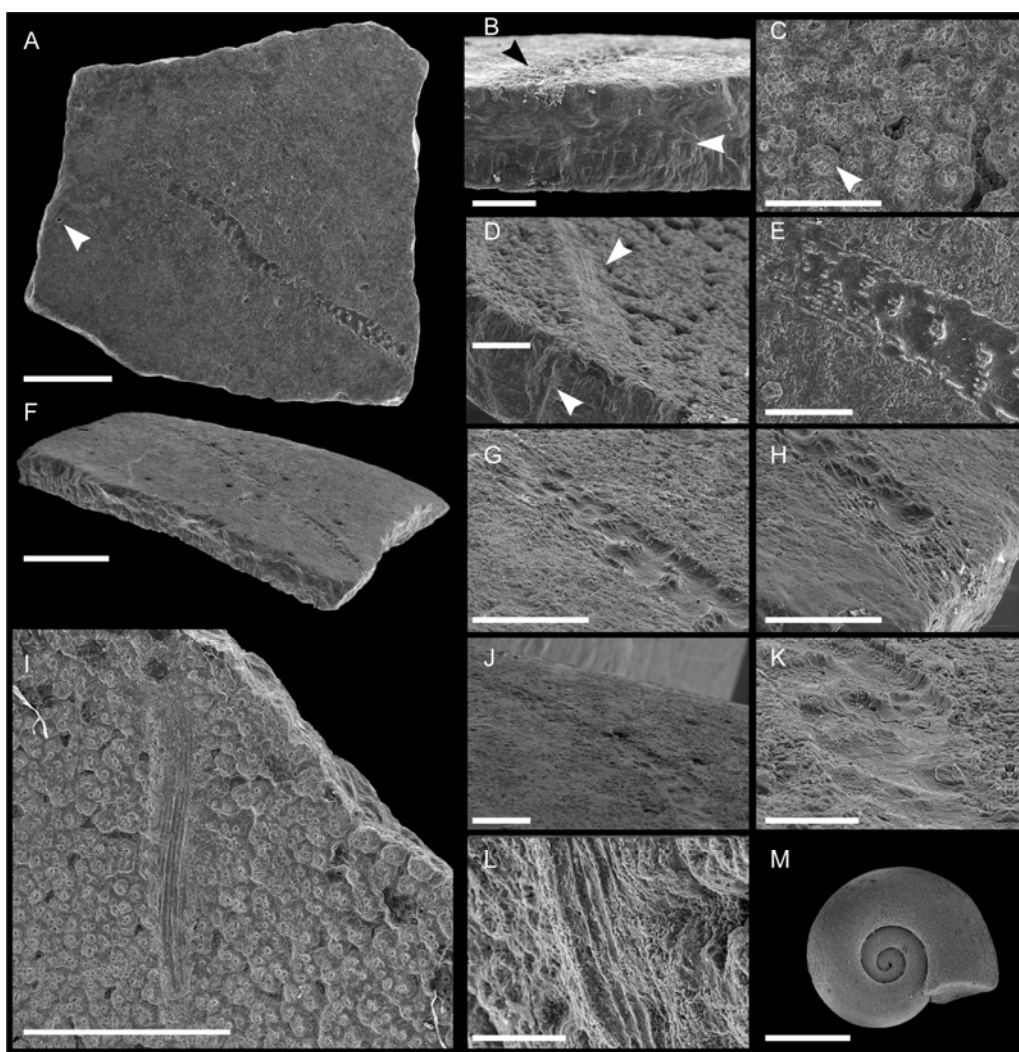


Figura 2. A-L: cf. *Prismatoolithus* sp.: ejemplar MPZ 2000/3558. A, B, E-H, J, K: *Radulichnus* ichnosp. indet.: MPZ 2000/3559 (J, K: ejemplar girado 180°). D, I, L: aff. *Radulichnus*: MPZ 2000/3560. A. Superficie externa donde se observa la pista MPZ 2000/3559. Flecha: apertura de poro. B. Sección radial; flecha superior: MPZ 2000/3559; flecha inferior: límite entre las capas mamilar y prismática. C. Superficie interna del fragmento de cáscara; flecha: bases de las mamilas. D. Sección radial y superficie interna del fragmento de cáscara. Se observa la pista MPZ 2000/3560. Flecha: canal de poro. M: Basommathophora indet.; molde interno en vista inferior. MPZ 2000/3561. Barras de escala: A-C, 1 mm. D-J, 250 μm . K, L, 100 μm . M, 500 μm . Material depositado en el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza (MPZ).

La pista bioerosiva de menor tamaño se identifica aquí como aff. *Radulichnus* y está situada en la cara interna de la cáscara. Consiste en un conjunto de hasta siete surcos (se observan como máximo seis en una misma sección transversal) de trayectoria ligeramente sinuosa, separados a intervalos regulares por sus correspondientes crestas (Fig. 2I). La anchura total varía entre las 93 y las 157 μm de ambos extremos. La anchura de cada surco varía (a veces a lo largo de un mismo surco; Fig. 2L) entre 7 y 18 μm , y la de las crestas entre 6 y 12 μm . A diferencia de la pista de la cara externa de la cáscara, en ésta no se observa una superficie envolvente en surco. Tampoco aparecen áreas con pulido por raspado, ni se diferencian promontorios y depresiones.

Discusión

La morfología y dimensiones de ambas pistas de bioerosión son compatibles con haber sido producidas por un animal provisto de rádula. Las dimensiones de los surcos y crestas que se observan en ambas permiten aventurar que es probable que respondan al mismo productor, si bien ejercitando diferentes técnicas de raspado (cf. Smith, 1988), posiblemente (como se argumenta más abajo) por diferencias en la composición del sustrato.

La rádula es una estructura presente en moluscos gasterópodos y poliplacóforos. Los fósiles de gasterópodos recuperados en La Cantalera se restringen a moldes internos ferruginizados que han sido identificados como *Viviparidae* indet. y *Basommatophora* indet. (Fig. 2M). (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 1997). Los ejemplares asignados a *Viviparidae* indet. tienen conchas globosas de enrollamiento dextrógiro. Todos los ejemplares tienen un tamaño centimétrico, lo cual los descarta como posibles productores de estas pistas. Hasta el momento, en el levigado del yacimiento de La Cantalera se ha encontrado un único ejemplar de gasterópodo planiespiralado de forma discoidal, de poco más de 1 mm de diámetro, que se ha determinado como *Basommatophora* indet. (Fig. 2M) (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 1997) cuyo tamaño sí que es coherente con las dimensiones de las pistas. No se han hallado poliplacóforos.

Si bien los datos disponibles son escasos, podemos asumir como hipótesis plausible que estas pistas fósiles sobre cáscara de huevo de dinosaurio fueron producidas por un gasterópodo, probablemente un basomatóforo. Éstos son gasterópodos pulmonados de hábitat acuático y amplias estrategias alimenticias. Con la ayuda de su rádula, el productor (o productores) bien pudo aprovechar los microbios o las algas microscópicas que, a buen seguro, tapizaban este fragmento de cáscara. También es probable que explotara las sustancias proteicas existentes en la superficie externa de la cáscara, y mucho más abundantes en su cara interna. La mayor concentración de proteínas en esta última justificaría la técnica de raspado menos depurada observada en la pista allí presente (Fig. 2I), pues la abundancia relativa de alimento así lo permitiría.

Conclusiones

Pistas de pacer epilíticas debidas a gasterópodos se conocen al menos desde el Jurásico Inferior, en materiales marinos. Los ejemplares aquí descritos provienen de un medio palustre y parecen estar formadas por gasterópodos pulmonados.

Agradecimientos

Proyectos de investigación CGL200403393/BTE y CGL2007/62469/BTE (Ministerio de Educación y Ciencia), Consolider CGL2006-12975/BTE ("MURERO"; Ministerio de Educación y Ciencia-FEDER-EU) y Gobierno de Aragón (grupos consolidados H-54, "Reconstrucciones Paleoambientales" y E-17, "Patrimonio y Museo Paleontológico"). Miguel Moreno-Azanza es becario FPI del Ministerio

de Educación y Ciencia, con la ayuda BES-2008-005538. Las fotografías de MEB han sido realizadas por Cristina Gállego en el Servicio de Microscopía Electrónica de la UZ.

Referencias

- Aurell, M., Bádenas, N. Canudo, J.I. & Ruiz-Omeñaca, J.I. 2004. Evolución tectosedimentaria de la Fm. Blesa (Cretácico Inferior) en el entorno del yacimiento de vertebrados de La Cantalera (Josa, Teruel). *Geogaceta* **35**, 11-14.
- Canudo, J.I., Aurell, M., Barco, J.L., Cobos, A., Cuenca-Bescós, G., Martín-Closas, C., Murelaga, X., Pereda-Suberbiola, X., Royo-Torres, R. & Ruiz-Omeñaca, J.I. 2002. La Cantalera: Un resumen de los dinosaurios del tránsito Hauteriviense - Barremiense (Cretácico inferior) de la Cordillera Ibérica (Josa, Teruel) *Libro de Resúmenes. XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. II Congreso Ibérico de Paleontología*, 27-28.
- Martín-Closas, C. 1989. *Els caròfits del Cretaci inferior de les conques perifèriques del Bloc de l'Ebre*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona, 581 pp. (Inédita).
- Ruiz-Omeñaca, J.I., Canudo, J.I. & Cuenca-Bescós, G. 1997. Primera evidencia de un área de alimentación de dinosaurios herbívoros en el Cretácico Inferior de España (Teruel). *Monografías de la Academia de Ciencias de Zaragoza* **10**, 48 p.
- Salas, R. & Guimerà, J. 1996. Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental) *Geogaceta* **20**, 1704-1706.
- Smith, D.A. 1988. Radular kinetics during grazing in *Helisoma trivolvis* (Gastropoda: Pulmonata). *Journal of experimental Biology* **136**, 89-102.

Ammonite biostratigraphy at the Madotz section (Basco-Cantabrian Basin, Spain), implications for the record of Cretaceous Oceanic Anoxic Event 1a (OAE-1a)

Gaona-Narvaez, T.¹, Maurrasse, F.J.-M.R.¹, Moreno-Bedmar, J.²,
Company, M.² y Lamolda, M.³

1: Department of Earth Sciences, Florida International University 11200 S.W. 8th Street, Miami, FL 33199 USA. tgaon001@fiu.edu, maurrass@fiu.edu

2: Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. España. j.a.moreno@ub.edu

3: Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Ave Fuentenueva s/n, 18002 Granada. España. mcompany@ugr.es, mlamolda@ugr.es

A high-resolution study of the Madoz section, including the integration of microfacies, total inorganic carbon analyses (TIC, weight % CaCO₃), total organic carbon analyses (TOC, weight % C), stable carbon isotope measurements ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$) and ammonite biostratigraphy, was performed to investigate Lower Aptian neritic deposits from the Basco-Cantabrian region, Spain. Our focus is to address the issue of differentiating the Oceanic Anoxic Event 1a (OAE-1a) from other uncertain anoxic episodes within that time.

In Lower Aptian standard European planktonic foraminiferal biochronology, OAE-1a is correlative with the lower part of the planktonic foraminifera *Leupoldina cabri* Zone, as in most of the locations of the Tethyan realm and the Pacific [Moullade *et al.* (1998); Erba *et al.* (1999); and others]. In contrast, using ammonite biostratigraphy, OAE-1a has been assigned to different levels: from the upper part of the *Deshayesites ogranlensis* Zone to the *Deshayesites deshayesi* Zone, which represents a wide time span of nearly two million years,