

FUNDAMENTAL



XXX Jornadas de Paleontología
Sociedad Española de Paleontología
Teruel 2014



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Royo-Torres, R., Verdú, F.J. y Alcalá, L. coord. (2014). XXX Jornadas de Paleontología de la Sociedad Española de Paleontología. *¡Fundamental!* 24: 1–282.

EDICIÓN: © Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel – Dinópolis

COORDINACIÓN: Rafael Royo-Torres, Francisco Javier Verdú y Luis Alcalá.

DISEÑO Y MAQUETA: © EKIX Soluciones Gráficas

DEPÓSITO LEGAL: TE-167-2014

ISBN-13: 978-84-938173-7-4

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los autores y del editor, bajo las sanciones establecidas en la ley, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático. Todos los derechos reservados.



COMITÉ ORGANIZADOR

COORDINADOR: Luis Alcalá. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*

SECRETARÍA: Rafael Royo-Torres. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*
Francisco Javier Verdú. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*

TESORERÍA: Fátima Gonzalo. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*

ADMINISTRACIÓN: María del Mar Cabra. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*

VOCALES: Daniel Ayala. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*
Alberto Cobos. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*
Eduardo Espílez. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*
Ana González. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*
Luis Mampel. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*
M^a Dolores Pesquero. *Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis*

COMITÉ CIENTÍFICO

Francisco Javier Rodríguez-Tovar (Granada, España)
Julio Aguirre (Granada, España)
Luis Alcalá (Teruel, España)
Davide Bassi (Ferrara, Italia)
Luis Buatois (Saskatchewan, Canadá)
Antonio Checa (Granada, España)
María José Comas (Madrid, España)
Jean-Louis Dommergues (Bourgogne, Italia)
Rodolfo Gozalo (Valencia, España)
Gonzalo Jiménez (Granada, España)
Michael J. Kowalewski (Virginia, EEUU)
Jordi Martinell (Barcelona, España)
Eustoquio Molina (Zaragoza, España)
James H. Nebelsick (Tübingen, Alemania)
Julio M. Rodríguez (País Vasco, España)
Adam Tomašových (Chicago, EEUU)
Yurena Yanes (Cincinnati, EEUU)
Andrea Wetzel (Basilea, Suiza)
José Ignacio Valenzuela (Valencia, España)-Programas PICG-UNESCO



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA



PONENCIAS



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Introducción

El curso de la evolución de la vida en nuestro planeta ha estado irremediablemente salpicado por numerosas extinciones. Entre las cinco mayores extinciones registradas en el Fanerozoico (Raup y Sepkoski, 1982), la del límite Cretácico/Paleógeno (K/Pg), aunque no es la más severa, es quizás la mejor conocida y más intensamente estudiada. El Cenozoico comienza así con un importante evento de extinción cuya principal causa se ha relacionado con la caída de un asteroide en la Península de Yucatán (México) hace 65,5 millones de años. En medios oceánicos, la extinción en masa de casi el 90% de las especies de foraminíferos planctónicos y nanofósiles calcáreos, y la desaparición de grupos enteros como los ammonites o los mosasaurios, se han atribuido tradicionalmente al colapso de la productividad primaria (o al cese del transporte de la misma hacia los fondos oceánicos) durante decenas a cientos de miles de años tras el impacto (Hsü y MacKenzie, 1985; d'Hondt *et al.*, 1998). Numerosos estudios paleontológicos aceptaron esta hipótesis durante décadas y se centraron en la descripción y cuantificación de las extinciones de límite K/Pg, mientras que la desaparición global del gradiente que existe entre los isótopos del ^{13}C de medios pelágicos y bentónicos (Fig.1) era interpretada por geoquímicos y paleoceanógrafos como la respuesta al supuesto (y prolongado) colapso de la productividad primaria. Los estudios detallados sobre grupos que no sufrieron extinciones eran escasos, y en la literatura científica se daba prioridad al análisis exhaustivo de los patrones de extinción. Sin embargo, fueron los estudios dedicados a grupos aparentemente poco interesantes porque presentaban continuidad a través del límite K/Pg, como los foraminíferos bentónicos o los ostrácodos, los que permitieron demostrar que la productividad primaria marina no sufrió un colapso global y duradero tras el impacto del asteroide a finales del Cretácico (Alegret y

Thomas, 2009; Alegret *et al.*, 2012), rebatiendo así la imagen de un océano agonizante que se había aceptado durante décadas. Esta nueva interpretación se basaba en el hecho de que un colapso prolongado en el aporte alimenticio a los fondos oceánicos habría provocado extinciones significativas de organismos bentónicos. En los océanos actuales existe una estrecha relación entre los medios pelágico y bentónico, de manera que en un momento de importantes extinciones en el medio pelágico cabría esperar extinciones también en los fondos oceánicos. Sin embargo, los foraminíferos bentónicos que habitaban los fondos oceánicos no sufrieron extinciones significativas durante este evento (ej. Alegret y Thomas, 2005). Posteriormente, estudios de biomarcadores orgánicos (Sepúlveda *et al.*, 2009) y Ba biogénico (Hull y Norris, 2011) corroboraron la rápida recuperación de la productividad primaria superficial tan pronto como permitieran las condiciones de luz tras el impacto.

En cuanto al colapso del gradiente vertical del $\delta^{13}\text{C}$, Alegret *et al.* (2012) señalaron que el descenso en el $\delta^{13}\text{C}$ en sedimento o en conchas de organismos planctónicos no era representativo de la señal del $\delta^{13}\text{C}$ de las aguas superficiales, porque los datos del Cretácico estaban basados

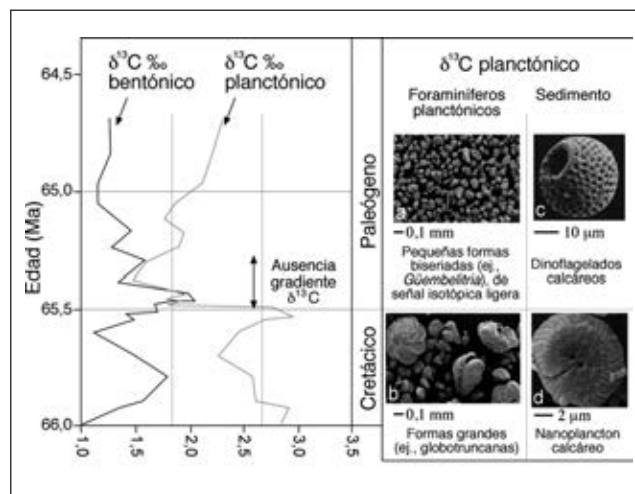


Figura 1. Representación idealizada del $\delta^{13}\text{C}$ en sedimento y en foraminíferos bentónicos a través del límite K/Pg (modificada de Alegret *et al.* 2012), y principales portadores de la señal isotópica pelágica analizada en foraminíferos planctónicos y sedimento del Cretácico Superior y del Paleógeno basal. Fotografías modificadas de: a y b, <http://joidesresolution.org> (B. Huber, Smithsonian Institution); c, Wendler y Willems (2002); d, Bown *et al.* (1998).

en organismos que se extinguían en el límite K/Pg (nanofósiles calcáreos en el caso del sedimento, y taxones extintos como los globotruncánicos en el caso de los foraminíferos planctónicos), no comparables con los datos del Paleógeno, donde el sedimento estaba fundamentalmente compuesto por dinoflagelados calcáreos y las asociaciones de foraminíferos planctónicos estaban dominadas por pequeñas formas oportunistas, como los güembeltridos (Fig. 1). Se demuestra en este caso cómo una hipótesis planteada originalmente desde el campo de la geoquímica para explicar curvas isotópicas, y adaptada posteriormente a interpretaciones paleontológicas, pudo ser falsada gracias al estudio de grupos de –aparentemente– poco interés que no se extinguían a través del límite.

Una vez superada la crisis del límite K/Pg, a lo largo del Paleoceno se produjo una tendencia general de calentamiento del planeta, hasta que hace ~55,5 millones de años, en el tránsito Paleoceno-Eoceno, se registra un máximo térmico durante el cual se alcanzaron las temperaturas más elevadas de todo el Cenozoico. El Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM, por sus siglas en inglés), que ha sido asociado a la emisión de grandes cantidades de carbono de señal isotópica ligera al sistema océano-atmósfera (Dunkley Jones *et al.*, 2013), provocó el calentamiento global de todo el planeta (incluidos los fondos oceánicos), migraciones, extinciones, y profundos cambios en los ciclos del carbono e hidrológico. El drástico descenso del $\delta^{13}\text{C}$ en el límite Paleoceno/Eoceno sugiere una adición de carbono al sistema océano-atmósfera 4 a 8 veces mayor que las emisiones antropogénicas de carbono desde que comenzó la era industrial hasta la actualidad (Marland *et al.*, 2005), y comparable a las previsiones para finales del siglo XXI. Durante los doscientos mil años que duró el evento del PETM, el plancton oceánico evolucionó y se registra la migración de taxones termofílicos a altas latitudes. Sin embargo, los foraminíferos bentónicos que habitaban en el fondo de los océanos sufrieron la extinción del 35-50% de sus especies, siendo la extinción más severa sufrida por estos organismos en los últimos 90 millones de años (ej. Alegret *et al.*, 2010).

El análisis del diferente comportamiento de los foraminíferos bentónicos frente a otros grupos marinos durante eventos de distinta índole, como el impacto meteorítico del límite Cretácico/Paleógeno y el Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno, permite aportar información sobre las causas y mecanismos que desencadenaron estos dos eventos, y sobre la respuesta de los ecosistemas oceánicos ante perturbaciones globales.

La no extinción del límite Cretácico/Paleógeno

En el caso del límite K/Pg, hemos visto cómo la no extinción de los foraminíferos bentónicos permitió sugerir que el aporte alimenticio a los fondos oceánicos no cesó durante un largo periodo de tiempo (decenas a cientos de miles de años) tras el impacto del asteroide, contradiciendo las hipótesis tradicionalmente aceptadas (Hsü y MacKenzie, 1985; d'Hondt *et al.*, 1998). Pero si la productividad primaria marina y el transporte alimenticio a los fondos oceánicos se recuperaron tan rápidamente como sugieren los foraminíferos bentónicos y los biomarcadores orgánicos, entonces ¿cuál fue la causa de las extinciones en masa de foraminíferos planctónicos y nanofósiles calcáreos, o de la desaparición definitiva de grupos enteros como los ammonites o los mosasaurios?. El hecho de que el plancton calcáreo sufriera extinciones en masa (Tabla I), pero no así los organismos planctónicos de caparzones silíceos u orgánicos, llevó a sugerir que un rápido evento de acidificación de las capas superficiales de los océanos, resultante de la emisión de los gases derivados del impacto (ácidos nítrico y sulfúrico), explicaría la extinción masiva del plancton calcáreo, ammonites (de caparazón aragonítico y que habitaban en aguas superficiales) y mosasaurios (cuya alimentación pudo estar basada principalmente en los

Tabla I. Severidad de las extinciones de microfósiles planctónicos en el límite K/Pg, naturaleza de sus esqueletos, y formación o no de quistes. A: Autótrofos. H: Heterótrofos. Existe una mejor correlación entre esqueleto calcáreo - no calcáreo y extinción, que entre formación o no de quistes y extinción. Referencias en Alegret *et al.* (2012).

	Organismo	Esqueleto	Quistes	Extinción
A	Nanoplancton calcáreo	Calcita	No	Severa
A	Haptofitas no calcificadoras	Orgánico	No	No severa
A	Diatomeas	Sílice	Sí	No severa
A	Dinoflagelados	Orgánico	Sí	No severa
A	Dinoflagelados	Calcita	Sí	No severa
H	Foraminíferos planctónicos	Calcita	No	Severa
H	Radiolarios	Sílice	No	No severa

anteriores) (Alegret *et al.*, 2012). El impacto en Yucatán, sobre anhidritas ricas en sulfatos (Ohno *et al.*, 2014), y la fricción del asteroide en la atmósfera, generarían vapores que provocarían lluvia ácida. La acidificación tendría lugar en las aguas superficiales de los océanos y duraría muy poco en términos geológicos (de meses a años). El ácido sería rápidamente neutralizado en la columna de agua y no afectaría a organismos bentónicos de caparazones calcáreos (como los foraminíferos bentónicos) ni a los nautiloideos, que habitaban a mayor profundidad que los ammonites y se reproducían mediante huevos protegidos por cápsulas, de mayor tamaño y grosor (Landman *et al.*, 1996).

La extinción del Paleoceno-Eoceno

Al contrario que en el límite K/Pg, durante el Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno no se registran extinciones en el medio pelágico, sino una rápida evolución y migraciones de grupos como los foraminíferos planctónicos y el nanoplancton calcáreo, mientras que los foraminíferos bentónicos sufrieron la extinción del 35-50% de sus especies (ej. Alegret *et al.*, 2010). Las extinciones tuvieron lugar en un corto lapso de tiempo, y fueron más severas en medios oceánicos profundos. Aunque los mecanismos concretos de la extinción siguen en debate e incluyen deficiencia de oxígeno en las aguas profundas o cambios en la productividad, existen evidencias de un aumento en la corrosividad de las aguas y un ascenso en el nivel de compensación de la calcita, provocado por la rápida adición de carbono ligero (CH_4 - CO_2) al sistema océano-atmósfera (Hönisch *et al.*, 2012). Se ha estimado que el evento de acidificación del PETM tuvo una duración de unos 20.000 años (Cui *et al.*, 2001).

Discusión e implicaciones para la sexta extinción

En la actualidad, grandes cantidades de gases invernadero están siendo emitidas a la atmósfera y a los océanos, y estas emisiones crecen a un ritmo tan acelerado que es difícil predecir sus consecuencias sobre el clima, medio ambiente y biota. Los modelos climáticos predicen que la temperatura de la superficie de nuestro planeta aumentará hasta 6°C durante los próximos siglos. El estudio de eventos de acidificación oceánica registrados en el pasado puede contribuir a mejorar los modelos predictivos para el evento actual. Estos modelos han de tener en cuenta el comportamiento de los distintos organismos ante eventos de acidificación,

información que puede aportar el registro fósil, por ejemplo: (1) Extinción del plancton calcáreo pero no del bentos durante una rápida acidificación de la superficie de los océanos durante el límite K/Pg. (2) Extinción de los foraminíferos bentónicos pero no del plancton calcáreo durante un evento de acidificación prolongado, como el del PETM. En este sentido, investigaciones recientes han puesto de relevancia la importancia de la rapidez de la acidificación (o de la emisión de gases invernadero al sistema océano-atmósfera; Hönisch *et al.*, 2012). Para las aguas superficiales se ha modelizado que si la emisión es rápida, el pH en la superficie de los océanos disminuye rápidamente (y el plancton calcáreo sería seriamente afectado, como en el límite K/Pg), pero si la emisión se prolonga a lo largo del tiempo (como en el caso del PETM), la saturación de aragonito en la superficie de los océanos se mantiene constante, y el plancton calcáreo no es afectado por las aguas corrosivas.

Desde la Paleontología podemos aportar, por tanto, datos relevantes que contribuyen a apoyar o falsar hipótesis propuestas desde otros campos (ej. geoquímica, paleoceanografía), además de nutrir las bases de datos en las que se fundamentan los modelos, contribuyendo así a mejorar el conocimiento de los eventos del pasado y futuro.

Agradecimientos

Proyecto CGL2011-23077 (Ministerio de Ciencia e Innovación).

Referencias

- Alegret, L. y Thomas E. 2005. Cretaceous/Paleogene boundary bathyal paleo-environments in the central North Pacific (DSDP Site 465), the Northwestern Atlantic (ODP Site 1049), the Gulf of Mexico and the Tethys: The benthic foraminiferal record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 224: 53-82.
- Alegret, L. y Thomas E. 2009. Food supply to the seafloor in the Pacific Ocean after the Cretaceous/Paleogene boundary event. *Marine Micropaleontology*, 73: 105-116.
- Alegret, L., Ortiz S., Arenillas, I. y Molina E. 2010. What happens when the ocean is overheated? The foraminiferal response across the Paleocene-Eocene Thermal Maximum at the Alamedilla section (Spain). *Geological Society of America Bulletin*, 122(9/10): 1616-1624.

- Alegret, L., Thomas E. y Lohmann, K.C. 2012. End-Cretaceous marine mass extinction not caused by productivity collapse. *PNAS*, 109(3): 728-732.
- Bown, P.R. (ed.) 1998. *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman & Hall, Kluwer Academic, 315 pp.
- D'Hondt, S., Donaghay, P., Zachos, J.C., Luttenger, D. y Lindinger, M. 1998. Organic carbon fluxes and ecological recovery from the Cretaceous-Tertiary mass extinction. *Science*, 282: 276-279.
- Dunkley Jones, T., Lunt, D.J., Schmidt, D.N. Ridgwell, A., Sluijs, A., Valdes, P.J. y Maslin, M.A. 2013. Climate model and proxy data constraints on ocean warming across the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Earth Science Reviews*, 125: 123-145.
- Hönisch, B., Ridgwell, A., Schmidt, D.N., Thomas, E., Gibbs, S.J., Sluijs, A., Zeebe, R., Kump, L., Martindale, R.C., Greene, S.E., Kiessling, W., Ries, J., Zachos, J.C., Royer, D.L., Barker, S., Marchitto, T.M., Moyer, R., Pelejero, C., Ziveri, P., Foster, G.L. y Williams, B. 2012. The Geological Record of Ocean Acidification. *Science*, 335: 1058-1963.
- Hsü, K.J. y McKenzie, J. 1985. A "Strangelove Ocean" in the earliest Tertiary. *Geophysical Monographs*, 32: 487-492.
- Hull, P.M. y Norris, R.D. 2011. Diverse patterns of ocean export productivity change across the Cretaceous-Paleogene boundary: new insights from biogenic barium. *Paleoceanography* (PA2010 002082).
- Landman, N.H., Tanabe, K. y Davis R.A. 1996. *Ammonoid paleobiology*. Plenum Press, Nueva York, 830 pp.
- Marland, G., Boden, T.A. y Andres, R.J. 2005. Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions. En: *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. CO₂ Information Center, Oak Ridge National Laboratory. Online: http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/emis/meth_reg.htm
- Ohno, S., Kadono, T., Kurosawa, K., Hamura, T., Sakaiya, T., Shigemori, K., Hironaka, Y., Sano, T., Watari, T., Otani, K., Matsui, T. y Sugita, S. 2014. Production of sulphate-rich vapour during the Chicxulub impact and implications for ocean acidification. *Nature Geoscience*, 7: 279-282.
- Raup, D.M. y Sepkoski, J.J. 1982. Mass Extinctions in the Marine Fossil Record. *Science*, 215: 1501- 1503.
- Sepúlveda, J., Wendler, J., Summons, R.E. y Hinrichs, K.U. 2009. Rapid resurgence of Marine Productivity after the Cretaceous-Paleogene mass Extinction. *Science*, 326: 129-132.
- Wendler, J. y Willems, H. 2002. The distribution pattern of calcareous dinoflagellate cysts at the Cretaceous/Tertiary boundary (Fish Clay, Stevns Klint, Denmark) - Implications for our understanding of species selective extinction. En: Koeberl, C. y MacLeod, K.G. (eds.), *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and beyond*. Geological Society of America Special Paper, 356: 265-275.

Las extinciones; una gran oportunidad para la vida y para nosotros

Asier Hilario Orús

*Geoparque de la Costa Vasca. Ifar kalea 4, 20820, Deba.
E-mail: flysch@gipuzkoa.net*

Introducción

Seguramente, todo lo que pueda pasar en el futuro más o menos cercano ha sucedido ya alguna vez en la historia de la Tierra. Pongamos que nos preocupa lo que pueda suceder en la Tierra en los siguientes 200 años, un periodo de tiempo más o menos abarcable en el que tendrán que vivir nuestros descendientes más próximos, nuestros hijos y nietos. Aventurarnos mucho más allá resulta, a todas luces, irreal. Este periodo de tiempo no es más que una pequeña anécdota si lo comparamos con los 4.600 millones de años de la historia de nuestro planeta. Pero incluso, si lo comparamos con el periodo en el que la vida ha sido más o menos compleja y abundante, esta franja de tiempo representa únicamente el 0,00003 % de los últimos 542 Ma. Aunque sea únicamente por probabilidad, es muy posible que todo lo que pueda pasar en el futuro haya sucedido ya alguna vez en la historia de la Tierra. Sobre esta hipótesis, la comunidad científica tiene el deber de transmitir a la sociedad su conocimiento sobre la historia y el funcionamiento de nuestro planeta y advertirle de las consecuencias que puede tener un uso abusivo de sus recursos.

En esta compleja tarea de divulgación, la geología se ha encontrado siempre con la gran dificultad de transmitir conceptos como el tiempo geológico o teorías de dinámica interna. Esta dificultad se explica, en parte, por la complejidad propia de algunas de estas ideas, pero sin duda, está condicionada también por la mejor predisposición del ser humano hacia los temas bióticos que abióticos. Y es aquí donde los paleontólogos pueden jugar un papel fundamental, ya que sus estudios permiten conocer las formas de vida y su evolución a lo largo del tiempo, y por lo tanto, contar la historia de la Tierra desde la perspectiva de la vida.

Tras muchos años de investigación los paleontólogos saben muy bien que a lo largo de la historia de la vida se han intercalado momentos más progresivos y “aburridos” con grandes eventos de extinción o explosión de vida. Son precisamente estos últimos los que mayores posibilidades nos aportan para la divulgación, máxime cuando existe la percepción social de que la sostenibilidad del planeta está seriamente amenazada.

Se han planteado hipótesis relacionadas con grandes glaciaciones, variaciones del nivel de mar, impactos meteoríticos, grandes calentamientos, vulcanismo y emisiones de metano y otros gases para explicar los grandes eventos de extinción. La historia nos muestra que vivimos en un planeta cambiante y que la vida es muy vulnerable a todos los cambios ambientales.

Punto de partida; el flysch de Zumaia

Los acantilados del Geoparque de la Costa Vasca son mundialmente conocidos por los excelentes afloramientos de tipo flysch. Este enorme milhojas de más de 6Km de potencia alberga 60 millones de años consecutivos de la historia de la Tierra a lo largo de 10 kilómetros de acantilados, y lo hace, además, en un periodo especialmente intenso e interesante; desde el Albiense (Cretácico Inferior) hasta el Ypresiense (Eoceno).

Sin duda, Zumaia es la localidad más conocida debido a la concentración de límites geológicos relevantes en la playa de Itzurun. En apenas 200 metros de afloramiento continuo han quedado registrados la gran extinción del límite Cretácico / Paleógeno (65,5Ma) y el supercalentamiento del límite Paleoceno / Eoceno (55,8 Ma). Ambos eventos definen el inicio y final de la serie del Paleoceno, cuyos límites interiores han sido definidos como estratotipo mundial por la ICS-IUGS en Zumaia (Fig. 1).

Esta concentración de eventos relevantes, unida a la excelente exposición de la serie, ha permitido elaborar un discurso divulgativo en el que la evolución de la vida, las extinciones y la labor de los paleontólogos tienen un papel fundamental.

Sobre libros, capítulos, personajes y medallas

La claridad y continuidad con la que aflora la serie flysch a lo largo de los 10 kilómetros de costa permite comparar este afloramiento con un

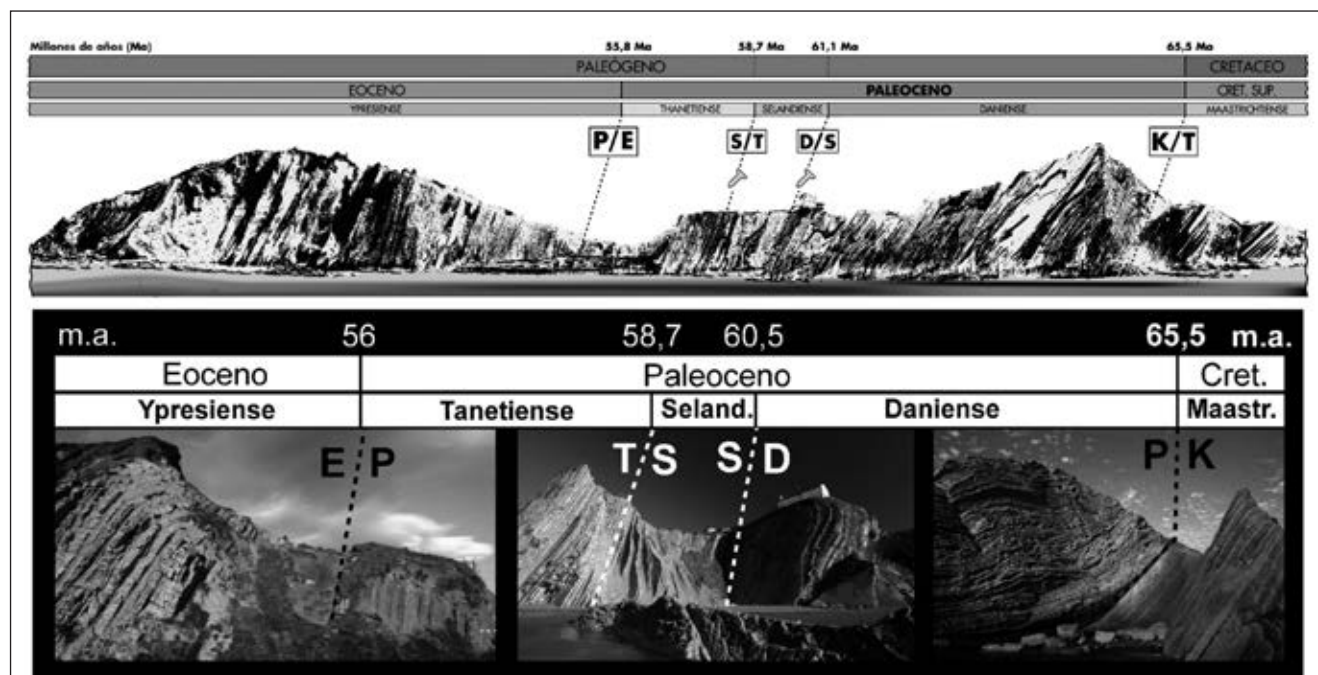


Figura 1. Límites geológicos de la sección de Zumaia en la playa de Itzurun.

gran libro, un libro de más de 6 Kilómetros de grosor escrito en los fondos marinos y formado por miles de páginas de roca que nos cuentan 60 millones de años consecutivos de la historia de la Tierra. Siguiendo con este símil, podemos decir que los fósiles (macrofósiles, microfósiles y huellas) contenidos en las rocas serían los personajes de nuestra historia. Algunos de ellos son protagonistas y perduran durante toda la trama del libro, pero la mayoría aparecen en algún momento puntual de la novela, cumplen su papel en la historia y desaparecen. Sobre esta sencilla comparación es relativamente fácil comprender que el análisis de estas especies permite a los paleontólogos establecer modelos ambientales para el pasado. Por su parte, resulta también sencillo comprender que, de la misma manera que en una novela, la historia de la Tierra está formada por capítulos cuyos límites están marcados por eventos o sucesos relevantes en la trama. Una vez más, tenemos una excelente posibilidad de subrayar la labor de los paleontólogos.

Zumaia permite obtener una panorámica donde el tiempo geológico y sus divisiones se pueden fotografiar (Fig. 1). Una instantánea que permite, de

un sólo vistazo, comprender la magnitud del tiempo geológico y la compleja evolución del clima y la vida en la Tierra. Si tenemos en cuenta que en el año 1992 Zumaia fue candidata a albergar el estratotipo del límite K/Pg (actualmente en Túnez), y que lo mismo sucedió para el límite P/E en el año 2004 (actualmente en Egipto), podemos decir con claridad que en esta sección tenemos dos medallas de oro y dos medallas de plata (Fig. 1).

La gran extinción que nos coloca en el mapa

Este gran libro natural está dividido en dos grandes capítulos; el Cretácico y el Paleógeno. Dos partes separadas por una página de color negro que representa la gran extinción del límite K/Pg. Una fina línea negra en la que desaparecen para siempre cerca del 90% de los personajes de esta novela y se pueden encontrar anomalías de tipo composicional como un pico de iridio, presencia de microesférulas ricas en Níquel y hollín, que apuntan al impacto de un gran meteorito como causante de la extinción que acabó con los dinosaurios y los ammonites entre otros.



Figura 2. Grupo de estudiantes universitarios disfrutando de una buena experiencia marítima-educativa frente al límite K/Pg.

Este gran hito geológico ha colocado a Zumaia en el mapa geo-científico internacional porque fue uno de los afloramientos clave para el desarrollo de la teoría del impacto. Un evento de extinción de esta dimensión es interesante por sí mismo para el público general, pero lo es aún más si tenemos en cuenta que nos da pie a hablar sobre temas tan atractivos como el origen de la vida en la Tierra, la evolución y las grandes extinciones, los dinosaurios o los impactos de meteorito. Especialmente interesante es la posibilidad de introducir un tema de actualidad que tiene que ver directamente con nosotros. ¿Nos encontramos ante la sexta gran extinción? (Fig. 2).

Cada vez más científicos se atreven a sugerir esta idea. ¿Se trata de una exageración o es simplemente una cuestión de perspectiva temporal? En tal caso, sería la primera vez que se produce una gran extinción provocada por la actividad consciente de una especie, ya que al mismo tiempo que la provoca tiene la posibilidad real de evitarla. Es una cuestión de modelo.

Por otro lado, el límite entre el P/E está definido por un fuerte calentamiento derivado de la emisión de grandes cantidades de Carbono a la atmósfera. Los personajes de nuestra novela y del resto del planeta tuvieron que adaptarse a este nuevo escenario climático. Para muchos científicos se trata de un espejo excelente donde podemos mirar las consecuencias que tendría en la actualidad un calentamiento similar. Este gran evento nos muestra que el calentamiento actual puede ser mucho mayor, sobre todo si liberamos los hidratos de metano actualmente almacenados en las regiones polares y subpolares, y que las consecuencias pueden ser severas. El evento hipertermal del límite Paleoceno Eoceno (PETM) representa una

oportunidad excelente para poner en valor el punto de vista geológico del cambio climático: ¿cómo funciona el sistema climático? ¿Estamos ante un calentamiento excepcional? ¿Ha habido antes otros calentamientos? ¿Con qué consecuencias?

Flysch, el susurro de las rocas

"Flysch, el susurro de las rocas" ha sido el proyecto de divulgación más importante que se ha acometido en el Geoparque. Se trata de un documental de estética cinematográfica que parte de los eventos que definen los 4 límites geológicos del afloramiento de Zumaia y realiza una reflexión general sobre la situación y la vulnerabilidad de la especie humana en la Tierra. Tras analizar cada uno de los eventos de Zumaia, el trabajo se pregunta si algo similar puede ocurrir otra vez en la Tierra, y en tal caso, cómo afectaría esto a nuestra sociedad moderna.

Este giro de guión parte de eventos geológicos concretos, pero introduce en el discurso cuestiones de actualidad y reflexiones de carácter general para nuestra sociedad.

Uno de los objetivos del documental fue la puesta en valor del trabajo de la comunidad científica, principalmente geólogos y paleontólogos. Para ello, el proyecto contó con 25 científicos de diferentes disciplinas que tuvieron la posibilidad de trasladar su opinión libre y abiertamente a la sociedad. Entre todos los nombres que participaron en el proyecto cabe destacar algunos geólogos y paleontólogos de prestigio y dilatada trayectoria



Figura 3. Grabando la entrevista en el límite K/Pg de Zumaia con Jan Smit, co-autor de la teoría del impacto.

internacional como Bruce Runnegar (UCLA), Stanley Finney (University of California), Philip Gingerich (University of Michigan), Jan Smit (Vrije Universiteit Amsterdam) o Birger Schmitz (Lund University). Todos ellos, junto con un buen puñado de excepcionales científicos y divulgadores nacionales, consiguieron hilar un discurso sincero y abierto que muestra las

posibilidades divulgativas de la geología en general y de los fenómenos de extinción en particular (Fig. 3).

Conclusiones

Tres años después del estreno televisivo, el documental ha sido visto por más de dos millones de personas. Esto demuestra que la geología tiene un potencial divulgativo importante, donde los eventos relacionados con la evolución de la vida y el clima pueden tener un papel especial debido a la posibilidad que ofrecen de establecer paralelismos con escenarios actuales o futuros.

El trabajo ha mostrado también que es tan importante mostrar el contenido como el método; la manera en la que los investigadores obtienen sus conclusiones y los motivos que les empujan a trabajar en un tema determinado. La experiencia nos ha mostrado también que los paleontólogos tienen mucho que aportar a la divulgación de las ciencias de la Tierra, pero que es fundamental hacerlo con un discurso generoso abierto a otras disciplinas, científicas o no, que permitan construir una buena historia que contar.

Referencias

www.flyschzumaia.com

www.geoparkea.com

Introducción

Los dinosaurios se extinguieron hace 65 millones de años, mucho antes de que surgieran los homínidos e iniciaran su evolución hacia *Homo sapiens*, pero hoy conviven con los humanos y siguen vivos en lo que se ha denominado iconosfera. Su presencia en los medios de comunicación a lo largo del siglo XX los ha colocado en el imaginario colectivo. Constituyen un caso atípico de representación icónica, puesto que su imagen no representa por imitación algo del mundo real, aunque la asumimos como tal, sino que responde a una convención iconográfica arbitraria. La competencia icónica de *Homo videns* es lo que permite la lectura de las imágenes de dinosaurios, dotándolas de una realidad virtual. Funcionan como signos diferentes de otros iconos que imitan formas visibles del mundo real que nos rodea, puesto que como signos se hallan en permanente evolución en función de los avances de la investigación paleontológica, ya que su referente visual pertenece a ecosistemas extinguidos jamás percibidos visualmente por el ojo humano.

Los dinosaurios son una convención iconográfica. No forman parte de la realidad tangible, pero en cambio su presencia en la iconosfera los ha convertido en *reales*. Son un fenómeno atípico en el estudio de los signos icónicos desde el punto de vista de la semiótica. La discusión sobre el signo icónico y su relación imagen/realidad viene de antiguo. La semejanza, la analogía y la motivación de la imagen con el objeto representado es insuficiente para dotar de significado a la reconstrucción icónica de un dinosaurio. No es tanto el objeto representado (en este caso de un animal extinguido nunca visto por un humano) el que dota de significado al icono, sino el contenido cultural que le corresponde (Eco, 1975). Por ejemplo, una persona

de principios del siglo XIX, antes de que Richard Owen acuñara el término Dinosauria, habría interpretado la imagen de un dinosaurio como una aberración icónica por carecer de competencia interpretativa para comprender esa representación visual.

Hoy sabemos leer esas imágenes porque poseemos competencia icónica, que es la capacidad que tiene *Homo videns* -los humanos en la sociedad de la conectividad visual (Sartori, 1998)- para decodificar los signos que pueblan la iconosfera, que es el ecosistema cultural formado por los mensajes icónicos y audiovisuales en los que está inmerso el ser humano, basado en la interacción permanente entre los distintos medios de comunicación y entre estos y sus audiencias (Gubern, 1996).

La representación icónica de los dinosaurios es por tanto una construcción basada en convenciones culturales, nunca en la realidad. Los componentes de la imagen icónica se basan en la imitación, el simbolismo y la arbitrariedad (Gubern, 1987). La imagen de un dinosaurio en un libro de divulgación científica, en una película documental o de ficción, en un cómic o un juguete es un icono basado en el mimetismo pero a partir de una convención, nunca de la realidad objetiva. Es por ello un icono en permanente evolución que cambia conforme avanza el conocimiento científico. Nada tiene que ver la representación del género *Iguanodon* tal como lo muestran las esculturas en el parque Sydenham de Londres, construidas a mediados del siglo XIX, con las imágenes de este dinosaurio en la serie documental de la BBC *Caminando entre dinosaurios*. Su representación es diferente y el público de hoy difícilmente será capaz de decodificar las recreaciones hechas por Waterhouse Hawkins y Richard Owen hace más de siglo y medio, salvo que sea un dinomaniaco, porque carece de competencia icónica para interpretarlas, de la capacidad para decodificar las imágenes de la iconosfera en la sociedad de la conectividad. En cambio, un *Iguanodon* representado en el documental de la BBC citado sí será capaz de decodificarlo e interpretarlo como un dinosaurio.

La imagen de los dinosaurios es consecuencia del proceso cultural de aprendizaje de *Homo videns* en ese universo icónico denominado iconosfera. Son, además, iconos cambiantes cuyo modelo de representación sufre variaciones. Nada tiene que ver la imagen icónica de los saurópodos dibujados por Charles R. Knight a principios del siglo XX, pesados y torpes, con la que se muestra en productos culturales recientes como *King Kong*

(2005), de Peter Jackson, donde aparecen como animales ágiles y no tan *bobos*. Esa evolución en el modelo de representación puede estar asociada a la interacción entre paleontólogos e industria cultural, pero también puede seguir derroteros distintos que den lugar a aberraciones icónicas que no percibe el público en general, sino solo el especializado, y que distorsionan la imagen *real* de estos animales extinguidos. En cualquier caso, las imágenes-íconos que representan dinosaurios hoy día probablemente cambien mucho a lo largo de este siglo, sobre todo en lo que al color de estos vertebrados se refiere o a la presencia de proto plumas entre los terópodos, de acuerdo a los nuevos avances científicos que se produzcan.

Así ha sucedido en la industria de los *mass media* durante la última centuria. Willis O'Brien recurrió al paleontólogo Barnum Brown para hacer el filme de dinosaurios *The Lost World* (1925), al igual que Steven Spielberg buscó el asesoramiento del científico Jack Horner para el rodaje de *Jurassic Park* (1993) (Sanz, 1999). Aun así, los creadores de productos culturales no se atienen por completo siempre a la base científica que les proporcionan sus asesores, sino que tienden a crear un modelo de representación icónica autónomo, que es el hegemónico dentro de la iconosfera. Además, quienes se dedican desde la ciencia a la reconstrucción de las especies extinguidas en el pasado geológico reconocen que su trabajo viene con un paquete de complicaciones añadidas por la sencilla razón de que nadie ha visto a estas criaturas en vida (Antón, 2007). De ahí la importancia que tiene la colaboración, cada vez mayor, entre ciencia y medios de comunicación, al menos en el ámbito informativo y del documental cinematográfico, puesto que en el cine de ficción el modelo siempre seguirá pautas diferentes en aras del espectáculo como así indica su nombre. Es el caso de los paradinosaurios (Sanz, 1999), como ocurre con toda la factoría japonesa de Godzilla o *monstruos* míticos como el *Rhedosaurus* de *The Beast from 20.000 Fathoms* (1953), de Eugène Lourié; tradición que llega a nuestros días con ejemplos como *Wetasaurus*, nombre científico dado a un reptil mesozoico inexistente en el registro paleontológico que aparece en la versión de *King Kong* de 2005.

Conclusiones

La presencia de los dinosaurios en los medios de comunicación a lo largo del siglo XX y su incremento en lo que va del XXI, gracias a los avances



Figura 1. Unos dinosaurios terópodos protagonizan una campaña promocional en una red de establecimientos hosteleros en los que se incide en el gran tamaño de la “jarra jurásica”.

en la generación de imágenes virtuales de gran realismo, ha favorecido la proyección de este icono cultural en la iconosfera, a la vez que ha dotado de competencia icónica al público para la lectura de esas imágenes. Con ello se ha dado un impulso a la mitología dinosauriana que arrancó a mediados del siglo XIX (Sanz, 2005) en la Inglaterra victoriana y que ha hecho que hoy los dinosaurios tengan una presencia hegemónica en la iconosfera entre los animales extinguidos. Su representación aparece en todos los ámbitos de la vida cotidiana con una gran frecuencia e intensidad –que no se da con otras especies vivas– en todo tipo de productos culturales, ya sea en el cine y la televisión, la publicidad (Fig. 1), los videojuegos y el cómic, o en el mercado del juguete, la moda e incluso la artesanía (Fig. 2). Si bien estos vertebrados del Mesozoico se extinguieron hace 65 millones de años, hoy día están más vivos que nunca en el imaginario colectivo de la iconosfera del siglo XXI y cuya domesticación arrancó hace un siglo, en 1914, con el dinosaurio mascota *Gertie* de Winsor McCay.



Figura 2. Llaverio mexicano que recrea varios cráneos de dinosaurios como si se tratara de *calacas*, la tradicional artesanía de este país que consiste en pintar calaveras con vivos colores. En la parte superior, alebrijes (otra artesanía mexicana que recrea seres fantásticos) en forma de dinosaurio.

Referencias

- Antón, M. 2007. *El secreto de los fósiles*. Aguilar, Barcelona, 368 pp.
- Eco, U. 1977. *Tratado de semiótica general*. Lumen, Barcelona.
- Gubern, R. 1987. *La mirada opulenta. Exploración de la iconosfera contemporánea*. Gustavo Gili, Barcelona, 426 pp.
- Gubern, R. 1996. *Del bisonte a la realidad virtual. La escena y el laberinto*. Anagrama, Barcelona, 195 pp.
- Sanz, J.L. 1999. *Mitología de los dinosaurios*. Taurus, Madrid, 206 pp.
- Sanz, J.L. 2005. *Los dinosaurios, un mito cultural*. En: Torcida Fernández-Baldor, F. (ed.), *Huellas que perduran. Incitas de dinosaurios: patrimonio y recursos*. Actas del simposio internacional de la Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León, Valladolid, 409-419.
- Sartori, G. 1998. *Homo videns. La sociedad teledirigida*. Taurus, Madrid, 160 pp.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Nuevas claves en el análisis sociocultural de los dinosaurios

José Luis Sanz

Unidad de Paleontología, Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. E-mail: dinoproyecto@gmail.com

El origen de la dinomanía

El fenómeno sociocultural conocido como dinomanía comenzó en el Reino Unido a mediados del siglo XIX. Los estudios de dinosaurios de paleontólogos como Buckland, Mantell y Owen eran ya en aquella época relativamente populares. Por ello la corona británica decidió premiar el trabajo de estos naturalistas en la gran exposición del Crystal Palace de 1854. Las reconstrucciones de *Iguanodon*, *Megalosaurus* e *Hylaeosaurus*, concebidas por Owen y realizadas por Waterhouse Hawkins, impresionaron al público británico de la época (Fig. 1). De manera que uno de los primeros impactos de los dinosaurios sobre la cultura popular es la sorpresa de que la Tierra, antes de la humanidad, estuvo habitada por monstruosos y extravagantes reptiles, muy diferentes de los que se conocían en la época, tanto actuales como del registro fósil. En esta época se genera una de las ideas más populares sobre los dinosaurios que todavía se mantiene en nuestros días: la existencia de una naturaleza desaparecida, alternativa a la contemporánea compuesta por “bestias” como elefantes, rinocerontes o jirafas.

Parece probable que esta idea sea la base original de la que parten otros. Por un lado, los dinosaurios considerados como símbolo de lo antiguo, obsoleto o caduco. Este concepto parece poco utilizado en la actualidad en los medios de comunicación de masas, aunque todavía se puede ver en periódicos o revistas alguna referencia en este sentido. Fue muy popular durante la segunda parte del siglo XX. Además, el concepto de una naturaleza desaparecida genera en la cultura popular la idea de la extinción de los dinosaurios, una instalación sociocultural clave para entender a tiranosaurios y diplodócidos en los medios de comunicación de masas.

“Bone Wars”

La primera fiebre de los dinosaurios (“Dinosaur Rush”) se produjo durante las dos últimas décadas del siglo XIX. Se trata de un episodio muy conocido en la historia de la paleontología de vertebrados: la famosa disputa entre los naturalistas norteamericanos Marsh y Cope. Este episodio, también conocido como las guerras de los huesos (“Bone Wars”), contiene aspectos obviamente negativos, y otros muy positivos, ya que por primera vez se tenía una idea bastante clara sobre diversidad básica de los dinosaurios. Este conocimiento se transmite a la cultura popular y se potenciará durante la segunda etapa que vamos a ver a continuación.

Quizás lo más importante de esta primera fiebre de los dinosaurios es que la imagen de estos reptiles mesozoicos se instala en la cultura popular asociada a la epopeya nacional norteamericana, es decir, la conquista del Oeste. En este sentido parece bastante claro que la paleontología, y particularmente los dinosaurios, quedan asociados a la conciencia nacional norteamericana y a su cultura popular.

“Second Dinosaur Rush”

La segunda fiebre de los dinosaurios se establece a partir de las primeras décadas de 1900. Está protagonizada por grandes museos norteamericanos,



Figura 1. Copia de la reconstrucción de *Iguanodon*, tal y como fue propuesta por Owen y Waterhouse Hawkins a mediados del siglo XIX. Maqueta realizada por Javier Hernández.

especialmente el American Museum de Nueva York y el Carnegie Museum de Pittsburgh. Los esqueletos de los dinosaurios son presentados de forma inteligente y atractiva, y se añaden reconstrucciones de su posible aspecto en vida. De esta forma se consigue una atracción popular a los museos de historia natural como nunca antes se había logrado.

Durante esta época aparece en el imaginario popular de los dinosaurios la figura del saurópodo, que para muchas personas constituye una imagen arquetípica de los dinosaurios. También se potencia la imagen de terópodos como *Allosaurus* y *Tyrannosaurus*. Las representaciones museísticas de estos dos géneros consagran a los dinosaurios como fieros animales, símbolos del salvajismo de la naturaleza prehistórica. Curiosamente esta concepción de los dinosaurios como seres feroces y agresivos se mantiene vigente en la cultura popular de nuestros días.

Por otra parte, la idea ucrónica de la convivencia entre dinosaurios y seres humanos parece proceder también de esta época. Probablemente aparece en la literatura, y se instala en el cine mudo de Hollywood. El género se conoce con el nombre de cine prehistórico, que alcanzó una cierta notoriedad en los años 60. La ucronía hombres-dinosaurios, siempre combatida por los paleontólogos, está escasamente representada en los medios de comunicación actuales.

La Guerra Fría

Los primeros trabajos sobre las causas de extinción de los dinosaurios proceden del siglo XIX, pero la popularidad del concepto de considerar socioculturalmente a los dinosaurios como un paradigma de la extinción de los seres vivos, se instala claramente en la cultura popular durante la Guerra Fría. Actualmente sigue siendo una idea era ampliamente difundida, especialmente en su relación con la caída de un objeto extraterrestre.

A partir de la década de 1980 existe un gran incremento en el desarrollo de la representación gráfica de los dinosaurios relativa a la reconstrucción de su aspecto en vida. Actualmente esta actividad se incluye en el llamado "Paleoarte". En esta tendencia se potencia de manera evidente la relación entre dragones y dinosaurios, una propuesta ampliamente extendida en la cultura popular de nuestros días.



Figura 2. Merchandising producido sobre el terópodo carcarodontosaurio *Concavenator*. Exposición "Miracle Dinosaurs from Spain". Fukui Dinosaur Prefectural Museum, Japón.



Figura 3. Cartel publicitario de la exhibición ambulante "Dino Expo XXL".

La llegada de Spielberg y más allá

La película Parque Jurásico (1993) marca un hito importante en la aceptación popular de la idea de que las aves son los dinosaurios actuales. Este concepto implica que los dinosaurios no se extinguieron completamente



Figura 4. Disfraz de dinosaurio que interactúa con el público en calles y plazas. Puerto de Sydney, Australia.

y habitan entre nosotros. La existencia de dinosaurios con plumas, fuera del clado Aves, ha sido mal aceptada por sectores dinomaniacos conservadores, que, por ejemplo, consideran de aspecto ridículo a un tiranosaurio emplumado.

En el imaginario popular actual los dinosaurios no son inevitablemente monstruos, sino simplemente un tipo de animal que no existe en la naturaleza contemporánea. La “extinción” de la interpretación popular de los dinosaurios como monstruos, surgido en las últimas décadas, ha propiciado un fenómeno reciente. Se trata de la idea de considerar a los dinosaurios como animales de compañía, mascotas. Esta propuesta ha sido potenciada por diversas películas de dibujos animados en las que los protagonistas son crías de dinosaurios.

Otra idea que se abre paso en la cultura popular de nuestros días es que la extinción de los dinosaurios permitió la radiación de los mamíferos y, en última estancia, la aparición de los seres humanos. Por último, parece muy evidente que la imagen dinosauriana se ha extendido notablemente en los últimos años. Por una parte, obviamente, a través de internet. Pero también en fenómenos más cercanos del entorno físico de la humanidad, como una avalancha de “dinomorfos” (juguetes, bollería, moda, objetos manufacturados, etc) (Fig. 2) e incluso “espectáculos de barrio o feria” (Fig. 3-4).



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA



COMUNICACIONES



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

New data on the Turolian cervids from the Teruel Graben (Spain)

Beatriz Azanza¹, Luca Bellucci², Victoria Quirarte³,
Jorge Morales³, Daniel DeMiguel⁴

¹*Departamento de Ciencias de la Tierra – IUCA, Facultad de Ciencias, Universidad Zaragoza; Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza (Spain).
E-mail: azanza@unizar.es*

²*Dipartimento di Scienze della Terra – “Sapienza – Università di Roma”;
P.le Aldo Moro 5, 00185 Roma (Italy). E-mail: lbellucci78@gmail.com*

³*Museo Nacional de Ciencias Naturales, Departamento de Paleobiología, CSIC, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid (Spain).
E-mail: victoriaq@mncn.csic.es, mcnm166@mncn.csic.es*

⁴*Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (ICP), Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, de les Columnes s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona (Spain).
E-mail: daniel.demiguel@icp.cat*

Cervid remains from the Turolian (latest Miocene) provide essential evidence for the discussion on crown cervid origins. The plesiometacarpalian or telemetacarpalians condition (Brooke, 1878) agrees with other morphological data (Bouvrain, *et al.*, 1989; Groves and Grubb, 1987, 2011) and recent molecular phylogenetic analyses (Gilbert *et al.*, 2006; Hassanin *et al.*, 2012) in grouping them into the subfamilies Cervinae and Capreolinae. Their molecular divergence time was calculated at between 11.5 and 7.7 Ma (Gilbert *et al.*, 2006; Hassanin *et al.*, 2012), thus corresponding to a time span in the early late Miocene, more specifically from the early Vallesian to the early Turolian. However, the fossil record shows the holometacarpalian condition of all late Miocene cervids in which this feature is known and thus, the difficulties to trace the Cervinae and Capreolinae subfamilies back as early as the late Miocene. On the other hand, the taxonomic status of extant muntiacines as a tribe within Cervinae is controversial. Some middle-late Miocene cervids have

been traditionally classified with the extant muntjacs and tufted deer, hereby making the Muntiacinae the earliest of the modern subfamilies as well as the most primitive of extant antlered cervids (mainly because of its simple antlers and long pedicles and sabre-toothed upper canines). This fact would suggest that they are descendants of Miocene cervids, instead to be directly linked with other crown cervids (Azanza *et al.*, 2013).

The Neogene basin-fill sequence in the Teruel graben has supplied the most continuous and well-documented Turolian cervid fossil record of Europe (Azanza, 2000). Here we complete this knowledge with the new findings obtained during the last 15 years as consequence of both systematic field works and emergency recovery activities. We further provide here new data on the dietary capabilities of the Turolian cervids from the Teruel Graben.

Turolian cervids from the Teruel graben

Earliest Turolian cervids in the Teruel graben bore two-tined antlers, hereby showing an interesting transitional position between the antlers of crown cervids and early ancestors. Two appendages recovered from the new locality RRS-AA in the Rambla de Río Seco confirm the presence of a muntjak-like form. Both the shaft of the antler and the pedicle are long, and the antler shows a clear trend towards the development of a beam. These features are exhibited by in *Amphiprox anocerus*, a badly known Vallesian cervid. Azanza *et al.* (2013) have recently described a muntiacine also showing a similar morphology to that in the early Turolian of Germany. The monopodial construction of antlers (i.e., a beam with offshoots of tines) which is typical for crown cervids is first recorded in *Lucentia*. In the Teruel Graben, *L. aff. pierensis* is present in Puente Minero (Azanza, 2000). *Lucentia iberica* is also recorded in RRS-AI, where several juvenile and adult incomplete appendages and teeth have been recognized. In frontal view, the beam bends greatly to medial somewhat higher from the burr. The slender tine is set high above the coronet and points from the anterior margin of the beam. There is a clear paleomeryx fold in lower molars, while the postprotocrista of upper molars is weak or absent. This last feature suggests that *Lucentia* could have a closer relationship with cervines than capreolines (Azanza and Montoya, 1995).

Turiacemas is the first three-tined deer recorded in the Teruel Graben. It is known from middle Turolian (MN12) localities. The postorbitally placed

pedicles are moderately long ($1,5 < L/DTW < 3,0$) in young specimens and short ($L/DTW < 1,5$) in adults/seniles, backwardly inclined and set partially on the cranial cavity. The pedicle and basal part of the beam are compressed longitudinally. The first tine is set high above the coronet and points from the anterior margin of the beam. The second tine points far from the first one (Llbp>LBbp). In frontal view, the beam bends gently to medial somewhat higher from the burr (i.e., it is slightly s-shaped having formed a lyriform pair of antlers). In lateral view, the beam does not show posterior inflexion at the first bifurcation level or is very slight. The fourth lower premolar is highly molarized. The paleomeryx fold in lower molars is weak or absent, and the postprotocrista of upper molars is generally present. According to Vislobokova (2007), *Turiacemas* could be closer to capreolines.

Pliocervus is recorded in latest Turolian localities (MN13) of the Teruel Graben. It has a three- or four-tined antler construction. The pedicles are very short ($L/DTW < 1,5$), strongly inclined backward and closely set each other. The first tine branches off quite high above from the burr. The position of the second tine is variable, and in the lateral view a strong inflection at the first bifurcation level can be observed. Azanza (2000) described a new species of *Pliocervus*, *P. turoloensis*, from the sites of Milagros and El Arquillo, both in the Teruel Graben. This species is characterized by the particular trend of the basal part of the beam that strongly bends outward and slightly forward in lateral view. Other cervid remains from the same sites most closely resemble instead *P. matheroni* in terms of morphological features, from the latest Turolian French site of Mont Léberon. *Pliocervus* is also recorded at Las Casiones, Valdecebro 3, and RRS-K. Traditionally, it has been related to *Cervavitus* and considered to be a Pliocervini, a transitional tribe between muntiacines and cervines (Petronio *et al.*, 2007). According to Croitor and Stefaniak (2009), *Pliocervus* and *Pavlodaria* are very close and could be even synonymous. Then, *Pliocervus* could be placed well into the Capreolinae.

Feeding ecology of Turolian cervids in the Teruel graben: evidence from dental micro- and mesowear analyses

Here we rely on the microscopic traces left by foods on the enamel surface (microwear) and the mesoscopic wear of the teeth (mesowear) in order to reconstruct the feeding styles (browsing, mixed feeding or grazing)

of the fossil species. Overall, both analyses resulted in similar feeding assignments for most of the cervids investigated, and results strongly suggest dietary strategies equaling those of extant mixed feeders (both browsing and grazing) for most of the taxa. Some species, however, seem to have been more sensitive to changes in the structure of ecosystems and vegetation than others, and responded to these by substantially increasing the intake of grasses and abrasives (e.g., *Pliocervus* from Valdecebro 3) and browse and softer material (e.g., *Lucentia* from Puente Minero, *Pliocervus* from RRS-K and Las Casiones).

Acknowledgements

This work has been funded by the Spanish Ministerio de Economía y Competitividad (CGL2011-28681/BTE, CGL2010-19116 and CGL2011-25754, and JCI-2011-11697 to D.DM.). We are very grateful to L. Alcalá, who invited us to study the cervid material from Las Casiones. The emergency recovery activities of the new sites of Rambla de Río Seco were carried out by APC (Arqueología y Patrimonio Cultural, S.L.).

References

- Azanza, B. 2000. Los Cervidae (Artiodactyla, Mammalia) del Mioceno de las Cuencas del Duero, Tajo, Calatayud-Teruel y Levante. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 8: 1-376.
- Azanza, B. and Montoya, P. 1995. A new deer from the lower Turolian of Spain. *Journal of Paleontology*, 69: 1163-1175
- Azanza, B., Rössner, G.E. and Ortiz-Jaureguizar, E. 2013. The early Turolian (late Miocene) Cervidae (Artiodactyla, Mammalia) from the fossil site of Dorn-Dürkheim 1 (Germany) and implications on the origin of crown cervids. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 93(2): 217-258.
- Brooke, V. 1878. On the classification of the Cervidae with a synopsis of the existing species. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1878: 883-928.
- Bouvrain, G., Geraads, D. and Jehenne, Y. 1989. Nouvelles données relatives a la classification des Cervidae (Artiodactyla, Mammalia). *Zoologischer Anzeiger*, 223 (1-2): 82-90.

Croitor, R. and Stefaniak, K. 2009. Early Pliocene deer of Central and Eastern European regions and inferred phylogenetic relationships. *Palaeontographica*, 287: 1-39.

Gilbert, C., Ropiquet, A. and Hassanin, A. 2006. Mitochondrial and nuclear phylogenies of Cervidae (Mammalia, Ruminantia): Systematics, morphology, and biogeography. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40: 101-117.

Groves, C.P. and Grubb, P. 1987. Relationships of living deer. In: Wemmer, C.M. (ed.), *Biology and Management of the Cervidae*. Washington, Smithsonian Institution Press, 21-59.

Groves, C.P. and Grubb, P. 2011. *Ungulate taxonomy*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 317 pp.

Hassanin, A., Delsuc, F., Ropiquet, A., Hammer, C., Jansen van Vuuren, B., Matthee, C., Ruiz-Garcia, M., Catzeffli, F., Areskoug, V., Thanh Nguyen, T. and Coloux, A. 2012. Pattern and timing of diversification of Cetartiodactyla (Mammalia, Laurasiatheria), as revealed by a comprehensive analysis of mitochondrial genomes. *Comptes Rendus Biologies*, 335: 32-50.

Petronio, C., Krakhmalnaya, T., Bellucci, L. and di Stefano, G. 2007. Remarks on some Eurasian pliocervines: Characteristics, evolution, and relationships with the tribe Cervini. *Geobios*, 40: 113-130

Vislobokova, I.A. 2007. New data on Late Miocene mammals of Kohfidisch. Austria. *Palaeontological Journal*, 41: 451-460.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Ícnofacies de *Glossifungites* en el Mioceno de Alcoy (SE España)

Zain Belaústegui¹, Allan A. Ekdale², Rosa Domènech¹,
Jordi Martinell¹

¹IRBio (Institut de Recerca de la Biodiversitat) y Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n 08028 Barcelona (España).

E-mail: zbelaustegui@ub.edu, rosa.domenech@ub.edu, jmartinell@ub.edu

²Department of Geology and Geophysics, University of Utah, 115 South 1460 East, Room 383 FASB, Salt Lake City, UT 84112-0102, USA.

E-mail: a.ekdale@utah.edu

Introducción

Las trazas fósiles del Mioceno de Alcoy fueron descubiertas a finales del s. XIX por Juan Vilanova y Piera, y posteriormente estudiadas en detalle por Saporta (1887). Este autor, que las definió como 'organismos problemáticos' afines a algas o esponjas, atribuyó parte del material a la especie ya conocida *Taonurus ultimus*, y el resto lo definió como el nuevo género y especie *Spongiomorpha iberica*.

Con el paso del tiempo la especie *Spongiomorpha iberica* fue interpretada como una madriguera fósil de crustáceo (p.ej. Häntzschel, 1975). Sin embargo, aun siendo su localidad tipo, el yacimiento alcoyano no volvió a ser estudiado en detalle hasta los estudios de Boscà (1917) y Calzada (1981). De hecho, Calzada (1981) al revisar material de Alcoy depositado en el Museo Geológico del Seminario Conciliar de Barcelona y tratar de localizar sin éxito la localidad tipo, descubrió una nueva localidad de *Spongiomorpha iberica* en el Mioceno de Murcia (ver Gibert y Ekdale, 2010).

Finalmente Gibert (2011) visitó la localidad tipo de *Spongiomorpha iberica* en el Mioceno de Alcoy y comenzó un estudio detallado de la misma, donde identificó tres icnotaxones: *Spongiomorpha iberica*, *Rhizocorallium jenense* (descrito como *Taonurus ultimus* por Saporta, 1887)

y *Gastrochaenolites ornatus*. El presente trabajo sigue los pasos de este autor y viene a concluir dicho estudio.

Contexto geológico y geográfico

La zona de estudio se ubica a unos 9 km al oeste de la ciudad de Alcoy, dentro del Parque Natural del Carrascal de la Font Roja y en los terrenos del Mas de les Pardinetes (Fig. 1). Los materiales miocenos que engloban estas trazas, probablemente de edad Serravalliense-Tortonense, se sitúan en la zona externa de la Cordillera Bética y forman parte del relleno de una de las llamadas cuencas prebéticas orientales (Sanz de Galdeano y Vera, 1992). Estos materiales, compuestos principalmente por margas, se corresponderían a nivel local con la Formación Masía del Garrofero descrita por Cater (1987) y, a nivel regional, con el denominado 'tap'.

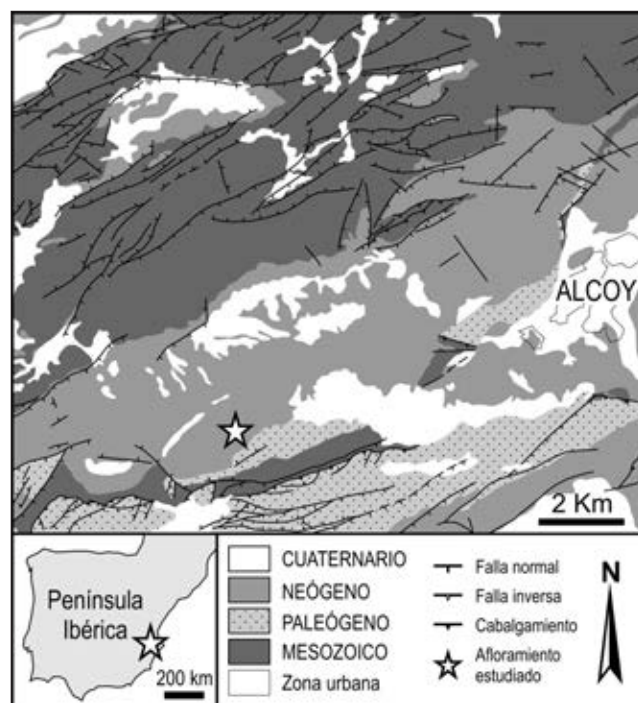


Figura 1. Mapa geológico simplificado del área donde queda englobado el afloramiento estudiado (modificado de las Hojas 820, 821, 846 y 847 del MAGNA 1:50.000, www.igme.es).

Las trazas fósiles aparecen tanto como relieves completos incluidos en las margas blancas del 'tap', como hiporelieves en la base de una intercalación carbonatada de unos 3 m de potencia que pasa gradualmente, de muro a techo, de calcarenitas a calcirruditas. Los icnofósiles aparecen asociados al contacto entre estas dos litologías, *in situ* y rellenos por el mismo material que compone la unidad carbonatada suprayacente.

Icnología: descripción y sistemática

Tres icnotaxones han sido identificados en el Mioceno de Alcoy, dos correspondientes a estructuras de bioturbación: *Spongiomorpha iberica* Saporta, 1887 (Fig. 2C) y *Glossifungites saxicava* Łomnicki, 1886 (Fig. 2A); y uno a estructuras de bioerosión: *Gastrochaenolites ornatus* Kelly y Bromley, 1984 (Fig. 2B).

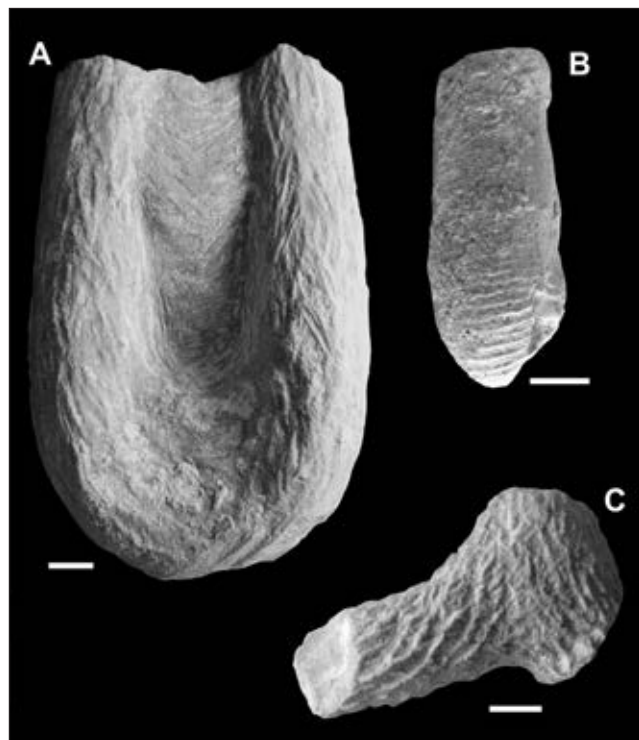


Figura 2. Trazas fósiles del Mioceno de Alcoy: (A) *Glossifungites saxicava*; (B) *Gastrochaenolites ornatus*; (C) *Spongiomorpha iberica* (escala 1 cm).

Spongiomorpha iberica consiste en sistemas de madrigueras predominantemente horizontales y de sección cilíndrica, con ramificaciones más o menos frecuentes en forma de 'Y' o 'T', y caracterizadas por presentar una ornamentación externa (bioglifos). Estos bioglifos, de longitud milimétrica, consisten en crestas con forma de 'Y', dispuestas longitudinalmente con respecto al eje principal de la traza, y conformando así un patrón romboidal (Gibert, 2011). Cuando es posible observar las terminaciones de las madrigueras, éstas presentan una morfología cónica ojival.

En el Mioceno de Alcoy, la icnoespecie identificada ahora como *Glossifungites saxicava*, fue descrita por Saporta (1887) como *Taonurus ultimus* y como *Rhizocorallium jenense* por Gibert (2011). De hecho, aunque en muchos casos estas tres icnoespecies son consideradas como sinónimos, Uchman *et al.* (2000) dieron prioridad a *R. jenense* por ser el primer nombre en acuñarse. Comúnmente el icnogénero *Rhizocorallium* se describe como madrigueras horizontales o subhorizontales, con forma de 'U' y con un *spreite* protrusivo. Sin embargo, al revisar la diagnosis que Łomnicki (1886) propuso para la icnoespecie *G. saxicava*, en ningún momento se menciona ningún tipo de *spreite* o de relleno activo, es más, este autor lo describe como una perforación con forma de 'lengua o pezuña'. Puesto que las trazas fósiles del Mioceno de Alcoy son prácticamente idénticas al material tipo descrito por Łomnicki (1886) en el Mioceno de Ucrania, en este trabajo las asignamos a la icnoespecie *G. saxicava*, entendiéndola como una icnoespecie válida y distinta de *R. jenense*.

Por lo tanto, las trazas fósiles identificadas como *G. saxicava* se caracterizan por ser madrigueras horizontales a subhorizontales, en forma de 'lengua' con una parte externa más ancha y una central más estrecha, rellenas pasivamente por el material suprayacente (es decir, sin *spreite*) y con dos tipos principales de bioglifos, de dimensiones milimétricas, ornamentando su parte externa: crestas longitudinales, distribuidas a lo largo de todo el perímetro exterior de la madriguera, o crestas más cortas dispuestas en semicírculos en la zona central. En ambos casos son concordantes con la morfología general en forma de 'lengua' de la madriguera.

Por último, la icnoespecie *Gastrochaenolites ornatus* se caracteriza por presentar una morfología general claviforme o en forma de porra, de sección circular y con bioglifos espirales, continuos y dispuestos en zig-zag o serrados en su parte basal.

Discusión

Los tres icnotaxones reconocidos en el Mioceno de Alcoy presentan los bioglifos como característica común (ver Ekdale y Gibert, 2010). La presencia de bioglifos está directamente relacionada con la consistencia del sedimento, cuanto mayor es ésta en el momento en que se produce la excavación o perforación de un organismo, mayor es la probabilidad de que queden preservados. Puesto que en Alcoy se han encontrado tanto estructuras de bioturbación como de bioerosión en el mismo nivel e *in situ* (y por lo tanto contemporáneas), se interpreta que el sedimento estaría lo suficientemente blando para permitir que organismos bioturbadores excavaran sus madrigueras y lo suficientemente duro para que los organismos perforantes también pudieran colonizarlo. Por lo tanto estaríamos hablando de un sedimento compactado (y muy probablemente deshidratado) pero no cementado, es decir, un substrato firme (*firmground*).

La presencia de *firmgrounds* suele estar relacionada con tendencias regresivas, asociadas con bajadas importantes del nivel del mar, en las que se produce una exposición submarina de los sedimentos del fondo marino. En estos casos, la tasa de sedimentación suele ser muy baja o nula y pueden o no producirse procesos erosivos que exhumen sedimentos más profundos, lo que en conjunto favorece que se produzca esa compactación. De esta manera, los *firmgrounds* tienen gran importancia en estratigrafía secuencial ya que se corresponden con superficies de omisión.

A su vez, también es muy común que en el registro fósil, como sucede en el caso del Mioceno de Alcoy, la presencia de *firmgrounds* esté ligada a la presencia de la denominada 'icnofacies de *Glossifungites*' (Seilacher, 1967). En cuanto a icnodiversidad, esta icnofacies se caracteriza típicamente por presentar icnogéneros como *Diplocraterion*, *Spongeliomorpha*, *Rhizocorallium* o *Gastrochaenolites*. Sin embargo, a pesar de dar el nombre a la icnofacies y debido a las controversias icnotaxonómicas anteriormente expuestas, el icnogénero *Glossifungites* rara vez es citado como un componente más.

En cuanto a los posibles productores, los icnotaxones identificados como estructuras de bioturbación (*S. iberica* y *G. saxicava*) parecen corresponderse a dos comportamientos totalmente distintos y a dos organismos diferentes. Como ya explicábamos anteriormente existe un amplio consenso a la hora de asignar al icnogénero *Spongeliomorpha* como el resultado de la actividad

excavadora de crustáceos decápodos (p.ej. Hantzschel, 1975). En cuanto a *G. saxicava*, Gibert (2011) señala a la especie de anfípodo actual *Corophium* como un posible productor, ya que sus madrigueras son muy similares a las de esta icnoespecie. Por último y gracias a que algunos de los especímenes estudiados conservan en su interior al productor, la icnoespecie *G. ornatus* se correspondería con la actividad perforadora de bivalvos foliados, muy probablemente del género *Barnea* o *Pholas*.

Finalmente, cabe destacar que en las paredes de algunos de los especímenes de *S. iberica* y *G. saxicava* se ha observado la presencia de placas basales de cirrípedos. Láminas delgadas de estas muestras han permitido identificar que el cirrípedo completo, articulado y en posición de vida está en el interior de la madriguera. Esto significa que las madrigueras fueron colonizadas o bien mientras aún vivían sus productores (crustáceos) o bien entre el lapso de tiempo que transcurrió desde su abandono hasta su relleno total (y pasivo) de sedimento. En cualquier caso, se estaría describiendo por primera vez en el registro fósil la colonización del interior de madrigueras, muy probablemente excavadas por crustáceos, por parte de cirrípedos con hábitos de vida crípticos, es decir, bajo condiciones de vida estresantes y prácticamente sin luz.

Conclusiones

Se redescubre la localidad tipo de *Spongeliomorpha iberica* del Mioceno de Alcoy. Junto a ella, también se describen las icnoespecies *Gastrochaenolites ornatus* (ya identificada por Gibert, 2011) y por primera vez *Glossifungites saxicava*.

A través del estudio icnológico de las trazas del Mioceno de Alcoy se identifica a *Glossifungites saxicava* como un icnotaxón distinto de *Rhizocorallium jenense*, y se asume como válida la designación icnogénica e icnoespecífica propuesta por Łomnicki (1886).

Se describe por primera vez en el registro fósil la presencia de cirrípedos criptobiontes colonizando el interior de madrigueras.

Agradecimientos

Los autores agradecen la inestimable ayuda de los integrantes de la Asociación Paleontológica Alcoyana ISURUS, ya que desde que conocieron

al Dr. Jordi M. de Gibert en 2009, su colaboración con el Grupo de Investigación PaleoNeoMar ha sido siempre muy valiosa. Igualmente, agradecemos el trabajo de Alejandro Gallardo en la preparación de las muestras. Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación CGL2010-15047 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Referencias

- Boscà, E. 1917. A propósito de *Taonurus ultimus* vel *Spongiliomorpha iberica* Saporta. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 17: 263-268.
- Calzada, S. 1981. Revision del icno *Spongiliomorpha iberica* Saporta, 1887 (Mioceno de Alcoy, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 79: 189-195.
- Cater, J.M.L. 1987. Sedimentary evidence of the Neogene evolution of SE Spain. *Journal of the Geological Society, London*, 144: 915-932.
- Ekdale, A.A. y Gibert, J.M. de 2010. Paleontologic significance of bioglyphs: fingerprints of the subterraneans. *Palaíos*, 25: 540-545.
- Gibert, J.M. de 2011. Las trazas fósiles del Mioceno al oeste de Alcoy: la localidad tipo de *Spongiliomorpha iberica*. *ISURUS Revista de divulgación paleontológica y de las ciencias asociadas*, 4: 22-27.
- Gibert, J.M. y Ekdale, A.A. 2010. Paleobiology of the crustacean trace fossil *Spongiliomorpha iberica* in the Miocene of southeastern Spain. *Acta Palaeontologica Polonica*, 55: 733-740.
- Häntzschel, W. 1975. Trace fossils and problematica. En: Teichert, C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Pt W, Miscelanea II, Supplement 1*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, 1-269.
- Kelly, S.R.A. y Bromley, R.G. 1984. Ichneological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology*, 27: 793-807.
- Łomnicki, A.M. 1886. Słodkowodny utwór trzeciorzędny na Podolu galicyjskiém (Tertiary fresh-water deposit in the Galician Podolia). *Akademii Umiejętności w Krakowie, Sprawozdanie Komisji Fizyograficznej*, 20: 48-119.
- Sanz de Galdeano, C. y Vera, J.A. 1992. Stratigraphic record and palaeogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain. *Basin Research*, 4: 21-36.
- Saporta, M. de 1887. Nouveaux documents relatifs aux organismes problematiques des anciens mers. *Bulletin de la Société Géologique du France*, 15: 286-302.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5: 413-428.
- Uchman, A., Bubniak, I. y Bubniak, A. 2000. The *Glossifungites* ichnofacies in the area of its nomenclatural archetype, Iviv, Ukraine. *Ichnos*, 7: 183-193.

Análisis morfométrico de la asimetría en *Cyclothyris* aff. *difformis* (Brachiopoda, Rhynchonellida) del Coniaciense (Cretácico) de la Plataforma Norcastellana: Primeros resultados

Mélani Berrocal-Casero¹, Fernando Barroso-Barcenilla^{1,2},
Fernando García Joral¹

¹Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas,
Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España.

E-mail: melani.berrocal@estumail.ucm.es, fbarroso@geo.ucm.es,
fgjoral@geo.ucm.es

²Grupo de Investigación IberCreta, Universidad de Alcalá de Henares, 28871,
Alcalá de Henares, España.

Introducción

Los rinconélidos asimétricos del Cretácico Superior son un grupo fácil de reconocer y citado con frecuencia, pero cuya clasificación e interpretación funcional resultan aún controvertidas. El propósito de este trabajo es analizar morfométricamente la variabilidad de la asimetría de los braquiópodos rinconélidos del Coniaciense clasificados como *Cyclothyris* aff. *difformis* (Valenciennes in Lamarck, 1819), procedentes de tres secciones situadas en la Provincia de Burgos (Fig.1) y sus posibles relaciones con la sistemática o la morfología funcional del grupo. El contexto deposicional y bioestratigráfico de estas secciones ha sido descrito recientemente por Barroso-Barcenilla *et al.* (2013) y Segura *et al.* (2014).

En las secciones de Villamartín, Turzo y Nidáguila, se han recogido 270 ejemplares que presentan comisura asimétrica. Entre estos, se han seleccionado los que mostraban mejor estado de conservación, de manera que el número de individuos estudiados ha quedado reducido a 67. Para estudiar la asimetría se ha utilizado por primera vez en braquiópodos fósiles un análisis de morfología geométrica (Bookstein, 1991; Marcus *et al.*, 1993; Hammer y Harper, 2006), basado en la toma de "landmarks" predefinidos sobre la línea de comisura, junto con una serie de medidas de longitud relacionadas con el salto entre los dos lóbulos de la concha.

Resultados y discusión

El análisis morfométrico realizado ha mostrado una gran variabilidad en el desarrollo de la comisura asimétrica del taxón estudiado (*C.* aff. *difformis*), característica que no parece que pueda relacionarse con variaciones en el tiempo o en el espacio, ni diferenciarse de la observada para el conjunto de rinconélidos con este tipo de comisura. En consecuencia, esta diferencia no parece ser válida como criterio sistemático, según han propuesto algunos autores, sino que se trata de una variación intrapoblacional, seguramente de origen construccional. La única correlación importante que ha mostrado este análisis se establece entre el salto de la comisura, reflejado por la distancia entre los landmarks 2 y 3, y el tamaño (o crecimiento) de la concha. Las conchas estudiadas son simétricas hasta un cierto tamaño, en el que ya está determinada la forma básica de la concha. La estructura interna no muestra asimetría, y cuando ésta empieza a manifestarse, las cruras ya parecen haber alcanzado su forma definitiva.

La asimetría puede considerarse una alternativa construccional al plegamiento característico de las formas simétricas, que típicamente es bajo y limitado a la zona anterior de la concha en el género *Cyclothyris*. En la primera especie del género en que aparece la asimetría (*C. difformis*



Figura 1. Contexto geográfico. (A) Localización general del área de estudio. (B) Situación detallada de las secciones muestreadas.

del Cenomaniense) aparecen juntas formas simétricas y asimétricas (Owen, 1962; Motchurova-Dekova, 1995) en un ambiente que esta última autora considera litoral. La asimetría surge de nuevo en el Coniaciense, pero esta vez no aparecen juntas formas simétricas y asimétricas, como ocurría en el Cenomaniense, sino que todos los ejemplares son asimétricos. A pesar de esta diferencia, la variabilidad en la comisura frontal resulta muy similar a la observada en *C. difformis* asimétricos y en las demás especies con comisuras asimétricas de *Cyclothyris*, de manera que el proceso de torsión está muy definido y canalizado. De hecho, la especie coniaciense, que es la estudiada por nosotros, ha sido llamada *C. difformis* o *C. aff. difformis* en casi todos los trabajos anteriores, porque resulta difícil de distinguir exclusivamente mediante criterios morfológicos de las formas conomanienses.

Por otro lado, el desarrollo de la asimetría parece en este caso relacionado con la abundancia de materiales detríticos finos en los sedimentos. Las formas asimétricas coniacienses aparecen cuando la sedimentación cambia de predominantemente calcárea a predominantemente detrítica en todas las secciones estudiadas. Algo similar ha sido observado en otras cuencas por Muñoz (1985, 1994) y Gaspard (1991). Si en *C. difformis* del Cenomaniense la asimetría parece ser una alternativa construccional sin sentido funcional, que forma parte de la variabilidad en el desarrollo del plegamiento, en *C. aff. difformis* del Coniaciense todo sugiere que esta alternativa ha sido seleccionada al cambiar el ambiente. Refuerza esta idea el hecho de que en las primeras capas con *C. aff. difformis* aparecen algunos ejemplares con caracteres intermedios en la comisura (Fig. 2). El sentido morfo-funcional de esta selección es, no obstante, difícil de interpretar y deberá continuar siendo analizado en detalle.

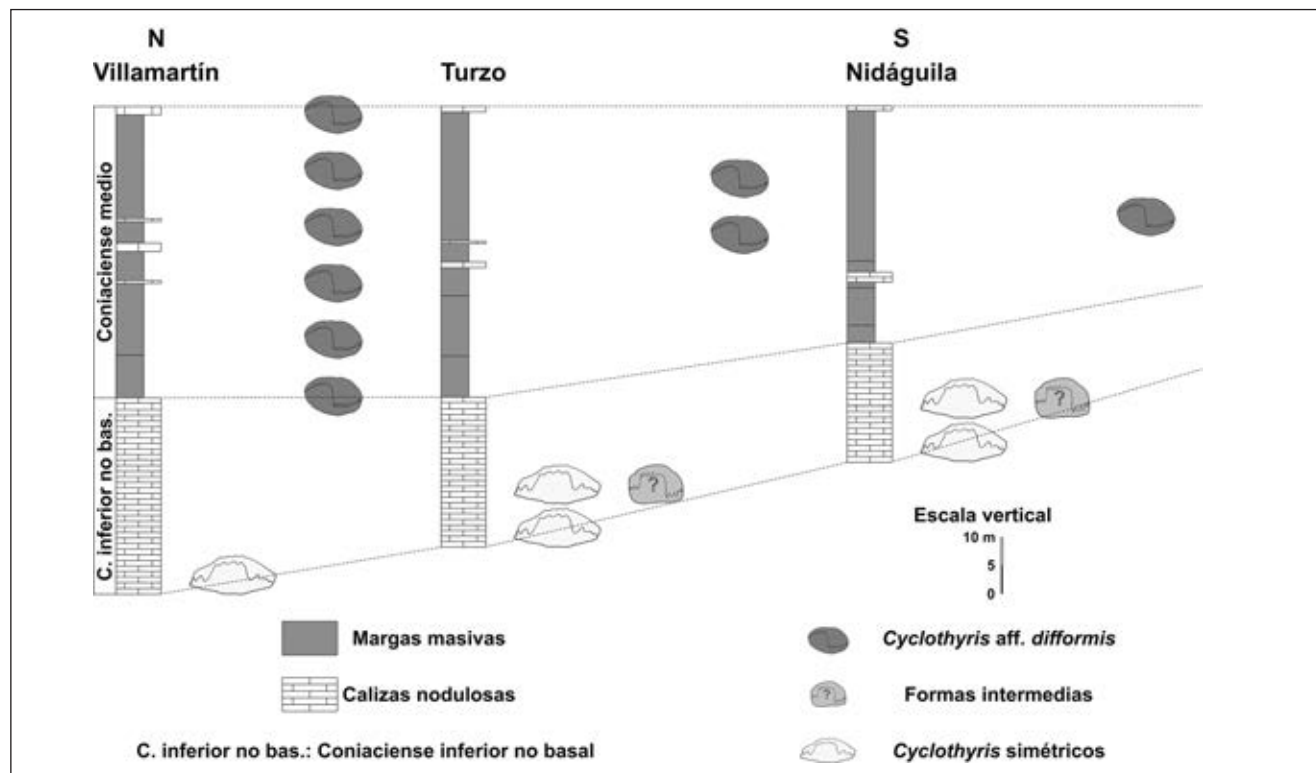


Figura 2. Detalle del intervalo Coniaciense inferior no basal-Coniaciense medio de las secciones estudiadas, en el que se muestra la variación de las comisuras. En los niveles carbonatados inferiores aparecen formas simétricas, encontrándose en los últimos de ellos formas con comisuras intermedias. En niveles margosos superiores aparecen braquiópodos asimétricos (*Cyclothyris aff. difformis*).

Conclusiones

El estudio morfométrico realizado indica que la asimetría de la comisura frontal en *Cyclothyris* aff. *difformis* del Coniaciense de la Plataforma Norcastellana muestra una variabilidad muy grande, que no se relaciona con variaciones entre localidades más proximales o más distales, ni entre diferentes niveles estratigráficos. Esta variabilidad resulta similar a la observada en otras especies asimétricas de la misma línea evolutiva, lo que significa que no puede utilizarse como criterio de diferenciación sistemática.

Se muestra también una correlación entre el salto de la comisura (diferencia de altura entre los dos lóbulos asimétricos) y la talla de la concha. La asimetría, al igual que el plegamiento en las especies simétricas, aparece en un momento tardío del desarrollo, con una fuerte alometría positiva. La comparación con otras especies del género *Cyclothyris* que presentan comisuras asimétricas en el Cretácico Superior sugiere que este proceso está canalizado desde el punto de vista construccional.

Mientras *C. difformis* del Cenomaniense, registrada en facies más litorales, muestra una mezcla de formas simétricas y asimétricas, los *C. aff. difformis* de Coniaciense son siempre asimétricos y aparecen en facies con mayor contenido en detríticos finos. Esto puede interpretarse como la selección de las formas asimétricas en los ambientes más abiertos.

La evolución del género *Cyclothyris* en el Cretácico Superior se caracteriza por la aparición iterativa de la asimetría, morfológicamente similar en diferentes momentos y en distintos ambientes.

Agradecimientos

Al Dr. Manuel Segura, de la Universidad de Alcalá de Henares, y la Dra. Paloma Sevilla, de la Universidad Complutense de Madrid, por su colaboración en las campañas de campo, así como al revisor de este trabajo, el Dr. Jordi Martinell, de la Universidad de Barcelona. Esta investigación ha sido financiada por los proyectos GR58/08B/910431, de la Universidad Complutense de Madrid, PEI111-0237-7926, de la Junta de Castilla-La Mancha, y CGL2011-25894 y CGL2011-23947 del MICINN, España.

Referencias

- Barroso-Barcenilla, F., Callapez, M. y Segura, M. 2013. Revision and new data on the Conacian ammonite genus *Hemitissotia* in the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Palaöntologische Zeitschrift*, 87: 201-217.
- Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, 512 pp.
- Gaspard, D. 1991. Les cas de Non-symétrie chez les Rhynchonelles quelle(s) signification(s)? *Geobios*, 13: 33-44.
- Hammer, O. y Harper, D. 2006. *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publishing, Oxford, 351 pp.
- Lamarck, J.B.P. 1819. *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres*, 6. Déterville, Paris, 343 pp.
- Marcus, L.F., Bello, E. y García-Valdecasas, A. 1993. Contribution to Morphometrics. *Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, 8: 95-130.
- Motchurova-Dekova, N.M. 1995. Late Cretaceous Rhynchonellida (Brachiopoda) from Bulgaria. I. Genus *Cyclothyris* M'COY. National Museum of Natural History. *Geologica Balcanica*, 25: 35-74.
- Muñoz, J. 1985. Braquiópodos del Cretácico Superior de los alrededores de St. Corneli (Prov. Lleida). *Publicaciones Geológicas de la Universidad Autónoma de Barcelona*, 21: 1-125.
- Muñoz, J. 1994. *Estudio paleontológico y bioestratigráfico de los braquiópodos del Cretácico Superior del Pirineo catalán*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, 413 pp.
- Owen, E.F. 1962. The brachiopod genus *Cyclothyris*. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology*, 7: 37-63.
- Segura, M., Barroso-Barcenilla, F., Callapez, P., García-Hidalgo, J.F. y Gil, J. 2014. Depositional Sequences and Cephalopod Assemblages in the upper Cenomanian-lower Santonian of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Geologica Acta*, 12: 19-27.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Implicaciones sistemáticas de la disparidad morfológica y métrica observada en los topos del yacimiento de la Cueva de Camino (Pleistoceno Superior, Pinilla del Valle, Madrid)

Patricia Canales Brellenthin¹, Paloma Sevilla¹, César Laplana²

¹Departamento de Paleontología, UCM. José Antonio Novais, 12. 28040 Madrid. E-mail: paty_brellenthin@hotmail.com, psevilla@ucm.es

²Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid. Plaza de las Bernardas s/n. 28801, Alcalá de Henares, Madrid. E-mail: cesar.laplana@gmail.com

Introducción

Actualmente en la Península Ibérica se distribuyen dos especies de topo, *Talpa occidentalis* (topo ibérico) y *Talpa europaea* (topo europeo). *Talpa occidentalis* es una especie endémica de la Península Ibérica que se distribuye de forma más o menos continua por el tercio noroccidental peninsular pero está ausente en los Pirineos y la Cuenca del Ebro (Fig. 1a). *Talpa europaea* está presente en casi toda Europa continental y Gran Bretaña, a excepción de gran parte de las penínsulas mediterráneas y Escandinavia. Concretamente, en la Península Ibérica se localiza en el norte hasta León, por el oeste, y hacia el sur alcanza el norte de Burgos y la cabecera del Ebro (Fig. 1b).

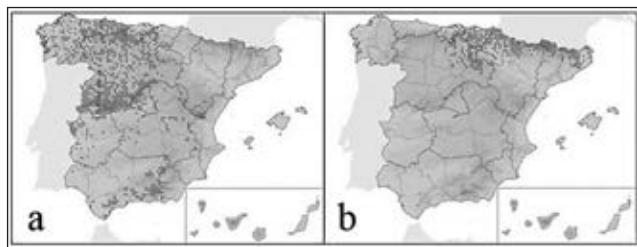


Figura 1. Distribución actual de *Talpa europaea* (A) y *Talpa occidentalis* (B) en la Península Ibérica (tomado de Román, 2007a, 2007b).

Los estudios filogeográficos interpretan patrones de distribución geográfica de las especies a partir de las distancias genéticas observadas usando marcadores genéticos. Los tiempos de divergencia se estiman a partir del supuesto de una tasa media de cambio genético constante. Sin embargo, los resultados obtenidos en estos estudios no siempre concuerdan con los datos que proporciona el registro fósil. Concretamente en el caso de *Talpa*, según el análisis filogeográfico llevado a cabo por Colangelo *et al.* (2010), la escisión *T. europea* / *T. occidentalis* tuvo lugar en el tránsito Plio-Pleistoceno. La Península Ibérica actuó posteriormente como refugio glacial para ambos taxones, pero su diferente capacidad de recolonización de áreas abandonadas de Europa durante el Holoceno explica las diferencias en su patrón de distribución actual.

Así, según esta interpretación filogeográfica, en la Península Ibérica deberían existir fósiles de ambas especies a partir del Pleistoceno Inferior. La realidad, sin embargo, es que no hay evidencia de la presencia de dos especies ni en el Pleistoceno Inferior ni en el Pleistoceno Medio; ni siquiera el Pleistoceno Superior proporciona evidencias claras de la existencia de dos especies (Furió, 2007).

En este trabajo se aborda el estudio del material asignado al género *Talpa* procedente del nivel 5 (Pleistoceno Superior, edad ± 90 ka) del yacimiento de la Cueva de Camino (Pinilla del Valle, Madrid), con el fin de determinar la identidad de la especie representada en el material. Para su determinación específica se han seguido los criterios expuestos en van Cleef-Rodgers y van den Hoek Ostende (2001), que combinan criterios morfológicos y métricos.

Materiales y métodos

La Cueva del Camino forma parte de un conjunto de rellenos kársticos cuaternarios localizados en las calizas cretácicas que afloran en el Valle del Lozoya (Madrid), en el término municipal de Pinilla del Valle, Madrid. El relleno consta de varios niveles diferenciados de los cuales el nivel 5 es el más rico en fauna. Dataciones llevadas a cabo mediante termoluminiscencia sitúan el yacimiento en el Pleistoceno Superior, con una edad absoluta de 90.961 ± 7.881 ka (Arsuaga *et al.*, 2010). El listado de micromamíferos identificados en este nivel es muy extenso (Arsuaga *et al.*, 2012). El género *Talpa* está representado por un número de restos algo superior al habitual en este tipo de yacimientos y consisten principalmente en húmeros y restos dentarios.

El análisis se centró en los molares superiores, tomando como criterio para reconocer *T. europaea* la presencia de mesostilo sencillo en el ectolofio, frente al mesostilo doble de *T. occidentalis* (Fig. 2). A este criterio morfológico, utilizado como el más fiable para distinguir las dos especies en la Península Ibérica (Román, 2007b), se añadió la talla, ya que *T. europaea* presenta un tamaño ligeramente superior al de *T. occidentalis*, aunque la manifestación de esta diferencia en los molares no es tan clara como en las medidas mandibulares (van Cleef-Rodgers y van den Hoek Ostende, 2001).

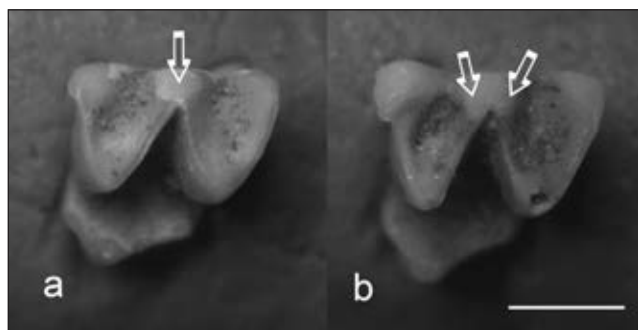


Figura 2. Molares superiores del yacimiento de la Cueva de Camino, nivel 5, mostrando a: un mesostilo sencillo (*T. europaea*) y b: mesostilo doble (*T. occidentalis*). Escala = 1 mm

Resultados

La principal dificultad a la hora de contrastar la interpretación de Colangelo *et al.* (2001) con el registro fósil es el hecho de que los restos atribuidos a *Talpa* en yacimientos cuaternarios suelen ser escasos, por lo que habitualmente aparecen en las listas faunísticas o bien como *Talpa* sp. o bien como *Talpa europaea*, a pesar de que en la actualidad el topo más extendido en la Península Ibérica es *T. occidentalis*.

Los molares superiores asignados a *Talpa* en el nivel 5 de la Cueva de Camino ascienden a 49, siendo los más numerosos los M3 (n=25); mientras que los M1 y los M2 son menos numerosos (13 y 11 respectivamente). De estos, 13 mostraban un grado de desgaste de intenso a muy intenso, impidiendo reconocer la morfología del mesostilo. De los restantes molares tan solo 4 mostraban el mesostilo simple sin lugar a dudas; los restantes mostraban mesostilos dobles. Así, considerando la morfología del mesostilo como diagnóstica para las especies de topos de la Península Ibérica, estos

resultados indicarían la presencia de ambas especies en la asociación, aunque con un claro predominio del topo ibérico.

Al analizar la talla mostrada por los molares con una y otra morfología, no se observa ninguna correlación. Los molares con mesostilo doble muestran un rango amplio de variación tanto en su longitud como en la anchura, siendo esta variación máxima en los M1. Los molares de mesostilo simple presentaban medidas que caían íntegramente dentro del rango de variación de los molares de mesostilo doble. Estos resultados concuerdan con las observaciones de van Cleef Rodgers y van den Hoek Ostende (2001), que concluyen que las medidas de los molares no permiten discriminar entre las dos especies.

Conclusiones

El estudio del material fósil de topos del yacimiento de la Cueva de Camino muestra la existencia tanto de molares superiores de mesostilo doble como de molares de mesostilo simple, siendo estos últimos aparentemente menos frecuentes. Esto sería indicativo de la coexistencia de ambas especies en el Valle del Lozoya durante el Pleistoceno Superior. La ausencia de *T. europaea* actualmente en esta región se explicaría por la migración de ésta hacia latitudes más altas durante el Holoceno (Colangelo *et al.*, 2010).

Alternativamente, los resultados obtenidos en la Cueva de Camino podrían estar indicando una sobreestimación de la edad en la que se originó *T. occidentalis* según los estudios genéticos, pudiendo ser en realidad más reciente como parece indicar el registro fósil. La ausencia de correlación entre la talla de los molares superiores con la morfología del mesostilo en el material estudiado podría ser evidencia de la existencia de un amplio rango de variabilidad previo a la especiación, que pudo tener lugar en Pleistoceno Superior al igual que en otras especies de micromamíferos.

El tema del origen del topo ibérico muestra la complejidad de los procesos de especiación en el Cuaternario y la necesidad de considerar el registro fósil para una correcta interpretación de los análisis filogeográficos. Sin duda alguna, nuevos estudios con material fósil de *Talpa* procedentes de yacimientos de diferentes edades dentro del Pleistoceno y con diferente ubicación geográfica contribuirán a esclarecer el origen de *T. occidentalis*.

Agradecimientos

Las excavaciones en los yacimientos del Calvero de la Higuera están financiadas por los proyectos S2010/BMD-2330 y GR58/08-910607 de la Comunidad de Madrid, CGL2009-7896/BTE del Ministerio de Ciencia e Innovación. Nuestro agradecimiento al equipo excavador en los yacimientos; sin su colaboración no habría material fósil que estudiar.

Referencias

- Arsuaga, J.L., Baquedano, E., Pérez-González, A., Sala, N., García, N., Álvarez-Lao, D., Laplana, C., Huguet, R., Sevilla, P., Blain, H.A., Quam, R., Ruiz Zapata, M.B., Sala P., Gil García, M.J., Uzquiano, P. y Pantoja, A. 2010. El yacimiento kárstico del Pleistoceno Superior de la Cueva del Camino en el Calvero de la Higuera (Pinilla del Valle, Madrid). En: *1º Reunión de científicos sobre cubiles de hiena (y otros grandes carnívoros) en los yacimientos arqueológicos de la Península Ibérica*. Zona Arqueológica, 13, 349-368.
- Arsuaga, J.L., Baquedano, E., Pérez González, A., Sala, N., Quam, R.M., Rodríguez, L., García, R., García, N., Álvarez-Lao, D.J., Laplana, C., Huguet, R., Sevilla, P., Maldonado, E., Blain, H.-A., Ruiz Zapata, M.B., Sala, P., Gil García, M.J., Uzquiano, P., Pantoja, A. y Márquez, B. 2012. Understanding the ancient habitats of the last-interglacial (late MIS 5) Neanderthals of central Iberia: Paleoenvironmental and taphonomic evidence from the Cueva del Camino (Spain) site. *Quaternary International*, 275: 55 - 75
- Colangelo, P., Bannikova, A.A., Kryštufek, B., V.S. Lebedev, V.S., Annesi, F., Capanna, E. y Loy, A. 2010. Molecular systematics and evolutionary biogeography of the genus *Talpa* (Soricomorpha: Talpidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 55: 372–380
- Furió, M. 2007. *Los Insectívoros (Soricomorpha, Erinaceomorpha, Mammalia) del Neógeno Superior del Levante Ibérico*. Tesis Doctoral, Universidad Atónoma de Barcelona, 299 pp.
- van Cleef-Rodgers, J.T. y van den Hoek Ostende, L. 2001. Dental morphology of *Talpa europaea* and *Talpa occidentalis* (Mammalia: Insectivora) with a discussion of fossil *Talpa* in the Pleistocene of Europe. *Zoologische Mededelingen*, Leiden, 75: 51-67.
- Román, J. 2007a. *Talpa europaea* Linnaeus, 1758. En: Palomo, L.J., Gisbert, J. y Blanco, J.C (eds.), *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos terrestres de España*. Secem-Secemu, 86-88.
- Román, J. 2007b. *Talpa occidentalis* Cabrera, 1907. En: Palomo, L.J., Gisbert, J. y Blanco, J.C (eds.), *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos terrestres de España*. Secem-Secemu, 89-91.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Lucien Cuénot, Richard Goldschmidt y Miquel Crusafont Pairó

Adrià Casinos

Universitat de Barcelona, Departament de Biologia Animal, 08028,
Barcelona. E-mail: acasinos@ub.edu

Lucien Cuénot (1866-1951), profesor de Zoología en la Universidad de Nancy, ha sido considerado como uno de los primeros mendelianos franceses (Gayon y Burian, 2000). Sus contribuciones a la biología evolutiva fueron numerosas y variadas. Por ejemplo, hace justo un siglo estableció el concepto de preadaptación (Cuénot, 1914; Gayon, 1995).

Cuénot falleció el 7 de enero de 1951. Con motivo de su muerte y de la publicación de un libro póstumo (*L'Évolution Biologique. Les Faits. Les Incertitudes*), el genético estadounidense, de origen alemán, Richard Goldschmidt publicó ese mismo año, en la revista *Science*, dos notas dedicadas al citado zoólogo francés (Goldschmidt, 1951a, b). Primero en el mes de marzo, una necrológica; luego, en septiembre, una reseña del citado libro.

El 28 de abril de 1951, el paleontólogo Miquel Crusafont Pairó leyó una comunicación en el pleno de la *Fundació Bosch i Cardellach* de Sabadell. Dicha comunicación versaba sobre la citada necrológica de Cuénot. Se trata de un fuerte ataque a Goldschmidt por sus críticas a la deriva teleológica de Cuénot en los últimos años de su vida. Hasta donde yo sé, dicha comunicación se ha mantenido inédita, si bien el

manuscrito se encuentra depositado en la *Biblioteca Miquel Carreras*, de la misma ciudad de Sabadell. Se analiza el texto en el marco de los planteamientos de Crusafont en lo relativo a la ciencia y la fe, y en el de sus relaciones con diversos colegas que tenían posiciones ideológicas muy diferentes.

Agradecimientos

A Jean-Pierre Gasc (*Muséum*, París) por sus comentarios y a Lluís Serra (Universitat de Barcelona) por sus indicaciones bibliográficas. Este trabajo es una extensión del proyecto CGL2011-23919 del Ministerio de Economía y Competitividad.

Referencias

- Crusafont Pairó, M. 1951. Comentario a una nota necrológica sobre Lucien Cuénot (manuscrito). *Fundació Bosch i Cardellach, Sabadell*: 1-3.
- Cuénot, L. 1914. Théorie de la préadaptation. *Scientia*, 16: 60-73.
- Gayon, J. 1995. La notion de préadaptation dans l'oeuvre de Lucien Cuénot. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 120: 335-346.
- Gayon, J. y Burian, R.M. 2000. France in the era of mendelism (1900-1930). *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences de Paris. Sciences de la Vie*, 323 (12): 1097-1106.
- Goldschmidt, R. 1951a. L. Cuénot: 1866-1951. *Science*, 113: 309-310.
- Goldschmidt, R. 1951b. L'Évolution biologique: Les Faits, Les Incertitudes. *Science*, 114: 309-310.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Aplicación de la morfometría geométrica al estudio de icnitas de terópodo de la Formación Huérteles (Berriasiense, Soria)

Diego Castanera¹, Jorge Colmenar², Víctor Sauqué¹,
José Ignacio Canudo¹

¹Grupo *Aragosaurus*-IUCA. Paleontología. Dpto. CC. de la Tierra.
Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.
Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza (Spain).
E-mail: dcastanera@unizar.es, vsauque@unizar.es, jicanudo@unizar.es

²Área de Paleontología, Dpto. CC. de la Tierra, Universidad de Zaragoza.
Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza (Spain). E-mail: colmenar@unizar.es

Introducción

Las icnitas de vertebrados son una fuente de información imprescindible para reconstruir la biodiversidad de los ecosistemas del pasado, siendo la mayor evidencia de los organismos extintos en algunas formaciones donde escasean los restos osteológicos (Lockley, 1991). Este es el caso de la Formación Huérteles (Soria, Cuenca de Cameros, Cordillera Ibérica) donde se han descrito una gran cantidad de yacimientos de icnitas de dinosaurios y otros reptiles mesozoicos del Berriasiense, en la base del Cretácico Inferior (Hernández-Medrano *et al.*, 2008). Las de terópodos son las más abundantes entre las icnitas de dinosaurios, habiéndose descrito hasta 10 morfotipos (Hernández-Medrano *et al.*, 2008). Teniendo en cuenta recientes trabajos sobre la variación en la morfología de las icnitas y su relación con el substrato (Razzolini *et al.*, 2014) así como los posibles cambios ontogénéticos (Olsen *et al.*, 1998), uno de los aspectos paleoecológicos más interesante que quedan por resolver es el número exacto de icnotaxones de terópodo presentes en la formación Huérteles. La morfometría geométrica es una herramienta de uso habitual en Paleontología (ej. Colmenar *et al.*, 2014) incluyendo el estudio de icnitas (Rasskin-Gutman *et al.*, 1997) pero que no se ha utilizado de forma sistemática en estudios icnológicos. El objetivo de este trabajo es aplicar dicha metodología en las icnitas de terópodo mejor conservadas de la Formación Huérteles de cara a determinar

cuantitativamente el número de grupos de terópodos presentes en la formación.

Material y métodos

Se ha revisado el material del yacimiento tipo de *Kalohipus bretunensis* Fuentes Vidarte y Meijide Calvo, 1998; así como la colección de icnitas de terópodo del Museo Numantino de Soria donde icnitas de tipo grallatórido han sido descritas recientemente (Pascual-Arribas y Hernández-Medrano, 2011). En la colección del Museo hay icnitas que estaban sin describir, alguna de las cuales se ha incluido en el análisis. Además se han revisado los diez morfotipos descritos por Hernández-Medrano *et al.* (2008), incluyéndose en los análisis aquellas icnitas cuya conservación era adecuada.

Para los análisis de morfometría geométrica los especímenes se han analizado como si fueran todos icnitas de pie izquierdo, por lo que se utilizó el Adobe Photoshop para realizar la imagen especular de las huellas correspondientes a pies derechos. Se han seleccionado 10 puntos de referencia o *landmarks* que representan la línea de contorno de las icnitas, estos son: *Landmark* 1: Máxima longitud del dedo III. *Landmarks* 2 y 10: Máxima anchura del dedo III (segunda almohadilla). *Landmarks* 3 y 5: Máxima anchura del dedo IV (segunda almohadilla). *Landmark* 4: Máxima longitud del dedo IV. *Landmark* 6: Posición del talón. *Landmarks* 7 y 9: Máxima anchura del dedo II (segunda almohadilla). *Landmark* 8: Máxima longitud del dedo II. Para la digitalización de los *landmarks* y el análisis de los datos se han utilizado los *softwares* TpsDig v.2.16 I PAST v.2.14. Se ha realizado análisis de componentes principales (PCA) y "*thin-plate spline methods* (TPS)" a las icnitas seleccionadas (ver metodología en Colmenar *et al.*, 2014).

Resultados y discusión

El PCA realizado a partir de los 10 *landmarks* agrupa la mayoría de icnitas de tipo grallatórido (*convex hull* formado por marcas "+" en Fig.1) descritas por Pascual-Arribas y Hernández-Medrano (2011) con las icnitas asignadas a *Kalohipus bretunensis* (*convex hull* formado por marcas "x" en Fig.1) ya que ambos *convex hulls* ocupan parte del mismo morfoespacio superponiéndose entre sí. En base a este análisis podría considerarse que ambos tipos de icnitas pertenecen al mismo icnotaxón. Además, el *convex hull* formado por *Kalohipus*

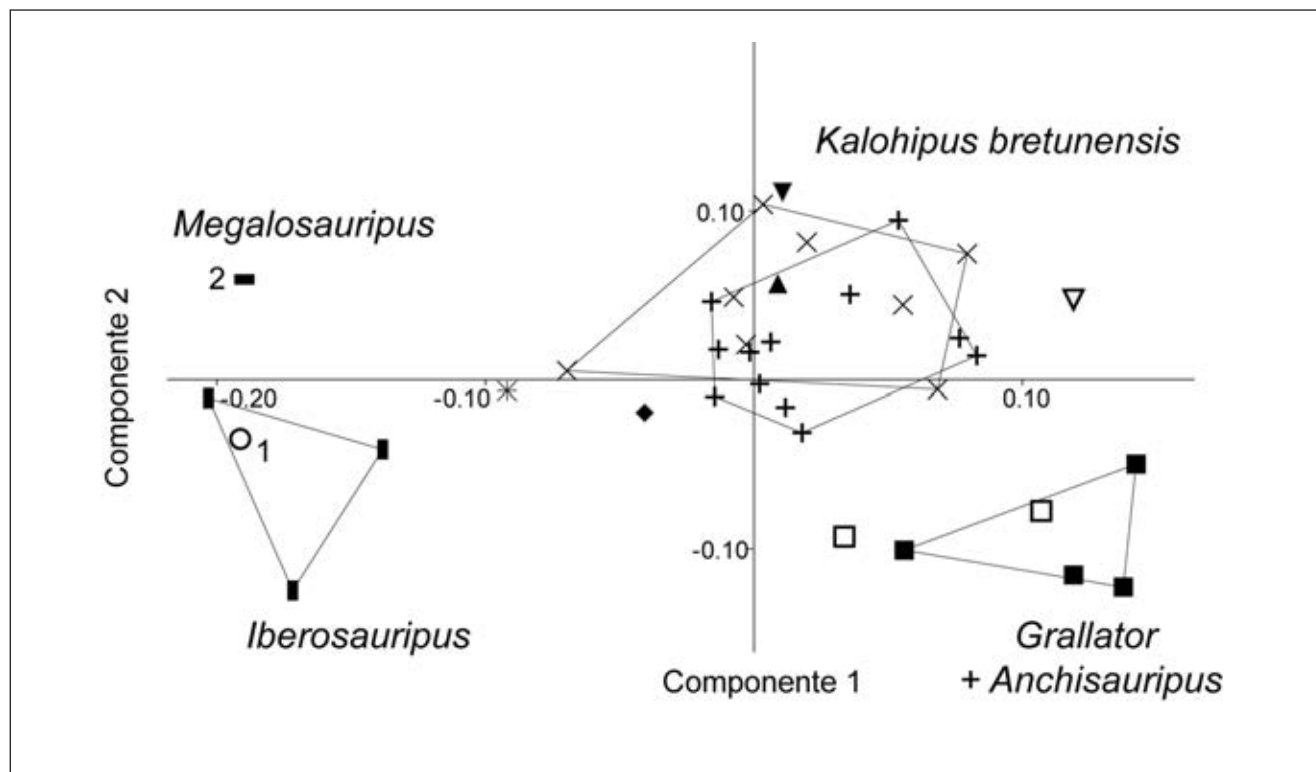


Figura 1. Resultados del análisis de componentes principales, en el que se muestra un gráfico bivariente de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2).

bretunensis quedaría alejado de otras icnitas típicas grallatoridas como el material tipo de *Grallator* y *Anchisauripus* (Olsen *et al.*, 1998). El PCA, muestra un cuarto *convex hull* alejado del resto en la parte negativa de los componentes 1 y 2, en el que se agrupan las icnitas clasificadas como *Iberosauripus* (Cobos *et al.*, 2014). Este *convex hull* también incluye el espécimen MNS2003/92/14 (nº 1 en Fig.1) el cual no había sido descrito con anterioridad. El espécimen LM-N2A-1 (nº 2 en Fig. 1) asignado previamente a *Megalosauripus* por Barco *et al.* (2005) se sitúa en la parte negativa del componente 1, pero en la parte positiva del componente 2 y relativamente alejado por tanto de *Iberosauripus*.

El análisis de *TPS deformation* muestra que las diferencias entre *Kalohipus bretunensis* y las icnitas “grallatoridas” de la Fm. Huérteles es mínima. Las diferencias de *K. bretunensis* con *Grallator* y *Anchisauripus* se dan principalmente en los *landmarks* 8 y 4 (posición relativa respecto al centroide

de los *landmarks* del extremo distal de los dedos II y IV, respectivamente). En el caso de las icnitas asignadas a *Iberosauripus* y *Megalosauripus*, las principales diferencias se dan en el *landmark* 4 (posición relativa respecto al centroide del *landmark* del extremo distal del dedo IV).

Conclusiones

Los análisis de morfometría geométrica realizados permiten concluir que hay al menos, dos grandes grupos de terópodos representados en la formación Huérteles. Por un lado, icnitas atribuidas a *Kalohipus bretunensis*, caracterizadas por ser gráciles, de tamaño pequeño-medio, y con una alta relación longitud anchura y proyección del dedo III; por otro lado las icnitas atribuidas a *Iberosauripus* sp. que se caracterizan por su robustez, un tamaño medio-grande y una baja relación longitud anchura y proyección

del dedo III. Un posible tercer grupo de icnitas de tamaño medio-grande (*Megalosauripus*) podría estar presente pero el registro es muy escaso (un único espécimen) hasta el momento por lo que se carecen de datos para afirmarlo con seguridad. Las mayores diferencias de este posible grupo respecto a *Iberosauripus*, se encuentran en la posición del dedo IV.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto Grupos consolidados del Gobierno de Aragón. Los autores agradecen a la Junta de Castilla y León por los permisos necesarios para la documentación de los yacimientos; así como a Marian Arlegui y José Luis García, por su ayuda y hospitalidad durante las visitas al Museo Numantino de Soria. También se agradecen los comentarios y discusiones aportados por Carlos Pascual.

Referencias

Cobos, A., Lockley, M.G., Gascó, F., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. 2014. Megatheropods as apex predators in the typically Jurassic ecosystems of the Villar del Arzobispo Formation (Iberian Range, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 399: 31-41.

Fuentes Vidarte, C. y Meijide Calvo, M. 1998. Icnitas de dinosaurios terópodos en el Weald de Soria (España). Nuevo icnogénero *Kalohipus*. *Estudios geológicos*, 54: 147-152.

Hernández Medrano, N., Pascual Arribas, C., Latorre Macarrón, P. y Sanz Pérez, E. 2008. Contribución de los yacimientos de icnitas sorianos al registro general de Cameros. *Zubia*, 23-24: 79-120.

Lockley, M.G. 1991. *Tracking Dinosaurs: A new Look at an Ancient World*. Cambridge University Press, Cambridge, 238 pp.

Olsen, P.E., Smith, J.B., McDonald y N.G. 1998. Type material of the type species of the classic theropod footprint genera *Eubrontes*, *Anchisauripus*, and *Grallator* (Early Jurassic, Hartford and Deerfield Basins Connecticut and Massachusetts, USA). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(3): 586-601.

Pascual-Arribas, C. y Hernández-Medrano, N. 2011. Posibles huellas de crías de terópodo en el yacimiento de Valdehijuelos (Soria, España). *Studia geologica salmanticensia*, 47(1): 77-110.

Razzolini, N.L., Vila, B., Castanera, D., Falkingham, P.L., Barco, J.L., Canudo, J.I., Manning, P.L. y Galobart, À. 2014. Intra-Trackway Morphological Variations Due to Substrate Consistency: The El Frontal Dinosaur Tracksite (Lower Cretaceous, Spain). *PloS one*, 9(4): e93708.

Rasskin-Gutman, D., Hunt, G., Chapman, R.E., Sanz, J.L. y Moratalla, J.J. 1997. The shapes of tridactyl dinosaur footprints: procedures, problems and potentials. En: Wolberg, D.L., Stump, E. y Rosenberg (eds.), *Dinofest International, Academy of Natural Sciences*. Philadelphia, 20, 377-383.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Nuevos restos fósiles del estegosaurio *Dacentrurus* en el yacimiento Barrihonda-El Humero de Riodeva (Teruel, España)

Alberto Cobos, Rafael Royo-Torres, Luis Alcalá

Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis
(Museo Aragonés de Paleontología), Avda. Sagunto s/n, 44002 Teruel.
E-mail: cobos@dinopolis.com, royo@dinopolis.com, alcala@dinopolis.com

Introducción y antecedentes

La Formación Areniscas, Calizas y Arcillas de Villar del Arzobispo, se ha revelado en los últimos años como un enorme contenedor de fósiles de dinosaurios del tránsito Jurásico-Cretácico, sobre todo en las provincias de Teruel y Valencia. En esta unidad litoestratigráfica son especialmente abundantes los restos fósiles correspondientes a saurópodos y a estegosaurios. Stegosauria es un clado de ornitisquios cuadrúpedos fitófagos, caracterizados principalmente por disponer de dos filas de placas y/o espinas dérmicas, una a cada lado de la línea media del cuerpo desde el cuello hasta el final de la cola. La gran cantidad de restos directos e indirectos de estegosaurios en esta Formación han hecho de esta unidad litoestratigráfica un lugar idóneo para conocer la sistemática, el comportamiento y la paleoecología de estos tireóforos (Cobos *et al.*, 2010).

Como ejemplo, cabe destacar que la mayor cantidad de yacimientos con fósiles de estegosaurios de España se sitúa en el municipio de Riodeva (Teruel), todos ellos localizados en facies correspondientes a la Formación Villar del Arzobispo. Desde el año 2003 se ha descrito material postcraneal perteneciente a la región axial, pélvica y apendicular de varios especímenes de *Dacentrurus* de diferente tamaño procedente de distintos yacimientos: El Romeral (RD-3), Barrihonda-El Humero (RD-10), Prado de las Arenas (RD-16), La Quineta 2 (RD-44) y Barranco Conejero (RD-46). Otros restos de estegosaurios se han descubierto en el yacimiento Están de Colón (RD-34), aunque el material permanece sin describir (Cobos *et al.*, 2008, 2010; Cobos y Gascó, 2013).

Material del yacimiento Barrihonda-El Humero (RD-10)

Los fósiles más representativos de estegosaurios de Riodeva proceden del yacimiento Barrihonda-El Humero (RD-10). Este lugar es la localidad tipo del eusaurópodo gigante *Turiasaurus riodevensis* (Royo-Torres *et al.*, 2006; Royo-Torres y Upchurch, 2012). Junto a los fósiles del mayor taxón de dinosaurio definido en Europa hasta el momento también se han recuperado dientes de terópodos, atribuidos a Allosauridae y Dromeosauridae (Gascó *et al.*, 2012), un diente y material apendicular de ornitópodo, asignado a Ankylopollexia indet. (Gascó *et al.*, 2013) y restos asociados de estegosaurios (Cobos *et al.*, 2010). Hasta el momento estos últimos comprendían una vértebra cervical (CPT-1330), cinco vértebras caudales anteriores (CPT-1434; CPT-1436; CPT-1453; CPT-4057; CPT-4058), un bloque sacro iliaco fusionado y articulado a dos isquiones y a dos pubis incompletos (CPT-1435) y un fémur (CPT-1304), que, junto a una tibia y a una fíbula fusionadas distalmente al calcáneo y al astrágalo (CPT-1316; 1424), conforman gran parte de una extremidad posterior izquierda articulada. Asimismo se han descrito un metatarso (CPT-1454) y una placa dérmica (CPT-1288). Todos los fósiles fueron encontrados *in situ* en un área de unos 200 m² y la presencia de vértebras caudales repetidas confirmó la presencia de, al menos, dos individuos (Cobos *et al.*, 2010).

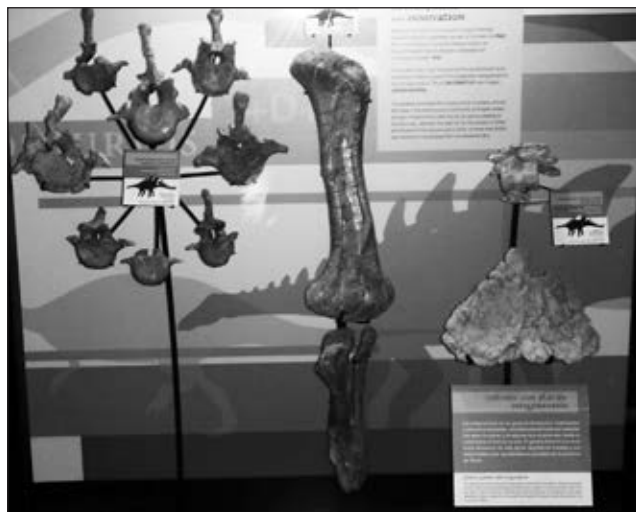


Figura 1. Fósiles de *Dacentrurus* procedentes del yacimiento Barrihonda-El Humero de Riodeva (Teruel), expuestos en el Museo Paleontológico de Dinópolis.

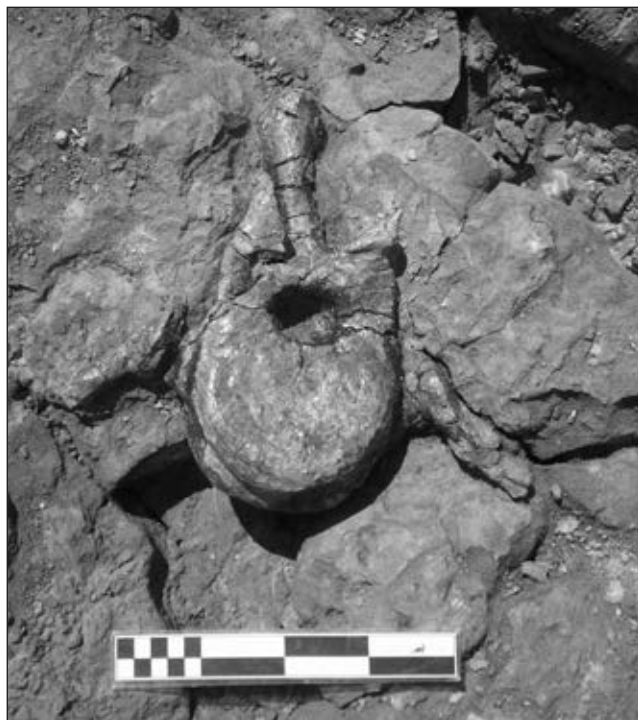


Figura 2. Vértebra caudal de *Dacentrurus* en el yacimiento Barrihonda-El Humero de Riodeva (Teruel).

Nuevos fósiles

A todo este material, expuesto actualmente en el Museo Paleontológico de Dinópolis en Teruel, se añaden ahora cuatro nuevas vértebras (MAP-4680; MAP-4681; MAP-4682 y MAP-4683) que fueron encontradas durante la campaña de excavación del año 2009 (Figs. 1 y 2) y que han sido recientemente preparadas en el laboratorio de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis en Teruel.

Descripción

Las vértebras MAP-4682 y MAP-4681 están casi completas, mientras que MAP-4680 y MAP-4683 están incompletas y presentan por separado el centro vertebral y las espinas neurales correspondientes. Al igual que las cinco vértebras caudales conocidas con anterioridad (CPT-1434; CPT-1436;

CPT-1453; CPT-4057; CPT-4058), los centros de estas cuatro nuevas vértebras poseen las superficies articulares anterior y posterior ligeramente cóncavas y de apariencia acorazonada. Las espinas neurales presentan ápices ligeramente expandidos transversalmente en MAP-4680 y MAP-4682 mientras que están mucho más comprimidas lateromedialmente en MAP-4681 y MAP-4683. Las superficies articulares de las prezigapófisis conservadas están inclinadas ventrolateralmente. Los cuatro centros vertebrales presentan unos procesos transversos triangulares similares a los de las vértebras caudales anteriores descritas por Cobos *et al.* (2010) aunque con una proyección lateral mucho menos desarrollada. Los centros vertebrales están comprimidos anteroposteriormente con su mayor longitud en sentido lateromedial. Algunas vértebras presentan facetas para los chevrones (como MAP-4681). Dadas estas características, las cuatro nuevas vértebras se asignan a vértebras caudales que ocuparían una posición anterior-media en la serie caudal. Por sus proporciones probablemente forman parte de una de las dos series caudales ya identificadas en el yacimiento Barrihonda-El Humero (Cobos *et al.*, 2010). En concreto se situarían en una posición posterior a la serie caudal compuesta por CPT-1453 (segunda vértebra caudal), CPT-4057 (tercera) y CPT-4058 (cuarta) a las que seguirían caudalmente MAP-4680, 4682, 4683 y 4681, respectivamente. En esta serie caudal la longitud de las espinas neurales se incrementa caudalmente, así como lo hace la longitud de los centros vertebrales.

Conclusión

El material de este yacimiento fue asignado previamente al estegosaurio *Dacentrurus armatus*, entre otros aspectos porque el fósil CPT-1435 posee una de las autopomorfías de este taxón (la superficie dorsal del isquion es recta) (Cobos *et al.*, 2010; Cobos y Gascó, 2013). Por ello, estas cuatro nuevas vértebras caudales se asignan aquí al mismo taxón.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con el soporte del Departamento de Educación, Universidad, Cultura y Deporte (Dirección General de Patrimonio Cultural) y del Departamento de Industria e Innovación (Gobierno de Aragón) y Fondo Social Europeo (Grupo de Investigación Consolidado E-62 FOCONTUR), del Instituto Aragonés de Fomento y de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis.

Referencias

- Cobos, A. y Gascó, F. 2013. New vertebral remains of stegosaurian dinosaur *Dacentrurus* from Riodeva (Teruel, Spain). *Geogaceta*, 53: 17-20.
- Cobos, A., Royo-Torres, R., Alcalá, L., Luque, L. y Aberasturi, A. 2008. Nuevos datos de las icnitas de dinosaurios en la Formación Villar del Arzobispo (Teruel). En: *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, Colunga (Asturias, Spain), 25-26.
- Cobos, A., Royo-Torres, R., Luque, L., Alcalá, L. y Mampel, L. 2010. An Iberian stegosaurs paradise: The Villar del Arzobispo Formation (Tithonian–Berriasian) in Teruel (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293: 223-236.
- Gascó, F., Cobos, A., Royo-Torres, R., Mampel, L. y Alcalá, L. 2012. Theropod teeth diversity from the Villar del Arzobispo Formation (Tithonian–Berriasian) at Riodeva (Teruel, Spain). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 92(2): 273-285.
- Gascó, F., Verdú, J., Cobos, A., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. 2013. Los ornitópodos de Barrihonda–El Húmero en la Formación Villar del Arzobispo de Riodeva (Teruel, España). En: *XXIX Jornadas de Paleontología: “La Paleontología del Paleozoico” y Simposio del Proyecto PICG 596*. Real Jardín Botánico de Córdoba, Córdoba, 149-150.
- Royo-Torres, R. y Upchurch, P. 2012. The cranial anatomy of the sauropod *Turiasaurus riodevensis* and implications for its phylogenetic relationships. *Journal of Systematic Palaeontology*, 10: 553–583.
- Royo-Torres, R., Cobos, A. y Alcalá, L. 2006. A Giant European and a New Sauropod Clade. *Science*, 314: 1925-1927.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

***Praetaberina* n. gen. (especie-tipo: *Taberina bingistani* HENSON 1948): arquitectura, edad y distribución paleobiogeográfica**

Lorenzo Consorti¹, Mohsen Yazdi-Moghadam², Gianluca Frijia³,
Vicent Vicedo⁴, Esmeralda Caus¹

¹Departament de Geologia (Paleontologia), Universitat Autònoma de Barcelona, Campus UAB 08193-Bellaterra, Spain.

E-mail: lorenzo.consorti@e-campus.uab.cat, esmeralda.caus@uab.es

²National Iranian Oil Company Exploration Directorate, Sheikh Bahayi square, 1994814695-Tehran, Iran. E-mail: mohsen.moghadam@gmail.com

³Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Kar-Liebkestrasse 24, Haus 27, 14476 Potsdam, Germany.
E-mail: frijia@geo.uni-potsdam.de

⁴Museu de Ciències Naturals de Barcelona (Paleontologia), Parc de la Ciutadella s/n, 08003 Barcelona, Spain. E-mail: vvicedov@bcn.cat

Introducción

En 1948, en su monografía sobre los foraminíferos de Oriente Medio, Henson describió de los depósitos cenomanienses de Kuh-i-Bingistan (SW de Irán) un nuevo foraminífero, que atribuyó al género *Taberina*, como *T. bingistani*. Sin embargo, desde su descripción, la adscripción de la nueva especie al género Paleoceno *Taberina* (especie tipo: *T. cubana* Keijzer) fue cuestionada por numerosos autores, entre ellos Wittaker *et al.* (1998), Borghi y Pignatti, (2006), Hottinger (2007) y Vicedo *et al.* (2013); así, la nueva especie fue reportada frecuentemente en los trabajos de geología de Oriente medio como *Taberina*, *Pseudorhapydionina* o *Pseudorhipidionina*, o simplemente como "*Taberina*".

Materiales y métodos

Nuevas investigaciones con material de la localidad tipo y de niveles estratigráficos equivalentes a los de la localidad tipo en otras áreas del SW

de Irán, han librado una rica asociación de macroforaminíferos, que incluye abundantes especímenes de "*Taberina*" *bingistani*, lo que ha permitido reexaminar la arquitectura de este controvertido taxón. El estudio en lámina delgada se ha completado con material procedente del sureste de Italia (Plataforma Apúlica) cedido por el Prof. Johannes Pignatti de la Universidad La Sapienza, de Roma.

Arquitectura del nuevo género

El resultado del detallado análisis arquitectural ha permitido definir un nuevo género, *Praetaberina* (especie tipo: *P. bingistani*), caracterizado por una textura aporcelanada y morfología subcilíndrica con la cara apertural cribada por numerosas aberturas. Las cámaras en los estadios iniciales de crecimiento presentan una disposición planispiral-involuta, mientras en los estadios adultos adquieren una disposición uniseriada (desenrollada). La zona marginal del lumen de las cámaras presenta un exoesqueleto formado por vigas, las cuales tienen disposición radial y son a la vez perpendiculares a la periferia y al septo. Las vigas entre dos cámaras consecutivas están alineadas. La parte central de las cámaras está ocupada por pilares (elementos del endoesqueleto), distribuidos regularmente entre las aberturas.

Estas características permiten separar el nuevo género *Praetaberina* de otros géneros, también cenomanienses, como *Pseudorhapydionina* De Castro, 1972 (subsanado De Castro, 1985), *Pseudorhipydionina* De Castro, 1972, y *Cyclodomia* Hamaoui, 1965, con los que frecuentemente está asociado. En el caso de los dos primeros, poseen, al igual que *Praetaberina*, vigas pero carecen de pilares; *Pseudorhapydionina* es morfológicamente similar a *Praetaberina*, mientras *Pseudorhipydionina* tiene forma de abanico. *Cyclodomia* se diferencia de *Praetaberina* por su morfología discoidal y la disposición cíclica de sus cámaras en los estadios adultos de crecimiento; ambos géneros presentan vigas y pilares.

Edad

Los estudios de estratigrafía isotópica del carbono, llevados a cabo conjuntamente con el estudio micropaleontológico, en la localidad de Chenareh Gorge (SW Irán), ha permitido dar al intervalo con *Praetaberina bingistani* una edad Cenomaniense medio-Cenomaniense superior *pro parte*, lo que coincide con la edad atribuida a la fauna de macroforaminíferos asociada.

Conclusiones

El estudio comparativo de los especímenes de Oriente Medio e Italia, muestra entre ambos ciertas diferencias en algunos parámetros, que son consideradas específicas. No obstante, la presencia del género *Praetaberina* en Italia permite ampliar la distribución paleogeográfica de este taxón, considerado hasta el presente trabajo únicamente de Oriente Medio.

Agradecimientos

El trabajo ha sido realizado con el soporte del Ministerio de Economía y Competitividad, proyecto: CGL2012-33160

Referencias

Borghi, M. y Pignatti, J.S. 2006. "*Taberina*" *bingistani* HENSON, 1948 (foraminifera) from the upper Cenomanian of Apulia (southern Italy): a new record. *Geologica Romana*, 39: 89-94.

De Castro P. 1971-72. Osservazioni sui generi *Rhapydionina* STACHE e *Rhipidionina* STACHE (Foraminiferida). *Atti Accademia Pontiniana*, 21: 1-4.

De Castro P. 1985. Les grands Foraminifères du Crétacé moyen de la région méditerranéenne. *Geobios*, Mém. spéc. (7), p.23-27, 86-97, 102-109, 123-138, fig. 1-3, 9, 15-17, tab. 2-11, tav. 7, 39-45, 49-50, 63-66.

Henson F.R.S. 1948. *Larger imperforate Foraminifera of south-western Asia. Families Lituolidae, Orbitolinidae and Meandropsinidae*. British Museum (Natural History), London, 126 pp.

Hottinger, L. 2007. Revision of the foraminiferal genus *Globoreticulina* RAHAGHI, 1978, and of its associated fauna of larger foraminifera from the late Middle Eocene of Iran. *Carnets de Géologie [Notebooks on Geology]*, Article 2007/06 (CG2007_A06): 51 pp.

Vicent, V. Berlanga, A., Serra-Kiel, J. y Caus, E. 2013. Architecture and age of the foraminiferal genus *Taberina* KEIJZER, 1945. *Journal of Foraminiferal Research*, 43 (2): 170-181.

Whittaker, J., Wynn Jones, B. y Banner, F. 1998. *Key Mesozoic Benthic Foraminifera of the Middle East*. The Natural History Museum, London, 237pp.

Primer registro del género *Melissiodon* (Mammalia, Cricetidae) en la cuenca de Ribesalbes-Alcora (Castelló, España)

Vicente D. Crespo¹, Francisco J. Ruiz-Sánchez^{1,2,3},
Matthijs Freudenthal^{4,5}, Plinio Montoya¹

¹Departament de Geologia, Universitat de València, Dr. Moliner 50, 46100, Burjassot, Valencia, España. E-mail: vicente.crespo@uv.es, francisco.ruiz@uv.es, samuel.mansino@uv.es, marblas6@alumni.uv.es, plinio.montoya@uv.es

²Museu Valencia d'Història Natural, L'Hort de Feliu, P.O. Box 8460, Alginet, 46018 Valencia, España.

³INCYT-UPSE, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 7047, Santa Elena, Ecuador.

⁴Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, 18071 Granada, España. E-mail: mfreuden@ugr.es

⁵Netherlands Centre for Biodiversity, Naturalis, P.O. Box 9517, 2300 RA Leiden, The Netherlands.

Introducción

La cuenca de Ribesalbes-Alcora se localiza en el Este de la Península Ibérica, al sur del Maestrazgo, entre la Sierra de Espadán y los bloques caídos del Desierto de las Palmas (Agustí *et al.*, 1988). Anadón (1983) delimita los depósitos de ésta cuenca en cinco unidades (de la A a la E), en los que han sido localizados, hasta el momento, algunos importantes yacimientos paleontológicos, tanto en la Unidad B (yacimiento clásico de vegetales, insectos y anfibios de La Rinconada) como en las lutitas amarillas y grises con bancos de areniscas, dolomías y calizas que forman la Unidad C. En esta última Unidad se han descrito un gran número de localidades fosilíferas con restos de micro y macromamíferos (Agustí *et al.*, 1988; Crespo *et al.*, 2012), especialmente en las secciones de Mas d'Antolino B (MAB) y Barranc de

Campisano (BC) (Fig. 1), zonas de donde procede el material de cricétidos de este trabajo, que se encuentra depositado en el *Museu de Geologia de la Universitat de València*. De entre las faunas encontradas hasta el momento puede destacarse, entre otras cuestiones, la presencia del último representante del lirón *Altomiramys*, del herpetotérido *Amphiperatherium frequens* y el primer registro en la Península Ibérica del dimilido *Plesiodimylus*. La presencia de algunos representantes de los géneros *Megacricetodon*, *Ligerimys*, *Democricetodon*, *Eumyarion*, etc., ha permitido datar este conjunto de yacimientos como pertenecientes a la parte superior del Mioceno inferior (Aragoniense inferior, zona MN4) (Meulen *et al.*, 2012).

El género *Melissiodon* es el único representante de la familia Melissiodontidae Schaub, 1925. Según Kristkoiz (1992), esta familia podría estar relacionada con el origen de los cricétidos modernos. El registro más antiguo de *Melissiodon* se sitúa en el Oligoceno inferior de Europa central, mientras el registro más moderno se sitúa a finales del Mioceno inferior (Mödden, 1999). En el Mioceno inferior hay registradas dos especies: *Melissiodon dominans* y *Melissiodon schlosseri*. *Melissiodon dominans* es más abundante en el registro europeo del Mioceno inferior, no obstante es un material muy poco abundante en los escasos yacimientos de esta edad. El registro de *M. schlosseri* es muy escaso, solo consta su presencia en

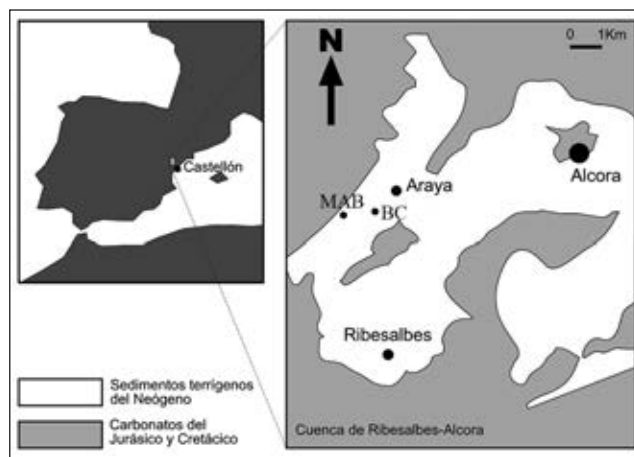


Figura 1. Marco geográfico de la cuenca de Ribesalbes-Alcora destacando la localización de las secciones de Mas d'Antolino B (MAB) y Barranc de Campisano (BC). Modificado a partir de Furió *et al.* (2010).

los yacimientos de Haslach (Ulm-Uniklinik, *M. aff. schlosseri*) y La Chaux 7 (*M. aff. schlosseri*), donde coincide, en este último yacimiento, con *M. cf. dominans* (Mödden, 1999). Otra especie atribuible al género (*Melissiodon arambourgi* Crusafont *et al.*, 1955) fue descrita en el Mioceno inferior de la Península Ibérica sobre la base de un fragmento de mandíbula con un m1 y m2 del yacimiento de El Fallol, posteriormente puesta en sinonimia con *M. dominans* por Mein y Freudenthal (1981). Por último, basándose en la comparación del material de *Melissiodon* de la MN3 y la MN4, y el del nuevo yacimiento de Beón 2, Bulot *et al.* (2009) proponen la creación de una nueva especie para el material procedente de la MN4.

El material de *Melissiodon* de la Península Ibérica del Mioceno inferior está restringido a unos pocos dientes o fragmentos de dientes: fragmentos en el Nivel Q del barranco de Candel (MN4, cuenca del Magro; Adrover *et al.*, 1987), unos pocos especímenes en Ramblar 1, 3B y 7, Bañon 2 y 11A (inicio de la MN3; cuenca de Calatayud-Montalbán; Sesé, 1987), en Sant Andreu de la Barca, Molí Calopa y El Fallol (MN3; cuenca del Vallès-Penedès; Sesé, 2006) y en Montalvos (MN4; cuenca de Teruel; van der Meulen *et al.*, 2012).

En este trabajo se presenta un estudio preliminar de los primeros restos del cricétido *Melissiodon* hallados en los yacimientos MAB-3 (sección de Mas d'Antolino) y BC-1 (sección de Barranc de Campisano) de la cuenca de Ribesalbes-Alcora.

Paleontología sistemática

Glires Linnaeus, 1758

Cricetidae Fischer von Waldheim, 1817

Melissiodontinae Stehlin and Schaub, 1951

Melissiodon Schaub, 1920

Melissiodon sp.

En BC-1 se ha hallado un fragmento anterior de un M1 y un M3 completo, y en MAB-3 un m1 y un M3 completos y un m3 fragmentado. Los restos de *Melissiodon* hallados a finales del Mioceno inferior son muy escasos y con una morfología muy variable, lo que ha llevado a no poder definir adecuadamente su variabilidad morfológica. El material que aquí se presenta no permite mejorar esta situación.

El m1 de MAB-3 presenta un mesolófidio aislado, sin conexión con ninguna cresta anterior, mientras que en el resto de formas del género suele estar unido al complejo del metacónido y al metalofúlido II. También presenta una conexión entocónido-metalofúlido II, y la no conexión entre el metalofúlido II y el metacónido. En otras formas del género, se suelen unir entre sí y no hay esa conexión directa con el entocónido. El anterocónido lingual es ligeramente alargado, al igual que ocurre en el yacimiento de la MN3 de Wintershof-West, donde la cúspide tiene una forma de cónica a ligeramente alargada (Hrubesch, 1957). Por el contrario, en el material procedente de la MN4, esta cúspide suele ser alargada, como ocurre en las localidades de Forsthart y Rembach (Ziegler y Fahlbusch, 1986). El tamaño del m1 hallado en MAB-3 es pequeño y más próximo al de los yacimientos de la MN4 de Francia y Alemania (Ziegler y Fahlbusch, 1986; Bulot *et al.*, 2009).

Los M3 de BC-1 y MAB-3 son muy diferentes entre sí, pero su morfología puede considerarse dentro de la variabilidad presente en los yacimientos más antiguos como Wintershof-West (Hrubesch, 1957).

La presencia de una superficie oclusal caracterizada por muchos valles rodeados por crestas altas y estrechas, con lados casi paralelos, permiten identificar éstos restos como pertenecientes al género *Melissiodon* (Mödden, 1999). La escasez de material no nos permite precisar más la determinación taxonómica. A la espera de contar con nuevo material de estos yacimientos, determinamos estos ejemplares como pertenecientes a *Melissiodon* sp.

Conclusiones

Las citas de *Melissiodon* en los yacimientos MAB-3 y BC-1 son las primeras para la cuenca de Ribesalbes-Alcora. Este hecho permite ampliar su rango de distribución geográfica en el Aragoniense inferior (MN4). Hasta la fecha, solo se ha citado material de éste género en el yacimiento de Montalvos (Cuenca de Teruel; van der Meulen *et al.*, 2012) y en el Nivel Q (barranco de Candel, Cuenca del río Magro; Adrover *et al.*, 1987) durante la MN4 de la Península Ibérica.

El registro de la cuenca de Ribesalbes-Alcora, y en especial del yacimiento MAB-3 representa, junto al de Montalvos, en la cuenca de Teruel, las últimas citas del género *Melissiodon* en la Península Ibérica, siendo los dos únicos yacimientos de la Península donde *Melissiodon* aparece junto

al inmigrante de origen asiático *Eumyarion*, cuyo registro más antiguo en la Península Ibérica se conoce desde la segunda mitad de la MN4 (van der Meulen *et al.*, 2012).

Referencias

- Adrover, R., Mein, P. y Belinchón, M. 1987. La fauna de roedores en el Aragoniense medio del Barranco del Candel, Buñol (provincia de Valencia, España). *Paleontologia i Evolució*, 21: 43-61.
- Agustí, J., Anadón, P., Ginsburg, L., Mein, P. y Moissenet, E. 1988. Araya et Mira: nouveaux gisements de Mammifères dans le Miocene inferieur moyen des Chaines ibériques orientales et mediterraneennes. Consequences stratigraphiques et structurales. *Paleontologia i Evolució*, 22: 83-101.
- Anadón, P. 1983. Características generales de diversas cuencas palustres terciarias con pizarras bituminosas del NE de la Península Ibérica. En: *X Congreso Nacional Sedimentología*, Menorca 1, 9-12.
- Bulot, C., Antoine, P.O. y Duranthon, F. 2009. Rongeurs et lagomorphes du Miocène inférieur de Béon 2 (MN4, Montréal-du-Gers, SW France). *Annales de Paléontologie*, 95: 197-215.
- Crespo, V.D., Ruiz-Sanchez, F.J., Mansino, S., Freudenthal, M., Furió, M. y Montoya, P. 2012. Barranc de Campisano-1, a new micromammal site from the Lower Aragonian (Miocene, MN4) in the Ribesalbes-Alcora basin (Castelló, E Spain). En: *X Congress of European Association of Vertebrate Paleontology*, Abstract book. Teruel, 41-44.
- Furió, M., Ruiz-Sánchez, F.J., Crespo, V.D., Freudenthal, M. y Montoya, P. 2010. Primer hallazgo de un dimilido (Dimylidae, Insectivora, Mammalia) en el Aragoniense inferior (MN 4, Mioceno Inferior) de la Península Ibérica. *Cidaris*, 30 (sp. issue): 125-128.
- Hrubesch, K. 1957. Zahnstudien an tertiären Rodentia als Beitrag zu deren Stammesgeschichte. Über die Evolution der Melissiodontidae, eine Revision der Gattung *Melissiodon*. *Abhandlungen Bayerische Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, 83: 1-115.
- Kristkoiz, A. 1992. Zahnmorphologische und schädel - anatomische Untersuchungen an Nagetieren aus dem Oberoligozän von Gaimersheim (Süddeutschland). – *Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, 167: 1-137.
- Mein, P. y Freudenthal, M. 1981. Les Cricetidae (Mammalia, Rodentia) du Néogène Moyen de Vieux-Collonges. Partie 2: Cricetodontinae incertae sedis, Melissiodontinae, Placanthomyinae, et Anomalomyinae. *Scripta Geologica*, 60: 1-11.
- Meulen, A.J. van der, García-Paredes, I., Álvarez-Sierra, M.A., Van den Hoek Ostende, L.W., Hordijk, K., Oliver, A. y Peláez-Campomanes, P. 2012. Updated Aragonian biostratigraphy: Small Mammal distribution and its implications for the Miocene European Chronology. *Geologica Acta*, 10(1): 1-24.
- Mödden, C. 1999. Family Melissiodontidae, En: Rössner, G.E. y Heissig, K. (eds.), *Land Mammals of Europe*, Friedrich Pfeil, 343-346.
- Sesé, C. 1987. *Eucricetodon* and *Melissiodon* (Cricetidae, Rodentia) from the Ramblan and Lower Aragonian of the Calamocha area (Calatayud-Teruel Basin, Spain). *Scripta Geologica*, 83: 1-17.
- Sesé, C. 2006. Los roedores y lagomorfos del Neógeno de España. *Estudios Geológicos*, 62(1): 429-480.
- Ziegler, R. y Fahlbusch, V. 1986. Kleinsäuger-Faunen aus der basalen Oberen Süßwasser-Molasse Niederbayerns. *Zitteliana* 14: 3-58.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Evolutionary trends promoted by internal causes versus orthogenesis—a discussion

Miquel De Renzi

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universitat de València. Catedrático José Beltrán 2. 46980 Paterna, Valencia

Introduction

In the eighteenth century, the Swiss Charles Bonnet proposed the preformation theory of species creation and its consequence, namely, the historical de-encapsulation of the preformed species following a sequence of progressive perfection (*scala naturae* or scale of beings), whose summit would be man (Richards, 1992). This history has a *direction*, and is ruled by an *inner* force. Topics such as direction or force in history of life would return with the evolutionary non-creationist thinking during the 19th and 20th centuries.

History of life, as evidenced by the fossil record, raised several questions to paleontologists (Gould, 1977a). A first issue was to what extent change follows a direction (directional) or not (steady-state); the second issue was about the motor of change (internal or environmental), and the third, about tempo (punctuational or gradual). I shall focus my discussion on direction and motor. Darwin's natural selection defined direction of change and was environmentalist. Later, Haeckel revisited the scale of beings from an evolutionary perspective, in which direction arose from environment and internal requisites (Gould, 1977b). In addition, paleontologists reinterpreted the record in an evolutionary sense; they often observed trends; e.g., Marsh's history of equids, with emphasis on its adaptive (environmentalist) character (Rudwick, 1972). Finally, the modern synthesis was environmentalist (natural selection as the main motor), and therefore, trends were considered as adaptive. According to the syntheticists, each directional change of characters would improve their functions.

However, trends have also received internalist explanations; e.g., orthogenesis, which supposes an internal directional change without reversions (see Simpson, 1944). By the middle of the last century arose

alternative theories to the modern synthesis involving orthogenesis, as those of Otto Schindewolf (typostrophic theory) or Richard Goldschmidt (Ochoa, 2011). They were described in an unjust way as 'unscientific', 'metaphysical' or 'mystical' (Rudwick, 1964) (other theories that arose in France shared these traits; Boesiger, 1980). Goldschmidt and Schindewolf, however, looked for material and testable causes for orthogenesis (Ochoa, 2011), and thus, their disqualification was unjust.

In addition, a body of theory was built for developmental systems starting with Waddington (1957) and, later, Alberch (1980, 1982 and 1989), which shows their internal non-linear dynamical character. Furthermore, Alberch justified theoretically in his work the internal regulatory character of development. This warrants a reassessment of whether there are internal motors for evolutionary trends (Alberch, 1980; see also De Renzi, 2009), propose what kind of hypotheses to test for, and how to identify them.

All-explanatory theories

For Rudwick (1964), and according to Grene (1958a, b) the synthetic theory as well as Schindewolf's typostrophic theory had a problematic epistemological status; i.e., they were described as *all-explanatory* systems. In the former, characters are always adaptive and result from the action of natural selection, whereas for the latter the earlier phases of the evolution of a new major taxon are non-adaptive or even inadaptable. In both cases, the adaptive or non-adaptive aspect is not usually tested. Thus, they are 'closed interpretive' systems.

Rudwick (1964) proposed the solution to this conflicting situation by testing adequate hypotheses. For orthogenesis, we must test that the real sequence doesn't show reversals of the trend. For the case of supposedly adaptive trends ruled by natural selection (synthetic theory), we need to know what is the functional meaning of the structures involved in the trend, and we can ask if the successive directional changes involve any kind of improvement in their function. The synthetic theory predicts that every character is adaptive, even the bizarre characters, whereas orthogeneticists claim for the existence of non-adaptive, or even harmful, features for their bearers.

The evolution of equids has been also shown as an orthogenetic example. Simpson (1944) invalidated this interpretation because the temporal

sequence shows reversals in the trends. These reversals would be due to natural selection working in randomly changing environments. Many times, a sequence is predicted following an orthogenetic order (without reversals), but real data show reversals, thus falsifying the hypothesis of orthogenesis. In addition, the functional meaning of changes involving skeletal characters in the general trends of equids was well known.

However, as Rudwick (1964) pointed out, this was not the case for characters of many extinct groups, in which functions were unknown at that time; e.g., the blastoid spiracles. The possible functions of a character lie in their mode of working (mechanical, and so on). For Rudwick, there can be several functions associated to a same mode of work, and each function has a paradigm of optimized efficiency. The fit of a specific structure to each paradigm is estimated by physical or symbolic simulation models. The function would be reasonably that to which the real structure fits more closely its paradigm (see also Rudwick, 1961).

Therefore, all would be reduced to test: (1) the prediction of orthogenesis (no reversals), or (2) the progressive functionality of the structures involved in a trend. When testing (1), however, reversals appear in most cases and pure orthogenesis is almost impossible to detect with paleontological data. Alleged cases of orthogenesis show reversals (see Palmqvist *et al.*, 2014, for a criticism). However, we can ask if there are also internal forces producing a pattern with reversals. Thus, we must not confuse pattern with process.

An internalist point of view

As said before, experimental facts suggest that developmental systems follow non-linear dynamics. First, in such dynamics there are canalized ways (creodes) leading to a short number of end-phenotypes (Waddington, 1957). Second, these phenotypes have domains of limited variability, and transitions from a domain to another are saltational (punctualist; Gould, 1977a); and third, these transitions are not equiprobable; i.e., some of them have high probabilities while other have low probabilities (Alberch, 1980; 1982; 1989). I would like to suggest (see also De Renzi, 2009; p. 46) that these differences in probability can indeed produce significant trends (non-randomness). However, since probabilities are involved, reversals are possible.

Domains of variability are separated by boundaries. Each boundary is a threshold of bifurcation for the behavior of the system. Canalization and

bifurcation are well described by the epigenetic landscape (Waddington, 1957) as a metaphor of the developing program, a picture based on the concept of potential in a gravity field; here, domains are the valleys (minimal potential), and boundaries are the ridges (higher potential). Transitional probabilities from one to another domain will depend on the morphology of the landscape. Small genetic changes at random will determine the crossing, or not, of a threshold, causing reversals with different probabilities. This is independent of the requirements of the outer environment, originating an internally driven pattern, which is similar to that of selection in a changing environment. Thus, the pattern, in spite of being generated by internal causes, will not be orthogenetic. A trend to reduction of the number of toes (amphibians, equids) governed internally, and due to genetic changes at the neighboring of certain valleys (attractors), will have reversals in the transitions. Thus, we need to assess the origin of the pattern.

Finally, some regulatory genes can be conserved by chance at the beginning of the phylogeny of a major taxon. They can determine historically strong evolutionary constraints for evolutionary trends because they are involved in developmental processes. Both, developing programs and specific genes governing development are part of the historical factor in the biomorphodynamics scheme of Seilacher (1991).

Decreasing number of toes in amphibians and cranial morphology of carnivores

The foot of salamanders and frogs shows an evolutionary trend to digital reduction during phylogeny (Alberch and Gale, 1985; Alberch, 1989). Anurans always lose the first toe while urodeles lose the post-axial ones. Experiments carried out on species with five toes, and disturbing the developmental program of these limbs (Alberch and Gale, 1985) by introduction of a mitotic inhibitor show the same pattern of loss as in nature.

The following example is referred to the face of the great groups of carnivores; i.e., Feliformia and Caniformia (Figueirido *et al.*, 2011). Caniforms have a great variability in facial length despite starting always with a young short face, whereas feliforms keep a young short snout throughout their growth. In the former, two kinds of heterochronic changes can appear: pedomorphic (short faces) and peramorphic (elongated faces). However, feliforms always show the young character. Sears *et al.* (2007) observed that

transcriptional factor 2 related to the gen *Runx2* regulates the development of intramembranous facial bones in mammals. This factor is specifically related to a polyglutamine-polyalanine-rich protein-coding region (QA) of *Runx2*. The ratio polyglutamine/polyalanine in QA determines the timing and rates of differentiation and proliferation of osteoblasts and chondrocytes as well as their maturation rates. Timing and rates increase with this ratio. The authors observed tandem repeats at the QA regions, and the more repeats, the larger polyglutamine/polyalanine ratios. In caniforms this ratio is variable due to the larger differences in number of repeats. High values in ratio are correlated with facial peramorphosis while low values correlate with facial pedomorphosis. However, feliforms keep low variability and shorter number of repeats; thus, facial development is isometric (young morphology).

Discussion and conclusions

The case of amphibians is a clear example of phylogenetic legacy (the historical factor of Seilacher, 1991). Playing devil's advocate, I could say that differences in lost digits could be explained because of the different kinds of adaptations required by the members of one or another taxon. This would be the typical answer within a closed theoretical system; i.e., the synthetic theory in this case. However, the experiments disturbing development for both taxa reveal that it is not an adaptive selected pattern. If this was a selected pattern, the losses of toes would be at random, and natural selection would remove the unfit for each group. Rather, in this example, losses are due to internal constraints (non-randomness) derived from their respective developmental programs; programs that were kept historically in each taxon.

Alberch and Gale (1985) remarked that there are not specific genes for these occurrences. However, changes in very different genes can act together inducing the same phenotypic result; i.e., all the genes that contribute to build the limb bud with a reduced number of cells (from genes regulating rates of cell proliferation to genes affecting migratory properties of mesodermal cells). In short, there are a few canalized ways, and any random perturbation (internal or external agent; internal agents are mutating genes) of the system leads non-randomly to a specified end-phenotype. In this case, it is not possible to evoke selection on specific alleles.

For the carnivores, the ranks of specific variability of a protein-codifying region in a regulatory gene are kept historically, and shared by all the

members of each group. In one case (Caniformia), the evolutionary trends of the face are loosely canalized, whereas in Feliformia they are very constrained to a short face. In both cases, the same codifying region is retained with its specific variability, and selective explanations are not necessary either.

Taking these cases into account, it is clear that orthogenesis, in the sense of strict rectilinearity, is almost impossible. On the positive side, there are evolutionary trends guided by internal mechanisms, as suggested by both examples; afterwards natural selection will remove the unfit, but in domains of restricted variability. However, these trends can be similar to those due to natural selection in a changing environment. In order to decide the underlying processes, we must pay attention to the genetic (carnivores) and epigenetic (amphibians) features of development before concluding if the trend is mainly governed by internal factors (development), or adaptive, as modeled by natural selection.

Acknowledgements

This paper is a homage to Adolf Seilacher, who died on April, and that I shall always be indebted to him. He influenced me to think about internal features of evolution. For the same reasons, I also pay homage to the late Pere Alberch, whose work suggested the main ideas of this paper. I thank Diego Rasskin-Gutman for comments and criticisms. I also thank the anonymous reviewer for corrections.

Referencias

- Alberch, P. 1980. Ontogenesis and morphological diversification. *American Zoologist*, 20: 653-667.
- Alberch, P. 1982. Developmental constraints in evolutionary processes. In: Bonner, J.T. (ed.), *Evolution and development*. Dahlem Konferenzen 1982, Springer Verlag, Berlín, 313-332.
- Alberch, P. 1989. The logic of monsters: Evidence for internal constraint in development and evolution. *Geobios*, mémoire spéciale 12: 21-58.
- Alberch, P. and Gale, E.A. 1985. A developmental analysis of an evolutionary trend: digital reduction in amphibians. *Evolution*, 39: 8-23.

- Boesiger, E. 1980. Evolutionary biology in France at the time of the evolutionary synthesis. In: Mayr, E. and Provine, W.B. (ed.), *The evolutionary synthesis: Perspectives on the unification of biology*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 309-320.
- De Renzi, M. 2009. Cuestiones de forma: desde el pensamiento de Darwin hasta la actualidad. In: *Comunicaciones de las XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Libro de Resúmenes*. Universidad de Málaga, printed by Empress Málaga, 26-50.
- Figueirido, B., MacLeod, N., Krieger, J., De Renzi, M., Pérez-Claros, J.A. and Palmqvist, P. 2011. Constraint and adaptation in the evolution of carnivoran skull shape. *Paleobiology*, 37: 490-518.
- Gould, S.J. 1977a. Eternal metaphors of palaeontology. In: Hallam, A. (ed.), *Patterns of evolution as illustrated by the fossil record*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1-26.
- Gould, S.J. 1977b. *Ontogeny and phylogeny*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 501 pp.
- Greene, M. 1958a. Two evolutionary theories (I). *The British Journal for the Philosophy of Science*, 9: 110-127.
- Greene, M. 1958b. Two evolutionary theories (II). *The British Journal for the Philosophy of Science*, 9: 185-193.
- Ochoa, C. 2011. *Historia de los conceptos de paralelismo y convergencia: formalismo versus funcionalismo*. PhD Thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, 315 pp.
- Palmqvist, P., González-Donoso, J.M. and De Renzi, M. 2014. Rectilinear evolution in arvicoline rodents and numerical dating of Iberian Early Pleistocene sites. *Quaternary Science Reviews*, 98: 100-109.
- Richards, R.J. 1992. *The meaning of evolution: The morphological construction and ideological reconstruction of Darwin's theory*. The University of Chicago Press, Chicago, 205 pp.
- Rudwick, M.J.S. 1961. The feeding mechanism of the Permian brachiopod *Prorichthofenia*. *Palaeontology*, 3: 450-471.
- Rudwick, M.J.S. 1964. The inference of function from structure in fossils. *British Journal for the Philosophy of Science*, 15: 27-40.
- Rudwick, M.J.S. 1972. *The meaning of fossils: Episodes in the history of palaeontology*. MacDonald, London, and American Elsevier Inc., New York, 287 pp.
- Sears, K.E., Goswami, A., Flynn, J.J. and Niswander, L.A. 2007. The correlated evolution of *Runx2* tandem repeats, transcriptional activity, and facial length in Carnivora. *Evolution and Development*, 9: 555-565.
- Seilacher, A. 1991. Self-organizing morphogenetic mechanisms as processors of evolution. *Revista Española de Paleontología*, n.ex.: 5-11.
- Simpson, G.G. 1944. *Tempo and mode in evolution*. (reprint 1984). Columbia University Press, New York, 237 pp.
- Waddington, C.H. 1957. *The strategy of the genes: A discussion of some aspects of theoretical biology*. George Allen & Unwin LTD, London, 262 pp.

Adolf Seilacher, *in memoriam* – la pasión por desentrañar el mensaje contenido en los fósiles

Miquel De Renzi^{1,2}, Ana Márquez-Aliaga^{1,2}

¹*Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universitat de València. Catedrático José Beltrán 2. 46980, Paterna, Valencia.
E-mail: miquel.de.renzi@uv.es*

²*Departamento de Geología, Universitat de València. Dr. Moliner 50.
46100 Burjassot, Valencia. E-mail: ana.marquez@uv.es*

Semblanza biográfica y humana

Adolf Seilacher falleció el sábado, día 26 de abril, en su casa de Tübingen, Alemania, a la edad de 89 años. Nació el 24 de febrero de 1925 en una localidad cercana a Stuttgart. A los 14 años encuentra su primer fósil y a los 18 años redacta su primera publicación sobre tiburones fósiles. Al finalizar la segunda guerra mundial se incorpora a la Universidad de Tübingen, en donde comienza su doctorado sobre trazas fósiles del Triásico y del Jurásico. Realiza algunas estancias en las Universidades de Frankfurt, Göttingen y Bagdad. Trabaja luego para una empresa colombiana y allí aprende español. En 1964 es nombrado Profesor del “*Institut und Museum für Geologie und Paläontologie Universität Tübingen*”, en donde ejerce la mayor parte de su carrera docente e investigadora hasta su jubilación a los 65 años. Desde 1987 hasta 2009 ha sido Profesor Adjunto del “*Institut of Geology and Paleontology of the Yale University*”, en New Haven (Connecticut, USA) (ver también Briggs, 2014).

En 1992 fue galardonado con el premio *Crafoord* en Geociencias por la Real Academia Sueca de las Ciencias. El dinero obtenido le permitió viajar por el mundo, a menudo con su esposa, Edith, haciendo réplicas de planos de estratificación que registran extraordinarias trazas fósiles o estructuras sedimentarias. Así consiguió crear una colección de réplicas de tamaño natural, que constituye una exposición itinerante de carácter internacional, la “*Fossil Art*”, que ha visitado y sigue visitando muchos países.

Su relación con la Sociedad Española de Paleontología, y con muchos de sus socios, ha sido continua y fructífera. En lo que a Valencia se refiere, sus contactos más notables se inician en el año 1989; entonces, el Departamento de Geología de la Universidad de Valencia organizó las V Jornadas de la SEP y fue Adolf Seilacher quien inauguró el congreso con una magnífica disertación sobre biomorfodinámica y auto-organización (Seilacher, 1991). Posteriormente, y con gran éxito, se celebró en Valencia la “*International Conference Taphos 2002*”, con una conferencia inaugural acerca de la conservación de los contenidos intestinales de los vertebrados, los cololitos, e interesantes discusiones que se complementaron en el campo visitando algunos yacimientos de Teruel. En el 2008, el Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la U.V. organizó el workshop *Memorial Pere Alberch: The Cradle of Evo-Devo* y tuvimos el honor de que aceptara abrir el ciclo con una conferencia sobre los programas de desarrollo de los crinoideos pseudoplanctónicos.

Los firmantes tuvimos ocasión –entre 1983 y 1995– de interactuar con Seilacher en diversas estancias, tanto en Tübingen como en Yale. Fue un placer hacerlo con un verdadero maestro y discutir con él sobre problemas apasionantes. Esas discusiones podían transcurrir mientras él, al menos, se fumaba un buen puro. Sin embargo, sería injusto no referir que otros paleontólogos españoles gozaron también de ese mismo privilegio. Sus dibujos a cámara clara constituían uno de los puntales de su investigación. Recorrió los cinco continentes a causa de su pasión por la paleontología y, en sus últimos años, fue invitado numerosas veces a dar conferencias, cuyas diapositivas seleccionaba durante los largos vuelos trasatlánticos. No conducía coches ni manejaba el ordenador, era Edith quien suplía con enorme cariño todas las incómodas labores de gestión, y desde siempre.

Su enorme personalidad hizo tanto por la paleontología como sus propias publicaciones; pero, al mismo tiempo, fue un hombre vital y amante de esos pequeños placeres que nos proporcionan felicidad.

Su aportación conceptual a la paleontología

La obra de Adolf Seilacher ha significado tal avance conceptual en paleontología que hace de él uno de los paleontólogos mayores del siglo XX. Se puede decir que sus pasiones fueron las formas de los antiguos organismos reflejadas por sus fósiles y el porqué y el cómo de la existencia de estos.

Lo primero remite a una gran tradición alemana, la de la morfología, con nombres como el gran Goethe. Lo segundo, a la tafonomía y a su trasfondo sedimentológico. La forma de las estructuras orgánicas, al fosilizar, suele modificarse a todos los niveles, aunque esto hay que desentrañarlo. Pero, al mismo tiempo, el modo en que fosilizan puede dar una gran cantidad de información sobre aquello que estuvo vivo. Es fascinante ver cómo, a través de los procesos bioestratigráficos y los gradientes de desarrollo, Dolf fue capaz de inferir el modo de vida de los grandes crinoideos (*Seirocrinus*) del Jurásico (Seilacher *et al.*, 1968). Esto mostraba una de las vías de conexión entre tafonomía y paleobiología.

Ahora bien, si se vuelve a la afirmación inicial, se puede afirmar que la comprensión de las formas naturales penetra toda la actividad científica que Dolf desplegó en vida. Las formas deben mucho a la física y a la química en lo referente a su configuración. Dolf nos mostraba sus famosas estructuras *pneu*, las propias de muchos caparazones, de cuyo carácter globoso daba razón la presión ejercida por un líquido sobre una membrana limitante elástica o extensible, a semejanza de un neumático o un globo infantil.

También devienen problemas morfológicos las trazas que dejaron los organismos pretéritos sobre los sedimentos, y también los patrones morfológicos complejos, puesto que normalmente siempre los asociamos a la vida y engañan al paleontólogo, sobre todo cuando se enfrenta con los fósiles más antiguos. Esto significa que tanto los patrones orgánicos como los inorgánicos tienen una parte en común, que es el cumplimiento de las leyes físicas y químicas. Durante la última década del siglo XX, Dolf se interesó por estos procesos de formación de patrones, tanto orgánicos como inorgánicos, con sus analogías y sus diferencias.

Todo esto constituiría algunos de los hitos más esenciales de su aportación: el primero, una concepción no adaptacionista de la forma orgánica: la biomorfodinámica (en principio, *Konstruktions-Morphologie*). El otro hito fue el estudio de las pistas como reflejo del comportamiento animal, un campo donde confluyen etología, paleoecología, tafonomía y sedimentología. Y, por último, sus investigaciones de las manifestaciones de vida precámbrica, donde jugaría un importante papel la distinción entre patrones bióticos e inorgánicos, que tienen en común el ser procesos de autoorganización.

Konstruktions-Morphologie, Biomorfodinámica

Esta concepción del estudio de la forma orgánica parte de un presupuesto que niega, de alguna manera, la primacía de la adaptación en la explicación de la forma, que nos podría retrotraer a la famosa disputa entre Étienne Geoffroy Saint-Hilaire y Georges Cuvier sobre forma y función. El primero de ellos sostenía que el plan estructural no se podía explicar funcionalmente -en contraposición a Cuvier, y como luego recogieron Owen y Darwin- pero marcaba las pautas y era el soporte de las funciones y adaptaciones.

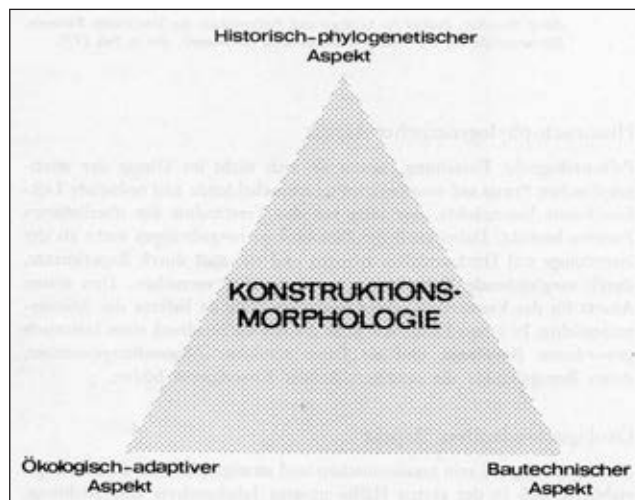


Figura 1. El triángulo de la *Konstruktions-Morphologie* en su presentación inicial (Según Seilacher, 1970).

En el famoso esquema triangular de Dolf (o el tetraédrico; Seilacher, 1990), esto se corresponde con su factor histórico-filogenético y sus limitaciones (Fig. 1). Por otra parte, concebir el organismo como una construcción (edificio, máquina) requiere materiales, cuyo comportamiento funcional puede estar altamente limitado, y fuerzas mecánicas que configuran las estructuras morfológicas. No todas las construcciones son posibles a causa de las obvias limitaciones arquitectónicas que imponen las leyes de la física y de la química a la forma a todos los niveles. Al depender los aspectos funcionales del comportamiento mecánico de las estructuras sobre las que se basan, aquellos no serán óptimos a causa de ambos tipos de limitaciones. Este sería el vértice para el que inicialmente Dolf

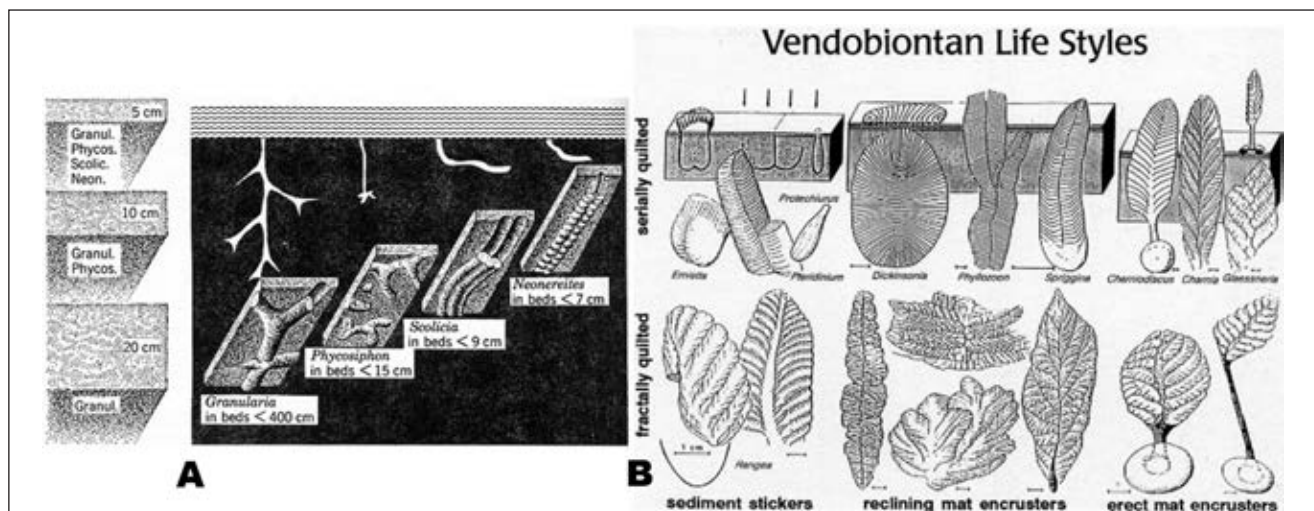


Figura 2. (A) Respuestas al ambiente físico: las huellas son indicadores de la sedimentación turbidítica (según Seilacher, 1964). (B) Diversidad morfológica y de modos de vida de los vendobiontes (según Seilacher, 1997).

propuso el término '*bautechnischer*' o, en otras lenguas, factor estructural y, actualmente, de fabricación. Estos dos primeros factores están íntimamente ligados al desarrollo embrionario y su evolución (*evo-devo*; ver revisión histórica en De Renzi, 2009). Finalmente, el tercer vértice del triángulo es el factor ecológico-adaptativo. La síntesis moderna de la evolución ha pretendido que esta es la mejor explicación de las estructuras orgánicas; sin embargo, por las razones apuntadas en la concepción de Dolf, éstas no alcanzarán los óptimos adaptativos. En el esquema tetraédrico hay un cuarto vértice: el ambiente efectivo, tanto biótico como físico, en el que la máquina o construcción será probada.

Paleoicnología y tafonomía

La ciencia de las trazas fósiles recibió de Dolf un fuerte impulso. Ya su doctorado versó sobre ellas, con Schindewolf como director. Se puede decir que su aportación inicial a este campo se proyecta al mundo de habla no alemana en un artículo enormemente influyente (Seilacher, 1964).

En este artículo pone de manifiesto los tres aspectos a considerar en la morfología de las pistas fósiles: el de conservación, el etológico y el taxonómico. Dichos aspectos fundamentarán de alguna manera la

clasificación de las mismas. Ahora bien, él es consciente de que dicha clasificación no permite, por regla general y, sobre todo, para las icnitas de invertebrados, llegar al animal que produjo la traza, puesto que un mismo animal deja trazas muy diversas en función de las características del sedimento, que en cada caso determinará diferencias de conservación. Otro aspecto a considerar sería que muy diferentes tipos de animales producirán trazas muy parecidas. Para Dolf, una única clasificación de las trazas debe ser etológica para sus niveles jerárquicos superiores y, para los más bajos, taxonómica (las icnoespecies), aunque esto lo presentó como una solución de compromiso. Por todos estos motivos, una clasificación de las pistas difícilmente sería coincidente con una clasificación biológica.

Otro aspecto importante de las pistas fósiles es su significado paleoecológico. Como él mismo dijo en el mencionado artículo, las comunidades terciarias todavía son fácilmente comprensibles desde el punto de vista paleoecológico si atendemos a su composición taxonómica; no así las mesozoicas o paleozoicas. Sin embargo, las icnitas cenozoicas son muy semejantes a las de las otras dos eras, mientras que desconocemos muchas de las icnitas que se forman actualmente. Finalmente, las pistas nos permiten inferir datos paleoecológicos: factores que afectan a los animales y a su comportamiento, como aireación, tasa de sedimentación o corrientes (Fig. 2A).

El último aspecto a considerar en este apartado es el tafonómico. Dolf incidió en muchos aspectos de este campo. Quizá uno de los más relevantes fue en referencia a los yacimientos en que los fósiles estuvieran bien conservados y/o fueran abundantes, que él incluyó bajo el término alemán *Fossil-Lagerstätten*. Seilacher consideraba aquí dos extremos: los yacimientos de concentración o *Konzentrat Fossil-Lagerstätten* (grandes cantidades de conchas delicadas; Vg. ammonites y bivalvos, ambos de aragonito) o los de conservación; en este caso, muy excepcional (partes blandas, esqueletos articulados, etc.). Son los que denominó *Konservat Fossil-Lagerstätten* (K. F-L.). En ambos casos, la dinámica sedimentaria marcaría las condiciones en que ello ocurriría (Seilacher, 1990).

Fósiles precámbricos

Otro trabajo que ocupó una parte importante de su vida fue el de los macrofósiles del Precámbrico, especialmente los que fueron conocidos bajo el nombre de fauna de Ediacara (cf. Seilacher, 1997). Se trata de organismos de cuerpo blando; sus fósiles se hallan en K. F-L. formados no en un medio anóxico sino bien aireado y somero. El análisis tafonómico los muestra siempre en el muro de una arenisca, pero nunca se observa su réplica en la capa inferior. Su hipótesis fue que estuvieron fijados a un tapiz bacteriano superpuesto al techo de esta última y que posteriormente desapareció, para lo cual dio diversas evidencias.

Todo el mundo, hasta entonces, había creído ver en este conjunto de fósiles de distribución mundial la primera representación del mundo animal previo a la esqueletización. Para Dolf, no obstante, se trataba de un plan estructural multicelular radicalmente nuevo: los Vendobionta (Fig. 2B), que había desplegado diversos tipos de simetría y tenía una estructura acolchada neumática (*quilted*) en pequeños *pneus*, que lo hacía casi imposible de asimilar a ninguna forma actual o extinta (cf. también Buscalioni, 1999).

Conclusión

Todo lo dicho no agota para nada lo que desveló la actividad de la fértil vida científica de Adolf Seilacher. Su investigación se extendió a más campos. Podríamos hablar de sus brillantes trabajos sobre bivalvos, ammonites y equinodermos, con la aplicación de su enfoque biomorfodinámico, o sobre

la actividad de organismos libres durante el Precámbrico y otros muchos campos. En todos los casos aplicó su manera sagaz de formular hipótesis y contrastarlas; es decir, aplicó el método científico en paleontología de una manera continuada. La divulgación científica, con su *Fossil Art* (Seilacher, 1997) fue otra de estas facetas. Dolf ha sido uno de los que nos ha mostrado el camino a muchos de nosotros. Descanse en paz.

Referencias

- Briggs, D.E.G. 2014. Adolf Seilacher (1925-2014). Palaeontologist who pioneered analysis of trace fossils. *Nature*, 509: 428.
- Buscalioni, A.D. 1999. *Animales fantásticos: la creación de un reino hace mil millones de años*. Mundo vivo-Libertarias, Madrid, 230 pp.
- De Renzi, M. 2009. Developmental and historical patterns at the cross-roads in the work of Pere Alberch. En: Rasskin-Gutman, D. y De Renzi, M. (eds.), *Pere Alberch: the creative trajectory of an evo-devo biologist*. Publicaciones de la Universitat de Valencia e Institut d'Estudis Catalans, Valencia, 45-66.
- Seilacher, A. 1964. Biogenic sedimentary structures. En: Imbrie, J. y Newell, N. (eds.), *Approaches to paleoecology*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 296-316.
- Seilacher, A. 1970. Arbeitskonzept zur Konstruktions-Morphologie. *Lethaia*, 3(4): 393-396.
- Seilacher, A. 1990. Taphonomy of Fossil-Lagerstätten. En: Briggs, D.E.G. y Crowther, P.R. (eds.), *Palaeobiology: a synthesis*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 266-270.
- Seilacher, A. 1991. Self-organizing morphogenetic mechanisms as processors of evolution. *Revista Española de Paleontología*, nº extr.: 5-11.
- Seilacher, A. 1997. *Fossil art: an exhibition of the Geologisches Institut Tuebingen University, Germany*. The Royal Museum of Palaeontology, Drumheller, Canada, 64 pp.
- Seilacher, A., Drodzewski, G. y Haude, R. 1968. Form and function of the stem in a pseudoplanktonic crinoid. *Palaeontology*, 11(2): 275-282.

El ámbar del Cretácico Inferior de España

Xavier Delclòs¹, Antonio Arillo², Eduardo Barrón³,
Jacopo Dal Corso⁴, Veronique Daviero-Gómez⁵,
Rafael López del Valle⁶, André Nel⁷, Jaume Ortega-Blanco¹,
Enrique Peñalver³, Ricardo Pérez-de la Fuente⁸, David Peris¹,
Alba Sánchez-García¹, Mónica M. Solórzano-Kraemer⁹,
Guido Roghi⁴, Eric E. Saupe¹⁰, Paul A. Selden¹¹

¹Fac. de Geologia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona.

E-mail: xdelclos@ub.edu, David.peris@ub.edu, alba.sanchez@ub.edu

²Fac. de Biología, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

E-mail: aarillo@gmail.com

³Museo Geominero, IGME, 28003 Madrid.

E-mail: e.penalver@igme.es, e.barron@igme.es

⁴Istituto di Geoscienze e Georisorse-CNR, Dipt. di Geoscienze,
Università di Padova, 35131, Padova, Italia.

E-mail: jacopo.dalcorso@unipd.it, guido.roghi@igg.cnr.it

⁵CNRS-UMR 5276 Terre, Planètes, Environnement, Dept. Biologie,
Univ. Lyon 1, 69622, Villeurbanne, Francia.

E-mail: veronique.daviero@univ-lyon1.fr

⁶Museo de Ciencias Naturales de Álava, 01001, Vitoria-Gasteiz, España.

E-mail: rlopezdelvalle@alava.net

⁷Lab. Entomologie, Muséum National Histoire Naturelle, 75005 Paris,
Francia. E-mail: anel@mnhn.fr

⁸Museum of Comparative Zoology, Harvard University, 02138, Cambridge,
Massachusetts, USA. E-mail: perezdelafuente@fas.harvard.edu

⁹Senckenberg Research Institut, Frankfurt, Alemania.

E-mail: monica.solorzano-kraemer@senckenberg.de

¹⁰Dept. of Geology and Geophysics, Yale University, New Haven,
USA. E-mail: erin.saupe@yale.edu

¹¹Dept. of Geology, University of Kansas, 66045 Lawrence, Kansas (USA).

E-mail: selden@ku.edu

Introducción

El ámbar es resina fosilizada que frecuentemente conserva en su interior organismos con su volumen original, los cuales, en ocasiones, también muestran fosilizadas sus partes blandas, por ejemplo la musculatura. La conservación de los detalles anatómicos externos, incluidos los muy pequeños, permite codificar una gran parte de los caracteres necesarios para realizar análisis filogenéticos junto a los organismos actuales. El ámbar también conserva evidencias directas e indirectas de tipo paleoetológico y de interacciones entre organismos.

No existen yacimientos pre-cretácicos que proporcionen un importante número de organismos fosilizados en el interior del ámbar (= bioinclusiones). A nivel mundial, los yacimientos de ámbar del Cretácico de relevancia paleontológica, por la diversidad y abundancia en bioinclusiones, se limitan a los del Líbano (Aptiense), España (Albiense), Myanmar y Francia (Albiense superior-Cenomaniense inferior), Estados Unidos de América (Turoniense), Federación de Rusia (Cenomaniense superior-Santoniense) y Canadá (Campaniense). El último en ser descubierto se encuentra en Etiopía y es del Cenomaniense.

El primer estudio del ámbar en España fue realizado por Gaspar Casal en el año 1762; sin embargo, hasta 1995 no se descubrieron las primeras bioinclusiones en el ámbar de España (en Peñacerrada I). Se han catalogado unos 130 yacimientos, siendo la mayoría de ellos de edad Albiense, aunque también existen del Cenomaniense y del Maastrichtiense (Delclòs *et al.*, 2007; Peñalver y Delclòs, 2010). No obstante, solo nueve, todos ellos del Albiense, han proporcionado ámbar con bioinclusiones, principalmente artrópodos, y solo tres de ellos en gran número: Peñacerrada I (= Moraza) en Burgos (Alonso *et al.*, 2000), San Just en Teruel (Peñalver *et al.*, 2007) y El Soplao en Cantabria (Najarro *et al.*, 2009, 2010).

La resina que dio lugar a los depósitos de ámbar españoles fue exudada en bosques de coníferas resinosas. Se piensa que los grupos implicados fueron Araucariaceae y Cheirolepidiaceae.

El ámbar de España ha proporcionado interesantes novedades en el campo de la paleoecología. Está permitiendo el estudio detallado de un ecosistema boscoso en un contexto insular (Iberia durante el Cretácico), bajo un clima subtropical, en plena expansión de las angiospermas. En efecto, el estudio

del ámbar con bioinclusiones del tránsito del Cretácico Inferior al Superior es especialmente importante debido a que, entre otras singularidades, en ese periodo comenzaba la radiación de las angiospermas y, asociada a ella, una profunda reestructuración de los ecosistemas terrestres y, por tanto, una diversificación del conjunto de su paleobiota. Además, se produjo una intensa sustitución de formas de artrópodos jurásicas y cretácicas por otras formas comunes en los ecosistemas actuales.

Métodos

El ámbar se obtiene con diversos métodos: manualmente con herramientas convencionales, por lavado directo *in situ* con agua a presión o por tamizado de la roca matriz no cementada (Corral *et al.*, 1999; Najarro *et al.*, 2010). Para poder estudiar las bioinclusiones es preciso un delicado trabajo de laboratorio que consiste en la limpieza y consolidación de las piezas de ámbar recuperadas, en la detección de las bioinclusiones, su aislamiento en una pequeña porción, su inclusión en resina sintética EPO-TEK 301 al vacío y en el corte y pulido final del resultado (Corral *et al.*, 1999).

La mayoría de las bioinclusiones son estudiadas con lupas y microscopios ópticos. Unas pocas están siendo estudiadas mediante la microtomografía de rayos-X con radiación de sincrotrón en contraste de fase, en la ESRF (Grenoble). Esta técnica no destructiva permite la obtención de imágenes virtuales 3D de alta resolución de cuerpo entero (Fig. 1) y, también, muestra la conservación de estructuras internas (Soriano *et al.*, 2010; Saupe *et al.*, 2012).

Contexto geológico

En general, el ámbar del Cretácico de España se encuentra en yacimientos distribuidos en un arco que incluye los márgenes Norte y Este de la península Ibérica, el cual se corresponde aproximadamente con la línea de costa durante el Cretácico Inferior. Las principales concentraciones de ámbar se encuentran en la Cuenca del Maestrazgo, la Cuenca Vasco-Cantábrica y la Depresión Central Asturiana.

Paleoambiente

El paleoambiente donde se formó la resina se ha podido conocer cada vez mejor a partir de diversos tipos de datos: 1) características sedimentológicas

de las facies, que aportan información del medio de formación del depósito; 2) evidencias de tipo tafonómico; 3) restos botánicos asociados al ámbar, tanto polínicos como de macrorrestos, encontrados tanto como bioinclusiones como en la roca que contiene el ámbar; 4) bioinclusiones, proporcionan información de los organismos de pequeño tamaño que vivían en el ecosistema, así como de las relaciones ecológicas entre ellos; 5) análisis geoquímicos del ámbar, que indican el tipo de resina fósil que es y aportan información para la determinación de las plantas productoras de resina, y 6) datos disponibles sobre las condiciones regionales o globales para su integración con el resto, como por ejemplo el clima establecido a nivel regional o las características de la atmósfera del Albiense.

En general, los estudios polínicos y de macrorrestos muestran una asociación paleobotánica integrada en el sotobosque por musgos, licopodios, helechos, cicadales, ginkgoales, bennettitales, pteridospermales, gnetales y angiospermas. El estrato arbóreo/arbustivo estaría formado por *Araucariaceae*, *Cupressaceae* y *Cheirolepidiaceae*.

El conjunto sugiere que la resina se formó en un bosque subtropical de coníferas bajo un clima seco-húmedo estacional. Los estudios geoquímicos y quimiotaconómicos indican que los productores de las resinas, en la Cuenca del Maestrazgo y en el margen occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica, fueron el género *Frenelopsis* (*Cheirolepidiaceae*) y un tipo de árbol hasta ahora no determinado y, en el margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica, un tipo de *Araucariaceae* (Chaler y Grimalt, 2005; Menor-Salván *et al.*, 2010).

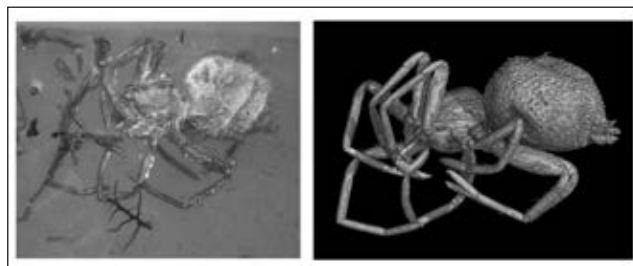


Figura 1. *Orchestina* sp., familia Oonopidae, del yacimiento de San Just (Teruel). Izquierda, fotografía realizada con una lupa binocular. Derecha, imagen microtomográfica con radiación de sincrotrón en contraste de fase (ESRF, Grenoble) (Saupe *et al.*, 2012). Longitud corporal 1,11 mm.

La presencia, casi siempre conjunta, de fusinita y ámbar en los niveles de concentración que han sido excavados indica que durante la época seca se produjeron extensos incendios en los bosques resinosos. La génesis de estos niveles sería el resultado de la erosión, en la estación húmeda, de los suelos desprovistos de la protección de la vegetación (Najarro *et al.*, 2010). El desarrollo de incendios también se ha podido inferir del estudio de la paleofauna conservada en el ámbar (Ortega-Blanco *et al.*, 2008; Pérez de la Fuente *et al.*, 2012). Además de la evidencia de madera quemada (principal componente de esta fusinita) se han hallado coprolitos y semillas en la roca matriz que habrían experimentado combustión en un incendio.

Bioinclusiones en el ámbar

La mayoría de las bioinclusiones corresponden a artrópodos (varios miles de ejemplares). Principalmente son hexápodos/insectos (17 órdenes) y, en mucha menor medida, arácnidos (ácaros, pseudoescorpiones y arañas, Fig. 1), crustáceos (tanaidáceos e isópodos) y miriápodos. Los grupos dominantes de insectos son los dípteros (moscas y mosquitos), himenópteros (únicamente representantes de avispas), hemípteros (chinchas) y coleópteros (escarabajos). Las últimas revisiones generales sobre los artrópodos se encuentran en Delclòs *et al.* (2007) y Peñalver y Delclòs (2010). Desde entonces el número de ejemplares investigados ha crecido considerablemente. En los últimos años se han estudiado varias asociaciones que muestran relaciones paleoecológicas que no se conocían en registros fósiles tan antiguos (Pérez de la Fuente *et al.*, 2012). Los hallazgos más importantes corresponden a casos que evidencian polinización entomófila de gimnospermas (Peñalver *et al.*, 2012). Otras bioinclusiones son plumas, telarañas (Peñalver *et al.*, 2006), palinomorfs (Peñalver *et al.*, 2012) y fragmentos de plantas. También se han encontrado microorganismos pertenecientes a diferentes grupos (Martín-González *et al.*, 2009).

Conclusiones

El estudio del ámbar del Cretácico de España está permitiendo comprender con cierto detalle el desarrollo y la dinámica de los ecosistemas boscosos insulares, dominados por gimnospermas, que existieron en la Placa Ibérica durante el Albiense, bajo un clima subtropical con alternancia estacional húmeda y seca. Fue un periodo clave en lo que respecta al reemplazo de las gimnospermas por las angiospermas en los ecosistemas terrestres.

La investigación, principalmente centrada en las bioinclusiones, continúa siendo intensa. Si bien algunos grupos de artrópodos han sido estudiados casi en su totalidad durante la realización de tesis doctorales, otros están todavía sin estudiar. Uno de los yacimientos principales ha sido objeto de un estudio monográfico en el marco de una tesis doctoral, concretamente El Soplao, mientras que otros, potencialmente muy importantes, serán excavados en los próximos años.

Agradecimientos

Esta investigación se enmarca en los sucesivos proyectos del Ministerio de Educación y Ciencia, del Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto vigente: CGL2011-23948/BTE) y de la ESRF para el estudio del ámbar de España.

Referencias

- Alonso, J., Arillo, A., Barrón, E., Corral, J.C., Grimalt, J., *et al.*, 2000. A new fossiliferous resin with biological inclusions in Lower Cretaceous deposits from Álava (northern Spain, Basque-Cantabrian Basin). *Journal of Paleontology*, 74: 158-178.
- Chaler, R. y Grimalt, J. 2005. Fingerprinting of Cretaceous higher plant resins by infrared spectroscopy and gas chromatography coupled to mass spectrometry. *Phytochemical Analysis*, 16: 446-450.
- Corral, J.C., López del Valle, R. y Alonso, J. 1999. El ámbar cretácico de Álava (Cuenca Vasco-Cantábrica, Norte de España): su colecta y preparación. *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava*, 14: 7-21.
- Delclòs, X., Arillo, A., Peñalver, E., Barrón, E., Soriano, C., *et al.* 2007. Fossiliferous amber deposits from the Cretaceous (Albian) of Spain. *Comptes Rendus Palevol*, 6: 135-149.
- Martín-González, A., Wierzbos, J., Gutiérrez, J.C., Alonso, J. y Ascaso, C. 2009. Microbial Cretaceous park: biodiversity of microbial fossils entrapped in amber. *Naturwissenschaften*, DOI 10.1007/s00114-009-0508-y.
- Menor-Salván, C., Najarro, M., Velasco, F., Rosales, I., Tornos, F., *et al.* 2010. Terpenoids in extracts of Lower Cretaceous ambers from the Basque Cantabrian Basin (El Soplao, Cantabria, Spain): Paleochemotaxonomic aspects. *Organic Geochemistry*, 41(10): 1089-1103.

- Najarro, M., Peñalver, E., Pérez-de la Fuente, R., Ortega-Blanco, J., Menor-Salván, C., *et al.* 2010. A review of the El Soplao amber outcrop, Early Cretaceous of Cantabria (Spain). *Acta Paleontologica Sinica*, 84: 959-976.
- Najarro, M., Peñalver, E., Rosales, I., Pérez-de la Fuente, R., Daviero-Gomez, V., *et al.* 2009. Unusual concentration of Early Albian arthropod-bearing amber in the Basque-Cantabrian Basin (El Soplao, Cantabria, Northern Spain): Palaeoenvironmental and palaeobiological implications. *Geologica Acta*, 7: 363-387.
- Ortega-Blanco, J., Rasnitsyn, A.P. y Delclòs, X. 2008. First record of anaxyelid woodwasps (Hymenoptera: Anaxyelidae) in Lower Cretaceous Spanish amber. *Zootaxa*, 1937: 39-50.
- Peñalver, E. y Delclòs, X. 2010. Spanish Amber. En: Penney, D. (ed.), *Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits*. Siri Scientific Press, Manchester, 236-270.
- Peñalver, E., Delclòs, X. y Soriano, C. 2007. A new rich amber outcrop with palaeobiological inclusions in the Lower Cretaceous of Spain. *Cretaceous Research*, 28: 791-802.
- Peñalver, E., Grimaldi, D.A. y Delclòs, X. 2006. Early Cretaceous spider web with its prey. *Science*, 312: 1761.
- Peñalver, E., Labandeira, C.C., Barrón, E., Delclòs, X., Nel, P., *et al.* 2012. Thrips pollination of Mesozoic gymnosperms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 8623-8628.
- Pérez-de la Fuente, R., Delclòs, X., Peñalver, E., Speranza, M., Wierzbos, J., *et al.* 2012. Early evolution and ecology of camouflage in insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 21414-21419.
- Saupe, E.E., Pérez-de la Fuente, R., Selden, P.A., Delclòs, X., Tafforeau, P., *et al.* 2012. New *Orchestina* Simon, 1882 (Araneae: Oonopidae) from Cretaceous ambers of Spain and France: first spiders described using phase-contrast X-ray synchrotron microtomography. *Palaeontology*, 55: 127-143.
- Soriano, C., Archer, M., Azar, D., Creaser, P., Delclòs, X., *et al.* 2010. Synchrotron X-ray imaging on inclusions in amber. *Comptes Rendus Palevol*, 9: 361-368.

Yen (1966): Los moluscos del “Weald” de la provincia de Santander de las colecciones clásicas del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid)

Graciela Delvene¹, Celia M. Santos-Mazorra²

¹Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España).
Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid.

²Museo Nacional de Ciencias Naturales. Agencia Estatal CSIC.
José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid.

Los moluscos de yacimientos clásicos del Cretácico Inferior español han estado relegados a un segundo plano en la mayoría de los estudios de grandes vertebrados. Son pocos los autores que dedicaron su investigación a bivalvos y gasterópodos, por otro lado tan abundantes en estas capas de ambientes continentales.

Yen (1966) puso de manifiesto el rico e importante registro de la macrofauna de los materiales del “Weald” de la provincia de Santander. Tradicionalmente los tratados paleontológicos sobre el Cretácico Inferior hacían referencia a vertebrados, microfauna y flora. Este autor resaltó que los moluscos, normalmente abundantes en estas facies, habían sido bien estudiados en el noreste de Europa, pero en España no habían recibido la atención adecuada. Yen (*op. cit.*) pretendió que su trabajo impulsara la investigación de los macroinvertebrados en nuestro país.

El autor se basó en las colecciones clásicas custodiadas en aquel entonces por el Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas, que posteriormente pasaría a formar parte del Museo Nacional de Ciencias Naturales en Madrid. El material fósil procedía de recolecciones efectuadas

por Augusto González de Linares (1845-1904), Orestes Cendrero Curiel (1887-1946), Eduardo Hernández Pacheco (1872-1965) y José Royo Gómez (1895-1961).

Incluyó al menos 127 ejemplares, de los que determinó 8 taxones (5 de gasterópodos y 3 de bivalvos), describiendo y figurando algunos de ellos.

Nuestro estudio pretende dos objetivos, 1) reconocer y documentar el material que Yen estudio en los años sesenta y 2) actualizar y revisar la sistemática de los taxones determinados por dicho autor.

El etiquetado que actualmente acompaña al material paleontológico proporciona una valiosa información respecto al origen de los fósiles, y la mayoría de los ejemplares se pueden asignar a las colecciones de los autores antes citados. El análisis y comparación de la escritura de las etiquetas han permitido localizar los ejemplares estudiados por Yen (*op. cit.*). Es una de las pocas publicaciones de referencia del siglo XX sobre los gasterópodos de las facies “Weald” españolas, y es de gran importancia como material de comparación con la fauna del Cretácico Inferior europeo. Dichos taxones se han comparado con los obtenidos durante los últimos años en muestreos propios, procedentes de la Fm. Vega de Pas del Cretácico Inferior de la Cuenca Vasco-Cantábrica.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2012-33281 y CGL2013-42643 del Ministerio de Economía y Competitividad y CANOA 36.6.05.91.00 del Instituto Geológico y Minero de España.

Referencias

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.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Especialización dietética de los hominoideos eurasiáticos del Mioceno: clave de éxito y causa de extinción

Daniel DeMiguel¹, David M. Alba¹, Salvador Moyà-Solà²

¹Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (ICP),
Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ de les Columnes
s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, España.
E-mail: daniel.demiguel@icp.cat, david.alba@icp.cat

²ICREA en ICP y Unitat d'Antropologia Biològica (Dept. BABVE),
Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ de les Columnes s/n,
Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, España.
E-mail: salvador.moya@icp.cat

Introducción

La radiación de los primates hominoideos en Eurasia tuvo lugar durante el Mioceno Medio y Superior a partir de su dispersión desde África hace más de 14 Ma (Casanovas-Vilar *et al.*, 2011). El papel de la dieta fue posiblemente clave en dicha dispersión y en la posterior diversificación taxonómica y adaptativa de los hominoideos eurasiáticos (Andrews y Martin, 1991; Alba *et al.*, 2010; Alba, 2012). Los estudios paleodietéticos resultan así primordiales para investigar la evolución y extinción de los hominoideos durante el Mioceno.

A pesar de la existencia de una gran cantidad de estudios centrados en la evolución de la dieta en el género *Homo*, se conoce muy poco sobre la dieta de los hominoideos eurasiáticos del Mioceno (Teaford y Walker, 1984; Andrews y Martin, 1991; Ungar y Kay, 1995; Ungar, 1996; Alba *et al.*, 2010). Algunos datos apuntan hacia la existencia de una considerable diversidad dietética en las especies del Mioceno Superior, y sugieren una progresiva especialización desde el Mioceno Medio a partir de una condición inicial esclerocárpica (Ungar, 1996; King *et al.*, 1999). Los hallazgos de hominoideos del Mioceno Medio tardío realizados durante la última década en el Vallès-Penedès (NE de la península Ibérica) nos permiten investigar aquí, desde un punto de vista paleodietético, un intervalo de tiempo anteriormente poco conocido, y revisar

el papel que jugó la especialización dietética en la diversificación y extinción de estos simios antropomorfos en Eurasia Occidental.

Materiales y métodos

El presente trabajo se centra en el estudio del microdesgaste (marcas microscópicas dejadas por los alimentos en el esmalte dental). El estudio se centra en los molares de hominoideos de las cuencas del Vallès-Penedès y Seu d'Urgell (Fig. 1): *Pierolapithecus catalaunicus* de ACM/BCV1 (MN7+8, 12,0 Ma; Moyà-Solà *et al.*, 2004); *Anoiapithecus brevirostris* de ACM/C3-Aj (MN7+8, 12,0 Ma; Moyà-Solà *et al.*, 2009a) y ACM/C1-E* (MN7+8; 12,4-12,3 Ma; Alba *et al.*, 2013); *Dryopithecus fontani* de ACM/C3-Ae (MN7+8, 12,0 Ma; Moyà-Solà *et al.*, 2009b); *Hispanopithecus crusafonti* de CP1 y TF (MN9, 10,4–10,0 Ma; Begun, 1992); e *Hispanopithecus laietanus* de CF (MN9, 10,0–9,7 Ma; Alba *et al.*, 2012) y CLL1 (MN9, 9,7 Ma; Begun *et al.*, 1990; Alba *et al.*, 2012) (abreviaturas de las localidades en la leyenda de Fig. 1).

Los especímenes estudiados se encuentran depositados en el Institut Català de Paleontologia M. Crusafont (Sabadell) y en el Museu Geològic del Seminari de Barcelona (Barcelona). Nuestros resultados fueron comparados con otros derivados de otros autores (Teaford y Walker, 1984; Teaford, 1985; El-Zaatari *et al.*, 2005) y basados en una muestra de 11 primates actuales

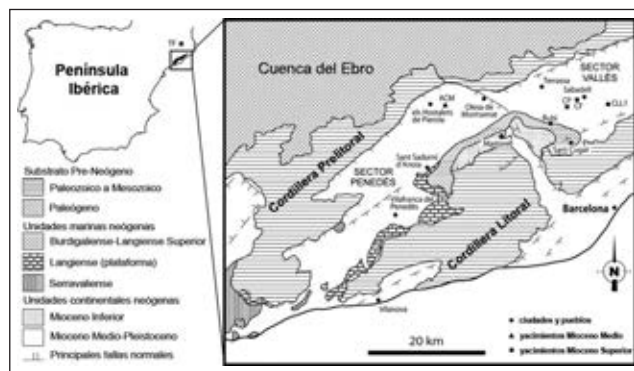


Figura 1. Situación de las localidades con hominoideos fósiles incluidos en este estudio (izquierda) y mapa geológico del Vallès-Penedès (recuadro). Los especímenes de ACM pertenecen al final del Mioceno Medio (MN7 + 8), mientras que el resto pertenecen al Mioceno Superior (MN9). Abreviaciones: ACM, Abocador de Can Mata; BCV1, Barranc de Can Vila 1; C1, Celda 1; C3, Celda 3; CLL1, Can Llobateres 1; CP1, Can Poncic 1; TF, Teulera del Firal.

(folívoros, frugívoros/mixtos y esclerocárpicos; DeMiguel *et al.*, 2013), y analizados con datos de los siguientes hominoideos fósiles de Europa y Turquía (Ungar, 1996; King *et al.*, 1999): *Griphopithecus alpani* (MN6, 14,9-13,7 Ma; Alpagut *et al.*, 1990; Kelley *et al.*, 2008); *Hispanopithecus hungaricus* (MN9, 10,0-9,8 Ma; Begun y Kordos, 1993); *Ouranopithecus macedoniensis* (MN10, 9,7-9,0 Ma; de Bonis y Koufos, 1993, 1994) y *Oreopithecus bambolii* (MN12, 8,3-6,7 Ma; Rook *et al.*, 1996; Moyà-Solà y Köhler, 1997). Los hominoideos incluidos abarcan toda la radiación de Eurasia Occidental (14 a 7 Ma).

En relación al método, el microdesgaste permite inferir la dieta a partir del estudio de las marcas (estrías y hoyos) originadas en los dientes durante la masticación. Se tomaron micrografías de la superficie oclusal de los molares (facetas 9, 10n y x; Kay, 1977) mediante microscopía electrónica ambiental a 500x. El estudio se efectuó en un área de 0,02 mm². Se cuantificaron tres variables (Teaford y Walker, 1984): (1) porcentaje de hoyos (%); (2) anchura de estrías (µm); y (3) anchura de hoyos (µm). Análisis Clústers (vecino más lejano) y Discriminantes fueron utilizados como técnicas multivariantes para analizar los datos de las especies actuales y fósiles y reconstruir las dietas de estas últimas.

Resultados

Entre las variables analizadas, la incidencia de hoyos (%) es la que mejor distingue entre categorías dietéticas, mientras que la anchura de las marcas (especialmente de estrías) permite refinar inferencias. Con respecto a la incidencia de hoyos (Fig. 2a), sólo *P. catalaunicus* y *D. fontani* se asemejan a taxones actuales esclerocárpicos (p.ej. *Pongo pygmaeus* y *Lophocebus albigena*). El resto de hominoideos presentan porcentajes intermedios entre *P. pygmaeus* y los actuales frugívoros/mixtos (como *Pan troglodytes* y *Papio cynocephalus*). Esto sugieren la existencia de un cierto grado de esclerocarpia (ingesta de objetos con cáscaras duras) en los taxones ibéricos, siendo especialmente relevante en *P. catalaunicus*, quien además presenta las estriaciones más anchas—hecho consistente con una marcada inclinación por la ingesta de objetos duros (DeMiguel *et al.*, 2013). El resto de taxones (incluyendo *H. crusafonti* y *H. laietanus*) son intermedios entre especies esclerocárpicas y frugívoras/mixtas cuando la incidencia de hoyos y la anchura de las estriaciones son consideradas simultáneamente. Cabe destacar que ningún taxón fósil del estudio muestra afinidades folívoras (dietas basadas fundamentalmente en brotes tiernos y hojas).

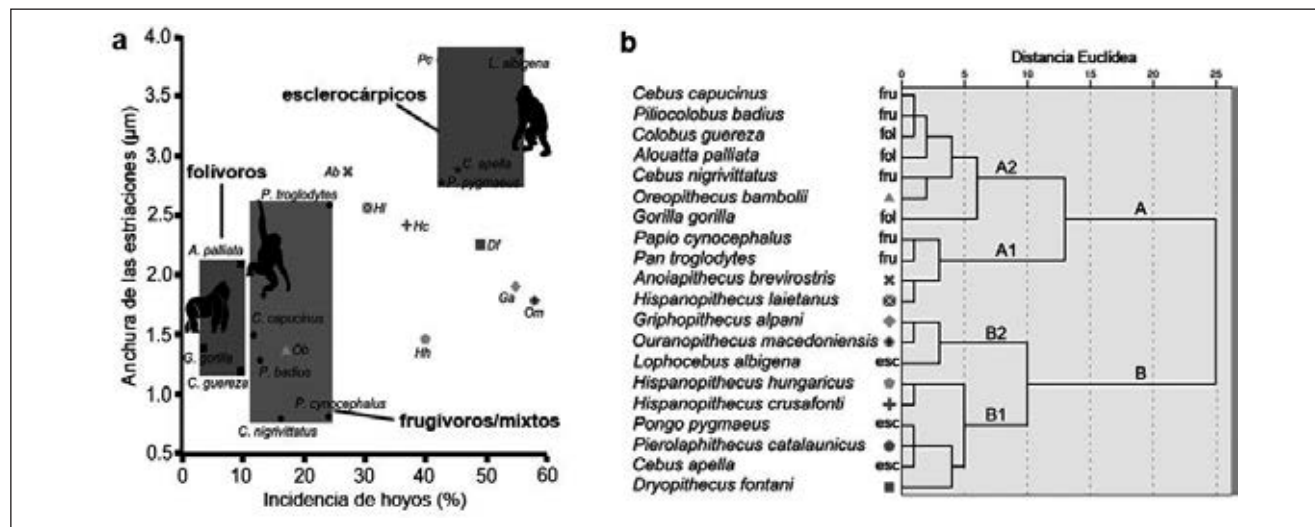


Figura 2. (A) Gráfico bivariente de la incidencia de hoyos (%) y la anchura de las estrías. (B) Análisis de Clúster obtenido a partir de las variables de microdesgaste. Abreviaturas: *Ab*, *Anoiapithecus brevirostris*; *Df*, *Dryopithecus fontani*; *Ga*, *Griphopithecus alpani*; *Hc*, *Hispanopithecus crusafonti*; *Hh*, *Hispanopithecus hungaricus*; *Hl*, *Hispanopithecus laietanus*; *Ob*, *Oreopithecus bambolii*; *Om*, *Ouranopithecus macedoniensis*; *Pc*, *Pterolapithecus catalaunicus*; fru, frugívoros; fol, folívoros; esc, esclerocárpicos.

Comparados con el resto de hominoideos europeos, sólo *G. alpani* y *O. macedoniensis* sobrepasan la incidencia de hoyos encontrada en las especies ibéricas. Estos primeros, sin embargo, exhiben marcas de una dimensión mucho menor que las encontradas en primates actuales esclerocápicos y *P. catalaunicus*, solapándose por tanto con el resto de hominoideos estudiados. *H. hungaricus* presenta patrones de microdesgaste que se solapan con los de las otras especies de *Hispanopithecus*, siendo una forma intermedia entre primates de dietas esclerocápicas y frugívoros/mixtos. Finalmente, *O. bambolii* presenta un patrón claramente frugívoro/mixto.

Los análisis multivariantes (Fig. 2b) corroboran las asignaciones dietéticas sugeridas, y muestran un marcado componente arborícola en los hominoideos del Vallès-Penedès, y una mayor terrestrialidad en el resto de taxones esclerocápicos (*Ouranopithecus* y *Griphopithecus*).

Discusión y conclusiones

Nuestros análisis indican una tendencia hacia la progresiva diversificación de las dietas de los hominoideos durante su radiación en Eurasia Occidental. La condición ancestral esclerocáptica, presente en *Griphopithecus* a principios del Mioceno Medio, es exhibida únicamente por *Pierolapithecus* (finales del Mioceno Medio) y *Ouranopithecus* (Mioceno Superior), aunque el primero muestra una mayor similitud con taxones arborícolas de dietas basadas en objetos duros (como el orangután), lo cual sugiere hábitats más cerrados y forestales para *Pierolapithecus*. El resto de hominoideos carecen de análogos actuales, siendo intermedios entre primates de dietas frugívoras basadas en objetos blandos y especies especializadas en objetos duros. Sólo *Oreopithecus* (Mioceno Superior), con una alimentación frugívora de objetos blandos, pero altamente versátil, es similar a algunos primates actuales. Esto sugiere una precoz adaptación a dietas frugívoras poco abrasivas en *Anoiapithecus* y *Dryopithecus* (finales del Mioceno Medio). Esta tendencia es más evidente en el Mioceno Superior, detectándose en todas las especies de *Hispanopithecus* (*H. crusafonti*, *H. laietanus*, *H. hungaricus*). Aparentemente, estas especies habrían dependido de dietas frugívoras de bajo componente abrasivo, aunque consumieron también objetos duros más abrasivos.

A pesar de una tendencia climática hacia condiciones de mayor estacionalidad y temperaturas más bajas desde mediados del Mioceno Medio hasta finales del Mioceno Superior, la exclusión competitiva de las especies y la heterogeneidad ambiental de los ecosistemas parece haber favorecido una progresiva fragmentación de los nichos dietéticos. En el Mioceno

Superior, esta diversificación culminó en una mayor especialización de las dietas (aunque excluyendo dietas estrictamente folívoras), relacionadas en parte con nuevas adaptaciones locomotoras de estos taxones.

Nuestros datos sugieren que la misma especialización dietética que permitió a los hominoideos de Eurasia Occidental afrontar un progresivo deterioro ambiental a lo largo del Mioceno, fue el principal factor que les llevó a la extinción cuando tuvieron lugar cambios paleoambientales más drásticos. El caso de la extinción de las especies de *Hispanopithecus* resulta de especial interés, y guarda relación con una progresiva sustitución de la vegetación perenne por otra de tipo caduco. Nuestros datos indican que *Hispanopithecus* pudo haber hecho frente (al menos durante un tiempo) a este cambio ambiental alimentándose en el dosel forestal e incorporando objetos duros estacionalmente, en lugar de desarrollar una dieta folívora (más acorde con las nuevas condiciones ambientales) y/o alimentarse en el suelo (a causa de especializaciones a una locomoción altamente arborícola).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad (CGL2011-28681/BTE, CGL2011-27343, JCI-2011-11697 a D.D.M. y RYC-2009-04533 a D.M.A.) y la Generalitat de Catalunya (2014 SGR 416).

Referencias

- Alba, D.M. 2012. Fossil apes from the Vallès-Penedès Basin. *Evolutionary Anthropology*, 21: 254–269.
- Alba, D.M., Fortuny, J. y Moyà-Solà, S. 2010. Enamel thickness in Middle Miocene great apes *Anoiapithecus*, *Pierolapithecus* and *Dryopithecus*. *Proceedings of the Royal Society B*, 277: 2237–2245.
- Alba, D.M., Almécija, S., Casanovas-Vilar, I., Méndez, J.M. y Moyà-Solà, S. 2012. A partial skeleton of *Hispanopithecus laietanus* from Can Feu and the mosaic evolution of crown-hominoid positional behaviors. *PLoS ONE*, 7: e39617.
- Alba, D.M., Fortuny, J., Pérez de los Ríos, M., Zanolli, C., Almécija, S., Casanovas-Vilar, C., Robles, J.M. y Moyà-Solà, S. 2013. New dental remains of *Anoiapithecus* and the first appearance datum of hominoids in the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution*, 65: 573–584.

- Alpagut, B., Andrews, P. y Martin, L. 1990. New hominoid specimens from the Middle Miocene site at Pasalar, Turkey. *Journal of Human Evolution*, 19: 397-422.
- Andrews, P. y Martin, L. 1991. Hominoid dietary evolution. *Philosophical Transactions of Royal Society B*, 334: 199-209.
- Begun, D.R. 1992. *Dryopithecus crusafonti* sp. nov., a new Miocene hominoid from Can Ponsic (Northeastern Spain). *American Journal of Physical Anthropology*, 87: 291-309.
- Begun, D.R. y Kordos, L. 1993. Revision of *Dryopithecus branchoi* Schlosser, 1901, based on the fossil hominoid material from Rudábanya. *Journal of Human Evolution*, 25: 271-285.
- Begun, D.R., Moyà-Solà, S. y Köhler, M. 1990. New Miocene hominoid specimens from Can Llobateres (Vallès Penedès, Spain) and their geological and paleoecological context. *Journal of Human Evolution*, 19: 255-268.
- Casanovas-Vilar, I., Alba, D.M., Garcés, M., Robles, J.M. y Moyà-Solà, S. 2011. Updated chronology for the Miocene hominoid radiation in Western Eurasia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 5554-5559.
- de Bonis, L. y Koufos, G.D. 1993. The face and the mandible of *O. macedoniensis*: description of new specimens and comparisons. *Journal of Human Evolution*, 24: 469-491.
- de Bonis, L. y Koufos, G.D. 1994. Our ancestors' ancestor: *Ouranopithecus* is a Greek link in human ancestry. *Evolutionary Anthropology*, 3: 75-83.
- DeMiguel, D., Alba, D.M. y Moyà-Solà, S. 2013. European pliopithecids diets revised in the light of dental microwear in *Pliopithecus canmatensis* and *Barberapithecus huerzeleri*. *American Journal of Physical Anthropology*, 151: 573-582.
- El-Zaatari, S., Grine, F.E., Teaford, M.F. y Smith, A.H. 2005. Molar microwear and dietary reconstructions of fossil Cercopithecoidea from the Plio-Pleistocene deposits of South Africa. *Journal of Human Evolution*, 49: 180-205.
- Kay, R.F. 1977. The evolution of molar occlusion in the Cercopithecidae and Early Catarrhines. *American Journal of Physical Anthropology*, 46: 327-352.
- Kelley, J., Andrews, P. y Alpagut, B. 2008. A new hominoid species from the middle Miocene site of Paşalar, Turkey. *Journal of Human Evolution*, 54: 455-479.
- King, T., Aiello, L.C. y Andrews, P. 1999. Dental microwear of *Griphopithecus alpani*. *Journal of Human Evolution*, 36: 3-31.
- Moyà-Solà, S. y Köhler, M. 1997. The phylogenetic relationships of *Oreopithecus bambolii* Gervais, 1872. *Comptes rendus de l'Académie des sciences Paris*, 324: 141-148.
- Moyà-Solà, S., Köhler, M., Alba, D.M., Casanovas-Vilar, I. y Galindo, J. 2004. *Pierolapithecus catalaunicus*, a new Middle Miocene great ape from Spain. *Science*, 306: 1339-1344.
- Moyà-Solà, S., Alba, D.M., Almécija, S., Casanovas-Vilar, C., Köhler, M., De Esteban, S., Robles, J.M., Galindo, J. y Fortuny, J. 2009a. A unique Middle Miocene European hominoid and the origins of the great ape and human clade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 9601-9606.
- Moyà-Solà, S., Köhler, M., Alba, D.M., Casanovas-Vilar, C., Galindo, J., Robles, J.M., Cabrera, L., Garcés, M., Almécija, S. y Beamund, E. 2009b. First partial face and upper dentition of the Middle Miocene hominoid *Dryopithecus fontani* from Abocador de Can Mata (Vallès-Penedès Basin, Catalonia, NE Spain): Taxonomic and phylogenetic implications. *American Journal of Physical Anthropology*, 139: 126-145.
- Rook, L., Harrison, T. y Engesser, B. 1996. The taxonomic status and biochronological implications of new finds of *Oreopithecus* from Baccinello (Tuscany, Italy). *Journal of Human Evolution*, 30: 3-27.
- Teaford, M.F. 1985. Molar microwear and diet in *Cebus*. *American Journal of Physical Anthropology*, 66: 363-370.
- Teaford, M.F. y Walker, A. 1984. Quantitative differences in dental microwear between primate species with different diets and a comment on the presumed diet of *Sivapithecus*. *American Journal of Physical Anthropology*, 64: 191-200.
- Ungar, P.S. 1996. Dental microwear of European Miocene catarrhines: evidence for diets and tooth use. *Journal of Human Evolution*, 31: 335-366.
- Ungar, P.S. y Kay, R.F. 1995. The dietary adaptations of European Miocene catarrhines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92: 5479-5481.

Palinoestratigrafía triásica del sondeo de Couy SE Cuenca de París (Francia)

José B. Díez¹, Sylvie Bourquin², Laurent Beccaletto³,
Eric Lasseur³, Manuel A. Juncal¹, Gonzalo Rial¹

¹Universidad de Vigo, 36310. E-mail: jbdiez@uvigo.es,
majuncal@gmail.com, g.rial.muinos@gmail.com

²Université de Rennes, 35042.
E-mail: sylvie.bourquin@univ-rennes1.fr

³BRGM, Georesources Division, 45060.
E-mail: l.beccaletto@brgm.fr, e.lasseur@brgm.fr

Para el Pérmico de la Cuenca de París han sido identificadas y descritas por Mégnien (1980), Mascle (1990), Perrodon y Zabeck (1990) y Autran *et al.* (1994), varias cuencas aisladas en el subsuelo. Sin embargo, la falta de datos no permite una descripción precisa, ni la datación de estos depósitos pérmicos. En el Macizo de los Vosgos (Norte de Francia) sólo está presente el Pérmico superior, datado por pólenes y caracterizado por depósitos fluviales y lacustres someros (Durand *et al.*, 1994). Estos depósitos cambian gradualmente hacia el Este a facies marinas someras, las facies evaporíticas Zechstein de la Cuenca Germánica (Bourquin *et al.*, 2011).

En el límite Sudoeste de la Cuenca Germánica (i.e. Cuenca de París) se puede observar claramente una discordancia pretriásica, que se asocia con un *onlap* de la sucesión triásica sobre el basamento paleozoico (Bourquin *et al.*, 2006). En la parte occidental los depósitos pérmicos y triásicos están separados por una discordancia angular.

Durante el Triásico, la Cuenca de París formó parte del extremo occidental de la Cuenca Germánica y sólo se separa progresivamente para conformar una cuenca independiente en el Carniense medio (Triásico Superior) (Bourquin y Guillocheau, 1993, 1996). La evolución sedimentológica de los depósitos triásicos de la Cuenca de París se deduce por correlación estratigráfica de sondeos, testigos y datos de superficie (véase, Bourquin *et al.*, 2002, 2006).

Sin embargo, la datación bioestratigráfica de la sucesión era pobre y localizada principalmente en los afloramientos orientales de la cuenca.

Un reciente estudio centrado en la sucesión Permotriásica del Sondeo de Couy, ha permitido redefinir con mayor precisión la edad de los niveles triásicos y describir los medios sedimentarios.

Los objetivos principales del estudio para el sondeo de Couy han sido en primer lugar caracterizar de forma precisa la evolución palinológica en la sucesión Triásica de la Cuenca de París a través del re-estudio y re-análisis de las series atribuidas al Pérmico, Triásico y Jurásico inferior. Se han realizado 54 análisis palinológicos, obteniéndose 29 niveles positivos, desafortunadamente ninguno Pérmico, en contraposición al abundante número de nuevos niveles palinológicos atribuibles al Ladinense, Carniense y Retiense-Hetangiense (Fig. 2). Estos nuevos resultados permiten confirmar la datación ya propuesta en trabajos previos (Courel *et al.*, 1990; Adloff *et al.*, 1992 y Lorenz 1992) y alcanzar un mayor nivel de precisión. En función de estas edades se ha deducido la evolución vertical de los medios sedimentarios, así como la correlación en la parte Sudoeste de la Cuenca de París a partir de datos sísmicos y sondeos. (Fig. 1B).

Referencias

- Adloff, C., Courel, L., Doubinger, J., Giot, D., Lacombe, P. y Marteau, P. 1992. Le Trias du forage de Sancerre-Couy: la transgression triasique est le témoin d'un haut niveau marin ladinien. *Géologie de la France*, 3-4: 51-56.
- Autran, A., Lefort, J.P., Debeglia, N., Edel, J.B. y Vignerresse J.L. 1994. Gravity and magnetic expression of terranes in France and their correlation beneath overstep sequences. En: Keppie, J.D. (ed.), *Pre-Mesozoic Geology in France and related areas*. Springer, Berlin, 49-72.
- Beccaletto, L., Lasseur, E., Martelet, G., Serrano, O., Capar, L. y Marc, S. 2012. The Pre-Mesozoic basement of the SW Paris Basin (France) revisited using combined seismic, aeromagnetic and gravimetric methods - Focus on the Stephano-permian basins. En: *34th IGC*. Brisbane, Australia, 1326.
- Bourquin, S. y Guillocheau, F. 1993. Géométrie des séquences de dépôt du Keuper (Ladinien à Rhétien) du bassin de Paris: implications géodynamiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 317(2): 1341-1348.

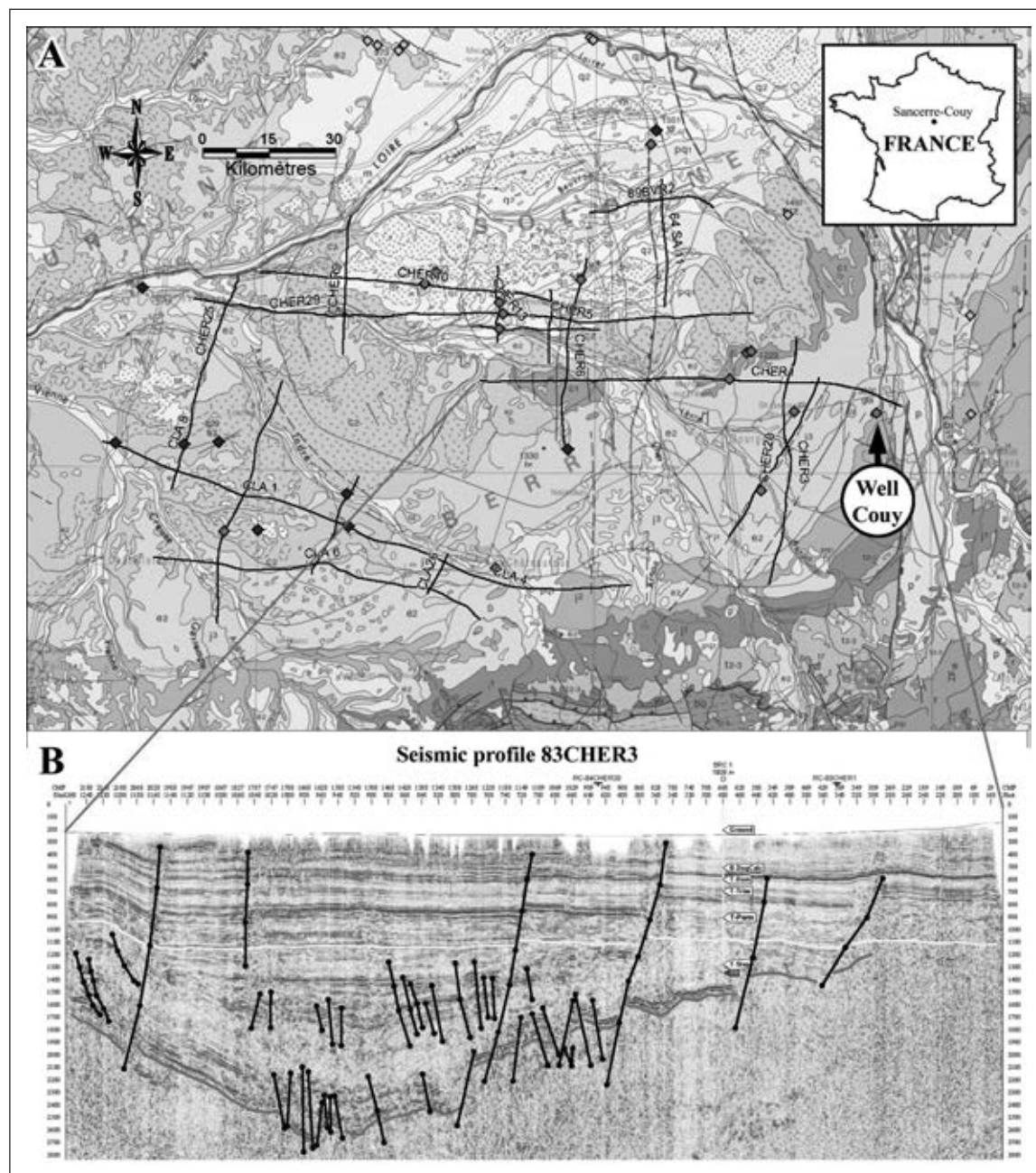


Figura 1. (A) Localización de los pozos de Coucy; (B) Perfil sísmico 83CHER3 (Beccaleto *et al.*, 2012).

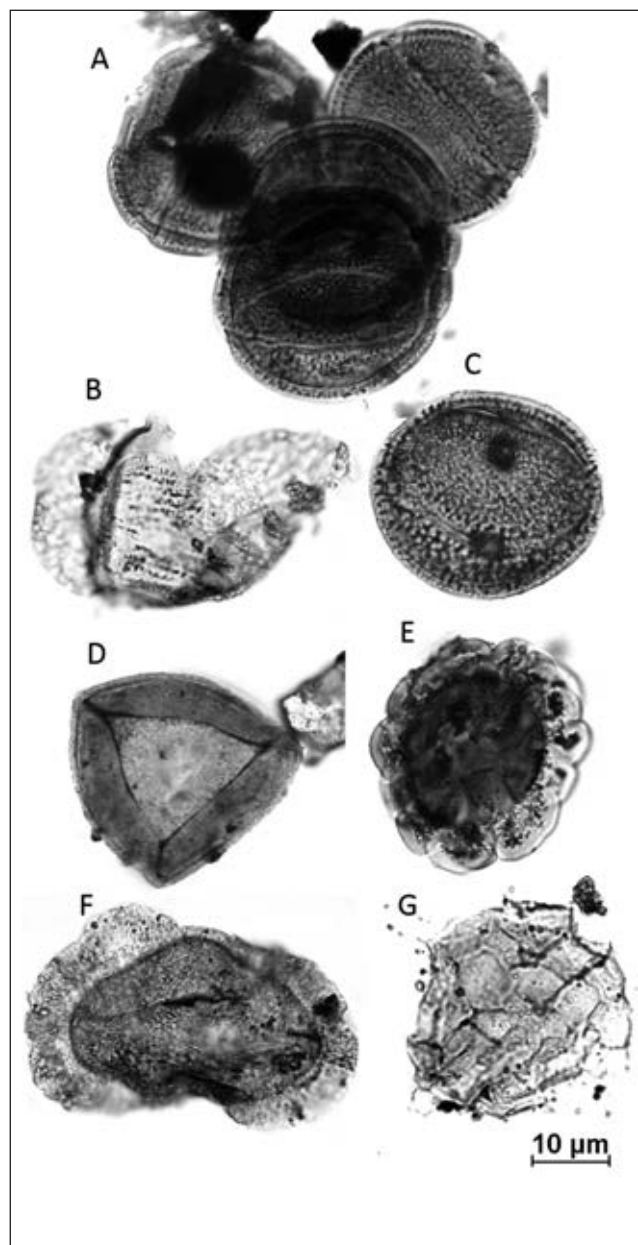


Figura 2. (A) Tetrada de *Classopollis* sp.; (B) *Striatoabieites aytugii*; (C) *Classopollis* sp.; (D) *Duplicisporites granulatus*; (E) *Camerosporites secatus*; (F) *Ovalopollis pseudoalatus* y (G) *Dapcodinium priscum*. Escala = 10 micras.

Bourquin, S. y Guillocheau, F. 1996. Keuper stratigraphic cycles in the Paris Basin and comparison with cycles in other peritethyan basins. *Sedimentary Geology*, 105: 159-182.

Bourquin, S., Robin, C., Guillocheau, F. y Gaulier, J.M. 2002. Three-dimensional accommodation analysis of the Keuper of the Paris Basin: discrimination between tectonics, eustasy, and sediment supply in the stratigraphic record. *Marine and Petroleum Geology*, 19: 469-498.

Bourquin, S., Peron, S. y Durand, M. 2006. Lower Triassic sequence stratigraphy of the western part of the Germanic Basin (west of Black Forest): fluvial system evolution through time and space. *Sedimentary Geology*, 186: 187-211.

Bourquin, S., Bercovici, A., López-Gómez, J., Diez, J., Broutin, J., Ronchi, A., Durand, M., Arche, A., Linol, B. y Amour F. 2011. The Permian-Triassic transition and the beginning of the Mesozoic sedimentation at the Western peri-Tethyan domain scale: palaeogeographic maps and geodynamic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299: 265-280.

Courel, L., Adloff, M.C., Doubinger, J. y Lacombe, P. 1990. La transgression triasique en France centrale: témoin d'un haut niveau marin ladinien; données nouvelles du sondage de Sancerre-Couy (Cher-France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 8(5): 723-729

Durand, M., Chrétien, J.C. y Poinson, J.M. 1994. Des cônes de déjection permien au grand fleuve triasique: Evolution de la sédimentation continentale dans les Vosges du Nord autour de - 250 Ma. En: *Livret-guide d'excursion Congrès National de l'Assoc. Prof. Biol. Geol. Pierron Sarreguemines*.

Lorenz, J. 1992. Le Jurassique du forage de Sancerre-Couy. L'invasion marine. *Géologie de la France*, 3-4: 60-75.

Masclé, A. 1990. Géologie pétrolière des bassins permien français. Comparaison avec les bassins permien du Nord de l'Europe. *Chronicle of Mineral Research*, 499: 69-86.

Mégnién, C. 1980. Tectonogenèse du Bassin de Paris: étapes de l'évolution du bassin. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 22: 669-680.

Perrodon A. y Zabeck J. 1990. Paris Basin. En: Leighton, M.W., Kolata, D.R., Oltz, D.F. y Eidel, J.J (eds.). *Interior Cratonic Basins. AAPG Memory*, 51: 633-679.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

La diversidad de dinosaurios titanosaurios en el Cretácico Superior de la Península Ibérica

Verónica Díez Díaz¹, Francisco Ortega²,
Xabier Pereda Suberbiola¹, José Luis Sanz³

¹Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Facultad de Ciencia y Tecnología, Apdo. 644, 48080, Bilbao, Spain.
E-mail: diezdzia.veronica@gmail.com, xabier.pereda@ehu.es

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, Spain. E-mail: fortega@ccia.uned.es

³José Luis Sanz. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Dpto. Biología, Ud. Paleontología, 28049, Cantoblanco, Madrid, Spain.
E-mail: dinoproyecto@gmail.com

Introducción

Los primeros restos fósiles de la Península Ibérica asignados a saurópodos titanosaurios fueron encontrados a mediados del siglo XX. Estos hallazgos se refieren a fragmentos de vértebras caudales o de elementos del esqueleto apendicular, asignados a especies actualmente consideradas *nomina dubia*. Los primeros restos publicados por Lapparent y Aguirre (1956, 1957) son huesos apendiculares fragmentarios encontrados en el Maastrichtiense de la Conca de Tremp (Lleida, España) y asignados a *Hypselosaurus* sp. y *Titanosaurus* cf. *indicus* (Le Loeuff, 1993; Wilson y Upchurch, 2003). Desde finales de los años 50 y hasta principios de los 90 se han seguido publicando restos atribuidos a saurópodos titanosaurios de la Península Ibérica, principalmente de yacimientos del norte de España y de la Conca de Tremp. La mayor parte de estos restos son de asignación incierta debido a su preservación fragmentaria (ver ej. Casanovas *et al.*, 1987; Masriera y Ullastre, 1988; Sanz y Buscalioni, 1987). La mitad noreste de la Península Ibérica es muy rica en yacimientos del Cretácico Superior, principalmente del Campaniense-Maastrichtiense, en los que se han encontrado restos directos de miembros del clado Titanosauria. El conocimiento de los titanosaurios de la Península Ibérica

se ha incrementado considerablemente desde que, en 1984, se descubrió el yacimiento de Laño en el Condado de Treviño, al norte de España, donde aparecieron los restos del titanosaurio *Lirainosaurus astibiae* (Sanz *et al.*, 1999).

Presencia de *Lirainosaurus astibiae* en la Península Ibérica

Lirainosaurus astibiae fue descrito en 1999 por Sanz y colaboradores a partir de material procedente del Cretácico Superior (Campaniense superior-Maastrichtiense basal) de Laño, en el Condado de Treviño, y ha sido objeto de revisión en los últimos años (Díez Díaz, 2013). *Lirainosaurus* se convirtió en un taxón de referencia para el conocimiento de las faunas de titanosaurios del Cretácico Superior del dominio Ibero-Armoricano (suroeste de Europa), ya que es la única especie de este grupo de saurópodos descrita hasta el momento en la Península Ibérica. Su dispersión geográfica original se amplió al describirse como *Lirainosaurus* cf. *astibiae* algunos restos procedentes del yacimiento valenciano de Chera (Company *et al.*, 2009). El conocimiento sobre los titanosaurios ibéricos se ha visto incrementado en los últimos años por el descubrimiento en 2007 del excepcional yacimiento de Lo Hueco en Cuenca (Ortega *et al.*, 2008).

Los titanosaurios de Lo Hueco (Cuenca)

Gracias a las obras para la instalación del corredor ferroviario de alta velocidad entre Madrid y Levante se localizó en 2007 el yacimiento del Cretácico Superior de Lo Hueco (Cuenca). Este yacimiento ha proporcionado gran cantidad de restos fósiles craneales y postcraneales atribuidos a titanosaurios, tanto aislados como en conexión anatómica (Barroso-Barcenilla *et al.*, 2009). Más de la mitad de los 10.000 restos fósiles directos encontrados en Lo Hueco pertenecen a saurópodos titanosaurios, existiendo más de 20 conjuntos que representan varios individuos (Ortega *et al.*, 2008). El análisis preliminar de los restos permite reconocer dos morfotipos con diferencias morfológicas craneales, dentarias y del esqueleto axial y apendicular (ver ej. Knoll *et al.*, 2013a, b; Díez Díaz *et al.*, 2014). Hasta el momento, no se ha reconocido la presencia de *Lirainosaurus* en Lo Hueco y, en concreto, ninguno de los dos morfotipos identificados corresponde a *Lirainosaurus astibiae*. La relación de los morfotipos de Lo Hueco con *Lirainosaurus* y con el resto de los titanosaurios conocidos en Europa está aún sin establecer.

¿Un único titanosaurio en Chera (Valencia)?

Como se ha resaltado, en el yacimiento de Chera (Valencia), datado del Campaniense superior-Maastrichtiense inferior, se encontraron restos de titanosaurios referidos a *Lirainosaurus* cf. *astibiae* por Company y colaboradores (2009), siendo la primera cita sobre la presencia de este género fuera de su localidad tipo. Aunque el material presentaba varias similitudes con los restos de Laño, los autores también destacaron diversas diferencias. Tras la revisión del material de *Lirainosaurus astibiae* de Laño y una actualización de sus caracteres diagnósticos se observó que, los restos de Chera presentan algunos de los caracteres diagnósticos de *L. astibiae*. Sin embargo, también se encontraron otros huesos con morfologías diferentes a las que presenta *L. astibiae* (ej. elementos apendiculares y algunas vértebras caudales). A falta de una revisión más exhaustiva de todo el material de Chera se puede considerar que en el yacimiento aparecen dos taxones diferentes de titanosaurios. Por el momento, se mantiene la taxonomía de *Lirainosaurus* cf. *astibiae*, y el otro morfotipo será estudiado con más detalle en el futuro.

Discusión y conclusiones

Varios autores han sugerido que la diversidad de titanosaurios en el Dominio Ibero-Armoricano es mayor que la descrita hasta el momento (ver ej. Le Loeuff, 1993; Ortega *et al.*, 2008; Díez Díaz, 2013). Atendiendo a la información publicada hasta la fecha, frente a las dos especies reconocidas a principios del siglo XXI (*Lirainosaurus astibiae* y *Ampelosaurus atacis*), en la actualidad se espera la descripción de al menos 6 especies diferentes en el Cretácico Superior del suroeste europeo. Esta diversidad aumentó en Francia gracias al descubrimiento de *Atsinganosaurus velauciensis* (García *et al.*, 2010) y los restos de otros yacimientos del sur de Francia (Díez Díaz *et al.*, 2012; 2013).

Hasta hace apenas 5 años *Lirainosaurus astibiae* ha sido el único taxón de titanosaurio representado en los yacimientos de la Península Ibérica. Sin embargo, actualmente es posible corroborar que la diversidad de las faunas de titanosaurios ibéricas fue mayor. En Lo Hueco coexistieron dos taxones diferentes, y en el yacimiento de Chera se han encontrado restos que puede diferenciarse del material de *Lirainosaurus* de Laño. De esta manera, se puede estimar la diversidad de titanosaurios ibéricos del Campaniense-Maastrichtiense en al menos 3 taxones.

A este escenario deben incorporarse también los restos aislados de titanosaurios encontrados en otros enclaves del Cretácico Superior de la Península Ibérica, como los yacimientos clásicos de la Conca de Tremp, o los nuevos descubrimientos en el dominio surpirenaico (Vila *et al.*, 2012), Sacedón (Guadalajara) (Ortega y Pérez García, 2009), y Beniganim (Valencia) (Company y Pereda Suberbiola, 2013). Los resultados obtenidos tras el estudio en detalle del ingente material recuperado en los últimos años ayudarán a identificar de una forma más precisa los restos aislados y a ajustar la estimación de la diversidad de estos saurópodos del Cretácico Superior.

Agradecimientos

VDD agradece a la Sociedad Española de Paleontología la concesión de una ayuda de investigación para la realización de un proyecto del cual parte de sus resultados se presentan en este resumen. Agradecemos al Dr. Julio Company sus útiles comentarios y el acceso al material de Chera. De la misma manera, agradecemos los comentarios proporcionados por un revisor anónimo. Esta investigación está financiada por los proyectos CGL2012-35199 del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) (FO y JLS) y CGL2010-18851/BTE, y el grupo de investigación IT-834-13 del Gobierno Vasco/Eusko Jaurlaritza (VDD y XPS)y.

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 exceptional discovery in the Upper Cretaceous of the Iberian Peninsula: the palaeontological site of "Lo Hueco", Cuenca, Spain. *Cretaceous Research*, 30: 1268-1278.
- Casanovas, M.L., Santafé, J.V., Sanz, J.L. y Buscalioni, A.D. 1987. Arcosaurios (Crocodylia, Dinosauria) del Cretácico Superior e la Conca de Tremp (Lleida, España). *Estudios Geológicos*, Vol. Extr. Galve-Tremp: 95-110.
- Company, J. y Pereda Suberbiola, X. 2013. A new Late Cretaceous vertebrate locality from Valencia province, Spain. En: *11th EAVP meeting*. Villers-sur-Mer, France, 26.
- Company, J., Pereda Suberbiola, X. y Ruiz-Omeñaca, J.I. 2009. Nuevos restos fósiles del dinosaurio *Lirainosaurus* (Sauropoda, Titanosauria) en el Cretácico Superior (Campaniano-Maastrichtiano) de la Península Ibérica. *Ameghiniana*, 46(2): 391-405.

- Díez Díaz, V. 2013. *Revisión del dinosaurio saurópodo Lirainosaurus astibiae (Titanosauria) del Cretácico Superior de la Península Ibérica: Comparación con otros titanosaurios del suroeste de Europa. Hipótesis Filogenética y Paleobiogeográfica*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, 306 pp.
- Díez Díaz, V., García, G., Knoll, F., Pereda Suberbiola, X. y Valentin, X. 2012. New cranial remains of titanosaurian sauropod dinosaurs from the Late Cretaceous of Fox-Amphoux-Métisson (Var, SE France). *Proceedings of the Geologists' Association*, 123(4): 626-637.
- Díez Díaz, V., Tortosa, T. y Le Loeuff, J. 2013. Sauropod diversity in the Latest Cretaceous of south-western Europe: the lessons of odontology. *Annales de Paléontologie*, 99(2): 119-129.
- Díez Díaz, V., Ortega, F. y Sanz, J.L. 2014. Titanosaurian teeth from the Late Cretaceous of "Lo Hueco" (Cuenca, Spain). *Cretaceous Research*, 51: 285-291.
- García, G., Amico, S., Fournier, F., Thouand, E. y Valentin, X. 2010. A new Titanosaur genus (Dinosauria, Sauropoda) from the Late Cretaceous of southern France and its paleobiogeographic implications. *Bulletin de la Société géologique de France*, 181(3): 269-277.
- Knoll, F., Ridgely, R.C., Ortega, F., Sanz, J.L. y Witmer, L.M. 2013a. Neurocranial Osteology and Neuroanatomy of a Late Cretaceous Titanosaurian Sauropod from Spain (*Ampelosaurus* sp.). *PLoS ONE*, 8(1): e54991. doi:10.1371/journal.pone.0054991
- Knoll, F., Witmer, L.M., Ridgely, R.C., Ortega, F., Sanz, J.L. 2013b. A new titanosaur sauropod neurocranium from the Late Cretaceous of Spain. En: *Program and Abstracts Book of the 73rd annual meeting of the Society of Vertebrate Paleontology. Supplement to the online Journal of Vertebrate Paleontology*, 155.
- Lapparent, A.F. de y Aguirre, E. 1956. Algunos yacimientos de Dinosaurios en el Cretácico Superior de la Cuenca de Tremp. *Estudios geológicos*, 31-32: 377-382.
- Lapparent, A.F. de y Aguirre, E. 1957. Presencia de dinosaurios en el Cretácico Superior de la Cuenca de Tremp (prov. de Lérida, España). *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 47: 1-6.
- Le Loeuff, J. 1993. European titanosaurs. *Revue de Paléobiologie*, 7: 105-117.
- Masiera, A. y Ullastre, J. 1988. Nuevos datos sobre las capas maestrichtienses con *Septorella*: su presencia al norte del Montsec (Pirineo catalán). *Acta Geológica Hispánica*, 23: 1-77.
- Ortega, F. y Pérez-García, A. 2009. cf. *Lirainosaurus* sp. (Dinosauria: Titanosauria) en el Cretácico Superior de Sacedón (Guadalajara). *Geogaceta*, 46: 87-90.
- Ortega, F., Sanz, J.L., Barroso-Barcenilla, F., Cambra-Moo, O., Escaso, F., García-Oliva, M. y Marcos Fernández, F. 2008. El yacimiento de macrovertebrados fósiles del Cretácico Superior de "Lo Hueco" (Fuentes, Cuenca). En: Esteve, J. y Meléndez, G. (eds.) *Paleontológica Nova-Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, 8:119- 131.
- Sanz, J.L. y Buscalioni, A.D. 1987. New evidence of armoured titanosaurs in the Upper Cretaceous of Spain. En: *Fourth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Short Papers*. 199-204.
- Sanz, J.L., Powell, J.E., Le Loeuff, J., Martínez, R. y Pereda Suberbiola, X. 1999. Sauropod remains from the Upper Cretaceous of Laño (North-central Spain). Titanosaur phylogenetic relationships. *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava*, 14 (Número Especial 1): 235-255.
- Vila, B., Galobart, À., Canudo, I., Le Loeuff, J., Dinarès-Turell, J., Riera, V., Oms, O., Tortosa, T. y Gaete, R. 2012. The diversity of sauropod dinosaurs and their first taxonomic succession from the latest Cretaceous of southwestern Europe: Clues to demise and extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 350-352: 19-38.
- Wilson, J.A. y Upchurch, P. 2003. A revision of *Titanosaurus* Lydekker (Dinosauria-Sauropoda), the first dinosaur genus with a "Gondwanan" distribution. *Journal of Systematic Palaeontology*, 1: 125-160.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Delimitando la costa burdigaliense en el Jura francés mediante la bioerosión sobre acantilados

Rosa Domènech¹, Jérôme Juilleret², Jordi Martinell¹

¹IRBio y Dept. d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona. E-mail: jmartinell@ub.edu, rosa.domenech@ub.edu

²Société d'Histoire Naturelle du Doubs, UFR des Sciences, la Bouloie 16, route de Gray, 25030, Besançon. E-mail: jerome.juilleret@shnd.fr

Introducción

Las trazas de bioerosión sobre sustratos rocosos se han revelado como un excelente marcador de antiguos acantilados y, por ende, de la posición de las líneas de costa en el pasado geológico. Gibert *et al.* (2012) proporciona una exhaustiva revisión de la bibliografía publicada.

El objetivo del presente estudio han sido los antiguos acantilados miocenos cortados sobre rocas mesozoicas, y los sedimentos asociados, de la región de la Franche-Comté (Francia), que permiten la identificación de la paleolínea de costa a partir de las trazas de bioerosión fósiles. Las visitas realizadas se han centrado en el departamento del Jura, donde se había localizado un nuevo afloramiento, y se ha tratado de situar antiguas localidades citadas en la bibliografía en el departamento del Doubs, con éxito diverso.

Situación geológica y geográfica

La zona estudiada corresponde a la parte francesa del macizo del Jura, una cadena subalpina plegada y desplazada con forma de media luna. El macizo está formado por calizas y margas mesozoicas que fueron plegadas en el Mioceno Superior por la orogenia alpina (Homberg *et al.*, 2002). El macizo del Jura se divide en dos dominios principales con respecto a la altitud y a la estructura geológica. El dominio occidental o "Jura de las plataformas" se localiza en el extremo terminal del macizo, con altitudes

entre 400 y 700 m. Estructuralmente está formado por áreas tabulares separadas por una serie de fallas y pliegues en haces. La parte oriental o Alto Jura presenta una alternancia de anticlinales y sinclinales con alturas entre 800 y 1700 m. El macizo del Jura está flanqueado por el SE por la cuenca de antepaís de la molasa suiza (Ziegler y Fraefel, 2009). Remanentes de esta cuenca se encuentran en el centro de los sinclinales del Alto Jura y se denominan Molasa del Jura (Rangheard *et al.*, 1985; Homewood *et al.*, 1989). Sin embargo, debido al depósito de las tillitas glaciales durante el último máximo glacial (Buoncristiani y Campy, 2004), el relleno de la molasa aflora muy raramente (Weidmann *et al.*, 2008).

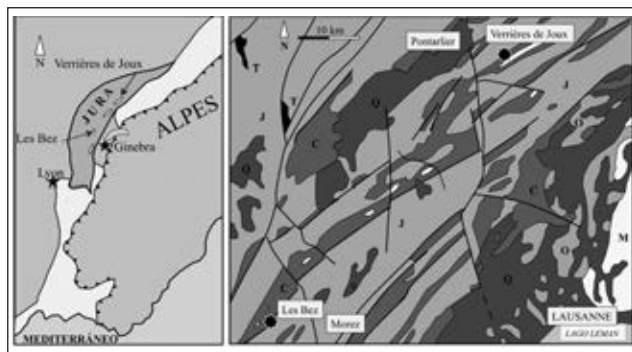


Figura 1. Situación geológica y geográfica de los afloramientos estudiados: Les Bez al S y Les Verrières-de-Joux al N (Cordillera del Jura, Franche-Comté, Francia) (T: Triásico, J: Jurásico, C: Cretácico, M: Mioceno, Q: Cuaternario).

Se ha estudiado dos afloramientos, el nuevo de Les Bez y el ya documentado en la bibliografía de Les Verrières-de-Joux (Rangheard *et al.*, 1985) (Fig. 1).

El primero se sitúa cerca de la aldea Les Bez (Grande-Rivière, Jura), en una sección de 140 m a lo largo la carretera D146. El basamento consiste en calizas de facies urgoniana de edad Barremiense (Guillaume y Guillaume, 1968). Las capas presentan buzamiento entre vertical e inverso debido a su localización dentro del sinclinal de la Grand-Rivière. Como en otras partes del macizo, el núcleo del sinclinal de orientación SW-NE contiene molasas burdigalienses marinas (Pierçon, 1932; Rangheard *et al.*, 1985; Charollais *et al.*, 2006). Debido a la erosión diferencial, el contacto entre la

molasa marina y el basamento calcáreo se expresa bien morfológicamente en la topografía, aunque los afloramientos son escasos debido a la cubierta vegetal. Los conglomerados, constituidos por cantos de caliza y sílex, están en contacto con el sustrato barremiense (Pierçon, 1932), pero no se puede comprobar si rellenan depresiones morfológicas del paleorelieve o si hay fallas secundarias involucradas en el contacto.

El segundo afloramiento estudiado se sitúa en las proximidades de Les Verrières-de-Joux, en el talud de la carretera D67B. Tanto Aubert (1972) como Rangheard *et al.* (1985) identificaron diversas localidades con perforaciones de litófagos y cubetas de equínidos en las calizas hauterivienses que aquí forman el basamento pre-terciario dentro del sinclinal de Verrières. Los estratos tienen orientación N60°E y presentan un buzamiento de 70°NO. Actualmente sólo ha sido posible localizar un afloramiento de 40 m en la zona con evidencias de perforaciones, equivalente al que Rangheard *et al.* (1985) describen a unos 2 km al SO de Les Verrières. La serie miocena de la zona está formada por conglomerados, areniscas, lumaquelas, calizas, margas y arcillas, con contenido fósil relativamente abundante (nannoplancton, rodófitas, foraminíferos, ostras, pectínidos, briozoos) aunque mal conservado. Estos materiales se superponen a las calizas con una discordancia angular de unos 20° (Rangheard *et al.*, 1985).

Materiales y métodos

El estudio se ha basado en las perforaciones presentes en las localidades de Les Bez y Les Verrières-de-Joux. Una vez identificadas las trazas, y cuando las condiciones de afloramiento lo han permitido, se ha procedido a su conteo por icnotaxón y por superficie, así como al cálculo del área perforada. Las observaciones *in situ* han completado el análisis a partir de fotografías de alta calidad tomadas en el campo. Para ello se ha utilizado el programa UNESCO Bilko, versión 3.3.

Resultados y discusión

Los icnogéneros identificados entre ambas localidades son *Caulostrepsis*, *Gastrochaenolites*, *Circolites* y *Entobia*, estando este último muy poco representado. Se trata de trazas de bioerosión de tipo *domichnia* producidas por endolitozoos sésiles, excepto *Circolites*, que obedece a excavación superficial en la roca por parte de epilitozoos móviles.

El afloramiento de Les Bez es el que ofrece una exposición más extensa (140 m) (Fig. 2). *Gastrochaenolites* llega a formar concentraciones muy densas, de hasta 350 ejemplares en una superficie de 0,5 m², ocupando más

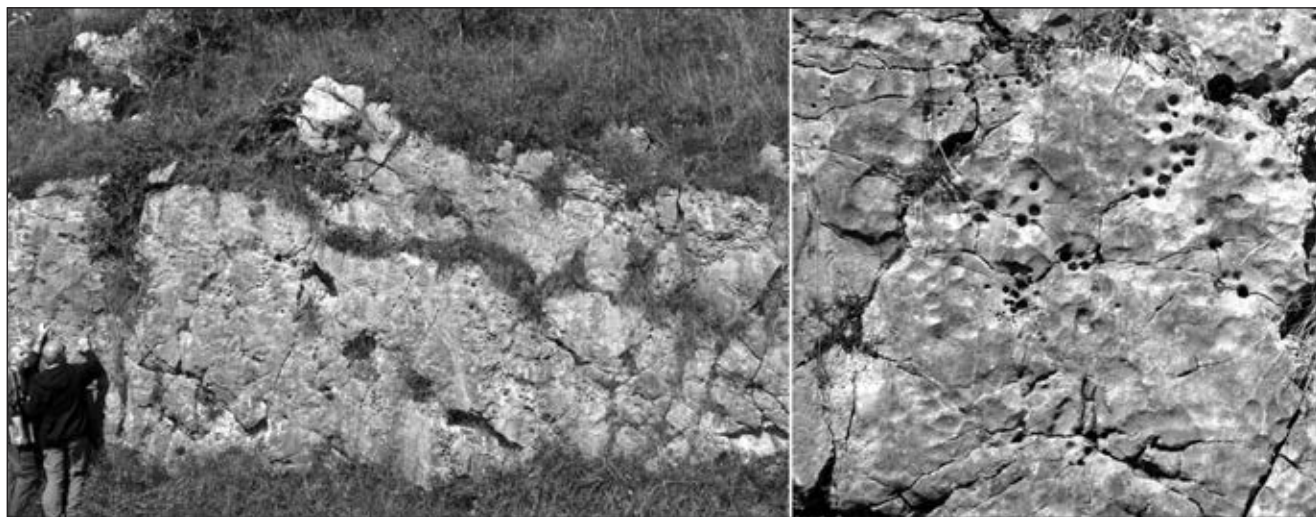


Figura 2. Vista general y detalle de la superficie perforada (*Gastrochaenolites* y *Circolites*) del afloramiento de Les Bez (Grande-Rivière, Jura).

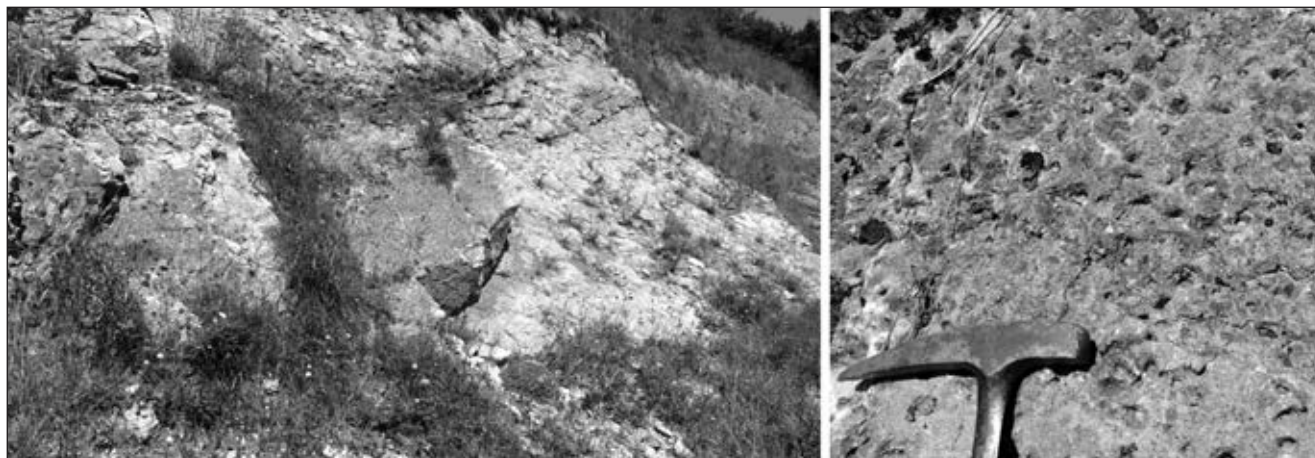


Figura 3. Vista general y detalle de la superficie con *Gastrochaenolites* del yacimiento de Les Verrières-de-Joux (Doubs).

del 30% de la superficie. En la parte más meridional del afloramiento abunda *Circolites* formando cubetas que llegan a superar los 10 cm de diámetro (Fig. 2). Muchos ejemplares de *Circolites* contienen abundantes *Caulostrepsis*. La densidad de *Caulostrepsis* puede ser también muy elevada. Por ejemplo, en una pequeña superficie de 0,08 m² se han contabilizado 249 ejemplares, lo que representa un 22,35% de superficie perforada.

En la sección se diferencian claramente de N a S 3 zonas en base a la bioerosión: a) una zona de *Circolites-Caulostrepsis*, con ambos icnotaxones muy abundantes, que corresponde a la parte más profunda de la zona mesolitoral; b) una zona de *Circolites-Caulostrepsis-Gastrochaenolites*, con representación de los 3 icnotaxones sin formar grandes concentraciones, y c) una zona caracterizada por la gran abundancia de *Gastrochaenolites* y puntualmente *Entobia*, que corresponde a la zona infralitoral más profunda.

El yacimiento de Les Verrières-de-Joux es más pequeño que el anterior ya que en estos momentos sólo se exponen unos 40 m (Fig. 3). Icnológicamente se caracteriza por la presencia de un único taxón, *Gastrochaenolites*, que ocupa la mayor parte de la superficie expuesta. En una área de 0,35 m² se han contabilizado 442 ejemplares (1.263 ej./m²), lo cual representa un 16,5% de superficie perforada. La gran abundancia de *Gastrochaenolites* indica que se corresponde con la zona infralitoral más profunda, similar a la más meridional de Les Bez.

El registro de la bioerosión fósil en paleoacantilados miocenos ha sido estudiado en numerosas localidades del ámbito atlanto-mediterráneo (Domènech *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2008; Johnson *et al.*, 2011; Demircan, 2012; entre otros). Los yacimientos aquí considerados serían los paleoacantilados con trazas de bioerosión más septentrionales descritos del Mioceno marino europeo (ámbito del Tetis). Sus características icnológicas son relativamente coincidentes con las ya descritas en otras localidades, y se pueden incluir en la icnofacies de *Entobia* (Bromley y Asgaard, 1993; Gibert *et al.*, 1998). Sin embargo, resalta el hecho de que *Entobia*, si bien presente en Le Bez, es una traza testimonial en la asociación, dominada claramente por *Caulostrepsis*, *Gastrochaenolites* y *Circolites*.

Conclusiones

- Se describen dos afloramientos con bioerosión del paleoacantilado mioceno (Burdigaliense) sobre sustrato cretácico de la región del Franche-Comté, Jura francés, uno de ellos identificado por primera vez.
- Se trata de las localizaciones más septentrionales de paleoacantilados bioerosionados en el Mioceno europeo en el ámbito del Tetis.
- El afloramiento de Le Bez presenta *Entobia* (muy escasa), *Caulostrepsis*, *Gastrochaenolites* y *Circolites*; en el de Les Verrières-de-Joux sólo se ha identificado *Caulostrepsis*.

- Todas las trazas corresponden a ambientes marinos litorales someros. La icnoasociación se incluye en la icnofacies de *Entobia*.

Agradecimientos

Agradecemos a A. Gallardo (servicios técnicos del Dpt. d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, UB) su eficaz ayuda en el tratamiento de las muestras de mano, y al Dr. Jaume Calvet (Dept. de Geodinàmica i Geofísica, UB) sus imprescindibles consejos sobre el tratamiento digital de las imágenes.

Referencias

- Aubert, D. 1972. Le lapié fossile des Verrières (Doubs). *Annales Scientifiques de l'Université de Besançon*, 3, Géologie 17: 85-88.
- Buoncristiani, J.F. y Campy, M. 2004. Expansion and retreat of the Jura ice sheet (France) during the last glacial maximum. *Sedimentary Geology*, 165(3-4): 253-264.
- Bromley, R.G. y Asgaard, U. 1993. Two bioerosion ichnofacies produced by early and late burial associated with sea-level change. *Geologische Rundschau*, 82: 276-280.
- Charollais, J., Wernli, R., Chene, R.J.D., Von Salis, K. y Steiner F. 2006. La molasse marine supérieure de la Combe d'Evauaz et de la Pesse (Jura méridional, France). *Archives des Sciences*, 59(1): 21-46.
- Demircan, H. 2012. Determination of a Late Miocene rocky palaeoshore by bioerosion trace fossils from the Bozcaada Island, Çanakkale, Turkey. *Comptes Rendus- Palevol*, 11(5): 331-344.
- Domènech, R., de Gibert, J.M. y Martinell, J. 2001. Ichnological features of a marine transgression: Middle Miocene rocky shores of Tarragona, Spain. *Geobios*, 34(1): 97-107.
- Gibert, J.M., Martinell, J. y Domènech, R. 1998. *Entobia* ichnofacies in fossil rocky shores, Lower Pliocene, Northwestern Mediterranean. *Palaos*, 13(5): 476-487.
- Gibert, J.M. de, Domènech, R. y Martinell, J. 2012. Rocky shorelines. En: Knaust, D. y Bromley, R.G. (eds.), *Trace fossils as indicators of sedimentary environments*, Developments in Sedimentology, 441-462.
- Guillaume, S. y Guillaume, A. 1968. *Carte géologique détaillée de la France à échelle 1:50.000. Feuille 605, Morez Bois d'Amont*. BRGM éditions, Paris.
- Hombert, C., Bergerat, F., Philippe, Y., Lacombe, O. y Angelier, J. 2002. Structural inheritance and Cenozoic stress fields in the Jura fold-and-thrust belt (France). *Tectonophysics*, 357(1-4): 137-158.
- Homewood, P., Rigassi, D. y Weidmann, M. 1989. Le bassin molassique Suisse. En: *Dynamique et méthodes d'étude des bassins sédimentaires*. Association des Sedimentologues Français, Paris, 299-314.
- Johnson, M.E., Baarli, B.G., Santos, A. y Mayoral, E. 2011. Ichnofacies and microbial build-ups on Late Miocene rocky shores from Menorca (Balearic Islands), Spain. *Facies*, 57(2): 255-265.
- Pierçon, M. 1932. Le Miocène marin de la Haute-Chaîne du Jura. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle du Doubs*, 41: 54-85.
- Rangheard, Y., Demarco, G., Mongereau, N., Pharisat, A., Pouyet, S. y Truc, G. 1985. Le Miocène du Val des Verrières et du Bief des Lavaux (Jura central, Haute-Chaîne): Événements paléobiogéographiques et géodynamiques. *Geobios*, 18(6): 769-785.
- Santos, A., Mayoral, E., Marques da Silva, C., Cachão, M., Domènech, R. y Martinell, J. 2008. Trace fossil assemblages on Miocene rocky shores of southern Iberia. En: Wisshak, M. y Tapanila, L. (eds.), *Current Developments in Bioerosion*, Springer-Verlag, Berlin, 431-450.
- Weidmann, M., Berger, J.-P., Engesser, B., Reichenbacher, B., Sauvagnat, J. y Schäfer, P. 2008. La Molasse de la Vallée de Joux (Jura, Suisse et France). *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 91(1) : 69-101.
- Ziegler, P.A. y Fraefel M. 2009. Response of drainage systems to Neogene evolution of Jura fold-thrust belt and Upper Rhine Graben. *Swiss Journal of Earth Sciences*, 102(1): 57-76.

Tratamiento digital de imágenes en sondeos marinos modernos: una herramienta eficiente para la caracterización de icnofacies marinas profundas

Javier Dorador, Francisco J. Rodríguez-Tovar

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada,
Campus Fuentenueva s/n, 18002, Granada, España.
E-mail: javidr@ugr.es, fjrtovar@ugr.es

La propuesta del modelo de icnofacies durante la década de los 60 supuso un gran avance en el análisis icnológico (Seilacher, 1964, 1967). Desde sus inicios este modelo ha sido ampliado y desarrollado en numerosos trabajos, jugando un papel fundamental en interpretaciones paleoambientales, con especial interés en el análisis de cuencas (ver revisiones recientes en Buatois y Mángano, 2011 y MacEachern *et al.*, 2012). El modelo de icnofacies se basa en la identificación de asociaciones de trazas fósiles que se repiten a lo largo del tiempo geológico y que pueden ser relacionadas con determinados parámetros ambientales. Si bien en los primeros trabajos se asociaban fundamentalmente con aspectos batimétricos, en la actualidad se consideran numerosos parámetros de control de las icnofacies, como características del substrato, energía del medio, disponibilidad de nutrientes, o grado de oxigenación, junto con aspectos tafonómicos. Es por ello que una correcta caracterización de icnofacies proporciona una información muy valiosa en cualquier estudio paleoecológico.

Si bien el análisis de icnofacies no debe ser un mero listado de icnotaxones, una correcta aproximación requiere de un estudio integrado de aspectos icnológicos, sedimentológicos, estratigráficos, y tafonómicos, es fundamental una detallada caracterización de la asociación de icnofósiles. Actualmente se diferencian unas 15 icnofacies basadas en icnotaxones de invertebrados, incluyendo tanto continentales como marinas. En general, su diferenciación cuando se trabaja en afloramiento es relativamente evidente, sin embargo en algunas ocasiones, especialmente cuando se trabaja con sondeos, esta caracterización conlleva ciertas dificultades asociadas a la complejidad para reconocer algunos icnotaxones en testigos de sondeos.

La dificultad incrementa cuando se trabaja con sondeos de materiales modernos marinos profundos, donde las trazas suelen tener contactos difusos, de manera que la diferenciación visual entre trazas fósiles y el sedimento que las rodea es menor (Fig. 1). Para facilitar la caracterización de icnotaxones en sondeos de sedimentos modernos marinos profundos, se ha recurrido a diferentes técnicas como rayos X (por ejemplo, Howard, 1968; Löwemark y Werner, 2001), o tomografía computarizada (Joschko *et al.*, 1991; Rosenberg *et al.*, 2007; entre otros). Estos métodos son, en la mayoría de las ocasiones, útiles para identificar trazas fósiles, pero no siempre se puede recurrir a ellos debido a sus características técnicas y su elevado coste. Magwood y Ekdale (1994) emplean técnicas de tratamiento de imágenes por ordenador que facilitan la diferenciación de icnotaxones y mejoran la visualización de icnofábricas; sin embargo su utilización ha sido limitada. Recientemente se ha desarrollado una nueva metodología de aplicación en el análisis icnológico de sedimentos modernos marinos profundos, basada en el tratamiento digital de imágenes de alta resolución, de gran utilidad para: a) diferenciar entre estructuras biodeformacionales y trazas fósiles, así como entre distintos icnotaxones (Dorador *et al.*, 2014a), b) cuantificar el porcentaje de bioturbación de forma objetiva y semi-automática (Dorador *et al.*, 2014b), c) conocer las relaciones de corte y el “*tiering*” entre las trazas de una icnoasociación, así como la profundidad de bioturbación de determinados organismos y d) avanzar en la caracterización de icnofábricas (Dorador *et al.*, 2014c; Rodríguez-Tovar y Dorador, 2014).

En relación con lo anteriormente expuesto, esta metodología puede llegar a ser una herramienta muy útil en el estudio de icnofacies en testigos de sondeos, especialmente las correspondientes a ambientes marinos profundos. En estos ambientes se diferencian, fundamentalmente, las icnofacies de *Zoophycos* y *Nereites*, si bien la expresión distal de la icnofacies de *Cruziana* puede llegar a interdigitar con las icnofacies de *Zoophycos* en medios más profundos y distales que los propios de la icnofacies de *Cruziana* arquetípica, siendo difícil su diferenciación (Buatois y Mángano, 2011 para una revisión reciente). La icnofacies de *Nereites* puede ser comparativamente mejor diferenciada al estar asociada, en gran medida, a sedimentos turbidíticos, y dominada por grafoglíptidos, mientras la expresión distal de la icnofacies de *Cruziana* puede ser confundida con la icnofacies de *Zoophycos*. Teniendo en cuenta además la dificultad propia de trabajar con materiales pelágicos/hemipelágicos donde la caracterización de trazas fósiles es compleja, la diferenciación entre ambas

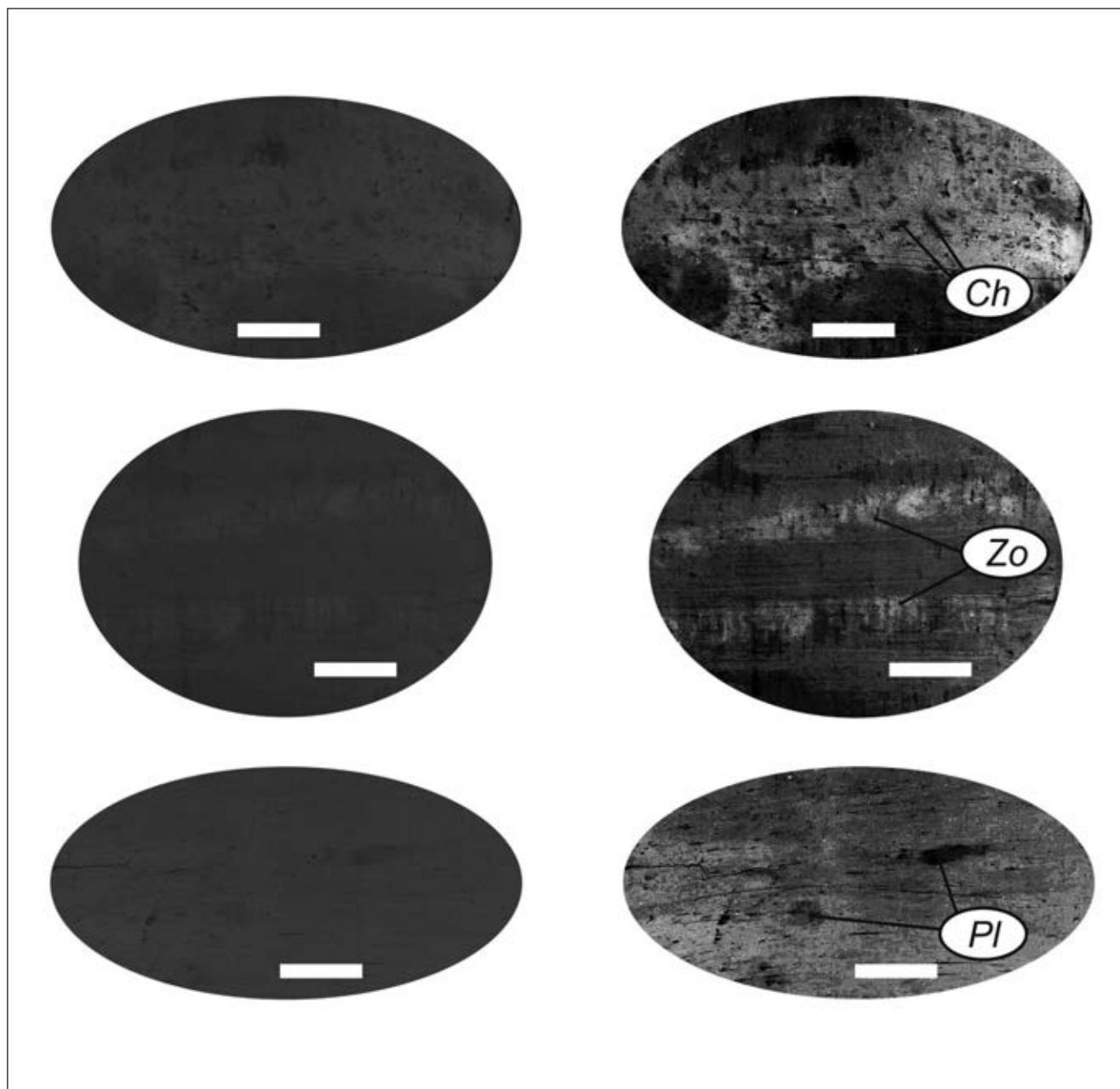


Figura 1. Ejemplos de trazas fósiles identificadas en sondeos marinos modernos profundos. Imagen original (izquierda) e imagen obtenida tras aplicar el tratamiento digital de imágenes (Dorador *et al.*, 2014a). Ch: Chondrites, Pl: Planolites, Zo: Zoophycos. Escala = 1 cm.

puede venir determinada por pequeños cambios en las asociaciones de trazas. Concretamente, la expresión distal de la icnofacies de *Cruziana* consta de *Chondrites*, *Helminthopsis*, *Planolites*, *Phycosiphon*, *Thalassinoides* y *Zoophycos* entre los icnotaxones más comunes, mientras la icnofacies de *Zoophycos* se caracteriza por la abundancia de *Zoophycos*, acompañados en menor medida por *Chondrites*, *Phycosiphon* y *Nereites*. La posibilidad de reconocer los diferentes icnotaxones, y por ende las icnoasociaciones características, a partir de la metodología de tratamiento de imágenes, pone de manifiesto su utilidad en el análisis de icnofacies en sondeos modernos marinos profundos.

Agradecimientos

La financiación de este estudio fue aportada por el Proyecto CGL2012-33281 (Secretaría de Estado de I+D+I, España) y la investigación de JD con una beca pre-doctoral de la Universidad de Granada.

Referencias

- Buatois, L. y Mángano, M.G. 2011. *Ichnology: Organism-Substrate Interactions in Space and Time*. Cambridge University Press, Nueva York, 358 pp.
- Dorador, J., Rodríguez-Tovar, F.J. y IODP Expedition 339 Scientists. 2014a. Digital image treatment applied to ichnological analysis of marine core sediments. *Facies*, 60: 39-44.
- Dorador, J., Rodríguez-Tovar, F.J. y IODP Expedition 339 Scientists. 2014b. Quantitative estimation of bioturbation based on digital image analysis. *Marine Geology*, 349: 55-60.
- Howard, J.D. 1968. X-ray radiography for examination of burrowing in sediments by marine invertebrate organisms. *Sedimentology*, 11: 249-258.
- Joschko, M., Graff, O., Müller, P.C., Kotzke, K., Lindner, P., Pretschner, D.P. y Larink, O. 1991. A non-destructive method for the morphological assessment of earthworm burrow systems in three dimensions by X-ray computed tomography. *Biology and Fertility of Soils*, 11: 88-92.
- Löwemark, L. y Werner, F. 2001. Dating errors in high resolution stratigraphy: a detailed X-ray radiograph and AMS-14C study of *Zoophycos* Burrows. *Marine Geology*, 17: 191-198.
- MacEachern, J.A., Bann, K.L., Gingras, M.K., Zonneveld, J.P., Dashtgard, S.E. y Pemberton, S.G. 2012. The Ichnofacies Paradigm. En: Knaust, D. y Bromley, R. (eds.), *Trace fossils as indicators of sedimentary environments*. Elsevier, Amsterdam, 103-138.
- Magwood, J.P.A. y Ekdale, A.A. 1994. Computer-Aided Analysis of Visually Complex Ichnofabrics in Deep-Sea Sediments. *Palaos*, 9: 102-115.
- Rodríguez-Tovar, F.J. y Dorador, J. 2014. Ichnological analysis of Pleistocene sediments from the IODP Site U1385 "Shackleton Site" on the Iberian margin: Approaching paleoenvironmental conditions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 409: 24-32.
- Rosenberg, R., Davey, E., Gunnarsson, J., Norling, K. y Frank, M. 2007. Application of computer-aided tomography to visualize and quantify biogenic structures in marine sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 331: 23-34.
- Seilacher, A. 1964. Biogenic sedimentary structures. En: Imbrie, J. y Newell, N. (eds.), *Approaches to Paleocology*. John Wiley & Sons, Chichester, 296-316.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5: 413-428.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Diversidad y distribución estratigráfica de los iguanodontios del Jurásico Superior de Portugal

Fernando Escaso^{1,2}, Francisco Ortega^{1,2}, Elisabete Malafaia^{2,3},
José Miguel Gasulla⁴, Pedro Mocho^{1,2,4}, Iván Narváez¹,
José Luís Sanz⁴

¹Grupo de Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias. UNED. Senda del Rey,
9. 28040 Madrid. E-mail: fescaso@ccia.uned.es, fortega@ccia.uned.es,
inarvaez@ccia.uned.es

²Sociedade de História Natural, Apartado 25, 2564-909 Torres Vedras,
Portugal.

³Universidade de Lisboa, Centro de Geologia, Campo Grande, Edifício C6,
Piso 3, 1749-016 Lisboa, Portugal. E-mail: emalafaia@gmail.com

⁴Unidad de Paleontología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco, 28049 Madrid.
E-mail: jm.gasulla@gmail.com, p.mochopaleo@gmail.com,
dinoproyecto@gmail.com

Introducción

Los dinosaurios ornitópodos iguanodontios (Iguanodontia) se conocen desde principios del siglo XIX. Este grupo incluye desde formas bípedas de pequeño porte como los driosáuridos, hasta formas de gran tamaño y cuadrúpedas (muchas de ellas cuadrúpedas facultativas) como los hadrosáuridos. Además presentan un amplio rango temporal que abarca desde el final del Jurásico Medio hasta el final del Cretácico Superior (McDonald, 2012).

Actualmente, en el registro del Jurásico Superior portugués, la fauna de ornitópodos iguanodontios está constituida por la especie *Draconyx loureiroi* y una serie de restos pertenecientes a formas que se consideran estrechamente emparentadas con el driosáurido *Dryosaurus* (Malafaia *et al.*, 2010) y con *Uteodon aphanoecetes* (Escaso *et al.*, 2010).

El hallazgo en los últimos años de nuevos restos fósiles procedentes de varias localidades situadas en la región centro-oeste de Portugal proporciona una buena representación del grupo durante el Jurásico Superior. Se propone una reevaluación del material referido a ornitópodos iguanodontios previamente identificados en el registro portugués junto a una descripción del nuevo material.

Materiales y métodos

Los materiales estudiados y analizados corresponden exclusivamente a restos directos de dinosaurios iguanodontios, incluido el asignado a los taxones *Draconyx loureiroi* y *Uteodon aphanoecetes*, procedentes de distintos afloramientos localizados en la parte final del Jurásico Superior de la Cuenca Lusitánica en el área centro-occidental de Portugal (Escaso, 2014).

Discusión

El análisis de los distintos especímenes confirma que los representantes del clado Iguanodontia procedentes de distintas localidades del Kimmeridgiense superior-Titoniense superior portugués, se distribuyen en dos grupos monofiléticos diferentes. Por una parte, existe una serie de fósiles que se distribuyen en el rango Kimmeridgiense superior-Titoniense superior que comparten con los miembros de Dryosauridae varias de las sinapomorfías, que diagnostican este grupo, como son la localización en la región proximal del fémur del cuarto trocánter y la presencia de la cicatriz del M. caudofemoral largo ampliamente separada del cuarto trocánter y restringida a la superficie medial de la diáfisis femoral (Barrett *et al.*, 2011). Además, dentro de este grupo se puede identificar una nueva especie de Iguanodontia driosáurido que comparte con *Dryosaurus altus* (forma norteamericana que se distribuye en el mismo rango estratigráfico que los ejemplares analizados) la presencia en la región condilar del fémur de un surco intercondilar extensor ancho y poco profundo.

Por otra parte, se identifican una serie de fósiles que presentan varios rasgos compartidos con miembros del clado Ankylopollexia, como la presencia en la región de los cóndilos distales del fémur de un surco intercondilar extensor estrecho, profundo y en forma de V. Además

se confirman las asignaciones previas sobre la presencia en el rango Kimmeridgiense superior-Titoniense inferior de las especies *Draconyx loureiroi* (Mateus y Antunes, 2001) y *Uteodon aphanoecetes* (Escaso *et al.*, 2010). Esta última especie es una forma compartida con el registro del Jurásico Superior norteamericano aunque, por el momento, en el registro norteamericano se distribuye únicamente en el Titoniense inferior-medio (Carpenter y Wilson, 2008).

Conclusión

Como resultado de este análisis se concluye que la diversidad faunística de la Cuenca Lusitánica durante el Jurásico Superior está compuesta por una nueva forma de iguanodontio driosáurido, y dos formas de iguanodontios anquilopolexios, *Draconyx loureiroi* y *Uteodon aphanoecetes*. Este conjunto de ornitópodos iguanodontios en el Jurásico Superior de Portugal muestra una composición semejante a la presente en determinados niveles sincrónicos de Norteamérica.

Referencias

Barrett, P.M., Butler, R.J., Twitchett, R.J. y Hutt, S. 2011. New material of *Valdosaurus canaliculatus* (Ornithischia: Ornithopoda) from the Lower Cretaceous of southern England. *Special Papers in Palaeontology*, 86: 131-163.

Carpenter, K. y Wilson, Y. 2008. A New Species of *Camptosaurus* (Ornithopoda: Dinosauria) from the Morrison Formation (Upper Jurassic) of Dinosaur National Monument, Utah, and a Biomechanical Analysis of Its Forelimb. *Annals of Carnegie Museum*, 76(4): 227-263.

Escaso, F. 2014. *Historia evolutiva de los Ornithischia (Dinosauria) del Jurásico Superior de Portugal*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, 350 pp.

Escaso, F., Silva, B., Ortega, F., Malafaia, E. y Sanz, J. 2010. A portuguese specimen of *Camptosaurus aphanoecetes* (Ornithopoda: Camptosauridae) increases the dinosaurian similarity among the Upper Jurassic Alcobaça and Morrison Formations. En: *SVP 2010 Annual Meeting Program and Abstracts Book*, 86A.

Malafaia, E., Ortega, F., Escaso, F., Dantas, P., Pimentel, N.L., Gasulla, J.M., Ribeiro, B., Barriga, F. y Sanz, J.L. 2010. Vertebrate fauna at the *Allosaurus* fossil-site of Andrés (Upper Jurassic), Pombal, Portugal. *Journal of Iberian Geology*, 36: 193-204.

Mateus, O. y Antunes, M.T. 2001. *Draconyx loureiroi*, a new camptosauridae (Dinosauria, Ornithopoda) from the Late Jurassic of Lourinha, Portugal. *Annales de Paléontologie*, 87: 61-73.

McDonald, A.T. 2012. Phylogeny of Basal Iguanodonts (Dinosauria: Ornithischia): An Update. *PLoS ONE*, 7(5): e36745.

Paleopatologías como evidencia de selección de presas en el yacimiento del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce, Granada, España)

M^a Patrocinio Espigares^{1,2}, Paul Palmqvist¹, Joshua Miller³, Sergio Ros-Montoya^{1,2}, Bienvenido Martínez-Navarro⁴

¹Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias, Campus Universitario de Teatinos. 29071 – Málaga, España.

E-mail: mpespigares@uma.es, ppb@uma.es, sergiorosm@gmail.com

²Museo de Prehistoria y Paleontología de Orce.

18858 – Orce, Granada, España.

³Department of Geology, University of Cincinnati,

Cincinnati. OH 45221, EEUU. E-mail: mille5ju@ucmail.uc.edu

⁴ICREA, Institut de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Àrea de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili, Campus Sescelades.

43007 – Tarragona, España. E-mail: bienvenido.martinez@icrea.cat

Introducción

Los organismos vivos están sometidos a la acción de elementos patógenos, lo que representa una causa importante de mortandad en las poblaciones naturales. Estas afecciones afectan de forma mayoritaria a los tejidos blandos, por lo que su identificación en el registro fósil se restringe a las enfermedades y/o procesos degenerativos que modifican de la estructura y morfología de los huesos.

Existen abundantes estudios donde se documentan malformaciones y recrecimientos óseos patológicos en mamíferos pretéritos; sin embargo, la mayoría de ellos informan sobre hallazgos aislados, siendo relativamente escasos los estudios cuantitativos sobre la incidencia de patologías en taxones extintos.

Esta información es más frecuente en yacimientos arqueológicos en los que se ha documentado un número importante de restos humanos, en los

que de forma paralela se suelen incluir las patologías que afectaban a los animales que convivían con ellos. Sin embargo, estos datos no se pueden extrapolar de forma directa al estudio de las comunidades naturales, ya que la domesticación genera e incrementa determinadas deformaciones y/o alteraciones óseas, como consecuencia del estrés fisiológico resultante de las actividades a las que eran sometidos estos animales (tiro de carros y arado, engorde excesivo con fines ganaderos) o, simplemente, como consecuencia de la endogamia resultante del proceso de selección artificial.

El registro de Venta Micena

La asociación fósil de Venta Micena, localizada en el noreste de la Cuenca de Baza (Orce, Granada, España), proporciona una oportunidad excepcional para documentar paleopatologías en una comunidad de mamíferos que habitó el sur de Europa durante el Pleistoceno inferior.

El nivel fértil, se ubica en la biozona MNQ-2 de *Allophayomys pliocaenicus*. Los datos paleomagnéticos lo sitúan entre los subcronos Olduvai y Jaramillo (1r.2r, 1.78–1.07 Ma), con una edad estimada en 1.6–1.4 Ma mediante bioestratigrafía y dataciones ESR y por series de uranio (ver refs. en Toro *et al.*, 2013).

La asociación faunística se compone mayoritariamente de restos óseos de grandes mamíferos (>5 kg), pertenecientes a las siguientes especies: *Homotherium latidens*, *Megantereon whitei*, *Panthera* cf. *gombaszoegensis*, *Lynx* sp., *Pachycrocuta brevirostris*, Viverridae indet., *Lycaon lycaonoides*, *Canis mosbachensis*, *Vulpes* cf. *praeglacialis*, *Ursus etruscus*, *Pannonictis* sp., *Meles meles*, *Mammuthus meridionalis*, *Stephanorhinus hundsheimensis*, *Equus altidens*, *Hippopotamus antiquus*, *Bison* sp., *Hemibos* sp. aff. *Hemibos gracilis*, *Hemitrabus albus*, *Praeovibos* sp., *Soergelia minor*, *Praemegaceros* cf. *verticornis*, *Metacervoceros rhenanus*, *Hyxtris* sp. (Martínez-Navarro *et al.*, 2011). Tafonómicamente, se ha interpretado como una acumulación producida por *Pachycrocuta brevirostris* (Palmqvist y Arribas, 2001) en un ambiente dominado por zonas abiertas con vegetación herbácea y parches arbolados en las inmediaciones de un lago alimentado por aguas hidrotermales (García-Aguilar *et al.*, 2014).

Pese al reciente descubrimiento de un resto humano (Toro *et al.*, 2013) y la presencia de abundantes industrias líticas (Martínez-Navarro *et al.*, 1997;

Palmqvist *et al.*, 2005; Toro *et al.*, 2011) y marcas de corte sobre la superficie de los huesos de grandes mamíferos (Espigares, 2010; Espigares *et al.*, 2013) en los yacimientos vecinos de Barranco León y Fuente Nueva-3 (1.4-1.3 Ma), no se han documentado en esta localidad evidencias convincentes de presencia humana o de modificación antrópica de restos óseos (Martínez-Navarro, 2002; Espigares, 2010). Sin embargo, la mayor parte de los elementos de la asociación han sufrido una intensa modificación *post-mortem* por hiénidos. Esta actuación determina que buena parte de los elementos de la tafocenosis hayan sufrido la pérdida de una o más porciones anatómicas, lo que ocasiona una importante pérdida de información paleobiológica, por lo que el registro de anomalías óseas identificadas está, probablemente, infrarrepresentado.

Además, en esta localidad existen sesgos tafonómicos que afectan a la asociación (Palmqvist y Arribas, 2001), entre los que se encuentran: la depredación selectiva de ungulados por parte de los hipercarnívoros; el cleptoparasitismo de los cadáveres por las hienas y el transporte y fracturación selectiva en función del tamaño y contenido en médula ósea y su densidad mineral. La intensa selección de los restos y su destrucción diferencial limitan la variedad de análisis que se pueden realizar. Por ejemplo, dado que la mayor parte de los elementos están desarticulados, no es posible investigar algunos aspectos interesantes sobre los procesos degenerativos, relacionados con la edad de los animales, como la osteoartritis, que producen modificaciones en múltiples elementos esqueléticos del mismo individuo (Hindelang y Peterson, 2000), o aquellas patologías relacionadas con desordenes metabólicos, endocrinos y vasculares, como la artritis reumatoide, que tienden a afectar a las articulaciones de forma simétrica (Rihuete-Herrada, 2000).

Tipos de afecciones identificadas

En Venta Micena se han identificado malformaciones tanto en los elementos craneales como en los postcraneales.

Las alteraciones del esqueleto apendicular responden, en su mayor parte, a dos etiologías diferentes. Por un lado, las que derivan de enfermedades degenerativas de las articulaciones (osteoartritis) y, por otro, las de tipo infeccioso (periostitis y osteomielitis) (Fig. 1).

Enfermedades degenerativas de las articulaciones: la osteoartritis se caracteriza por su carácter degenerativo y consiste en un desgaste de los

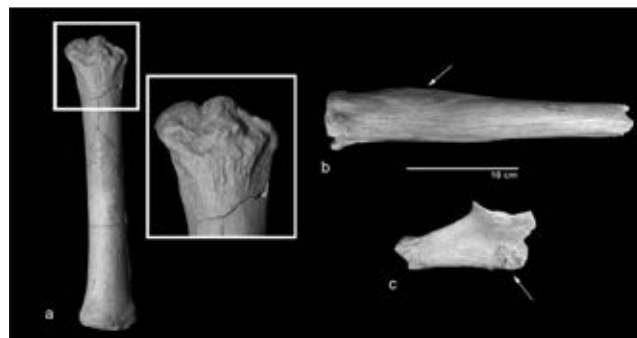


Figura 1. (A) Metacarpiano de *E. altidens* con osteoartritis en la epífisis distal. (B) Metatarsiano de *E. altidens* con recalcimiento dorsal próximo a la epífisis proximal. (C) Fragmento de pelvis de *E. altidens* con abundantes osteofitos bajo el acetábulo.

cartílagos, lo que motiva que los huesos rocen entre sí y puede generar espolones óseos alrededor de la articulación (Steinbock, 1976). Esta alteración afecta fundamentalmente a las articulaciones sobre las que recae el peso del animal y se relaciona con la edad, afectando fundamentalmente a los individuos adultos (Greer *et al.*, 1977), y con el tamaño corporal, estando prácticamente ausente en animales de <25 kg (Rothschild y Martin, 2003).

Afecciones de carácter infeccioso: los tejidos óseos reaccionan de forma muy sensible a las infecciones. Existen dos tipos de malformaciones que indican la reacción a un proceso infeccioso y son muy frecuentes en el esqueleto apendicular, la periostitis y osteomielitis. En ambas el desencadenante es una infección que afecta al periostio, ocasionando recalcimientos óseos.

En cuanto a las afecciones del esqueleto craneal, se han detectado enfermedades del desarrollo que afectan al esmalte, como hipoplasia, así como posibles anomalías genéticas con incidencia en los patrones de erupción dental y la simetría craneana.

Resultados

En el material fósil de Venta Micena se ha detectado la presencia de malformaciones en dos vértebras lumbares, una pelvis, dos húmeros, dos radios, seis tibias, dos calcáneos, seis metacarpianos y 20 metatarsianos, además de un cráneo con sus dos hemimandíbulas y varias hemimandíbulas

semicompletas, fragmentos que conservan parte de la serie yugal, series dentales aisladas y dientes aislados, pertenecientes a cuatro especies diferentes, *Equus altidens*, *Praemegaceros* cf. *verticornis*, Bovini (tamaño grande) y *Lycaon lycaonoides*.

El mejor registro de anomalías óseas lo muestra *E. altidens*, concentradas sobre todo en sus extremidades posteriores (lo que podría indicar que al afectar a los cuartos traseros comprometiesen más la huida de los depredadores). También se han documentado varios fragmentos mandibulares y dientes aislados con hipoplasia. En el resto de especies el número de elementos patológicos es muy escaso, destacando un cráneo y las dos hemimandíbulas de *L. lycaonoides*, con malformaciones congénitas interpretadas como anomalías genéticas motivadas por un alto grado de homocigosis génica, resultante de fenómenos de endogamia en la población.

Discusión

Aunque la incidencia de las patologías óseas es relativamente baja, su representación no es despreciable. Los metapodios de équidos afectados suponen un 3,7% del total, aunque este porcentaje se cuadruplicaría si se traduce en la proporción de caballos con capacidad osteolocomotriz restringida (un ejemplar con una extremidad afectada ya estaría discapacitado funcionalmente), lo que eleva la cifra de individuos con tales deficiencias hasta casi un 15%.

Aunque no hay datos disponibles en la bibliografía sobre la incidencia de estas patologías óseas en las poblaciones salvajes de ungulados, la proporción de restos patológicos observada en Venta Micena es relativamente elevada, lo que sugiere una selección de tales individuos por los depredadores (Palmqvist *et al.*, 1996). Por otra parte, se observa una incidencia diferencial de este tipo de anomalías según extremidades delanteras y traseras. Así, la diferencia entre los porcentajes de terceros metacarpianos y metatarsianos patológicos de *E. altidens*, 1,3% y 7,1%, respectivamente, resulta estadísticamente muy significativa ($t = 4,49$, $p < 0,001$). Ello sugiere, claramente, que este tipo de paleopatologías afectaban más a la capacidad de huida de las presas cuando interesaban a los cuartos traseros del animal, que en la mayoría de los mamíferos terrestres (a excepción de los proboscídeos) desempeñan un papel más importante que los delanteros en la propulsión del cuerpo durante la locomoción (Kappelman, 1988; Lee *et al.*, 2004).

Por otra parte, tales osteopatologías están representadas en especies de ungulados de gran porte, como el caballo, el bisonte y el ciervo megacerino, cuyos principales depredadores serían presumiblemente los félidos con dientes de sable *Homotherium latidens* y *Megantereon whitei*, según sugieren los datos biogeoquímicos (Palmqvist *et al.*, 2008). En el caso de *Homotherium*, se trataba de un depredador con extremidades alargadas y relativamente gráciles, que abatía sus presas a la carrera en espacios despejados de árboles, mientras que *Megantereon* tenía miembros más cortos y robustos, cazando por emboscada en ambientes forestados. Por ello, dado el diferente comportamiento depredatorio de ambos macairodontinos, se puede concluir que este tipo de lesiones óseas incapacitaban a los animales sobre todo en el momento de emprender la huida, convirtiéndose así en el principal factor selectivo que propició su caza por estos depredadores (selección activa en el caso de *Homotherium*, al optar por los ejemplares rezagados, y pasiva en el de *Megantereon*, al disminuir las posibilidades de escape en las emboscadas).

Referencias

- Espigares, M.P. 2010. *Análisis y modelización del contexto sedimentario y los atributos tafonómicos de los yacimientos pleistocénicos del borde nororiental de la cuenca de Guadix-Baza*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 533 pp.
- Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J. y Sala, R. 2013. *Homo* vs. *Pachycrocuta*: Earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). *Quaternary International*, 295: 113-125.
- García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Palmqvist, P., Flores-Moya, A. y Martínez-Navarro, B. 2014. Hydrothermal activity and its paleoecological implications in the latest Miocene to Middle Pleistocene lacustrine environments of the Baza Basin (Betic Cordillera, SE Spain). *Quaternary Science Reviews*, 96: 204-221.
- Greer, M., Greer, J.K. y Gilligan, J. 1977. Osteoarthritis in selected mammals. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 57: 39-43.
- Hindelang, M. y Peterson, R.O. 2000. Skeletal integrity in moose at Isle Royale National Park: bone mineral density and osteopathology related to senescence. *Alces*, 36: 61-68.

- Kappelman, J. 1988. Morphology and locomotor adaptations of the bovid femur in relation to habitat. *Journal of Morphology*, 198: 119-130.
- Lee, D.V., Stakebake, E.F., Walter, R.M. y Carrier, D.R. 2004. Effects of mass distribution on the mechanics of level trotting in dogs. *The Journal of Experimental Biology*, 207: 1715-1728.
- Martínez-Navarro, B. 2002. The skull of Orce: parietal bones or frontal bones? *Journal of Human Evolution*, 43: 265-270.
- Martínez-Navarro, B., Turq, A., Agustí, J. y Oms, O. 1997. Fuente Nueva-3 (Orce, Granada, Spain) and the first human occupation of Europe. *Journal of Human Evolution*, 33: 611-620.
- Martínez-Navarro, B., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P. y Palmqvist, P. 2011. Presence of the Asian origin Bovini, *Hemibos* sp. aff. *Hemibos gracilis* and *Bison* sp., at the early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Spain). *Quaternary International*, 243: 54-60.
- Palmqvist, P. y Arribas, A. 2001. Taphonomic decoding of the paleobiological informaron locked in a lower Pleistocene assemblage of large mammals. *Paleobiology*, 27: 512-530.
- Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B. y Arribas, A. 1996. Prey selection by terrestrial carnivores in a lower Pleistocene paleocommunity. *Paleobiology*, 22: 514-534.
- Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., Toro, I., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S., Torregrosa, V. y Pérez-Claros, J.A. 2005. Réévaluation de la présence humaine au Pléistocène inférieur dans le Sud de l'Espagne. *L'Anthropologie*, 109: 411-450.
- Palmqvist, P., Pérez-Claros, J.A., Gröcke, D.R. y Janis, C.M. 2008. Biogeochemical and ecomorphological inferences on prey selection and resource partitioning among mammalian carnivores in an early Pleistocene community. *Palaios*, 23: 724-737.
- Rihuete-Herrada, C. 2000. *Dimensiones bioarqueológicas de los contextos funerarios. Estudio de los restos humanos de la necrópolis prehistórica de la cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca)*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, 496 pp.
- Rothschild, B.M. y Martin, L.D. 2003. Frequency of pathology in a large natural sample from natural trap cave with special remarks on erosive disease in the Pleistocene. *Reumatismo*, 55(1): 58-65.
- Steinbock, R.T. 1976. *Palaeopathological diagnosis and interpretation. Bone Diseases in ancient human populations*. Charles C. Thomas, Springfield.
- Toro, I., Barsky, D., Cauche, D., Celiberti, V., Grégoire, S., Lebegue, F., Moncel, M.H. y Lumley, H. de. 2011. The archaic stone tool industry from Barranco León and Fuente Nueva 3 (Orce, Spain): Evidence of the earliest hominin presence in southern Europe. *Quaternary International*, 243, 80-91.
- Toro, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermúdez de Castro, J.M., Martínón-Torres, M., Fajardo, B., Duval, M., Falgueres, C., Oms, O., Parés, J.M., Anadón, P., Julià, R., García-Aguilar, J.M., Moigne, A.M., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. y Palmqvist, P. 2013. The oldest human remain in Europe, from Orce (Spain). *Journal of Human Evolution*, 65: 1-9.

Nuevos aportes a la ultraestructura del género polínico *Classopollis* mediante FIB-SEM

Pablo Estévez-Gallardo¹, Uxue Villanueva-Amadoz², José B. Diez³

¹Facultade de Bioloxía, Asociación Paleontolóxica Galega, Universidade de Vigo, Vigo, Spain.

²ERNO, Instituto de Geología, UNAM; Hermosillo; Mexico.

³Departamento de Xeociencias Mariñas e Ordenación do Territorio, Facultade de Ciencias do Mar, Universidade de Vigo, Vigo, Spain.

Este trabajo presenta una serie de nuevos aspectos ultraestructurales de la exina del género *Classopollis*, descrito originalmente por Pflug (1953), estudiados mediante la técnica "Focussed Ion-Beam Scanning Electron Microscope" (FIB-SEM). Esta técnica de reciente aplicación en palinología (Villanueva *et al.*, 2012), permite realizar un corte orientado, visualizado a tiempo real y de una precisión muy superior a las técnicas tradicionales empleadas en estudios de ultraestructura polínica, basadas en la ultramicrotomía.

El ejemplar de *Classopollis* seleccionado ha sido extraído del nivel B de la Unidad de Margas de Transición del yacimiento de Estercuel, localizado en Teruel, España (Sender *et al.*, 2012). Los mismos autores destacan su riqueza en macro y microflora y lo describen como un medio sedimentario transicional de depósitos fluviales de la Formación Utrillas a depósitos marinos de la Formación Mosqueruela. Además, la Unidad de Margas de Transición ha sido datada como Albiense superior (Villanueva *et al.*, 2011).

El corte mediante FIB-SEM se realizó atravesando el eje polar y las fotografías fueron tomadas desde una vista ecuatorial-distal, revelando una disposición de capas muy similar a la ya descrita anteriormente (Pettitt y Chaloner, 1964; Srivastava, 1976; Taylor y Alvin, 1984; Reyre, 1970; Zavialova *et al.*, 2010, entre otros). Así, aunque el grano de polen estudiado

no preserva la nexina, si presenta una sexina bien definida. Esta última se subdivide en (orden interior-exterior): columelas, tectum y elementos tectales (terminología basada en Punt *et al.*, 1994). La ultraestructura revela una elevada complejidad (tectum perforado y columelas altamente irregulares) acorde con una edad Albiense superior, pues presenta típicamente morfologías del género *Classopollis* más recientes (Alvin, 1982).

Esta primera aproximación al conocimiento de la ultraestructura de *Classopollis* a través de FIB-SEM ha realizado cuatro novedosos aportes en forma de hipótesis que han de ser contrastadas en el futuro gracias a nuevos cortes de otros ejemplares. En primer lugar se plantea una exina discontinua, constituida por dos unidades, distal y proximal, siendo la primera la que subduce bajo esta última y originando las características formas de *Classopollis* conocidas como banda ecuatorial y rímula (o surco subecuatorial).

Por otro lado, se confirma la presencia de un cuerpo central interno, ubicado bajo el pseudoporo, que había sido identificado sólo por Muir y van Cittert (1970), y por primera vez se presenta una descripción detallada de su estructura, que ha resultado ser muy similar a la de la propia exina, aunque invertida.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que el detalle de las imágenes obtenidas permite descartar la hipótesis planteada por Taylor y Alvin (1984), según la cual debería existir una correlación vertical entre los elementos tectales y los poros del tectum subyacente. Sin embargo, en la presente muestra, se observa que el tamaño de los poros es muy inferior al de los espacios entre los elementos ornamentales externos y no coinciden directamente bajo ellos.

Finalmente, una de las aportaciones más importantes consistiría en la posible redefinición de la rímula, la cual típicamente ha sido considerada como una invaginación y adelgazamiento de la exina en el área subecuatorial (Taylor y Alvin, 1984). Sin embargo, en el análisis del corte, tras medir las diferentes regiones de la exina, se confirman tanto el adelgazamiento en el pseudoporo como el engrosamiento en la banda ecuatorial, no obstante este no es el caso de la rímula. De este modo se plantea una nueva definición como: área subecuatorial de la exina distal deprimida o que subduce bajo la proximal, sin necesidad de presentar adelgazamiento.

Referencias

- Alvin, K.L. 1982. Cheirolepidiaceae: biology, structure and paleoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 37: 71-98.
- Muir, M. y van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A. 1970. A Rhaeto-Liassic flora from Airel, northern France. *Palaeontology*, 13(3): 433-442.
- Pettitt, J.M. y Chaloner, W.G. 1964. The ultrastructure of the Mesozoic pollen *Classopollis*. *Pollen Spores*, 6: 611-620.
- Pflug, H.D. 1953. Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden Pollens in der Erdgeschichte. *Palaeontographica Abteilung B*, 95: 60-171.
- Punt, W., Blackmore, S., Nilsson, S. y Le Thomas, A. 1994. *Glossary of pollen and spore terminology*. Utrecht: LPP Foundation, 71 pp.
- Reyre, Y. 1970. Stereoscan observations on the pollen genus *Classopollis* Pflug 1953. *Palaeontology*, 13: 303-322.
- Sender, L.M., Villanueva-Amadoz, U., Diez, J.B., Sánchez-Pellicer, R., Bercovici, A., Pons, D. y Ferrer, J.J. 2012. A new uppermost Albian flora from Teruel province, northeastern Spain. *Geodiversitas*, 34: 373-397.
- Srivastava, S.K. 1976. The fossil pollen genus *Classopollis*. *Lethaia*, 9: 437-457.
- Taylor, T.N. y Alvin, K.L. 1984. Ultrastructure and development of Mesozoic pollen: *Classopollis*. *American Journal of Botany*, 71(4): 575-587.
- Villanueva-Amadoz, U., Benedetti, A., Diez, J.B., Méndez, J. y Sender, L.M. 2012. Focused Ion Beam nano-sectioning and imaging: a new approach in characterization of palaeopalynological remains. *Grana*, 51(1): 1-9.
- Villanueva-Amadoz, U., Sender, L.M., Diez, J.B., Ferrer, J.J. y Pons, D. 2011. Palynological studies of the Boundary Marls Unit (Albian-Cenomanian) from the northeastern Spain. Palaeophytogeographical implications. *Geodiversitas*, 33: 137-176.
- Zavialova, N.E., Tekleva, M.V., Smirnova, S.B. y Mroueh, M. 2010. Exine ultrastructure in Pollen Grains of *Classopollis* Pflug from the Cretaceous of Lebanon. *Paleontological Journal*, 44: 1353-1367.

Serpúlidos sobre macroforaminíferos vivos en el Eoceno (Centelles, SE Cuenca del Ebro)

Carles Ferràndez-Cañadell

Dept. d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines,
Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Martí Franquès s/n, 02028
Barcelona. E-mail: carlesferrandez@ub.edu

Introducción

Las conchas de macroforaminíferos son utilizadas frecuentemente como sustrato por metazoos sésiles, como corales o briozoos, así como por una gran diversidad de organismos endolíticos o incrustantes (algas, hongos, otros foraminíferos, etc.). Las conchas incrustadas son bioclastos: conchas vacías después de la muerte del foraminífero. En este panel se expone un ejemplo del Bartonense (Eoceno medio), en los que las conchas de macroforaminíferos del género *Discocyclina* muestran frecuentes incrustaciones por serpúlidos, con la particularidad de que los serpúlidos se fijaron y vivieron sobre la concha del foraminífero mientras éste estaba vivo.

Contexto geológico

Los niveles estudiados son sedimentos deltaicos de la transgresión bartoniense en el sector sur de la Cuenca de Vic (margen sureste de la Cuenca del Ebro). La mayoría de serpúlidos incrustando foraminíferos se encuentran en niveles de calizas de *Discocyclina*. Se trata de *grainstones* que, además de abundantes *Discocyclina* spp., contienen *Nummulites*, *Operculina*, *Asterigerina*, *Asterocyclina*, *Fabiania*, gipsínidos, rotálidos, equinoideos y fragmentos de coralináceas, bivalvos y briozoos.

Se han estudiado 25 láminas delgadas, en las que se ha detectado un total de 64 especímenes de *Discocyclina* con serpúlidos. En una de las láminas (29 x 44 mm) se detectaron hasta 5 especímenes del foraminífero con serpúlidos incrustados en su concha.

Morfología de los serpúlidos

La mayoría de secciones de los tubos de serpúlidos son transversales, más o menos oblicuas, sólo uno de los ejemplares muestra una sección aproximadamente longitudinal. La sección característica muestra un perfil triangular, con una cavidad subcircular y una cresta dorsal. El grosor de la pared aumenta proporcionalmente con el diámetro del tubo.

En varios ejemplares se pueden observar distintas secciones de serpúlido, de diferente diámetro, que descansan claramente sobre una misma superficie de la concha del foraminífero, por lo que se pueden interpretar como distintas secciones de un solo tubo meandriforme.

En las secciones de tubos de pequeñas dimensiones (< 150 µm), la pared es delgada (11,5-17,5 µm) y de contorno circular (Fig. 1A). A medida que el diámetro del tubo crece, su perfil externo se modifica, siendo cada vez más triangular, mientras que la cavidad continúa siendo circular (Fig. 1B). El diámetro interno del tubo mide desde unas 120 µm en los tubos más pequeños, completamente cilíndricos, hasta unas 430 µm en los tubos mayores, de perfil marcadamente triangular. La cavidad muestra una superficie lisa, mientras que la superficie externa del tubo, aparte de la cresta dorsal, puede tener crestas longitudinales secundarias perpendiculares a la superficie del tubo. Unas pocas formas se apartan de esta morfología, presentando un tubo de pared más delgada, de grosor constante (sin perfil triangular) y con hasta 16 crestas de similar tamaño repartidas por la superficie, pudiendo tratarse de otro género de serpúlido.

Incrustación en vida del foraminífero

La mayoría de los tubos de los serpúlidos se encuentran cubiertas por capas de camarillas laterales de la concha de *Discocyclina*, quedando frecuentemente el tubo del serpúlido completamente bioinmurado en el interior de la concha del foraminífero (Fig. 1), lo que indica que el serpúlido se fijó sobre el foraminífero mientras éste estaba vivo.

Algunos especímenes de *Discocyclina* muestran serpúlidos en ambas caras. En algunos especímenes se observan dos, tres, e incluso cuatro episodios de incrustación sobre el mismo foraminífero (Fig. 1A), lo que indica por un lado, que la incrustación del serpúlido no afectó al foraminífero y, por otro, que la longevidad del foraminífero era mayor que la del serpúlido.

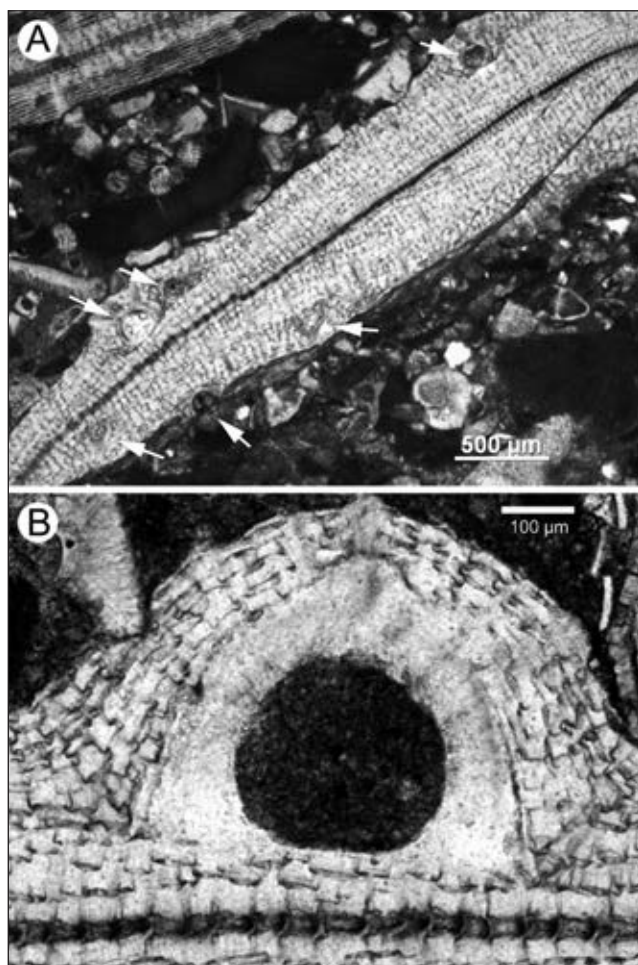


Figura 1. (A) *Discocyclus* sp. del Bartoniano con varios tubos de serpúlido (flechas) en ambas caras que han sido bioinmurados por el subsecuente crecimiento de la concha del foraminífero, quedando cubiertos por capas de camarillas laterales. (B) Detalle de una sección de un tubo de serpúlido en una concha de *Discocyclus* sp. mostrando el característico perfil triangular, la cavidad subcircular y la cresta dorsal, en este caso poco marcada. El tubo está cubierto por camarillas laterales, indicando que el serpúlido se fijó sobre un foraminífero vivo.

Sólo en un caso se ha observado que la incrustación del serpúlido alteró el plan de crecimiento del foraminífero, provocando el desdoblamiento del plano ecuatorial.

Simbiosis

Algunos serpúlidos se encuentran asociados a corales escleractinios coloniales, habiéndose interpretado esta asociación simbiótica, observada ya en organismos del Cretácico (Garberoglio y Lazo, 2011), bien como mutualismo o como comensalismo por distintos autores (ver revisión en Rowley, 2008). Quienes defienden el mutualismo arguyen que el serpúlido conseguiría un sustrato sobre el que fijarse, situado además lejos de la turbidez del fondo. A su vez, el coral saldría beneficiado por las corrientes creadas por el serpúlido, que incrementarían la disponibilidad de nutrientes, dispersarían sus productos de desecho e impedirían el asentamiento de algas. El serpúlido incluso podría alejar depredadores, como se ha observado en especies actuales (De Vantier *et al.*, 1986).

La asociación de un macroforaminífero y un serpúlido aquí presentada puede también interpretarse como comensalismo, donde el serpúlido logra un sustrato al que adherirse, mientras que el foraminífero no sale beneficiado pero tampoco perjudicado en exceso. Alternativamente, puede interpretarse como un caso de mutualismo, en la que los dos organismos consiguen un beneficio, en el caso del foraminífero, un aporte de nutrientes derivados de la actividad filtradora del serpúlido (como se ha sugerido para otros foraminíferos sobre organismos filtradores: Alexander y DeLaca, 1987; Kazmierczak, 1973; Lutze y Thiel, 1989; Mullineaux y DeLaca, 1984; Zampi *et al.*, 1997; Zumwalt y DeLaca, 1980). El hecho de que en al menos un caso el crecimiento del foraminífero se ve afectado por la incrustación del serpúlido no permite descartar que la relación sea un parasitismo. No se conocen por el momento ejemplos actuales de serpúlidos sobre foraminíferos vivos.

Por otro lado, el hecho de que no se hayan observado serpúlidos sobre otros géneros de macroforaminíferos (*Nummulites*, *Operculina*) podría deberse a que *Discocyclus* es, con diferencia, el género más abundante en estos niveles, aunque sugiere cierta propensión o selectividad a la fijación de las larvas de los serpúlidos sobre *Discocyclus*. Más que a la morfología plana de la concha de este género (también las conchas de *Operculina* son planas), esta hipotética selectividad podría derivarse de las características de su cubierta orgánica o bacteriana, que llevaría a las larvas del serpúlido a seleccionarla, o también podría indicar cierta tolerancia por parte del foraminífero a la fijación de la larva, lo que apuntaría al comensalismo.

Longevidad

El hecho de que el subsecuente crecimiento de la concha del foraminífero cubra la del serpulido (en ocasiones formándose camarillas laterales incluso en el interior del tubo) indica que su longevidad superaba la del anélido. Esta diferencia de longevidad debió de ser substancial, como indica el hecho de que, en uno de los ejemplares, hasta tres serpulidos pudieran quedar inmurados en la concha del foraminífero, viviendo otro en su superficie.

Aunque los serpulidos de tamaño grande pueden tener una longevidad extraordinaria, de hasta 35 años, la de las especies de tamaño pequeño es mucho más reducida y raramente excede un año (Kupriyanova *et al.*, 2001). Especies con un tubo de entre 2 y 4 cm de longitud y 2 mm de grosor, como *Pseudochitinopoma occidentalis* o *Hydroides elegans*, tienen una longevidad de un año (Grave, 1933). La longevidad de especies actuales con un tubo de dimensiones similares a los que se encuentran sobre *Discocyclusina* varía entre algunas semanas y pocos meses. Por ejemplo, *Neodexiospira pseudocorrugata* alcanza su talla de 1,4 mm en 25 días (Ghobashy y Selim 1979 en Kupriyanova *et al.*, 2001), *Spirorbis* sp. (1 a 4 mm) vive unos dos meses (Smith y Haderlie, 1969), mientras que *Filograna implexa*, de hasta 5 mm, vive posiblemente durante dos estaciones (Faulkner, 1929).

Estos datos, junto con las sucesivas incrustaciones de hasta 4 serpulidos en un mismo ejemplar de *Discocyclusina*, indicarían una longevidad al menos anual para el macroforaminífero, similar a la que se encuentra en macroforaminíferos hialinos actuales como *Heterostegina* o *Amphistegina*.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución del Grupo de Investigación *Geología Sedimentaria* (2014 SGR 251) y el proyecto CGL 2011-27-27869 (BIOGEOMODELS).

Referencias

Alexander, S.P. y DeLaca, T.E. 1987. Feeding adaptation of the foraminiferan *Cibicides refulgens* living epizoically and parasitically on the Antarctic scallop *Adamussium colbecki*. *The Biological Bulletin*, 173: 136-159.

DeVantier, L.M., Reichelt, R.E. y Bradbury, R.H. 1986. Does *Spirobranchus giganteus* protect host *Porites* from predation *Acanthaster planci*: predator pressure as a mechanism of coevolution? *Marine Ecology Progress Series*, 32: 307-310.

Faulkner, G.H. 1929. The anatomy and the histology of bud-formation in the serpulid *Filograna implexa* together with some cytological observations on the nuclei of the neoblasts. *Journal of the Linnean Society (Zoology)*, 37: 109-190.

Garberoglio, R.M. y Lazo, D.G. 2011. Post-mortem and symbiotic sabellid and serpulid-coral associations from the Lower Cretaceous of Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 14: 215-228.

Grave, B.H. 1933. Rate of growth, age of sexual maturity, and duration of life of certain sessile organisms, at Woods Hole, Massachusetts. *Biological Bulletin*, 65: 375-386.

Ghobashy, A.F.A. y Selim, S.A. 1979. Settlement and growth of *Spirorbis corrugatus* (Montagu) in the eastern harbour of Alexandria. *Bulletin of the Institute of Oceanography and Fisheries Cairo*, 6: 317-330.

Kazmierczak, J. 1973. *Tolypammina vagans* (Foramini-ferida) as inhabitant of the Oxfordian siliceous sponges. *Acta Palaeontologica Polonica*, 18: 95-109.

Kupriyanova, E.K., Nishi, E., ten Hove, H.A. y Rzhavsky, A.V. 2001. Life-history patterns in serpulimorph polychaetes: ecological and evolutionary perspectives. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 39: 1-101.

Lutze, G.F. y Thiel, T.H. 1989. Epibenthic foraminifera from elevated microhabitats: *Cibicidoides wuellerstorfi* and *Planulina ariminensis*. *Journal of Foraminiferal Research*, 19: 153-158.

Mullineaux, L.S. y DeLaca, T.E. 1984. Distribution of antarctic benthic foraminifers settling on the pecten *Adamussium colbecki*. *Polar Biology*, 3: 185-189

Rowley, S. 2008. A critical evaluation of the symbiotic association between tropical tube-dwelling Polychaetes and their hermatypic coral hosts, with a focus on *Spirobranchus giganteus* (Pallas, 1766). *The Plymouth Student Scientist*, 1(2): 335-353.

Smith, S.V. y Haderlie, E.C. 1969. Growth and longevity of some calcareous fouling organisms, Monterey Bay, California. *Pacific Science*, 23: 447-451.

Zampi, M., Benocci, S. y Focardi, S. 1997. Epibiont foraminifera of *Sertella frigida* (Waters) (Bryozoa, Cheilostomata) from Terranova Bay, Ross Sea, Antarctica. *Polar Biology*, 17: 363-370.

Zumwalt, G.S. y DeLaca, T.E. 1980. Utilization of brachiopod feeding currents by epizoic foraminifera. *Journal of Paleontology*, 54: 477-484.

Resultados preliminares sobre la endoterma regional de cretoixirhínidos y su posible implicación en el gigantismo de los otodóntidos (Lamniformes, Elasmobranchii)

Humberto Ferrón¹, Carlos Martínez-Pérez^{1,2}, Héctor Botella¹

¹Departamento de Geología, Universitat de València, Avda. Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot, España. E-mail: humgrafe@uv.es, Hector.Botella@uv.es

²School of Earth Sciences, University of Bristol, Wills Memorial Building, Queen's Road, Bristol BS8 1RJ, United Kingdom. E-mail: Carlos.Martinez-Perez@bristol.ac.uk

Introducción

Los otodóntidos o “megatooth sharks” (*Parotodus*, *Otodus* y *Carcharocles*) son una familia extinta de tiburones lamniformes que vivieron desde el Paleoceno hasta el Plioceno (Cappetta, 1987). Este grupo se conoce únicamente por restos desarticulados, principalmente dientes aunque también se han encontrado escamas y algunos centros vertebrales asociados a éstos (Ehret, 2010). Entre sus representantes se encuentran los tiburones más grandes conocidos hasta la fecha, probablemente llegando a sobrepasar los 15 metros de longitud en el caso de *Carcharocles megalodon*. Por ese motivo muchos trabajos han intentado establecer relaciones alométricas precisas entre el tamaño de los dientes y la longitud corporal de tiburones actuales con el fin de inferir con fidelidad los tamaños corporales de los otodóntidos. Sin embargo, muy pocos han estudiado las posibles causas de dicho gigantismo (Gottfried *et al.*, 1996; Purdy, 1996) y ninguno de ellos ha tenido en cuenta las restricciones de tamaño corporal impuestas por la tasa metabólica en animales ectotermos (Makarieva *et al.*, 2005). En este sentido, es interesante la tesis de Ehret (2010) donde se sugiere por primera vez que los otodóntidos podrían ser endotermos regionales y no ectotermos como se les había considerado hasta la fecha. La endoterma regional ha evolucionado de manera independiente en diversos grupos de peces, tanto en osteictios como en condriictios y pudo tener un origen común para lamnidos (*Lamna*, *Isurus*, *Carcharodon* y varios géneros fósiles) y otodóntidos dada su proximidad filogenética (Cappetta, 1987).

En el presente trabajo proponemos que los otodóntidos pudieron ser endotermos regionales en base a estudios isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ del esmaltoide de dientes de *Cretolamna*, representante de la familia a partir de la cual evolucionaron los otodóntidos (Cretoxyrhinidae) (Cappetta, 1987), y restos asociados de peces ectotermos de distintas localidades. A partir de las diferencias encontradas en las estimaciones de temperaturas de *Cretolamna* y de la temperatura del agua, inferida a partir de restos de peces ectotermos recuperadas en las mismas muestras, nuestros resultados apoyan la idea de que la endoterma regional podría estar ya presente en algunos representantes de los cretoixirhínidos. Esta característica pudo permanecer en otodóntidos y lámnidos estableciendo las bases para favorecer la evolución del gigantismo en estos grupos.

Materiales y métodos

Con el fin de contrastar esta hipótesis se recopiló de diversas fuentes bibliográficas la información relativa a los datos isotópicos de $\delta^{18}\text{O}$ del esmaltoide de dientes de *Cretolamna* y peces ectotermos de distintos niveles y/o yacimientos con el fin de comprobar si existía independencia entre la temperatura corporal de *Cretolamna* ($\delta^{18}\text{O}_{\text{Cretolamna}}$) y la temperatura del agua ($\delta^{18}\text{O}_{\text{ectotermo}}$). Para ello, se siguió la metodología propuesta por Bernard *et al.* (2010) y se representaron los datos de cada nivel o yacimiento en una gráfica donde en el eje de ordenadas se representa $\delta^{18}\text{O}_{\text{Cretolamna}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{ectotermo}}$ y en el de abscisas $\delta^{18}\text{O}_{\text{ectotermo}}$, ajustándose los distintos puntos con una recta de regresión. Adicionalmente se recopilaron los registros de temperaturas corporales de distintas especies de tiburones actuales endotermos regionales y de la temperatura del agua circundante. Los datos se sintetizaron de forma similar en una gráfica donde en el eje de ordenadas se representa $T^{\text{a}}_{\text{lámni}} - T^{\text{a}}_{\text{agua}}$ y en el de abscisas $T^{\text{a}}_{\text{agua}}$, ajustándose los puntos con una recta de regresión.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos a partir de los datos isotópicos se muestran en la Figura 1A. Cada punto representa un dato para un nivel o yacimiento concreto. Los valores positivos y negativos en el eje de ordenadas ($\delta^{18}\text{O}_{\text{Cretolamna}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{ectotermo}}$) indican que la temperatura corporal de *Cretolamna* estaría por debajo o por encima de la temperatura del agua

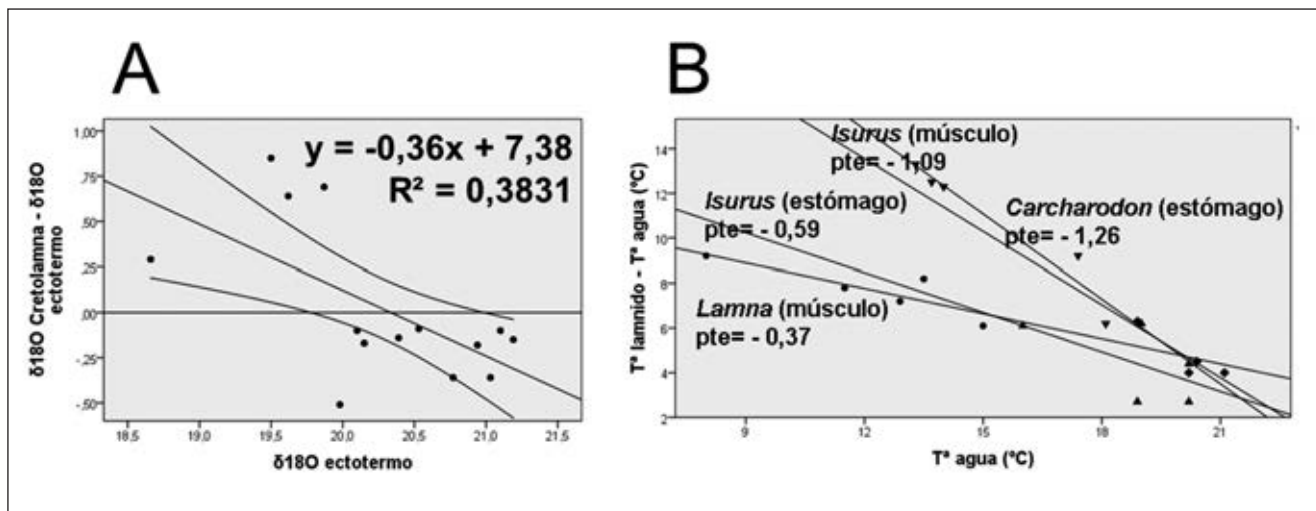


Figura 1. (A) Diferencias en el $\delta^{18}O$ del esmaltoide de dientes asociados de *Cretolamna* y peces ectotermos con indicación de los resultados de la recta de regresión. (B) Diferencias entre las temperaturas corporales de lamnidos actuales y del agua circundante con indicación de la pendiente para cada género.

respectivamente. Pendientes con valores cercanos a 0 indicarían que la temperatura corporal de *Cretolamna* siempre es igual a la del agua mientras que valores próximos a -1 demostrarían una independencia absoluta de su temperatura corporal respecto a la del medio. La pendiente obtenida para *Cretolamna* es de -0,36 lo que puede indicar cierto grado de independencia de su temperatura corporal respecto a la del agua. Dado que los tiburones no son homeotermos estrictos siempre existe influencia de la temperatura del agua, especialmente en las partes externas del cuerpo como lo es la zona de desarrollo de los dientes. Sin embargo dicha influencia en estas zonas corporales más superficiales es difícil de cuantificar dado que en todos los trabajos realizados con tiburones actuales en este sentido se suele calcular las temperaturas del estómago o del músculo interno. En la Figura 1B se representan las rectas calculadas para la temperatura corporal de los tres géneros de lamnidos actuales. Las pendientes obtenidas para el estómago de *Carcharodon* (-1,26) y el músculo interno de *Isurus* (-1,09) indican una independencia total respecto a las temperaturas del agua, sin embargo las pendientes para el estómago de *Isurus* (-0,59) y el músculo interno de *Lamna* (-0,37) demuestran una influencia importante de la temperatura ambiental. De hecho en el caso de *Lamna*, a pesar de ser temperaturas calculadas en músculo interno, se obtiene una pendiente muy similar a la calculada para el esmaltoide de *Cretolamna* (-0,36).

Sin embargo, nuestros resultados hay que interpretarlos con cautela por dos motivos. En primer lugar porque las diferencias entre temperaturas corporales de *Cretolamna* y del pez ectotermo asociado podrían ser debidas a diferencias de temperaturas en la columna de agua (con el fin de minimizar esa posibilidad se seleccionaron peces ectotermos pelágicos siempre que fue posible); y en segundo lugar porque *Cretolamna* pudo ser un gran migrador por lo que desde el momento de formación de los dientes hasta su pérdida pudo recorrer grandes distancias. No obstante la distribución de los puntos en la gráfica de la Figura 1A coincide perfectamente con el patrón esperado para un endotermo parcial (Fig. 2C de Bernard *et al.*, 2010).

Por lo tanto, nuestros datos isotópicos del esmaltoide de dientes de *Cretolamna* indican que los cretoxhirrinidos, grupo a partir del cual evolucionaron los otodóntidos y lamnidos (Cappetta, 1987), pudieron ser endotermos regionales. Es importante destacar que el desarrollo de la endotermia estaría estrechamente relacionado con el desarrollo de altas tasas metabólicas, lo que les permitiría, total o parcialmente, una independencia respecto al medio. Estas altas tasas metabólicas serían además un paso previo imprescindible para favorecer la evolución del gigantismo con un modo de vida muy activo como posteriormente sucedió en varios representantes de los grupos derivados de otodóntidos.

Conclusiones

Los datos isotópicos del esmaltoide de dientes de *Cretolamna* sugieren que este género podría ser endotermo regional. En base a ello proponemos que la endotermia regional presente ya en cretoxyrhínidos pudo tener implicaciones sobre el gigantismo en sus descendientes los otodóntidos. Este incremento de la tasa metabólica les permitió alcanzar tamaños muy importantes y continuar como “*top predators*” con un modo de vida muy activo imposible de mantener con las tasas metabólicas esperables para un ectotermo de dicho tamaño. Por lo tanto, dadas las restricciones de tamaño y actividad que impone la tasa metabólica de tiburones ectotermos, la abundancia de presas potenciales tras la radiación de los cetáceos por sí sola no explica el gigantismo de otodóntidos como se ha propuesto hasta la fecha.

Referencias

- Bernard, A., Lécuyer, C., Vincent, P., Amiot, R., Bardet, N., Buffetaut, E., Cuny, G., Fourel, F., Martineau, F., Mazin, J.-M. y Prieur, A. 2010. Regulation of body temperature by some Mesozoic marine reptiles. *Science*, 328(5984): 1379-1382.
- Cappetta, H. 1987. *Chondrichthyes II: Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii*. Stuttgart, Nueva York, 193 pp.
- Ehret, D.J. 2010. *Paleobiology and taxonomy of extinct lamnid and otodontid sharks (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Lamniformes)*. Tesis Doctoral, University of Florida, 165 pp.
- Gottfried, M.D., Compagno, L.J. y Bowman, S.C. 1996. Size and skeletal anatomy of the giant “megatooth” shark *Carcharodon megalodon*. En: Klimley, A.P. y Ainley, D.G. (eds.), *Great White Sharks: the biology of Carcharodon carcharias*, San Diego, 55-66.
- Makarieva, A.M., Gorshkov, V.G. y Li, B.L. 2005. Gigantism, temperature and metabolic rate in terrestrial poikilotherms. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1578): 2325-2328.
- Purdy, R.W. 1996. Paleocology of fossil white sharks. En: Klimley, A.P. y Ainley, D.G. (eds.), *Great White Sharks: the biology of Carcharodon carcharias*, San Diego, 67-78.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Resultados de la primera excavación sistemática en el yacimiento de icnitas “El Porquet 1”, Mioceno superior – Plioceno, Alicante (España)

Ignacio Fierro¹, Ainara Aberasturi^{1,2}, Hugo Corbí³, José M. Marín², Antonio Estévez³, Carlos Lancis³, Jesús M. Soria³, Pablo Rosser⁴

¹*GeaLand Patrimonio, Tibi nº 3, 3º E1, 03011 Alicante.*

E-mail: fierro@gealandpatrimonio.com, aberasturi@gealandpatrimonio.com

²*Museo Paleontológico de Elche, Plaza de San Juan s/n, 03203, Elche.*

E-mail: ainara@cidarismpe.org, info@cidarismpe.org.

³*Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690, San Vicente del Raspeig. E-mail: hugo.corbi@ua.es, antonio.estevez@ua.es, carlos.lancis@ua.es, jesus.soria@ua.es*

⁴*Patronato Municipal de Cultura, San Carlos, 78, 03013, Alicante.*

E-mail: pablo.rosser@alicante-ayto.es

Introducción

En el año 1990, fruto de un hallazgo casual en una cantera abandonada, se localiza el yacimiento paleontológico actualmente conocido como “El Porquet 1”, en la Sierra de Los Colmenares, a escasa distancia del centro urbano de Alicante. Poco después, investigadores de la Universidad de Alicante (Lancis y Estévez, 1992) consultados por el Ayuntamiento de la ciudad, realizaron el primer estudio preliminar del yacimiento que permitió determinar la existencia de un rastro de oso compuesto por seis icnitas y dos rastros atribuidos inicialmente a équidos, así como abundantes pisadas de aves.

La importancia intrínseca del sitio parecía clara, se contaba con el único yacimiento de restos indirectos de mamíferos y aves de la Comunidad Valenciana y uno de los pocos de esa edad (Mioceno superior-Plioceno) de la Península Ibérica que además presentaba un excelente estado

de conservación y un gran potencial desde el punto de vista científico y divulgativo (Sánchez y Fierro, 2009). A pesar de ello, el yacimiento paleontológico ha permanecido protegido durante más de veinte años.

En este lapso de tiempo, la Comunidad Valenciana ha desarrollado una normativa en materia de patrimonio cultural que contempla la paleontología y que ha iniciado los trámites para la declaración de Bien de Interés Cultural del sitio (el único paleontológico así incoado en la provincia de Alicante), a pesar de la escasa información existente sobre el mismo.

Tras el cierre del yacimiento durante tanto tiempo se planteaba la duda de su estado de conservación, así como la posibilidad de que el sitio pudiera tener continuidad lateral y, por lo tanto, poseer más importancia que la documentada en los años 90 del siglo pasado.

Por otro lado, la edad del yacimiento inicialmente publicada como Plioceno (Lancis y Estévez, 1992) necesitaba de una revisión, considerando el importante contexto geológico del entorno, donde se registra el evento de caída del nivel del mar fini-Messiniense y la reinundación pliocena, dentro del borde norte de la cuenca del Bajo Segura (Soria *et al.*, 2005).

Resultados

El Museo Paleontológico de Elche (MUPE) - Fundación Cidarís, en colaboración con el Patronato de Cultura del Ayuntamiento de Alicante (COPHIAM), la Fundación Andaluza para la Imagen, el Color y la Óptica (FAICO) y el Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de la Universidad de Alicante abordaron la primera intervención paleontológica sistemática en el yacimiento durante junio de 2011.

Entre los objetivos de dicha intervención se plantearon: la documentación del estado de conservación del yacimiento, la recuperación de nueva información paleobiológica en un sector hasta ahora no estudiado —comprobando el potencial y extensión del yacimiento— y el planteamiento de una estrategia para la gestión del sitio de cara al futuro.

La recuperación de información y documentación de tipo icnológico se abordó mediante una triple metodología: el registro fotográfico exhaustivo de cada una de las huellas, el calco en plástico polietileno de toda la superficie

y la digitalización mediante uso de escáner. Además, se ha realizado una toma de datos a partir de una hoja de excavación que incluía medidas de las huellas y dirección y longitud de los rastros.

La excavación ha dado como resultado la identificación de un total de 96 icnitas. Las icnitas se agrupan en siete rastros diferentes: dos correspondientes a úrsidos, uno a un proboscídeo, y los otros cuatro han sido atribuidos a

mamíferos artiodáctilos, con al menos dos especies productoras diferentes. El rastro más largo corresponde a uno de los úrsidos y presenta una longitud de 9,6 metros y en él se distinguen al menos dieciséis icnitas, algunas de las cuales llegan a tener veinticuatro centímetros de longitud y dieciséis centímetros de anchura. Con respecto al rastro de menor longitud, que tiene 3,10 metros, contiene 7 huellas pertenecientes a un artiodáctilo. Asimismo, son de destacar varias huellas tridáctilas de pequeño tamaño, la mayoría de ellas



Figura 1. Superficie excavada en junio de 2011 donde se aprecian algunos de los rastros. En el centro aparece sombreado en color naranja la superficie conocida hasta la fecha y publicada previamente por Lancis y Estévez (1992). El borde de la excavación, a la derecha de la imagen, tiene unos 11 metros de longitud.

aisladas, que han sido identificadas como icnitas generadas por aves. Además, en la misma superficie se han hallado numerosos moldes de vértebras, espinas y escamas de peces, así como algunos gasterópodos y bivalvos.

El estado de conservación de las huellas aporta datos acerca de las condiciones del fango durante la pisada, ya que en varios rastros la caída del mismo durante la salida del autópodo ha deformado la huella original, de manera que la morfología del mismo no se aprecia con nitidez. En otras icnitas, sin embargo, las huellas están ligeramente marcadas o contienen una gran rebaba —un ancho borde de barro—, lo cual podría indicar que la formación de las icnitas se realizó en diferentes etapas.

Resulta interesante comprobar cómo la mayoría de los rastros presentan una dirección común, que es aproximadamente paralela a la línea de costa durante el Mioceno-Plioceno. Sin embargo, el sentido de la marcha es opuesta en diferentes casos.

Conclusiones

La excavación sistemática realizada en el yacimiento “El Porquet 1” ha permitido documentar una extensión aproximada de 80 m², ampliando de esta manera el conocimiento del mismo y poniendo de manifiesto un número importante de huellas y rastros de mamíferos hasta ahora no conocidas.

Tras la intervención, se han reconocido un total de 96 icnitas asociadas a 7 rastros, siendo algunas de ellas atribuibles a nuevos grupos taxonómicos

respecto de los inicialmente diferenciados. Se ha puesto de manifiesto la existencia de un segundo rastro de oso, se han documentado varios rastros de artiodáctilos, con dos especies productoras diferentes y se han localizado varias icnitas atribuidas a un mastodonte.

La información recuperada permite avalar la importancia del sitio y retomar la incoación de “El Porquet 1” como Bien de Interés Cultural.

Tras la intervención puede demostrarse el perjudicial efecto (disolución y deterioro de la superficie de la capa que contiene las icnitas) que están realizando sobre el yacimiento las raíces de las plantas que crecen en el entorno.

Referencias

- Lancis, C. y Estévez, A. 1992. Las icnitas de mamíferos del sur de Alicante (España). *Geogaceta*, 12: 60-64.
- Sánchez, E.J. y Fierro, I. 2009. *Documentación del patrimonio geológico y paleontológico del término municipal de Alicante: FOPALI Alicante (Fase I). Memoria Inédita*. Fundación Cidarís, Medio Ambiente - Cultura Ayto. Alicante, 312 pp.
- Soria, J.M., Caracuel, J.E. yébenes, A., Fernández, J. y Viseras, C. 2005. The stratigraphic record of the Messinian salinity crisis in the northern margin of the Bajo Segura Basin (SE Spain). *Sedimentary Geology*, 179: 225-247.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Nuevos datos sobre los foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán

Jordi Guillem, Juan Usera, Ignacio García, Alicia Giner-Baixaui, Carmen Alberola

Departamento de Geología. Universitat de València. Doctor Moliner, 50.
46100 Burjassot, Valencia. E-mail: jorge.Guillem@uv.es, juan.usera@uv.es,
nachetegarci87@hotmail.com, aliciaginer@gmail.com,
carmenalberola.ca@gmail.com

Introducción

La localización geográfica del Mar de Alborán, en el extremo occidental del Mediterráneo y en contacto directo con el Atlántico, hace de él un área de especial interés, sujeta a la influencia climática y oceanográfica de ambos dominios. Existen numerosos trabajos sobre foraminíferos cuaternarios del Mar de Alborán centrados en estudios paleoclimáticos o paleoceanográficos (entre otros Caralp, 1988; Pujol y Vergnaud Grazzini, 1989; Pérez-Folgado *et al.*, 2003, 2004; Ballesteros *et al.*, 2008; González Mora *et al.*, 2008; Muñoz *et al.*, 2008; Milker *et al.*, 2011; Serrano y Guerra-Merchán, 2012). Otros se basan en muestras de superficie o en foraminíferos actuales (Mateu, 1971; Sánchez Ariza, 1983; Pujol y Vergnaud Grazzini, 1995; Milker *et al.*, 2009; Usera y Alberola, 2009; Usera *et al.*, 2010; Giner-Baixaui *et al.*, 2012; Milker y Schmiedl, 2012).

Una serie de trabajos recientes llevados a cabo por el Instituto Español de Oceanografía han proporcionado un gran número de muestras de sedimento de la superficie del fondo marino. En este trabajo se presentan datos sobre la diversidad y distribución de las asociaciones de foraminíferos presentes en 115 de estas muestras.

Material y métodos

Las muestras analizadas fueron recogidas por el *B/O Vizconde de Eza* durante el año 2003 y proceden de un amplio sector del Mar de Alborán

(entre 2° 10' 0,2" y 4° 41' 33" de longitud W y 35° 42' 53" y 36° 45' 34" de latitud N). Las muestras fueron recuperadas con una draga *Shipek* a profundidades que van desde los 75 hasta los 1894 m y situadas mediante un sistema GPS diferencial *Seastar*.

Se tomaron 50 g de sedimento por muestra que fueron sometidos a lavado y tamizado sobre una malla de 63 μ m. Al menos 300-500 foraminíferos en cada muestra fueron recuperados, clasificados y fijados a un portaobjetos.

Para estimar la diversidad de las asociaciones de foraminíferos (planctónicos y bentónicos) se emplearon dos medidas ampliamente utilizadas en estudios micropaleontológicos: el índice α de Fisher, y el índice de Shannon-Wiener (Murray, 2006). Se registró también el índice de oceanización o la proporción de foraminíferos planctónicos con respecto al total (Grimsdale y Van Morkhoven, 1955) de modo que $P:B = P/P+B$ (siendo P y B respectivamente el número de foraminíferos planctónicos y bentónicos en una muestra) y se evaluó su relación con la profundidad.

Como técnica de exploración para futuros análisis multivariantes se aplicó un análisis *cluster* jerárquico (HCA: *Hierarchical Cluster Analysis*) mediante el programa SPSS (versión 11.0) y utilizando el coeficiente de correlación de Pearson y el método *within groups linkage*. Los datos de abundancia de los taxones se sometieron previamente a una transformación logarítmica $x \rightarrow \ln(x+1)$. El análisis se restringió a aquellas especies que superaran el 5% del total de la asociación en al menos una muestra.

En 53 de las 115 muestras, particularmente las de mayor profundidad, el número de foraminíferos bentónicos recuperados resultó muy escaso (<50) de modo que no se tuvieron en cuenta ni en el análisis cluster ni en el cálculo de los índices de diversidad.

Resultados

En el conjunto de las muestras estudiadas se han podido determinar 25 especies planctónicas y 264 especies bentónicas (33 de caparazón aglutinado, 49 aporcelanadas y 182 hialinas), muchas de ellas muy escasamente representadas.

El índice de oceanización P:B oscila entre el 27,84%, correspondiente a la muestra más somera (S-63) recogida a 75 m, y el 99,84% de una de las más profundas (S-108, a 1403 m). Se acepta en líneas generales que a medida que aumenta la profundidad se incrementa también la proporción de foraminíferos planctónicos (Grimsdale y Van Morkhoven, 1955). Un procedimiento de regresión logarítmica mediante la expresión $P:B=18,77 \ln(\text{profundidad})-39,14$ proporciona una correlación de $r^2=0,60$, significativa pero inferior a la obtenida por De Rijk *et al.* (1999) para el Mediterráneo occidental ($r^2=0,85$). Por su parte, Van der Zwaan *et al.* (1990) elaboraron un método para estimar cuantitativamente la profundidad a partir de la expresión $x=e^{3,58718 + 0,03534 P'}$, donde x es la profundidad y P' la proporción de foraminíferos planctónicos una vez excluidas una serie de especies bentónicas consideradas como infaunales profundas y por tanto no relacionadas directamente con la profundidad (ver Van Hinsbergen *et al.*, 2005). Si se comparan las profundidades deducidas de este método con las realmente medidas en Alborán, se obtiene una correlación de $r^2=0,54$. Aunque existe una clara correlación entre proporción de planctónicos y profundidad, los procesos de resedimentación (e.g. por corrientes de turbidez) pueden haber contribuido a amortiguarla al trasladar foraminíferos bentónicos desde la plataforma hasta el talud, disminuyendo así el índice P:B. A la inversa, las corrientes marinas pueden haber incrementado el índice al trasladar caparazones de foraminíferos planctónicos a áreas más someras.

Las asociaciones de foraminíferos planctónicos reflejan el patrón característico del Mar de Alborán con una codominancia de *Globorotalia inflata* (d'Orbigny) y *Globigerina bulloides* d'Orbigny que data de mediados del Holoceno (Pujol y Vergnaud Grazzini, 1989). Destaca la hiperdominancia de *Gr. inflata*, que en 81 de las 115 muestras analizadas representa más del 50% de la asociación y llega a superar el 90% en algunas de ellas. *Globigerina bulloides* puede también ser preponderante y en seis muestras representa más del 50% del total. Otras especies como *Orbulina universa* d'Orbigny, *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), *Globigerinoides sacculifer* (Brady) o *Turborotalita quinqueloba* (Natland) son secundarias. Son más escasas *Globigerina falconensis* Blow, *Globigerinella siphonifera* (d'Orbigny), *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) y *Truncorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny) y a ellas se añaden algunas más de aparición esporádica.

El análisis HCA en modo Q aplicado a las asociaciones de foraminíferos bentónicos de 62 de las muestras (con >50 individuos) permite diferenciar cuatro grandes *clusters* que se corresponden con distintos intervalos de profundidad.

El *cluster* A agrupa muestras de entre 300 y 600 m de profundidad y dominadas por especies como *Bulimina marginata* d'Orbigny, *Cassidulina laevigata* d'Orbigny, *Nonion fabum* (Fichtel y Moll), *Uvigerina mediterranea* Hofker o *Uvigerina peregrina* Cushman y con la presencia importante de *Amphicoryna scalaris* (Batsch) o *Hyalinea balthica* (Schröter) entre otras. La diversidad suele ser alta aunque los índices muestran un rango de variación muy amplio (H': 1,83-3,69; α : 3,76-30,40).

El *cluster* B reúne muestras someras, que oscilan entre los 100 y 300 m y caracterizadas por las especies dominantes *Bolivina spathulata* (Williamson), *C. laevigata*, *N. fabum*, *U. mediterranea*, *U. peregrina* y *Elphidium crispum* (Linné), a las que se añaden *Ammonia beccarii* (Linné), *Bolivina ordinaria* Phleger y Parker, *B. marginata* o *Globobulimina pyrula* (d'Orbigny). La diversidad es relativamente alta (H': 2,30-3,55; α : 7,08-25,66).

El *cluster* C incluye un conjunto de muestras dominadas por *U. mediterranea* y *U. peregrina*, en general procedentes de profundidades superiores a los 700 m. Además pueden ser relativamente abundantes *A. scalaris*, *Cibicides wuellerstorfi* (Schwager) *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman), *Globobulimina affinis* (d'Orbigny), *Gyroidina soldanii* d'Orbigny, *H. balthica*, *Lenticulina orbicularis* (d'Orbigny), *Melonis barleeana* (Williamson) y las aglutinadas *Bigenenerina nodosaria* d'Orbigny y *Pseudoclavulina mexicana* (Cushman). La diversidad es por lo general más baja que en las demás muestras: el índice de H' de Shannon se suele mantener entre 2-2,5 y el α de Fisher por debajo de 10.

Por último, el *cluster* D sólo está constituido por tres muestras someras de profundidad comparable a las del *cluster* B (77, 80 y 158 m) pero caracterizadas por el dominio de *Lobatula lobatula* Walker y Jacob y de las especies aglutinadas *Dorothia pseudoturris* (Cushman), *Textularia agglutinans* d'Orbigny, *Textularia pseudogramen* Chapman y Parr, *Textularia pseudorugosa* Lacroix y *Spiroplectammina sagittula* (Defrance). Como con el grupo de las muestras más someras (*cluster* B) la diversidad también es alta (H': 3,17-3,28 y α : 16,76-25,26).

Las muestras excluidas del análisis *cluster* por presentar un número demasiado escaso de individuos son por lo general de gran profundidad. Las especies más recurrentes son *Pc. mexicana*, *Gb. affinis*, *Gyroidina* spp., *M. barleeanus*, *U. mediterranea* o *U. peregrina* por lo que son en buena medida similares a las del *cluster* C.

La importante presencia en muchas de las muestras de los géneros *Bolivina*, *Bulimina*, *Globobulimina* o *Uvigerina* podría estar indicando la prevalencia de ambientes relativamente poco oxigenados y con un alto contenido en materia orgánica.

Conclusiones

El estudio de 115 muestras recogidas en los fondos del mar de Alborán ha permitido determinar 264 especies de foraminíferos bentónicos y 25 de planctónicos.

Aunque existe una correlación significativa entre la profundidad y el índice de oceanización (P:B) ésta puede haberse visto amortiguada tanto por corrientes marinas como por procesos de resedimentación.

Las asociaciones de foraminíferos planctónicos reflejan el predominio actual en el Mar de Alborán de las especies *Gr. inflata* y *G. bulloides*.

La distribución de los foraminíferos bentónicos está controlada al menos en parte por la profundidad. Un análisis *cluster* jerárquico HCA ha permitido distinguir tres intervalos batimétricos: las muestras más someras (75-300 m) se caracterizan por la abundante presencia de *A. beccarii*, *C. laevigata*, *E. crispum*, *N. fabum* o *U. peregrina* (*cluster* B) o de *L. lobatula*, *D. pseudoturris* y *Textularia* spp. (*cluster* D), en las de profundidad moderada (300-600 m) predominan *B. marginata*, *C. laevigata*, *N. fabum* o *Uvigerina* spp. y son frecuentes *A. scalaris* y *H. balthica* (*cluster* A) y por último, en las más profundas (>700 m), dominan claramente *U. mediterranea* y *U. peregrina* siendo también frecuentes *C. pseudoungerianus*, *Gb. affinis*, *H. balthica*, *M. barleeanus* o *Pc. mexicana* (*cluster* C).

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución del Grupo de Trabajo español al proyecto IGCP 588 y ha sido parcialmente financiado por el proyecto

HAR2012-39087-C02-01. Agradecemos al Dr. Eustoquio Molina la revisión del manuscrito.

Referencias

- Ballesteros, M., Rivera, J., Muñoz, A., Muñoz-Martín, A., Acosta, J., Carbó, A. y Uchupí, E. 2008. Alboran Basin, Southern Spain. Part II: Neogene implications for the orogenic float model. *Marine and Petroleum Geology*, 25: 75-101.
- Caralp, M.H. 1988. Late Glacial to Recent Deep-sea Benthic Foraminifera from the Northeastern Atlantic (Cadiz Gulf) and Western Mediterranean (Alboran Sea): Paleooceanographic Results. *Marine Micropaleontology*, 13: 265-289.
- De Rijck, S., Troelstra, S.R. y Rohling, E.J. 1999. Benthic foraminiferal distribution in the Mediterranean Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 29: 93-103.
- Giner-Baixaui, A., Usera, J., Guillem, J. y Alberola, C. 2012. Foraminíferos del Cuaternario reciente del mar de Alborán III: sector sur de Motril (Granada). En: *XXVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y Simposios de los Proyectos nº 587 y 596 del PIGG, Libro de resúmenes*, Homenaje a Guillem Colom Casasnovas. Valencia y Sóller, 71-73.
- González-Mora, B., Sierro, F.J. y Flores, J.A. 2008. Controls of shell calcification in planktonic foraminifers. *Quaternary Science Reviews*, 27: 956-961.
- Grimsdale, T.F. y Van Morkhoven, F.C.P.M. 1955. The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a mean of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. En: *Proceedings of the IV World Petroleum Congress, Section I/D*, 473-491.
- Mateu, G. 1971. Foraminifères de la mer d'Alboran. Leur importance como indicateur des différentes masses d'eau qui confluent dans cette mer et l'influence des courants marins dans la distribution de leurs biocénoses planctoniques et bentoniques. *Rapport Communications internes Mer Méditerranéenne*, 20: 211-213.
- Milker, Y. y Schmiedl, G. 2012. A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea. *Palaeontology Electronica*, 15: 1-134.
- Milker, Y., Schmiedl, G. y Betzler, C. 2011. Paleobathymetric history of the Western Mediterranean Sea shelf during the latest glacial period and the Holocene: Quantitative

reconstructions based on foraminiferal transfer functions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 307: 324-338.

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.

Muñoz, A., Ballesteros, M., Montoya, I., Rivera, J., Acosta, J. y Uchupi, E. 2008. Alboran Basin, Southern Spain. Part I: Geomorphology. *Marine and Petroleum Geology*, 25: 59-73.

Murray, J.W. 2006. *Ecology and Applications of benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, UK, 426 pp.

Pérez-Folgado, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Cacho, I., Grimalt, J.O., Zahn, R. y Shackleton, N. 2003. Western Mediterranean planktonic foraminifera events and millennial climatic variability during the last 70 kyr. *Marine Micropaleontology*, 48: 49-70.

Pérez-Folgado, M., Sierro, F.J., Flores, J.A., Grimalt, J.O. y Zahn, R. 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.

Pujol, C. y Vergnaud Grazzini, C. 1989. Palaeoceanography of the Last Deglaciation in the Alboran Sea (Western Mediterranean). Stable Isotopes and Planktonic Foraminiferal Records. *Marine Micropaleontology*, 15: 153-179.

Pujol, C. y Vergnaud Grazzini, C. 1995. Distribution patterns of live planktic foraminifers as related to regional hydrography and productive systems of the Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology*, 25: 187-217.

Sánchez-Ariza, M.C. 1983. Specific associations of recent benthic foraminifera of the neritic zone in the Motril-Nerja area, Spain, as a function of depth: Diversity and constancy. *Journal of Foraminiferal Research*, 13: 13-20.

Serrano, F. y Guerra-Merchán, A. 2012. Sea-surface temperature for left-coiling *Neoglobobulimina* populations inhabiting the westernmost Mediterranean in the middle Pleistocene and the Pleistocene-Pliocene transition. *Geobios*, 45: 231-240.

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. Libro de resúmenes*. Universidad de Málaga, Málaga, 270-271.

Usera, J., Alberola, C. y Brito, J.M. 2010. Foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán. II: Sector Golfo de Almería. *Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, 9: 302-304.

Van der Zwaan, G.J., Jorissen, F.J. y Destigter, H.C. 1990. The Depth Dependency of Planktonic Benthic Foraminiferal Ratios – Constraints and Applications. *Marine Geology*, 95: 1-16.

Van Hinsbergen, D.J.J., Kouwenhoven, T.J. y Van der Zwaan, G.J. 2005. Paleobathymetry in the backstripping procedure: Correction for oxygenation effects on depth estimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221: 245-265.

Paleontología vs minería

Manuel A. Juncal Rosales¹, José María Lanaja del Busto²,
Luis Miguel Sender Palomar³, Uxue Villanueva Amadoz⁴,
José Bienvenido Díez Ferrer⁵

¹Universidade de Vigo, 36310. E-mail: majuncal@gmail.com

²Universidade de Vigo, 36310. E-mail: jlanaja@uvigo.es

³Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Trelew, 9100, Argentina.
E-mail: lmsender@yahoo.es

⁴Universidad Nacional Autónoma de México, 83000.
E-mail: uxue@geologia.unam.mx

⁵Universidade de Vigo, 36310. E-mail: jbdiez@uvigo.es

Introducción

Durante la carrera de Ingeniería de Minas se ha sensibilizado al alumnado sobre la recuperación paisajística y del medio ambiente una vez terminadas las labores mineras, enfocando este discurso en aplicaciones para estudios de impacto ambiental. Sin embargo, es notorio que esta sensibilidad no se traslada con la misma intensidad en la preservación de patrimonio paleontológico. Para ello nos hemos fijado en el modelo de gestión y tratamiento del patrimonio en la Comunidad Autónoma de Aragón basado en una legislación específica sobre el patrimonio cultural: Ley 12/1997 de 3 de diciembre de Parques Culturales de Aragón, Ley 3/1999 de 10 de marzo (Textos Legales, 81) y en la Ley 16/1985 de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español y Sentencia 17/1991 de 31 de enero, del Tribunal Constitucional (Andrés, 2006).

Estas acciones de protección patrimonial se ven reforzadas por la rapidez de actuación de la administración autonómica, que activa protocolos de urgencia cuando aparecen restos paleontológicos de alto interés, lo cual deriva que dichas actuaciones produzcan muy bajos impactos económicos en las explotaciones afectadas.

Tales acciones colaborativas y no punitivas mejoran el clima y la fluidez de información haciendo que la producción de esas explotaciones no se vea afectada por la preservación y extracción de patrimonio.

Propuesta de “buenas prácticas”

De la observación de los diferentes casos prácticos estudiados se pueden derivar pautas comunes y complementarias que podrían asumirse dentro de los protocolos de explotación.

Para ello, se propone la incorporación al propio proyecto de la mina, de un apartado en el que se estudie la posible presencia de restos paleontológicos al igual que existen otros para la conservación ambiental y del paisaje (Juncal *et al.*, 2014).

Primera fase: Pre-explotación

En el trabajo geológico previo se debe realizar un estudio de valoración de impacto paleontológico similar al que en algunas comunidades autónomas solicitan para la realización de obras públicas. El conocimiento de estas circunstancias previamente al inicio de las labores de la explotación posibilita una coordinación de la excavación y la preservación evitando sorpresas, acciones precipitadas e interrupciones en el ritmo de extracción.

Segunda fase: Durante la explotación

Se puede distinguir dos situaciones posibles:

- Cuando se conoce la existencia de restos fósiles de importancia: Se deben realizar controles ante los indicios de hallazgo de unos restos patrimoniales de carácter excepcional.
- Aparición casual de nuevos elementos: Traslado físico de los estratos fosilíferos a otra área de la explotación donde se pueda realizar el desmantelamiento y extracción de los fósiles sin producir un parón en la excavación. La retirada de ese estrato del frente de explotación deberá realizarse bajo la supervisión de un especialista.

Se sugieren, por tanto, dos situaciones distintas de preservación de ese material encontrado:

1. **Preservación pasiva:** caracteriza a minas donde los restos se encuentran en el término de la explotación sin afectar en las labores de la misma. Las acciones se circunscribirían a la recuperación puntual de los restos cuando las obras se acerquen al área a preservar.

Ejemplo: Corta de arcillas y caolín de “La Dehesa” en el término municipal de Estercuel (provincia de Teruel).

2. **Preservación activa:** este tipo se aplica a aquellas explotaciones mineras en las que el patrimonio paleontológico aparece directamente en el frente de explotación. A diferencia de la preservación pasiva, el frente de explotación afecta al yacimiento y por tanto es necesario un control de los posibles restos que fueran aflorando a superficie.

Ejemplo: Corta de arcillas de “Los Majuelos” en el término municipal de Oliete (provincia de Teruel) (Royo-Torres et al., 2013a).

- 2.a. **Recuperación activa:** Se realizarán controles periódicos del frente de explotación llevados a cabo por personal técnico cualificado en materia patrimonial, llegando a modificar temporalmente las actuaciones mineras en el frente de explotación en caso de que fuera necesario para la recuperación del patrimonio paleontológico involucrado. Esta práctica sería viable en explotaciones de amplio frente, en las cuales se puede reubicar la maquinaria con facilidad en otra zona de la explotación para continuar con la misma sin detener o ralentizar el flujo de extracción previsto.

Ejemplo: Explotación de arcillas en la “Mina Galve”, en el término municipal de Galve (provincia de Teruel) (Royo-Torres et al., 2013b).

- 2.b. **Recuperación continua:** a diferencia de los anteriores, la recuperación continua afecta a explotaciones que no pueden variar el frente de trabajo. En este caso, la recuperación de patrimonio paleontológico es la que debe adaptarse al ritmo de la mina para evitar pérdidas económicas.

Ejemplo: Mina de Lignito “Santa María” en el término municipal de Ariño (Alcalá et al., 2012).

Tercera fase: post-explotación

Tras el comienzo de la recuperación ambiental, una vez terminada la fase de explotación, las actividades mineras no deben destruir el acceso a la obtención del material paleontológico de modo que se pueda garantizar el acceso al yacimiento en el caso de querer realizar un estudio más detallado en un futuro.

Conclusiones

Se deben establecer una serie de pautas de colaboración pactadas entre explotaciones mineras y paleontología, dejando claro y entendiendo el trabajo que deben realizar cada una de las partes. De esta colaboración debe quedar definido qué material se podría y debería preservar, de forma razonada y equilibrada, para evitar pérdidas económicas en las explotaciones y conseguir el máximo beneficio socio-económico posible que pueda repercutir en el desarrollo de la zona.

Referencias

- Alcalá, L., Espílez, E., Mampel, L., Kirkland, J.I., Ortiga, M., Rubio, D., González, A., Ayala, D., Cobos, A., Royo-Torres, R., Gascó, F. y Pesquero, M.D. 2012. A new Lower Cretaceous vertebrate bonebed near Ariño (Teruel, Aragón, Spain); found and managed in a joint collaboration between a mining company and a palaeontological park. *Geoheritage*, 4(4): 275-286.
- Andrés Moreno, J.A. 2006. Paleontología en Aragón: Legislación y Aplicación. En: Fundación del patrimonio histórico de Castilla y León (ed.), *Huellas que perduran. Icnitas de dinosaurios: patrimonio y recurso*. Valladolid, 109-140.
- Juncal, M.A., Lanaja, J.M. y Díez, J.B. 2014. *Análisis de la interrelación entre Ingeniería de Minas y Patrimonio Paleontológico*. Proyecto Fin de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas, Universidade de Vigo, 113 pp.
- Royo-Torres, R., González, A., Mampel, L., Gascó, F., Ayala, D., Cobos, A., Espílez, E., Verdú, J. y Alcalá, L. 2013a. Unusual dinosaur tracksite on Albian (Escucha Formation) soft sediments in Oliete. (Teruel, Spain). En: *VI International Symposium about Dinosaurs Palaeontology and their Environment, Abstracts Book*. Salas de los Infantes, Burgos, 118-119.
- Royo-Torres, R., Mampel, L. y Alcalá, L. 2013b. Icnitas de dinosaurios del yacimiento San Cristóbal 3 de la Formación Camarillas en Galve (Teruel, España). *Geogaceta*, 53: 5-8.

***Cornudina*, an enigmatic Triassic conodont genus and its apparatus and evolution**

Ali Murat Kiliç¹, Pablo Plasencia²

¹Department of Geology, Balıkesir University, 10145, Balıkesir, Turkey.
E-mail: alimurat@balikesir.edu.tr

²Departamento de Geología, Universitat de València. Dr. Moliner 50, 46100 Valencia. E-mail: pablo.plasencia@uv.es

Introduction

The genus *Cornudina* Hirschmann 1959 encompasses several Early to Middle Triassic species of conodonts characterized by a coniform P₁ element, with a very uncommon morphology during the Triassic. The genus appears in many areas of the Tethys region and despite its interest, relatively few works have been done (i.e. Kozur and Mostler, 1970, 1971a-b, 1972; Gedik, 1975; Koike, 1996, 1998, 1999). Herein we discuss the apparatus and the evolution of the genus.

Discussion

The apparatus of *Cornudina* was first studied by Koike (1996), who described an unimembrate apparatus with only P₁ elements or bimembrate with P₁ and P₂ from Japan. Subsequently, Orchard (2005) regarded this reconstruction as incomplete, and described it as a more typical gondolellid apparatus, with ramiform M and S elements, based on material from the Guangdao section in the Nanpanjiang Basin, South China.

Cornudina P₁ elements are very common in the Anisian limestones of NW Turkey. The study of the associated multielements shows significant differences with the model proposed by Orchard (2005) and herein we propose a new one, with different ramiform elements in all positions respect to Orchard's model.

Our model shows that *Cornudina* seems to share only few similarities with Gondolellidae; doubtfully representing a subfamily, it may rather represent a very small family, as it is certainly part of the suborder Ozarkodinina.

The evolution of *Cornudina* is unclear. Orchard (2005) established the subfamily Cornudininae, which includes *Spathicuspus* and *Cornudina*. *Spathicuspus* is probably the ancestor of *Cornudina*, but other possibilities, like the late Permian *Merrillina postdivergens* Kozur 2004 have been proposed. P₁ elements of different species of *Cornudina* show a trend to develop a more elongated basal cavity altogether with a more developed anterior process, and an increment of the number of denticles, as show the lineage *Cornudina oezdemirae* - *C. igoi* - *C. latidentata*.

Cornudina disappears during the late Ladinian, during the Rhaetian and another coniform genus, *Zieglericonus*, appeared during the Rhaetian. However, no direct relationship seems to exist between *Cornudina* and *Zieglericonus*, and their similarities are probably due to homeomorphy.

Conclusion

An alternative model to the ones of Koike (1996) and Orchard (2005) for the conodont apparatus of *Cornudina* is presented, and evolutionary trends for the lineage of *Cornudina* based on P₁ elements are proposed.

Acknowledgments

We want to thank Dr. Francis Hirsch for its inspiration and inestimable help.

References

- Gedik, I. 1975. Die Conodonten der Trias auf der Kocaeli Halbinsel (Türkei). *Palaeontographica Abteilung A*, 150: 99-160.
- Koike, T. 1996. Skeletal apparatuses of Triassic conodonts of *Cornudina*. In: Noda, K. and Sashida, K. (eds). *Professor Hisayoshi Igo Commemorative Volume on Geology and Paleontology of Japan and Southeast Asia*. Gakujyutsu Tosho Insatsu Co. Ltd., Tokyo, 113-120.
- Koike, T. 1998. Triassic coniform conodont genera *Aduncodina* and *Neostrachanognathus*. *Paleontological Research*, 2: 120-129.
- Koike, T. 1999. Apparatus of a Triassic conodont species *Cratognathodus multihamatus* (Huckriede). *Paleontological Research*, 3: 234-248.

Kozur, H.W. 2004. Pelagic uppermost Permian and the Permian-Triassic boundary conodonts of Iran. Part I: Taxonomy. *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften. Reihe B.*, 18: 39-68.

Kozur, H. and Mostler, H, 1970. Neue Conodonten aus der Trias. *Berichte des Naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck*, 58: 429-464.

Kozur, H. and Mostler, H. 1971a. Probleme der Conodontenforschung in der Trias. *Geologisch - Paläontologische Mitteilungen Innsbruck*, 1(4): 1-19.

Kozur, H. and Mostler, H. 1971b. Holothurien-Sklerite und Conodonten aus der Mittel- und Obertrias von Koveskal (Balatonhochland, Ungarn). *Geologisch - Paläontologische Mitteilungen Innsbruck*, 1(10): 1-36.

Kozur, H. and Mostler, H. 1972. Die Bedeutung der Conodonten für stratigraphische und paläogeographische Untersuchungen in der Trias. *Mitteilungen Ges Geol Bergbaust*, 21: 777-810.

Orchard, M.J. 2005. Multielement conodont apparatuses of Triassic Gondolelloidea. *Special Papers in Palaeontology*, 73: 73-101

Aplicaciones de la tomografía computarizada en paleontología

Sergio Llácer Martos, Albert G. Sellés, Josep Marmi, Alejandro Blanco, Josep Fortuny

Institut Català de Paleontologia, Escola Industrial, 23, 08201.

E-mail: sergio.llacer@icp.cat, albert.garcia@icp.cat,

josep.marmi@icp.cat, alejandro.blanco@icp.cat, josep.fortuny@icp.cat

Introducción

La tomografía computarizada es una técnica no destructiva ni invasiva que permite visualizar el interior de muchos tipos de materiales, tales como metales, cerámica, huesos, rocas, fósiles, etc., sin que el objeto sufra ningún tipo de deterioro. Proporciona un método útil para la visualización tridimensional del exterior y de las estructuras internas de los objetos. Su utilización en la paleontología es cada vez más habitual debido a la valiosa información que proporciona para campos como la restauración, conservación, taxonomía, análisis de elementos finitos, morfometría, etc. (Endo *et al.*, 2008; Zollikofer, 2005).

En este artículo se resumen algunos de los trabajos realizados por el Institut Català de Paleontologia con su equipo de tomografía computarizada desde el año 2013.

Materiales y métodos

El equipo de tomografía computarizada fue construido en colaboración entre el Institut Català de Paleontologia (ICP), el centro tecnológico AIMEN y la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Consiste en un tubo de RX de marca YXLON y modelo Y.TU 450-D09, con una tensión máxima de 450 kV. (Fig. 1). Dispone de foco dual (0,4 mm y 1 mm) y su potencia máxima varía entre 900 y 1700 W al variar los parámetros de adquisición. El detector fue diseñado y construido por el grupo de Radiofísica de la Universidad de Santiago de Compostela. Es un detector lineal compuesto de 3840 canales,

de 1,5 metros de longitud y 0,27 mm de resolución. Todo el equipo está diseñado para realizar escáneres de piezas de 500 kg de peso, un metro de longitud y medio metro de espesor.



Figura 1. Instalaciones de tomografía. A la izquierda el detector y a la derecha el tubo de RX.

Debido al proceso de fosilización, muchos fósiles se encuentran recubiertos externamente por matriz rocosa que en algunos casos hace prácticamente imposible su restauración mediante métodos mecánicos y/o químicos. En estos casos, la tomografía puede permitir la separación virtual del fósil y de la matriz que lo contiene.

Una vez realizada la tomografía, la señal detectada se reconstruye mediante el método denominado retroproyección filtrada (Kak, 1988; Hsieh, 2003). Las imágenes reconstruidas resultantes tienen mucho ruido y presentan diversos artefactos, como los de anillo y de borde. Para aumentar la calidad de imagen, las imágenes deben ser tratadas y procesadas mediante el software libre *ImageJ* (<http://imagej.nih.gov/ij/>), que ofrece potentes herramientas, como filtros digitales, edición y procesamiento de imágenes, aumento de contraste, etc. Un ejemplo de ello se puede ver en la figura 2.

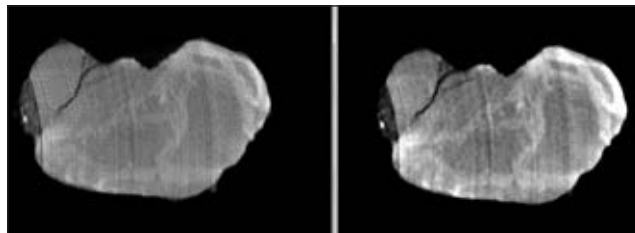


Figura 2. Ejemplo de procesado de la imagen: a la izquierda imagen sin procesar, a la derecha imagen procesada con filtros de suavizado, de aumento de contraste y para eliminar los artefactos de anillo.

Posteriormente, mediante el software **Avizo** versión 7.1 (<http://www.vsg3d.com/avizo>), se realiza el proceso de segmentación, que consiste en la separación digital de las estructuras fosilizadas de la matriz que las contienen, obteniendo estructuras tridimensionales. En algunos casos, el fósil tiene una densidad muy diferente a la matriz que lo contiene, lo que se traduce en niveles de gris muy diferentes entre fósil y matriz, de manera que la separación entre uno y otro puede hacerse de manera automática. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones, la densidad es muy similar, lo que implica que la segmentación debe realizarse manualmente. En otros casos, las piezas están fragmentadas y, tras obtener los modelos virtuales, estos pueden reposicionarse digitalmente y ensamblarse en una única estructura.

Con las estructuras virtuales se puede realizar todo tipo de análisis descriptivos, morfométricos (Hutchinson *et al.*, 2011; Cunningham *et al.*, 2014) y biomecánicos aplicando un análisis de elementos finitos (Rayfield, 2007).

Presentamos a continuación varios ejemplos de utilización de la tomografía computarizada.

Resultados

- Especimen encontrado en la localidad del Portet (provincia de Barcelona), con código de campo Por-5:

Se encontró dentro de la unidad 'areniscas con reptiles' perteneciente a la Formación Tremp y correspondiente al cron c29r (ver detalles en Oms *et al.*, 2007). Su edad sería del Cretácico Superior (Maastrichtense superior), por lo que podía tener un valor significativo debido a su probable proximidad al límite Cretácico/Paleogeno. El fósil está casi cubierto por una dura matriz de arenisca-microconglomerado, excepto unas estructuras óseas laminares que se observan a simple vista en una de las superficies de la roca. Se procedió a escanear la pieza con los siguientes parámetros de adquisición: 450 kV, 3,3 mA, 0,27 mm resolución y 1 mm de distancia entre cortes.

El análisis de los datos de la tomografía permitió distinguir diferentes estructuras dentro de la matriz. Algunas de ellas estaban rotas y desplazadas pero, tras reposicionarlas digitalmente, se determinó que podría tratarse de un fragmento de vértebra de dinosaurio. Este material continúa en estudio.

- Material actual de gorila (*Gorilla gorilla*):

Se realizó un TAC a una mandíbula de gorila de la colección del ICP, con la finalidad de realizar un análisis mediante elementos finitos de la presión de mordedura teniendo en cuenta las cavidades internas y no solamente la superficie externa. Los parámetros de adquisición fueron: 300 kV, 5 mA, 0,27 mm de resolución, 0,25 mm de distancia entre cortes.



Figura 3. Mandíbula de gorila.

- Cráneo de *Crocodylus niloticus*

Se trata de un ejemplar actualmente alojado en el museo de Ciencias Naturales de Barcelona (MZB 2003-1423). Se realizó un TAC con los siguientes parámetros de adquisición: 400 kV, 3,75 mA, 0,5 mm distancia entre cortes. Se está realizando en el ICP un estudio comparativo, tanto a nivel externo como interno, de todos los grupos de cocodrilianos actuales (crocodílidos, tomistomínidos, alligatorinos y caimaninos). También se está realizando un análisis mediante elementos finitos de todos los



Figura 4. Superficie externa del cráneo de *Crocodylus niloticus*.

cráneos para evaluar diferentes parámetros entre todas las especies, como la fuerza de mordedura, la tensión y la deformación que pueden soportar.

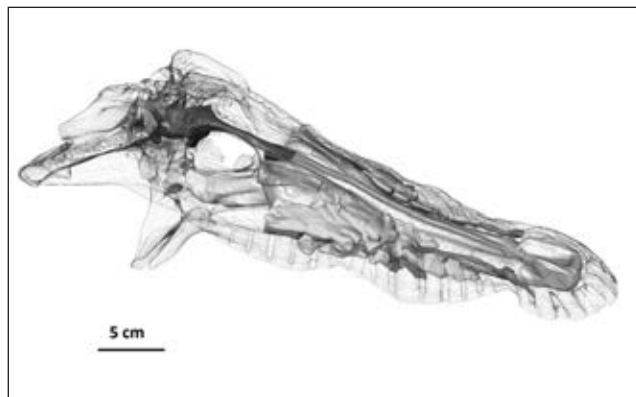


Figura 5. Estructuras internas de *Crocodylus niloticus*.

Discusión y conclusiones

El uso de la tomografía computarizada es una herramienta de gran ayuda en el campo de la paleontología, tanto en la investigación y conservación como en la divulgación. Al tratarse de una técnica no destructiva ni invasiva, el espécimen no sufre ningún daño y puede seguir siendo utilizado en siguientes investigaciones. Es una técnica útil para estudios morfométricos, filogenéticos y ontogenéticos. También es posible restaurar digitalmente cualquier espécimen que esté en su matriz sin necesidad de eliminarla físicamente. Esto puede ser útil en el proceso de restauración, ya que obtener el modelo virtual requiere menos tiempo que restaurarlo físicamente. Asimismo, los equipos de restauración pueden guiarse por las imágenes tomográficas para aumentar la eficiencia en su trabajo, al saber de antemano cómo es el interior de la pieza.

Agradecimientos

Agradecemos a Javier Quesada por permitirnos el acceso al material del *Crocodylus niloticus* (MZB 2003-1423). A.B. disfruta actualmente de una beca FI-DGR de la Generalitat de Catalunya (2013FI_B 01059).

Referencias

- Endo, H. y Frey, R. 2008. *Anatomical imaging*. Springer, Hong Kong, 105 pp.
- Hsieh, J. 2003. *Computed tomography. Principles, Design, Artifacts and Recent Advances*. SPIE Optical Engineering Press, 387 pp.
- Hutchinson, J.R., Bates, K.T., Molnar, J., Allen, V. y Makovicky, P.J. 2011. A Computational Analysis of Limb and Body Dimensions in *Tyrannosaurus rex* with Implications for Locomotion, Ontogeny, and Growth. *PLoS ONE*, 6: e26037.
- Kak, C. 1988. *Principles of Computed Tomographic Imaging*. IEEE Press, New York, 327 pp.
- Oms, O., Dinarès-Turell, J., Vicens, E., Estrada, R., Vila, B., Galobart, À. y Bravo, A.M. 2007. Integrated stratigraphy from the Vallcebre Basin (southeastern Pyrenees, Spain): new insights on the continental Cretaceous-Tertiary transition in southern Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 255: 35-47.
- Rayfield, E.J. 2007. Finite Element Analysis and understanding the biomechanics and evolution of living and fossil organisms. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35: 541-576.
- Zollikofer, C.P. y Ponce de León, M.S. 2005. *Virtual Reconstruction: A Primer in Computer-Assisted Paleontology and Biomedicine*. Wiley, New Jersey, 333 pp.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

New post-cranial elements assigned to coelurosaurian theropods from the Late Jurassic of Lusitanian Basin, Portugal

Elisabete Malafaia^{1,2,3}, Francisco Ortega^{2,4}, Fernando Escaso^{2,4}

¹Universidade de Lisboa, Departamento e Centro de Geologia, Campo Grande, Edifício C6, Piso 3, 1749-016 Lisbon, Portugal.
E-mail: emalafaia@gmail.com

²Sociedade de História Natural, Apartado 25, 2564-909 Torres Vedras, Portugal.

³Museu Nacional de História Natural e da Ciência, Rua da Escola Politécnica 56, 1250-102 Lisbon, Portugal.

⁴Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, Spain. E-mail: fortega@ccia.uned.es, fescaso@ccia.uned.es

Introduction

The Andrés fossil-site is one of the most noteworthy examples of an association of multiple vertebrate taxa preserved in the same quarry from the Late Jurassic of the Portuguese Lusitanian Basin. The quarry is known since the 90s decade when it was described a specimen assigned to *Allosaurus fragilis*, which constituted the first evidence of this species of tetanuran theropods out of the North American Late Jurassic (Pérez-Moreno *et al.*, 1999). Posteriorly, several systematic fieldworks were conducted, resulting on the discovery of a great amount of vertebrate remains. The fossils collected represent a diverse vertebrate fauna, including fishes, sphenodonts, crocodylomorphs, pterosaurs, and several dinosaur forms (Malafaia *et al.*, 2010). Dinosaur elements, particularly those assignable to *Allosaurus*, are the most abundant fossils. The collection of *Allosaurus* remains from Andrés includes abundant cranial and post-cranial remains of at least two individuals, which constitutes the most complete evidence of this tetanuran dinosaur known at the moment in the Portuguese record. Other dinosaur groups are represented mainly by isolated elements belonging to theropods,

sauropods and ornithopods. Among these are scarce teeth recognized as dromaeosaurid theropods. Herein, we report some caudal vertebrae of small sized theropods collected in Andrés with morphology compatible with some coelurosaurs.

The currently known Portuguese record of coelurosaurs is composed by the holotype of *Aviatyrannis jurassica* from the Kimmeridgian of Guimarota (Leiria), some isolated teeth from different Late Jurassic sites and rare elements (teeth, vertebrae and phalanges) collected in Late Cretaceous deposits (Malafaia *et al.*, 2010; Rauhut, 2003; Zinke, 1998; Galton, 1994).

Geographic and geologic setting

The Andrés fossil-site is located in the northern sector of the Lusitanian Basin, in the Pombal municipality, central-western of Portugal (Fig. 1).

The fossils were preserved in a layer of fine micaceous sandstone with abundant vegetal remains. These levels with low-angle cross-bedding and sigmoid geometries represent filling-up of low-energy fluvial channels. The sandy bodies were intercalated by some lens of red and gray claystones, with abundant freshwater bivalves and some gastropods. The facies association in the area of the quarry indicates a medium to high-sinuosity fluvial system, with multiple channels and crevasses on an extensive floodplain (Malafaia *et al.*, 2010). These deposits are attributed to the Bombarral Formation (*sensu* Yagüe *et al.*, 2006), currently interpreted as Tithonian in age.

Material and methods

The specimens herein described consist of two small sized caudal vertebrae (Fig. 2). These fossils are curated in the vertebrate paleontology collection of the Museu Nacional de História Natural e da Ciência (Universidade de Lisboa) and are identified with the acronym MNHNUL/AND.

Description

The specimens correspond to small sized individuals (see table I).

The transverse processes are missing on both specimens suggesting that they belong to the distal end of the tail. The centra are strongly elongated

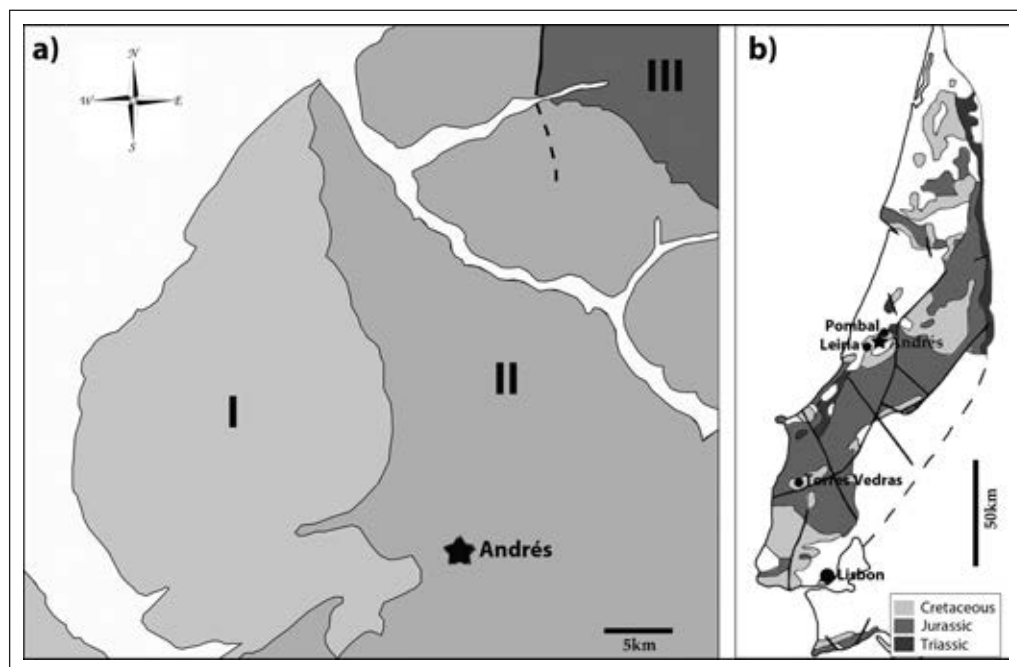


Figure 1. Geologic and geographic setting of the Andrés fossil-site. (A) Simplified geological map in the area of the quarry. Legend: I, Cretaceous; II and III, Late Jurassic (II, Tithonian, Bombarral Formation; III, Late Kimmeridgian – early Tithonian, Alcobaça Formation). Modified from Manuppella (1974). (B) Map of the Lusitanian Basin with the location of Mesozoic deposits.

relatively to its height and are amphicoelous. In ventral view the centra are almost straight with the articular facets only slightly offset. The ventral surfaces have shallow longitudinal grooves extending along the entire length of the centra but that are more pronounced near the posterior articular surface. Chevron facets are present but poorly developed. The specimens have oval shaped articular facets, slightly lateromedially wider than dorsoventrally high. The centrum of the vertebra MNHNUL/AND.100 has a pair of longitudinal crests, one dorsal extending along the base of the neural arch and the other along the ventral margin (Fig. 2A). A similar dorsal ridge is present on the vertebra MNHNUL/AND.101 but the ventral one is absent. The prezygapophyses are strongly elongated; its length is about 53% the centrum length. The postzygapophyses project dorsally at an angle of about 45° with respect to the dorsal margin of the centrum. On the other hand, the prezygapophyses project anterodorsally roughly parallel to the dorsal border of the centrum. A small blade-shaped segment of the neural spine is visible

Table I. Measurements of the specimens described. All measures are in mm.

	MNHNUL/AND.100	MNHNUL/AND.101
Centrum length	41	37
Centrum height	10	5
Width of anterior articular facet	16	14
Height of anterior articular facet	11	10
Width of posterior articular facet	15	14
Height of posterior articular facet	13	10

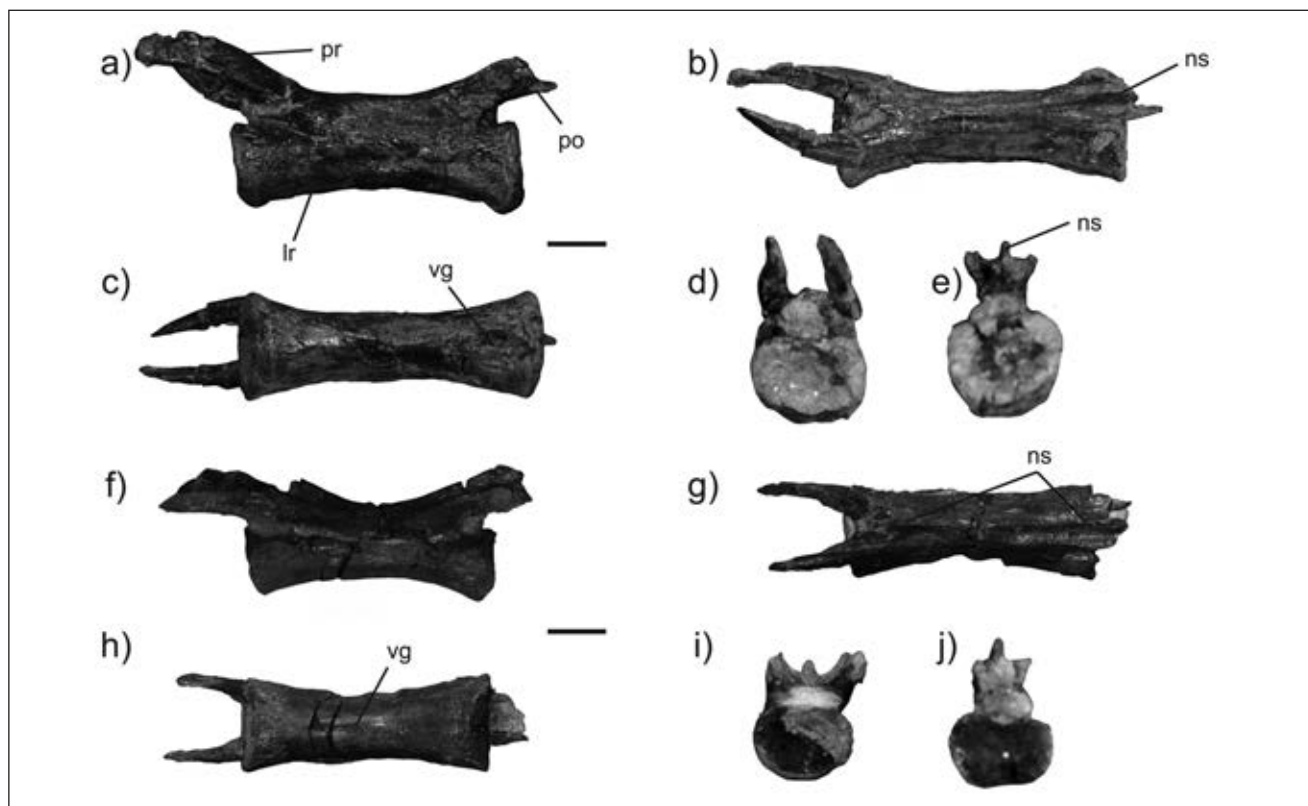


Figure 2. Caudal vertebrae of coelurosaurian theropods from the Andrés quarry. (A) – (E) specimen MNHNUL/AND.100; (F) – (J) specimen MNHNUL/AND.101. (A) and (F) left lateral; (B) and (G) dorsal; (C) and (H) ventral views; (D) and (I) anterior articular facet; (E) and (J) posterior articular facet. Legend: lr, lateral ridge; ns, neural spine; po, postzygapophysis; pr, prezygapophysis; vg, ventral groove. Scale bar = 10mm.

between the postzygapophyses in the vertebra MNHNUL/AND.100 (Fig. 2B). The neural spine is more developed in the vertebra MNHNUL/AND.101, suggesting a more anterior position of this element despite its smaller size. In this last specimen a well developed anterior spur of the neural spine is visible between the prezygapophyses (Fig. 2G).

Discussion

The vertebrae previously described are identified to Theropoda on the basis of their strongly elongated centra with slightly concave articular facets. The morphology of the two vertebrae is similar and both are assigned to the same morphotype. The general morphology of these specimens is fairly similar

to distal caudal vertebrae identified to *Allosaurus* and they share with this taxon the great elongation of the centra relative to its height, and the presence of long prezygapophyses (Madsen, 1976). However, there are also striking differences. The specimens herein described have the ventral surface of the centra almost straight in lateral view whereas the posterior caudal vertebrae of *Allosaurus* are strongly arched ventrally. Beside, the posterior caudal vertebrae of *Allosaurus* lack the longitudinal ridge present on the lateral surfaces of these specimens.

The small vertebrae herein described have strongly elongated prezygapophyses, extending more than half of the centrum length, as is typical of most coelurosaurs. The presence of a bifurcated neural spine is

a character shared by many theropods including tetanurans as *Allosaurus* or *Acrocanthosaurus* and coelurosaurs as *Sinosauropteryx* (Currie and Chen, 2001; Currie and Carpenter, 2000; Madsen, 1976). Although, a similar bifurcated neural spine was not reported in compsognathids as *Compsognathus* (Peyer, 2006). The specimens from Andrés also share with some maniraptoran theropods the presence of distinct longitudinal ridges along the lateral surface of the centra and the oval shape of the articular facets with significantly greater transverse width than height (Carpenter *et al.*, 2005; Rauhut and Xu, 2005).

These specimens from Andrés generally resemble some small vertebrae described by Galton (1994) from the Late Cretaceous of Viso (Figueira da Foz, Portugal) and assigned to maniraptoran theropods. The specimens from Andrés share with these vertebrae from Viso the presence of longitudinal ridges on the lateral surface of the centra and the almost straight ventral margin of the very elongated centra.

Conclusion

The vertebrae previously described present a set of morphological characters that allows its identification to Coelurosauria theropods and within this clade they may be tentatively assigned to Maniraptora based on the presence of a distinct lateral ridge. These specimens corroborate the presence of small derived theropods in the Andrés quarry, which was previously suggested based on some isolated teeth. The new specimens are the only post-cranial elements identified to this group of theropods known at the moment in the Andrés collection and one of the few coelurosaurian specimens in the Late Jurassic record of the Lusitanian Basin.

References

- Carpenter, K., Miles, C., Ostrom, J.H. and Cloward, K. 2005. Redescription of the Small Maniraptoran Theropods *Ornitholestes* and *Coelurus* from the Upper Jurassic Morrison Formation of Wyoming. In: Carpenter, K. (ed.), *The Carnivorous Dinosaurs*. Indiana University Press, Bloomington, 49-71.
- Currie, P.J. and Carpenter, K. 2000. A new specimen of *Acrocanthosaurus atokensis* (Theropoda, Dinosauria) from the Lower Cretaceous Antlers Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of Oklahoma, USA. *Geodiversitas*, 22(2): 207-246.
- Currie, P.J. and Chen, P.-J. 2001. Anatomy of *Sinosauropteryx prima* from Liaoning, northeastern China. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 38: 1705-1727.
- Galton, P.M. 1994. Notes on Dinosauria and Pterodactylia from the Cretaceous of Portugal. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 194(2/3): 253-267.
- Madsen, J.H. 1976. *Allosaurus fragilis: a revised osteology*. Utah Geological and Mineral Survey, 109, 163 pp.
- Malafaia, E., Ortega, F., Escaso, F., Dantas, P., Pimentel, N., Gasulla, J.M., Ribeiro, B., Barriga, F. and Sanz, J.L. 2010. Vertebrate fauna at the *Allosaurus* fossil-site of Andrés (Upper Jurassic), Pombal, Portugal. *Journal of Iberian Geology*, 36(2): 193-204.
- ManuPELLA, G., RODRIGUES, A., OLIVEIRA, J. and CARREIRA DE DEUS, P. 1974. *Carta Geológica de Portugal a escala 1: 50 000. folha 23-A (Pombal)*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Pérez-Moreno, B.P., Chure, D.J., Pires, C., da Silva, M.C., dos Santos, V., Dantas, P., Povoas, L., Cachão, M., Sanz, J.L. and de Carvalho, A.M.G. 1999. On the presence of *Allosaurus fragilis* (Theropoda, Carnosauria) in the Upper Jurassic of Portugal: first evidence of an intercontinental dinosaur species. *Journal of the Geological Society of London*, 156: 449-452.
- Peyer, K. 2006. A reconsideration of *Compsognathus* from the Upper Tithonian of Canjuers, Southeastern France. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26(4): 879-896.
- Rauhut, O.W.M. 2003. A tyrannosauroid dinosaur from the Upper Jurassic of Portugal. *Palaentology*, 46(5): 903-910.
- Rauhut, O.W.M., Xu, X. 2005. The small theropod dinosaurs *Tugulusaurus* and *Phaedrolosaurus* from the Early Cretaceous of Xinjiang, China. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 25(1): 107-118.
- Yagüe, P., Dantas, P., Ortega, F., Cachão, M., Santos, F.A.M., Gonçalves, R. and Lopes, S. 2006. New sauropod material from the Upper Jurassic of Areia Branca (Lourinhã, Portugal). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 240(3): 313-342.
- Zinke, J. 1998. Small theropod teeth from the Upper Jurassic coal mine of Guimarota (Portugal). *Paläontologische Zeitschrift*, 72(1/2): 179-189.

Nuevos datos sobre las formas del Mioceno superior–Plioceno inferior del género *Apocricetus*. *Apocricetus alberti* (Rodentia, Mammalia) de Venta del Moro (Valencia, España)

Samuel Mansino¹, Francisco J. Ruiz-Sánchez^{1,2,3},
Matthijs Freudenthal⁴, Plinio Montoya¹

¹Departament de Geologia, Universitat de València, Dr. Moliner s/n, 46100 Burjassot, Valencia, Spain.

²Museu Valencià d'Història Natural, L'Hort de Feliu, P.O. Box 8460, Alginet, 46018, Valencia, Spain.

³INCYT-UPSE, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 7047, Santa Elena, Ecuador.

⁴Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, 18071 Granada; Netherlands Centre for Biodiversity, Naturalis, Leiden, Holanda, P.O. Box 9517, NL-2300 RA.

Introducción

El género *Apocricetus* engloba a las especies *Apocricetus angustidens* (Depéret, 1890) (especie tipo), *Apocricetus barrierei* (Mein y Michaux, 1970), *Apocricetus plinii* (Freudenthal, Lacombe y Martín-Suárez, 1991) y *Apocricetus alberti* Freudenthal, Mein y Martín-Suárez, 1998, con un rango temporal que abarca desde el Mioceno superior (Crevillente 15, Turolense inferior, MN11) hasta el Plioceno superior (Lo Fournas 13, Villanyense inferior, MN16) (Bachelet *et al.*, 1990; Freudenthal *et al.*, 1998).

Los representantes de este género son claves a la hora de entender el marco bioestratigráfico del Turolense superior al Plioceno superior en el Sur de Europa (Freudenthal *et al.*, 1998; García-Alix *et al.*, 2008a; Minwer-Barakat *et al.*, 2012). Todo ello depende de una correcta identificación taxonómica de las especies, lo que permite datar y establecer correlaciones

entre los distintos yacimientos. Hasta la fecha, sin embargo, no se disponía de colecciones abundantes de todas las especies de *Apocricetus*. Este es el caso de *A. barrierei*, descrito en la localidad de Chabrier a partir de tres especímenes (Mein y Michaux, 1970). El estudio detallado de los diferentes caracteres morfológicos y biométricos de esta última especie en las localidades de la cuenca del Cabriel, La Bullana 2B y 3, ha permitido precisar la diagnosis de esta especie (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2014).

En el caso de la especie *A. alberti*, el material a partir del que se definió la especie no era tan escaso como el de *A. barrierei*. Crevillente 6, localidad tipo de *A. alberti*, ha cedido 55 molares completos. Además, más material ha sido extraído de otras localidades del Mioceno superior, caso de Librilla, Purcal 23, 24 y 25 (Freudenthal *et al.*, 1998), Purcal 3 (García-Alix *et al.*, 2008b) y Negratín (Minwer-Barakat *et al.*, 2009). En los últimos años, la excavación intensiva de los niveles que componen el yacimiento de Venta del Moro (cuenca del Cabriel, Valencia) (niveles VM-A, AB, B, BC, C, y D sensu Montoya *et al.*, 2006) ha permitido componer la colección más importante de la especie *A. alberti* conocida hasta el momento. Al igual que lo ocurrido con la especie *A. barrierei* en las localidades La Bullana 2B y 3, los nuevos datos permiten una mejor caracterización de *A. alberti*, así como un mejor conocimiento del linaje filogenético *Apocricetus* aff. *plinii*–*A. plinii*–*A. alberti*–*A. barrierei*–*A. angustidens*.

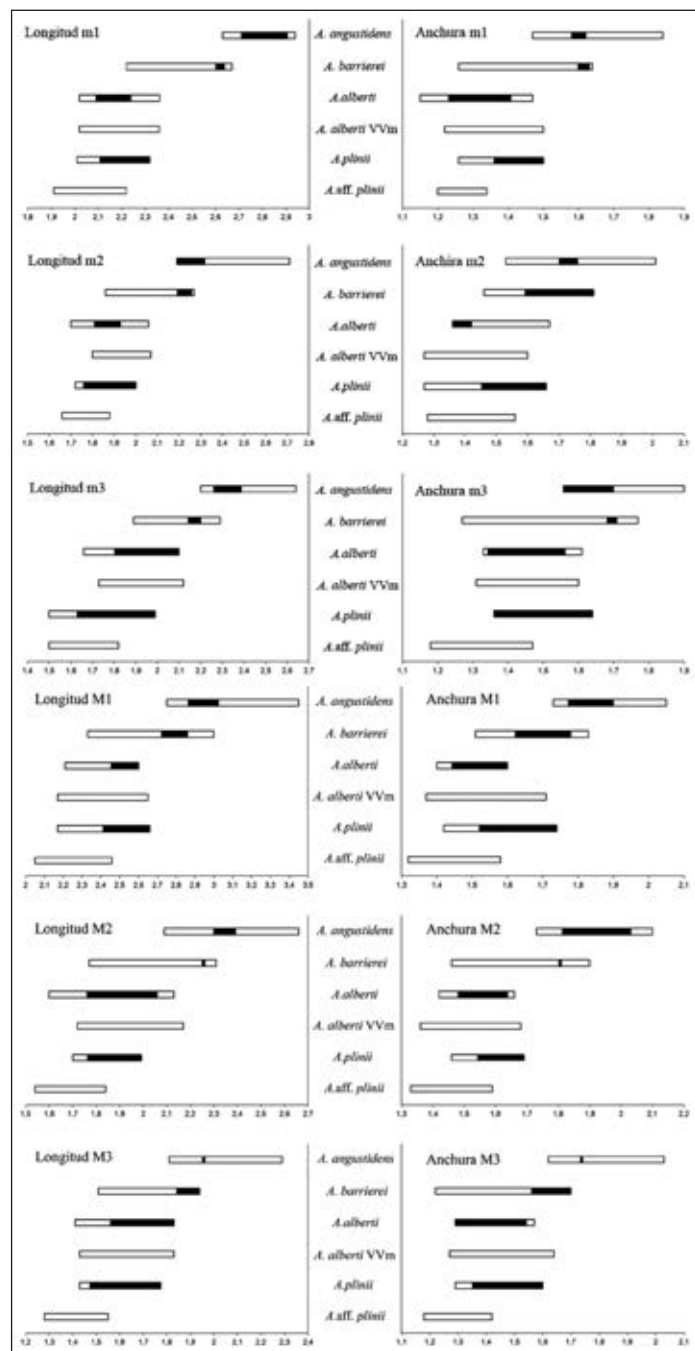
Materiales y métodos

El material fósil de *A. alberti* está depositado en el Museo de Geología de la Universitat de València, con las siglas VVmA-, VVmA_c-, VVmA_B-, VVMB-, VVMB_C-, VVmC- y VVmD-. Para la realización de este trabajo se revisó el material de *A. aff. plinii* de Crevillente 5A y 15, *A. plinii* de Crevillente 20 y 23 (Naturalis Biodiversity Center, Holanda), *A. alberti* de Purcal 25A, 25 y Librilla, y una pequeña colección de esta última especie de la localidad de Venta del Moro (Universidad de Granada), *A. barrierei* de La Bullana 2B y 3 (Universidad de Valencia), y Caravaca, Chabrier, Purcal 4, Yeguas y Gorafe 4, así como moldes de *A. angustidens* de Soler y Villeneuve, y un m3 de Mont-Hélène (Universidad de Granada).

Discusión

El tamaño ha sido el criterio principal a la hora de discriminar entre las diferentes especies del linaje *Apocricetus* aff. *plinii*–*A. plinii*–*A. alberti*–*A.*

Figura 1. Rangos de las medidas de longitud y anchura de los molares inferiores y superiores de *A. aff. plinii* de Crevillente 20 y Crevillente 23 (Freudenthal *et al.*, 1998), *A. plinii* de Crevillente 15 (localidad tipo), Crevillente 5A, Crevillente 14 y Valdecebro 3 (Weerd, 1976; Freudenthal *et al.*, 1991; Adrover *et al.*, 1993), *A. alberti* de Crevillente 6 (localidad tipo), Negratín, Librilla 1, Librilla 2A, Librilla 2C, Purcal 23, Purcal 24A, Purcal 25, Venta del Moro, La Gloria 5 (Freudenthal *et al.*, 1998; García-Alix *et al.*, 2008; Minwer-Barakat *et al.*, 2009), *A. barrierei* de Chabrier (localidad tipo), Alcoy, Alcoy 4B, Botardo, La Gloria 4, Gorafe 4, Fuente del Viso, Yeguas, Caravaca, Purcal 4, Loma del Castillo 1, La Tour, La Bullana 2B y La Bullana 3 (Opdyke *et al.*, 1997; Freudenthal *et al.*, 1998; García-Alix *et al.*, 2008b; Ruiz Sánchez *et al.*, 2014), *A. angustidens* de Serrat d'en Vacquer (localidad tipo), Mont-Hélène, Sète, Le Soler, Ville-neuve de la Raho, Portla-Nouvelle, Gorafe 3 y Gorafe 5 (Freudenthal *et al.*, 1998) y *A. alberti* de Venta del Moro (VVM). Los trazos negros representan los rangos de medida en la localidad tipo de cada especie.



barrierei–*A. angustidens* (Freudenthal *et al.*, 1998). Sin embargo, el estudio de nuevas colecciones con gran número de ejemplares ha permitido una mejor caracterización morfológica de estas especies, demostrando que, de hecho, es la cuantificación de estos caracteres el mejor modo de distinguir entre las especies del género (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2014). No obstante, el tamaño del material de las diferentes poblaciones permite observar algunas regularidades que cabe resaltar.

En lo que respecta a la biometría, *Apocricetus* aff. *plinii* es la especie más antigua y de menor tamaño de *Apocricetus*. Este taxon es ligeramente más pequeño que *A. plinii* y *A. alberti* (Fig. 1), que son de talla similar. En el Rusciniense, *A. barrierei* muestra un incremento de tamaño respecto de las formas del Turoliense, que se ve acentuado en la forma más reciente del género, *A. angustidens* (Fig. 1).

En cuanto a la morfología, la presencia de un anterocónido en forma de cresta y de prelófidio en algunos m1, presencia de un cíngulo débil y un prelofo en algunos M1 y la ausencia de mesolofos en los molares superiores, distinguen a *A. alberti* de Venta del Moro de *A. aff. plinii* (MN11) y *A. plinii* (MN12-MN13). La presencia de un pequeño mesolófidio en algunos m2,

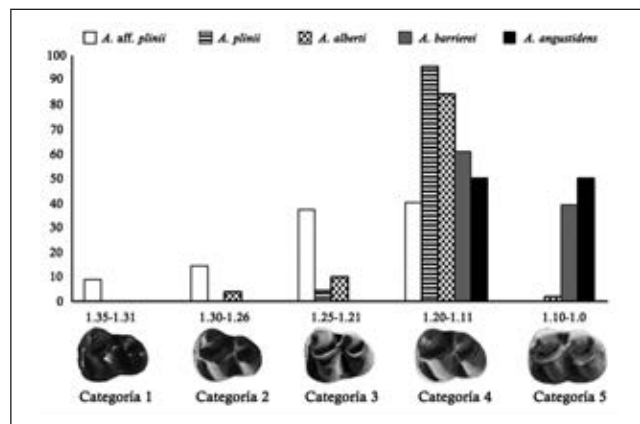


Figura 2. Diagrama de barras representando el porcentaje de ejemplares de cada especie de *Apocricetus* correspondiente a cada categoría del cociente A_{ant}/A_{post} . Especímenes figurados: categoría 1, RGM 404855 ($A_{ant}/A_{post} = 1.34$); categoría 2, VVmB-25 ($A_{ant}/A_{post} = 1.28$); categoría 3, VVmA-67 ($A_{ant}/A_{post} = 1.23$); categoría 4, VVmA-65 ($A_{ant}/A_{post} = 1.16$); categoría 5, LB-2B-154 ($A_{ant}/A_{post} = 1.06$).

el menor desarrollo del prelófidio en los m1 y la presencia habitual de metalófulo posterior en los M1 lo distinguen de *A. barrierei* y *A. angustidens*. El mayor desarrollo del cíngulo del M1 y la ausencia de metalófulo posterior distinguen *A. angustidens* de *A. alberti*.

Otro carácter importante a destacar en la distinción entre especies de *Apocricetus* es la forma del m3, que varía entre las poblaciones más antiguas a las más modernas (Freudenthal *et al.*, 1998; Ruiz-Sánchez *et al.*, 2014). Para comprobar cómo cambia esta morfología se propone el uso de la relación entre la anchura posterior, definida como la distancia entre el cíngulo que delimita el sínusido y la parte lingual del entocónido, y la anchura máxima del diente

Se ha comprobado que el cociente entre A_{ant} y A_{post} proporciona una buena estimación de la forma del m3. En este sentido, se han definido cinco categorías de la relación A_{ant}/A_{post} : categoría 1, valores de 1,35 a 1,31 (Fig. 2). Estos molares son extremadamente triangulares, y solo algunos ejemplares de *A. aff. plinii* se incluyen dentro de este rango. Categoría 2: valores de 1,30 a 1,26; engloban a algunos ejemplares de *A. alberti* y *A. aff. plinii*. Categoría 3: 1,25 a 1,21; estos molares son moderadamente triangulares, y corresponden a las especies de *Apocricetus* del Turoliense (*A. aff. plinii*, *A. plinii* y *A. alberti*). Categoría 4: 1,20 a 1,11; estos especímenes son ligeramente triangulares, y todas las especies de *Apocricetus* están representadas en esta categoría. Categoría 5: de 1,10 a 1; dientes subrectangulares, con A_{ant} y A_{post} similares. Pertenecen a esta última categoría gran parte de los especímenes de *A. barrierei* y *A. angustidens*, aunque un m3 de *A. alberti* de Venta del Moro también entraría dentro de esta categoría (Fig. 2).

Conclusiones

Los nuevos muestreos llevados a cabo en el yacimiento de Venta del Moro han permitido recuperar una de las colecciones más abundantes del género *Apocricetus*, con más de 300 restos dentarios, lo que ha permitido realizar una diagnosis enmendada y más precisa de esta especie.

Para evaluar el cambio de forma en los m3 de *Apocricetus*, se propone el uso de la relación (A_{ant}/A_{post}) (Anchura anterior/Anchura posterior). A este efecto, hemos definido cinco categorías en las que agrupamos los

valores de A_ant/A_post, de forma que los valores más altos corresponden a dientes triangulares, más comunes en las formas más antiguas del género, y los más bajos a molares subrectangulares, típicos de las especies más recientes.

La presencia de un anterocónido en forma de cresta en algunos m1, un cíngulo débil y un prelofo en los M1 así como la ausencia de mesolofos en los molares superiores distinguen a *A. alberti* de Venta del Moro de *A. aff. plinii* y *A. plinii*. La ausencia de ectomesolófido en los m2 y m3 y la presencia de un pequeño mesolófido en algunos m2 difieren de *A. plinii*.

El menor tamaño, presencia de un pequeño mesolófido en algunos m2, prelófido menos desarrollado en los m1, forma más triangulares de los m3 y presencia común de un metalófulo posterior en los M1 de *A. alberti* de Venta del Moro lo distinguen de *A. barrierei* y *A. angustidens*. La mayor reducción de los m3 y el prelófido menos desarrollado en los M1 sirven para distinguir a *A. alberti* de *A. barrierei*. El mayor desarrollo del cíngulo de los M1 y la ausencia de metalófulo posterior distinguen a *A. angustidens* de *A. alberti*.

Bibliografía

- Adrover, R., Mein, P. y Moissenet, E. 1993. Roedores de la transición Mio-Plioceno de la región de Teruel. *Paleontologia i Evolució*, 26–27: 47–84.
- Bachelet, B., Aguilar, J.P., Calvet, M. y Michaux, J. 1990. Nouvelles faunes de rongeurs du Pliocene des Pyrenees-Orientales: consequences pour le genre *Stephanomys* (Schaub, 1938). *Geobios*, 23(1): 117–120.
- Freudenthal, M., Lacombe, J.I. y Martín-Suárez, E. 1991. The Cricetidae (Mammalia, Rodentia) from the Late Miocene of Crevillente (prov. Alicante, Spain). *Scripta Geologica*, 96: 9–46.
- Freudenthal, M., Mein, P. y Martín-Suárez, E. 1998. Revision of Late Miocene and Pliocene Cricetinae (Rodentia, Mammalia) from Spain and France. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 7: 11–93.
- García-Alix, A., Minwer-Barakat, R., Martín, J.M., Martín-Suárez, E. y Freudenthal, M. 2008a. Biostratigraphy and sedimentary evolution of late Miocene and Pliocene continental deposits of the Granada Basin (southern Spain). *Lethaia*, 41(4): 431–446.
- García-Alix, A., Minwer-Barakat, R., Martín-Suárez, E. y Freudenthal, M. 2008b. Cricetidae and Gliridae (Rodentia, Mammalia) from the Miocene and Pliocene of southern Spain. *Scripta Geologica*, 136: 1–37.
- Mein, P. y Michaux, J. 1970. Un nouveau stade dans l'évolution des rongeurs pliocènes de Europe sud-occidentale. *Comptes Rendus Academie de Sciences de Paris D*, 270: 2780–2783.
- Minwer-Barakat, R., García-Alix, A., Agustí, J., Martín-Suárez, E. y Freudenthal, M. 2009. The micromammal fauna from Negratín-1 (Guadix basin, Southern Spain): new evidence of african-iberian mammal exchanges during the late Miocene. *Journal of Paleontology*, 83: 854–879.
- Minwer-Barakat, R., García-Alix, A., Martín Suárez, E., Freudenthal, M. y Viseras, C. 2012: Micromammal biostratigraphy of the Upper Miocene to lowest Pleistocene continental deposits of the Guadix basin, southern Spain. *Lethaia*, 45: 594–614.
- Montoya, P., Morales, J., Robles, F., Abella, J., Benavent, J.V., Marín, M.D. y Ruiz-Sánchez, F.J. 2006. Las nuevas excavaciones (1995–2006) en el yacimiento del Mioceno final de Venta del Moro, Valencia. *Estudios Geológicos*, 62: 313–326.
- Opdyke, N., Mein, P., Lindsay, E., Pérez-González, A., Moissenet, E. y Norton, V.L. 1997. Continental deposits, magnetostratigraphy and vertebrate paleontology, late Neogene of Eastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 133: 129–148.
- Ruiz-Sánchez, F.J., Freudenthal, M., Mansino, S., Crespo, V.D. y Montoya, P. 2014. *Apocricetus barrierei* (Rodentia, Mammalia) from La Bullana 2B and La Bullana 3 (Cabriel Basin, Valencia, Spain). Revision of the Late Miocene–Early Pliocene forms of the genus *Apocricetus*. *Paläontologische Zeitschrift*, 88: 85–98.
- Van de Weerd, A. 1976. Rodent faunas of the Mio-Pliocene continental sediments of the Teruel-Alfambra region, Spain. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 2: 1–217.

Utilización del papel japonés para la estabilización del holotipo del dinosaurio terópodo *Concavenator corcovatus* (Cretácico Inferior de Las Hoyas, Cuenca)

Fátima Marcos¹, Paula R. Gómez¹, Ana Elvira¹, Fernando Escaso¹, Iván Narváez¹, Adrián Páramo², Francisco Ortega¹

¹Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España. E-mail: fmarcos03@gmail.com, paula_5_5@hotmail.com, ana_elvira_martin@hotmail.com, fescaso@ccia.uned.es, inarvaez@ccia.uned.es, fortega@ccia.uned.es

²Universidad Autónoma de Madrid, Darwin 2, Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid, España E-mail: Adrian.paramo@uam.es

Introducción

Concavenator corcovatus (Ortega *et al.*, 2010) es una especie de dinosaurio terópodo carcarodontosáurido descrita a partir de un único ejemplar articulado de conservación excepcional extraído en el yacimiento del Barremiense superior (Cretácico Inferior) de Las Hoyas (Cuenca, España). Debido a su singularidad y espectacularidad, el holotipo de *Concavenator* se considera un importante recurso museístico.

El fósil se encuentra distribuido en varios bloques de calizas litográficas laminadas y, aunque los restos óseos no se ven directamente afectados por la laminación de la roca que los contiene, el riesgo de fractura del fósil se incrementa si estas láminas se separan. Durante la preparación del ejemplar en 2007, se tuvo en cuenta la consolidación de los restos óseos del ejemplar, pero las rocas que los sustentan, al igual que ocurre en el yacimiento, se pueden separar a favor de los planos de laminación más inestables.

Con motivo del traslado del ejemplar a una exposición temporal, se revisó su estado de conservación y se detectó que en algunos puntos se había reactivado el proceso de laminación de la roca, poniendo en peligro la integridad del ejemplar. Como medida preventiva, se realizó una intervención con el objetivo de atajar los problemas de conservación del fósil y de la roca que lo rodea parcialmente.

Materiales y métodos

El tratamiento se ha realizado siguiendo los criterios de reversibilidad y de mínima intervención. Teniendo en cuenta las especificaciones del ejemplar y con el fin de no alterar los restos de impresiones tegumentarias y musculares en la superficie de la roca, se restringió mucho la zona de actuación. Únicamente se rebajaron los brillos puntuales sobre los restos óseos, eliminando el exceso de resina acrílica (Paraloid B72) con un hisopo de algodón impregnado de acetona.

El resto de actuaciones se han llevado a cabo sobre el bloque de roca en el que esta incluido parcialmente el ejemplar, consolidando, pegando y protegiendo las calizas finamente laminadas.

Se consolidó con un copolímero acrílico conocido con el nombre comercial de Paraloid del tipo B72, que además de tener una buena reversibilidad y un envejecimiento aceptable, es el más habitual y con mejores resultados para este tipo de actuaciones. Se disolvió esta resina al 3% en acetona, y se aplicó a pincel sobre las superficies de la roca abierta a través de la laminación. La proporción del copolímero se incrementó del 3% al 5% y al 10% dependiendo de la absorción del material y el tratamiento que se fuese a realizar en cada caso.

La resina epóxidica utilizada ha sido de la marca comercial Devcon de dos componentes y de curado rápido.

Los dos tipos de papel japonés utilizados son distribuidos por la empresa CTS con la denominación: Japanese Paper Art. 561 TENGUJO (6 g/m²; pH: 6.7; Composición: 100% manila) y Japanese Paper Art. 502 TENGUJO KASHMIR (9 g/m²; pH: 6.7; Composición: 100% manila).

Sobre las superficies vistas, la consolidación ha sido mínima para no modificar el color en exceso. Sin embargo, en las superficies a pegar o en la parte inferior de las piezas se ha llegado hasta la saturación, rellenando los poros y cavidades de la roca en etapas previas al empapelado.

Algunas placas se han unido para garantizar su estabilidad. Para ello, se consolidó cada una de las superficies de contacto con Paraloid B72 y tras ello se pegaron. Dependiendo de la necesidad y el tiempo de secado,

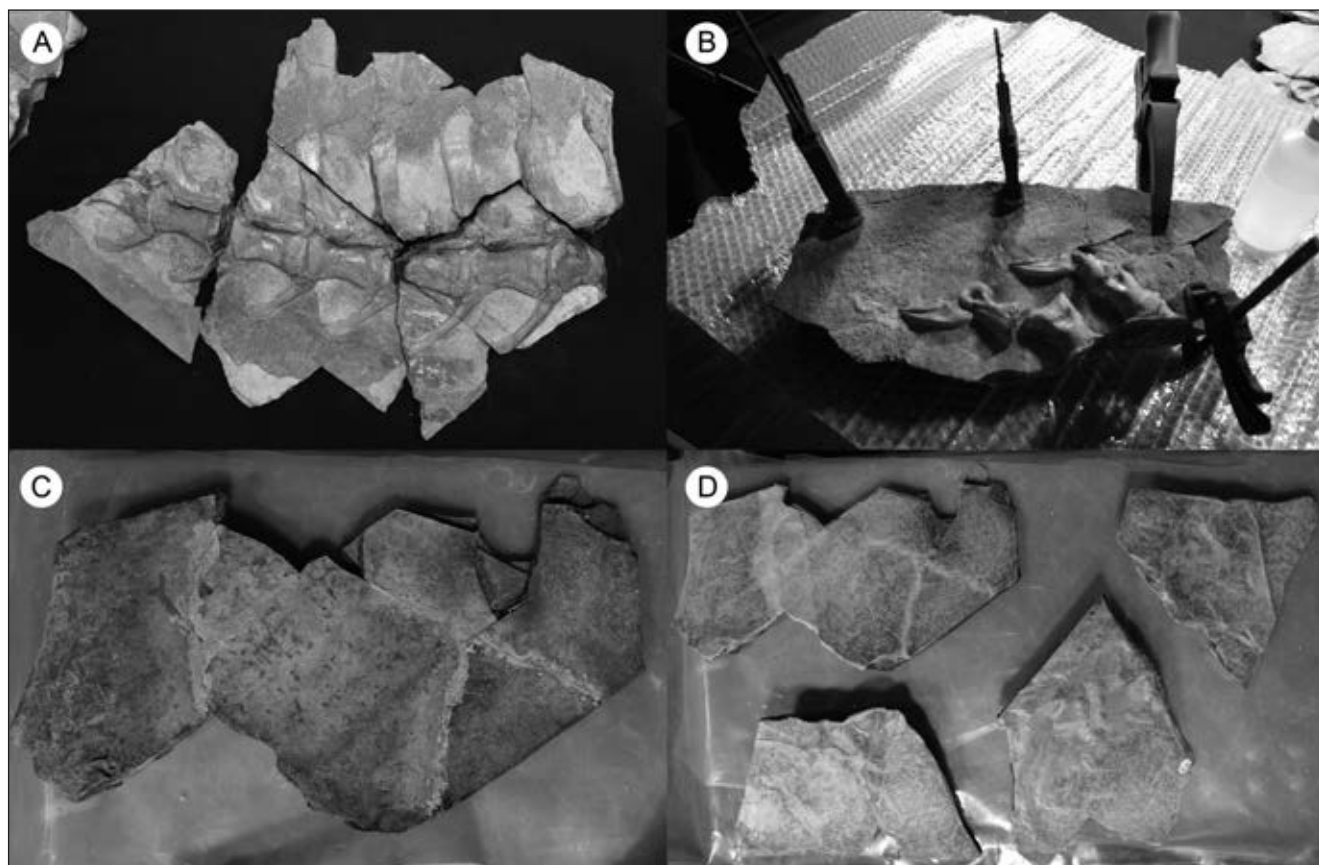


Figura 1. Distintas fases del tratamiento aplicado al ejemplar tipo de *Concavenator corcovatus* (A) fragmento de la cola del ejemplar antes de ser sometida a tratamiento. (B) Proceso de adhesión de las zonas en la que se ha abierto la laminación. (C) Refuerzo de las grietas en la base del ejemplar con una resina acrílica cargada con polvo de mármol. (D) Fragmentos del ejemplar robustecidos con dos capas de papel japonés embebido en un copolímero acrílico.

se emplearon dos métodos. En primer lugar, en los fragmentos con pocos puntos de contacto y que necesitan una mayor resistencia mecánica, el pegado se realizó con una resina epoxídica de polimerización rápida de dos componentes, para asegurar la adhesión de las piezas en un tiempo corto de curado. Por otro lado, aquellos fragmentos con una mayor superficie de contacto y con una tensión menor entre placas, se pegaron con Paraloid B72 al 50% en acetona.

Debido al peso de las placas y a su tendencia natural a la laminación, se realizó una labor de conservación preventiva consistente en la protección y

sujeción de los fragmentos con papel japonés. Se denomina así a un papel de Ph cercano a neutro, realizado a mano con fibras naturales más largas que las de un papel normal, que varían su composición según el fabricante y el gramaje. Este material tiene una gran capacidad de refuerzo estructural, completando el proceso de consolidación con resinas que, aplicadas como única protección, aportaban la estabilidad suficiente. Los fragmentos más consistentes y con un mayor volumen de caliza no necesitaron de esta intervención (Vital *et al.*, 2013).

Sobre la superficie inferior se colocó el papel japonés y se adhirió a la roca con Paraloid B72 diluido al 5% en acetona. En piezas que no se

encontraban en buen estado, se colocó en primer lugar un papel de gramaje 6. Una vez seco, se aplicaba otro papel de gramaje 9, un poco menos flexible y que aporta mayor resistencia. En las piezas que se encontraban en mejor estado, se utilizaron dos capas de papel japonés de gramaje 6 (Brown, 2010).

Finalmente, se realizó una reintegración puntual volumétrica, que consistió en sellar las uniones de las piezas, para prevenir la laminación. Esta reintegración se realizó a bajo nivel, sin dar ningún tipo de textura, y usando tonalidades que no destaquen sobre el resto del fósil. Para la reintegración se utilizó polvo de mármol y pigmentos de tierras naturales, aglutinado con Paraloid B72 al 50% diluido en acetona que se aplicó con espátula (Carrió y Marcos, 2013).

Conclusiones

Algunos fósiles del yacimiento de Las Hoyas pueden sufrir alteraciones debido a la laminación de la roca caliza, por lo que se debe considerar el desarrollo de protocolos de seguimiento de conservación preventiva tanto para los restos óseos como para la roca que los contiene. Consideramos que no es habitual que durante el proceso de preparación se tenga en cuenta la necesidad de realizar tratamientos de estabilización de la roca que incluye al fósil cuando esta queda como soporte.

La utilización de tratamientos procedentes de otras disciplinas dentro de la restauración es cada vez más frecuente y está dando buenos resultados en la preparación paleontológica. El uso de papel japonés, es de uso frecuente para el arranque y la protección de las pinturas murales, debido

a la consistencia física que infiere a las superficies a las que se adhiere con distintas resinas.

El tratamiento realizado con este papel, dependiendo del gramaje utilizado y del número de capas que se coloque es relativamente transparente lo que permite ver el fósil a través las capas de papel superpuestas.

Según la cantidad de papel y el gramaje, es relativamente traslucido y, además, por su característica de capa superficial reversible se puede utilizar como capa de intervención entre los originales y las reintegraciones irreversibles.

Referencias

- Brown, G.W. 2010. Bone bandages: A conservationally-sound repair technique for broken bones having limited contact surface area. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 30 (supplement to 3): 66A.
- Carrió, V. y Marcos, F. 2013. Pros and Cons of Restoration. En: *22nd Symposium on Palaeontological Preparation and Conservation*. Geological Curators' Group, Edinburgh, 12.
- Ortega, F., Escaso, F. y Sanz, J.L. 2010. A bizarre, humped Carcharodontosauria (Theropoda) from the Lower Cretaceous of Spain. *Nature*, 467(7312): 203-206.
- Vital, D., Davidson, A., Zdinak, A. y Brown, G. 2013. Rock, paper, adhesive: Developing various methods for the use of paper in archival fossil repair. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 33 (Online Supplement): 233.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Primeros datos sobre herpetofauna fósil del Cuaternario del complejo de las islas Columbretes

Rafael Marquina¹, José V. Escobar², Salvador Bailón³,
Francisco J. Ruiz-Sánchez^{1,4,5}

¹Departamento de Geología, Universidad de Valencia, Doctor Moliner, 50. Valencia, 46100. E-mail: marblas6@alumni.uv.es, francisco.ruiz@uv.es

²Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient, Francesc Cubells, 7. Valencia, 46011. E-mail: escobar_jos@gva.es

³Muséum national d'Histoire naturelle. UMR 7209 - 7194 du CNRS-MNHN 55 Rue Buffon, CP 55. Paris (France), 75005. E-mail: salvador.bailon@mnhn.fr

⁴Museu Valencià d'Història Natural, L'Hort de Feliu. Alginet, Valencia, 46018.

⁵Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Santa Elena, Ecuador.

Introducción

Situadas a 56 kilómetros del cabo de Oropesa (Castellón) las islas Columbretes están constituidas por cuatro agrupaciones de islotes y peñones de origen volcánico (Tamarit, 1991) (Fig. 1). Todas ellas presentan edades muy similares en un intervalo temporal que abarca desde 0,27 a 1,09 millones de años (Aparicio, 2012). L'Illa Grossa es la que presenta una mayor extensión (13 Ha, un 68% de la superficie total emergida). El propio nombre del archipiélago (Ophiusa para los griegos y Colubraria para los romanos) hace referencia a la gran abundancia de ofidios que existían en el mismo, hecho que impidió el asentamiento humano definitivo hasta mitad del siglo XIX, coincidiendo con la construcción del faro, aunque históricamente las islas fueron usadas como refugio de piratas y contrabandistas (Serrano Adell, 1991). El momento del asentamiento humano supuso un drástico cambio en las comunidades de flora y fauna del archipiélago. En este sentido destaca la erradicación de las serpientes del archipiélago a finales del siglo XIX

mediante las batidas periódicas, la quema de vegetación y la introducción de depredadores (cerdos); la última referencia conocida de ofidios data del 27 de abril de 1885 (Serrano Adell, 1991; Mestre *et al.*, 2010). Hoy en día, únicamente se registra una especie de vertebrado terrestre no volador en la zona: la lagartija *Podarcis atrata* (Mestre *et al.*, 2010).

En 2005, ya iniciativa de la *Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana*, se iniciaron los trabajos de prospección paleontológica de l'Illa Grossa con el objeto de localizar restos de microvertebrados que permitieran caracterizar ambientalmente las comunidades biológicas (especialmente vegetales) de la isla, anteriores al asentamiento humano. Resultado de esta prospección fue la localización de un extenso depósito de loess en la parte sur de l'Illa Grossa con indicios de hueso y restos de gasterópodos. La sigla COLT se corresponde con la hasta ahora única localidad conocida en el archipiélago. La edad de este yacimiento no puede ser todavía confirmada al encontrarse en estudio los restos de múridos encontrados (género *Mus*), pero presumiblemente debe ser encuadrada en el Holoceno. Los diversos estudios acerca de las fluctuaciones del nivel del mar en el Mediterráneo durante el Cuaternario señalan que el punto más bajo (105-110 metros por debajo del nivel actual) se produjo durante el Último Máximo Glacial (Lambeck y Bard, 2000). La profundidad a la que se localiza actualmente el archipiélago (entre 75 y 100 metros) (IEO, 1999) hacen factible que estos enclaves hayan podido quedar unidos al continente a lo largo del Último Máximo Glacial, pudiendo a su vez explicar la composición faunística encontrada como producto de un proceso de colonización vía terrestre desde el medio continental adyacente a las islas. No obstante, el estado preliminar del estudio de los reptiles y también de los mamíferos encontrados hasta el momento no permite precisar con mayor detalle este extremo.

Materiales y métodos

En la zona sur de l'Illa Grossa se procedió a la extracción de un total de 40 kilogramos de sedimento de un perfil realizado sobre el depósito de loess. Este material fue transportado hasta los laboratorios del Departament de Geologia de la Universitat de València, donde fue sometido a lavado-tamizado. El material fósil resultante proviene de las fracciones por encima de 0,5 mm, habiéndose extraído un total de 251 restos de vertebrados en estos materiales.

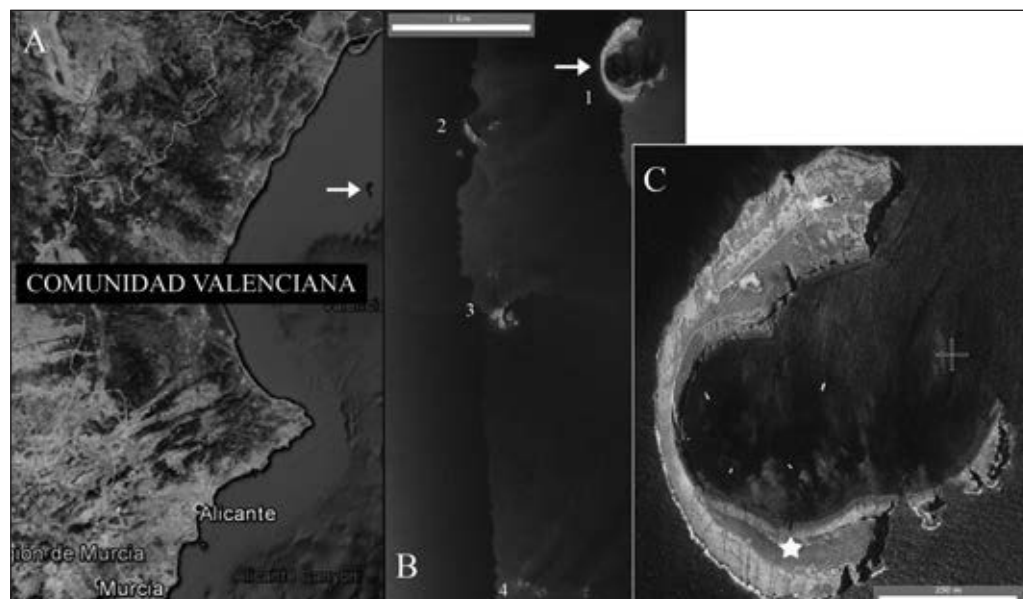


Figura 1. Localización de las islas Columbretes; (A) localización de l'Illa Grossa dentro del archipiélago, donde se muestran las cuatro agrupaciones de islotes y peñones; (B) 1: Grossa, Mascarat, Senyoreta y Mancolibre; 2: Ferrera, Espinosa, Bauzá, Valdés y Navarrete; 3: Horadada, Lobo y Méndez Núñez; 4: Bergantín, Cerquero, Churruca y Baleato; localización del yacimiento. Imágenes obtenida de SIGPAC (<http://www.sigpac.es>), el 3 de julio de 2014 (C).

Discusión

Entre los restos recuperados se distinguen elementos atribuibles a gasterópodos terrestres, aves, mamíferos y reptiles escamosos, siendo estos últimos los más abundantes y objeto de este trabajo.

Se recuperaron vértebras dorsales y dientes inoculadores de veneno claramente atribuibles a una víbora de tipo europeo (*Vipera* sp.): vértebras provistas de hipapófisis y de procesos parapofisarios, con un arco neural aplanado en vista posterior, zigapófisis inclinadas dorsalmente, cóndilo y cótilo desarrollados y centrum más largo que ancho y con márgenes laterales difusos. El colmillo es de tipo solenoglifo, hueco, con canal completamente cerrado y sin ningún tipo de sutura en su superficie externa, y provisto de una ranura distal para la salida del veneno (Bailón *et al.*, 2002 y literatura citada).

Los restos asignables a un Scincidae de tamaño pequeño consisten en 1 premaxilar, 8 dentarios, 1 maxilar, 9 vértebras cervicales y 48 dorsales, por lo que

constituye el taxón dominante en el yacimiento. Todos ellos presentan las caracteres típicos de la familia y más concretamente del género *Chalcides* (premaxilares no fusionados; dentario y maxilar con dientes pleurodontos, isodontos, cilíndricos, monocuspídes y de extremos romos y, en vista lingual, con corona delimitada inferiormente por un surco transversal y con característica ornamentación a base de estrías verticales; dentario con canal de Meckel abierto en toda su longitud; límite ventral del dentario relativamente recto; vértebras procélicas con un leve estrangulamiento interzigapofisario, cotilo y cóndilo ligeramente aplanados y, en vista lateral, con la espina neural baja y que se prolonga posteriormente en una punta que sobrepasa el límite posterior de las postzigapófisis (Barbadillo, 1989; Bailón, 1991; Blain, 2009). La presencia de 17 posiciones dentales en el dentario permite una atribución del material a *Ch. bedriagae* (Blain, 2009). Este taxón es un endemismo ibérico localizado en toda la península Ibérica, a excepción del extremo norte. *Chalcides bedriagai* frecuenta una gran variedad de hábitats caracterizados principalmente por un sustrato arenoso o terroso, con una abundancia de refugios (piedras, raíces, hojarasca y arbustos) y una exposición alta, siendo este último un factor limitante de su presencia (Pollo, 2009).

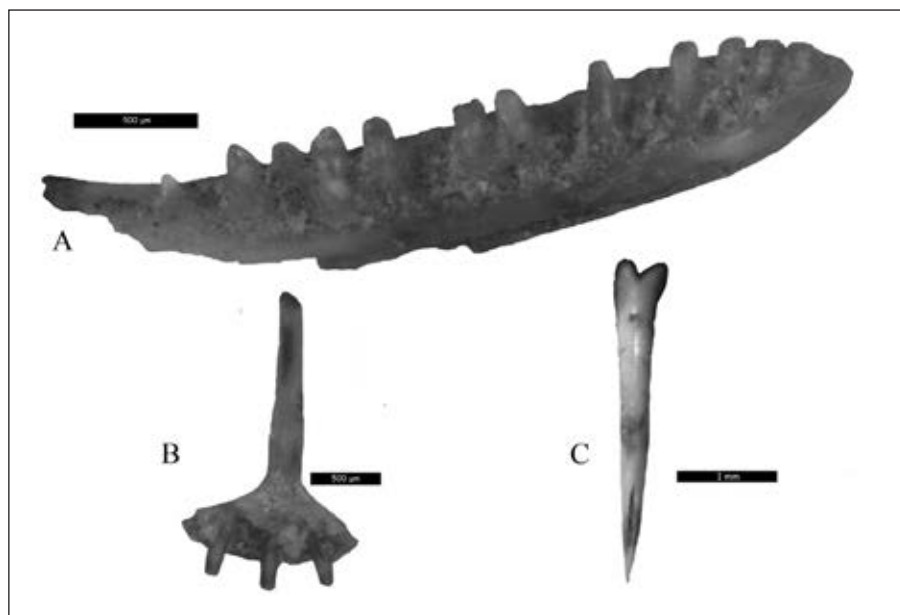


Figura 2. Dentario izquierdo de *Chalcides bedriagai* (A); premaxilar de *Podarcis* sp. (B); diente inoculador de veneno de *Vipera* sp (C).

La presencia de fragmentos de dentarios y maxilares con dientes pleurodontos, cilíndricos, isodontos y mono o bicúspides permiten detectar la presencia de un lacértido de pequeño tamaño. Los maxilares atribuibles a este grupo presentan un escalón en el proceso posterior, un carácter que encontramos en los representantes actuales del género *Podarcis* (Barahona y Barbadillo, 1997), el único taxón de escamoso actualmente presente en las islas. *Podarcis* es un género de lacértidos de distribución circunmediterránea de taxonomía complicada y diferenciación osteológica aún no establecida (Blain, 2009).

Conclusiones

La excavación realizada en los materiales cuaternarios de l'Illa Grossa en Columbretes (Castellón), dibujan una comunidad herpetológica más diversa que la actual, actualmente limitada a una especie (*Podarcis atrata*). Este último taxón presenta un estatus taxonómico dudoso, puesto que ciertos estudios lo elevan al rango de especie (Castilla *et al.*, 1998 a,b), mientras que otros señalan la similitud de secuencias genéticas en otras zonas de la Península Ibérica (Harris y Sá-Sousa, 2002; Pinho *et al.*, 2006).

El registro de Scincidae (*Chalcides bedriagai*) aquí presentado constituye la primera cita del grupo en el archipiélago, indicando una extinción del taxón previa al inicio de los estudios científicos del archipiélago (siglo XIX).

Tradicionalmente se ha considerado que en Columbretes habitaban víboras. No obstante, son claramente difusas las referencias exactas a material de este grupo proveniente del archipiélago. La falta de casos documentados de mordeduras a los operarios en la construcción del faro y a los propios fareros hizo pensar en la idea de que en realidad se trataban de alguna especie de colúbrido (Bernis, 1968). El tema se zanjó con la descripción de un ejemplar de víbora hocicuda proveniente de las islas (Bernis, 1968) y que se conserva actualmente en Madrid en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) bajo el número de referencia 468 en la colección herpetológica. No obstante, el origen de este resto está rodeado de cierta polémica ya que la etiqueta original del ejemplar se perdió, siendo la actual una transcripción de la original. Los restos fósiles hallados en el loess de l'Illa Grossa confirman la presencia de víboras, y no colúbridos, en la isla.

La asignación taxonómica provisional de los restos no permite una caracterización paleoambiental concreta. En un estudio más amplio que se está realizando en estos momentos de este punto fosilífero se espera contar con la suficiente información para afrontar este análisis.

Referencias

- Aparicio, A. 2012. Un proceso de diferenciación magmática inverso en las Islas Columbretes (Castellón, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Geológica*, 106: 99-103.
- Bailón, S. 1991. *Amphibiens et reptiles du Pliocène et du Pléistocène de France et d'Espagne: mise en place et évolution des faunes*. Tesis Doctoral, Université Paris VII, 499 pp.
- Bailón, S., García-Porta, J. y Quintana-Cardona, J. 2002. Première découverte de Viperidae (Reptilia, Serpentes) dans les îles Baléares (Espagne): des vipères du Néogène de Minorque. Description d'une nouvelle espèce du Pliocène. *Comptes Rendus Palevol*, 1: 227-237.
- Barahona, F. y Barbadillo, L.J. 1997. Identification of some Iberian lacertids using skull characters. *Revista Española de Herpetología*, 11: 47-62.
- Barbadillo, L.J. 1989. Los Reptilia (Sauria y Amphisbaenia) de los yacimientos Plio-pleistocénicos de la cuenca Guadix-Baza (sudeste español). En: Alberdi, M.T. y Bonadonna, F.B. (eds.), *Geología y Paleontología de la cuenca de Guadix-Baza*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, 151-165.
- Bernis, F. 1968. La culebra de las islas Columbretes: *Vipera latastei*. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sección Biológica*, 66: 115-133.
- Blain, H.A. 2009. Contribution de la paléoherpétofaune (Amphibia & Squamata) à la connaissance de l'évolution du climat et du paysage du Pliocène supérieur au Pléistocène moyen d'Espagne. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 16: 39-170.
- Castilla, A.M., Fernández-Pedrosa, V., Harris, J.D., González, A., Latorre, A. y Moya, A. 1998a. Mitochondrial DNA divergence suggests that *Podarcis hispanica atrata* (Squamata: Lacertidae) from the Columbretes islands merits specific distinction. *Copeia*, 1037-1040.
- Castilla, A.M., Fernández-Pedrosa, V., Backeljau, T., González, A., Latorre, A. y Moya, A. 1998b. Conservation genetics of insular *Podarcis* lizards using partial cytochrome b sequences. *Molecular Ecology*, 7, 1407-1411.
- Harris, J. y Sá-Sousa, P. 2002. Molecular Phylogenetics of Iberian wall lizards (*Podarcis*): Is *Podarcis hispanica* a species complex? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 23: 75-81.
- IEO. 1999. Baleares (Islas). España. Mapas batimétricos. Zona económica exclusiva española [Islas Baleares]. *Hoja M9: mapa batimétrico. Escala 1:200.000. Proyección UTM Huso 1*. Instituto Hidrográfico de la Marina, Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 1 hoja.
- Lambeck, K. y Bart, E. 2000. Sea-level change along the French Mediterranean coast for the past 30000 years. *Earth and Planetary Science Letters*, 175: 203-222.
- Mestre, E., González, P. y del Señor, X. 2010. *Columbretes 2010: una revisión de la situación actual de la fauna y flora citada por Salvador en 1894*. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, Parcs Naturals de la Comunitat Valenciana, 27 pp.
- Pinho, C., Ferrand, N. y Harris, J. 2006. Reexamination of the Iberian and North African *Podarcis* (Squamata: Lacertidae) phylogeny based on increased mitochondrial DNA sequencing. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38: 266-273.
- Pollo, C. 2009. Eslizón ibérico — *Chalcides bedrigagai*. En: Salvador, A., Marco, A. (eds.), *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Serrano Adell, R. 1991. Historia de los asentamientos humanos en las Columbretes. En: Alonso Matilla, L.A., Carretero, J.L. y García Carrascosa, A.M. (eds.), *Islas Columbretes: contribución al estudio de su medio natural*. Conselleria d'Administració Pública, Agència de Medi Ambient, Valencia, 13-18.
- Tamarit, R.A. 1991. Cartografía de las Islas Columbretes. En: Alonso Matilla, L.A., Carretero, J.L. y García Carrascosa, A.M. (eds.), *Islas Columbretes: contribución al estudio de su medio natural*. Conselleria d'Administració Pública, Agència de Medi Ambient. Valencia, 19-25.

El Epivillafranquiense y la llegada de suidos a Europa

Bienvenido Martínez-Navarro^{1,2,3}, Joan Madurell-Malapeira⁴,
Sergio Ros-Montoya^{2,5}, M^a Patrocinio Espigares^{5,6},
Tsegai Medin^{2,7}, Paul Palmqvist⁶

¹ICREA. Barcelona, España. E-mail: bienvenido.martinez@icrea.cat

²IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social,
Marcel·lí Domingo s/n, 43007, Tarragona, España.

³Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avda. Catalunya 35,
43002 Tarragona, España.

⁴Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Edifici ICP - Campus de
la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès. E-mail: joan.madurell@icp.cat

⁵Museo de Prehistoria y Paleontología, 18858, Orce, Granada, España.

⁶Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga, Campus
Teatinos, 29071 Málaga. E-mail: mpespigares@uma.es, ppb@uma.es,
sergiorosm@gmail.com

⁷National Museum of Eritrea, P.O. Box 5284, Asmara, Eritrea.
E-mail: eldatse@gmail.com

La ausencia de registro de un taxón en una asociación faunística fósil no evidencia su ausencia de la paleocomunidad original, pudiendo venir motivada por diversos factores (resolución anatómica y conservación diferencial de elementos esqueléticos y taxones, densidad poblacional, etc.). Sin embargo, la falta de registro de suidos en Europa en la totalidad de localidades del Villafranquiense superior situadas en cronologías entre 1,8 y 1,3-1,2 Ma, tales como Dmanisi (Georgia), Apollonia 1 (Grecia), Argentario y Pirro Nord (Italia), Sainzelles (Francia), o en los yacimientos españoles de Orce (Venta Micena, Fuente Nueva-3 y Barranco León) e Incarcal (Crespì, Cataluña), es un argumento sólido que no debería ser obviado, pues la presencia o ausencia de cerdos es muy probablemente un marcador biocronológico de primer orden en el subcontinente europeo.

Los suidos están presentes en Europa antes y durante el subcrón Olduvai, incluyendo el yacimiento de Fonelas P-1 en la cuenca de Guadix, datado en 2,0-2,1 Ma, donde se han atribuido a *Potamochoerus magnus* (Arribas *et al.*, 2009), y en otras muchas localidades con presencia de *Sus strozzi* (para una revisión, véase Rook y Martínez-Navarro, 2010). Sin embargo, no hay registro de cerdos en un rango temporal por encima de la Unidad Faunística Tasso, en la base del Villafranquiense superior (~1.8 Ma), y su llegada a Europa occidental se sitúa en el nivel TE9 de la Sima del Elefante de Atapuerca (~1.2 Ma), donde están registrados y adscritos a *Sus* sp. (Carbonell *et al.*, 2008), y en el yacimiento de Untermassfeld (Alemania), datado en 1.0-1.1 Ma, donde se han adscrito a *Sus scrofa priscus* (Güerin y Faure, 1997). Después, el género *Sus* aparece en toda Europa y es un miembro ubicuo de las paleomastocenos Epivillafranquienses/Galerienses y posteriores (Fig. 1).

Cuando los suidos se encuentran en un ecosistema, acostumbran a ser abundantes en la comunidad de grandes mamíferos, gracias a su

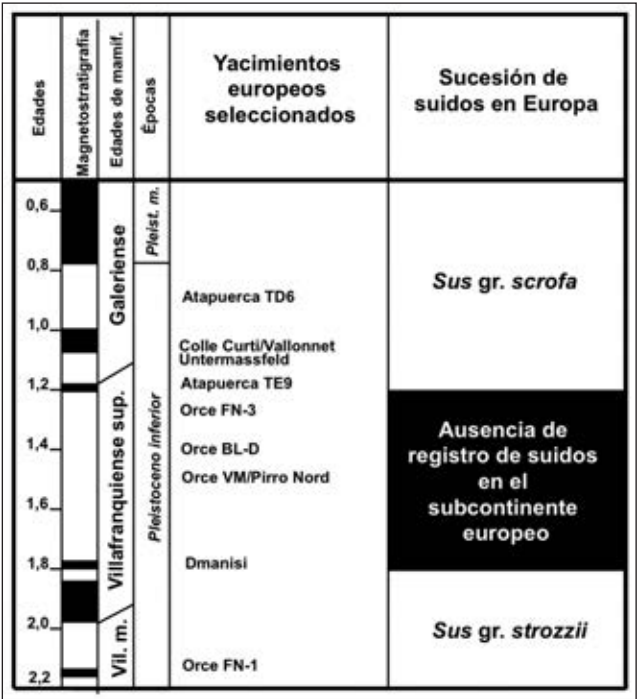


Figura 1. Cuadro biocronológico con presencia y ausencia de suidos en el Pleistoceno europeo.

comportamiento alimentario omnívoro, de carácter generalista y oportunista, y especialmente a su gran éxito reproductivo, pues se trata de ungulados que siguen una clara estrategia reproductiva de tipo *r*, con un elevado tamaño de camada en relación al resto de los ungulados, así como un tiempo de gestación y unas dimensiones del neonato reducidas en relación a sus dimensiones corporales (véanse los datos de PanTHERIA; Jones *et al.*, 2009). Esto significa que su capacidad de procrear les facilita la colonización de nuevos y variados ambientes y territorios, a mayor velocidad que en cualquier otro grupo de ungulados, los cuales siguen en general una estrategia reproductiva de tipo *K*, con normalmente una sola cría por parto. Por esta razón, los suidos se suelen encontrar bien representados en las asociaciones fósiles cuando están presentes en el ecosistema. De hecho, y debido a las razones arriba expuestas, la biocronología del Plio-Pleistoceno en África se ha basado en muchas ocasiones directamente en los suidos.

Los suidos están bien representados en las asociaciones arqueológicas y paleontológicas africanas y asiáticas, incluyendo las del Corredor Levantino del Mediterráneo, como 'Ubeidiya (Israel), datado entre 1,6 y 1,2 Ma (Martínez-Navarro *et al.*, 2009, 2012), pero definitivamente no se encuentran en el continente europeo en cronologías situadas entre 1,8 y 1,2 Ma.

La llegada de los cerdos al continente europeo marca el comienzo del Epivillafranchiense y el final del Villafranchiense superior, datado aproximadamente en 1,1 Ma (ver Rook y Martínez-Navarro, 2010). Asimismo, los suidos son especies omnívoras generalistas con dentición bunodonta, que no toleran temperaturas muy bajas, lo que sugiere que su colonización de Europa podría estar relacionada con un cambio en los ecosistemas y el clima. En cualquier caso, la llegada de los suidos es posterior a la primera dispersión de los homínidos hacia Europa, un evento registrado en los yacimientos de Orce en cronologías próximas a 1.4 Ma (Espigares *et al.*, 2013; Toro-Moyano *et al.*, 2013).

Referencias

- Arribas, A., Garrido, G., Viseras, C., Soria, J.M., Pla, S., Solano, J.G., Garcés, M., Beamud, E. y Carrión, J.S. 2009. A mammalian lost world in southwest Europe during the Late Pliocene. *Plos One*, 4: e7127.
- Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Parés, J.M., Pérez-González, A., Cuenca-Bescós, G., Ollé, A., Mosquera, M., Huguet, R., Made, J.V.D., Rosas, A., Sala, R., Vallverdú, J., García, N., Granger, D.E., Martín-Torres, M., Rodríguez, X.P., Stock, G.M., Vergès, J.M., Allué, E., Burjachs, F., Cáceres, I., Canals, A., Benito, A., Díez, C., Lozano, M., Mateos, A., Navazo, M., Rodríguez, J., Rosell, J. y Arsuaga, J.L. 2008. The first hominin of Europe. *Nature*, 452: 465-469.
- Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J. y Sala, R. 2013. *Homo* vs. *Pachycrocuta*: earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). *Quaternary International*, 295: 113-125.
- Güerin, C. y Faure, M. 1997. The wild boar (*Sus scrofa priscus*) from the post-Villafranchian lower Pleistocene of Untermassfeld. En: Kahlke, R.-D. (ed.), *Das Pleistozän von Untermassfeld bei Meningen (Thüringen)*. Romisch-Germanisches Zentralmuseum, Bonn, 375-383.
- Jones, K.E., Bielby, J., Cardillo, M., Fritz, S.A., O'Dell, J., Orme, C.D.L., Safi, K., Sechrest, W., Boakes, E.H., Carbone, C., Connolly, C., Cutts, M.J., Foster, J.K., Grenyer, R., Habib, M., Plaster, C.A., Price, S.A., Rigby, E.A., Rist, J., Teacher, A., Bininda-Emonds, O.R.P., Gittleman, J.L., Mace, G.M. y Purvis, A. 2009. PanTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals. *Ecological Archives* E090-184. *Ecology*, 90(9): 2648-2648.
- Martínez-Navarro, B., Belmaker, M. y Bar-Yosef, O. 2009. The large carnivores from 'Ubeidiya (early Pleistocene, Israel): biochronological and biogeographical implications. *Journal of Human Evolution*, 56: 514-524.
- Martínez-Navarro, B., Belmaker, M. y Bar-Yosef, O. 2012. The Bovid assemblage (Bovidae, Mammalia) from the Early Pleistocene site of 'Ubeidiya, Israel: Biochronological and paleoecological implications for the fossil and lithic bearing strata. *Quaternary International*, 267: 78-97.
- Rook, L. y Martínez-Navarro, B. 2010. Villafranchian: the long story of a Plio-Pleistocene European large mammal biochronologic unit. *Quaternary International*, 219: 134-144.
- Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermúdez de Castro, J.M., Martín-Torres, M., Fajardo, B., Duval, M., Falguères, C., Oms, O., Parés, J.M., Anadón, P., Juliá, R., García-Aguilar, J.M., Moigne, A.-M., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. y Palmqvist, P. 2013. The oldest human fossil in Europe, from Orce (Spain). *Journal of Human Evolution*, 65: 1-9.

La Tipoteca del Museo Geominero (IGME), una nueva instalación para la gestión de las colecciones paleontológicas

Silvia Menéndez, Ana María Bravo, Isabel Rábano

Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. E-mail: s.menendez@igme.es, am.bravo@igme.es, i.rabano@igme.es

Introducción

Entre las colecciones del Museo Geominero se cuentan numerosos y valiosos ejemplares históricos como resultado del origen tan antiguo de la institución, que se remonta a mediados del siglo XIX con la creación en 1849 de la Comisión del Mapa Geológico de España. Es un museo de titularidad estatal, gestionado por un Organismo Público de Investigación, el Instituto Geológico y Minero de España.

Después de pasar por diferentes ubicaciones provisionales, en 1926 las colecciones se instalaron de forma definitiva en el actual edificio de la calle Ríos Rosas de Madrid. Su tratamiento y manipulación no siempre fue el más adecuado, habiéndose constatado la pérdida de ejemplares importantes desde el punto de vista científico, muchos de ellos recogidos en yacimientos ya desaparecidos.

En 1985, con la entrada en vigor de la Ley 13/85 del Patrimonio Histórico Español, se inició el inventario sistemático de los fondos del Museo. Badillo (1959) realizó un primer intento de inventariar las colecciones paleontológicas, pero quedó restringido a unos pocos ejemplares, todos ellos de edad cámbrica. Durante el inventario realizado en época moderna se constató la presencia de un cierto número de ejemplares de gran interés paleontológico por constituir los tipos de nuevas especies fósiles. La ausencia de un libro de registro de entrada en el museo de las colecciones hasta 1990, así como de documentación complementaria acerca del origen detallado de los ejemplares fósiles que constituyen sus fondos, hizo que estas colecciones pasaran un tanto desapercibidas entre la comunidad científica.

Gestión y conservación de la tipoteca

Como consecuencia de los trabajos de conservación de las colecciones paleontológicas del Museo Geominero realizados durante los últimos 20 años (Rábano y Arribas, 1997; Menéndez y Baeza, 2012), ha sido posible localizar los ejemplares tipo y se ha creado por vez primera una tipoteca para reunir ejemplares tipo. Estos se conservan en armarios de seguridad ignífugos, con baldas extraíbles que facilitan el manejo de las muestras. La tipoteca se ubica en el laboratorio del museo, un sector del edificio en donde los parámetros ambientales de humedad y temperatura se mantienen constantes a lo largo del año. Todos los ejemplares de las colecciones geológicas del Museo Geominero están inventariados y siglados de acuerdo a las normas establecidas por los protocolos propios de este campo (Menéndez y Baeza, 2012). Los ejemplares están acompañados por una etiqueta impresa, en papel libre de ácido con reserva alcalina, donde consta la información esencial e imprescindible referente a taxonomía, autor, edad, procedencia geográfica, número de sigla y una breve descripción del elemento. Tanto el ejemplar como la etiqueta se guardan conjuntamente dentro de bolsas o cajas de plástico polietileno. Toda la información de cada ejemplar está registrada en soporte informático en la base de datos del museo. En el registro informático de cada uno de los ejemplares tipo se han recopilado además todas las referencias bibliográficas correspondientes, pudiendo acceder directamente a su lectura a través de un archivo de extensión pdf, además de un registro fotográfico que, en los casos pertinentes, documenta los procesos de conservación preventiva aplicados a cada ejemplar. La gestión y conservación de los ejemplares de la tipoteca del Museo Geominero sigue, por lo tanto, las recomendaciones de los códigos internacionales de Nomenclatura Zoológica y Botánica.

Ejemplares tipo: holotipos

Las colecciones paleontológicas depositadas en el Museo Geominero están formadas en la fecha de la elaboración de los presentes datos por 55.584 ejemplares, de los cuales un centenar son holotipos. Estos son mayoritariamente de origen español (94), procediendo el resto de Marruecos (4) y Perú (2). De entre el material español, 36 proceden de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, siendo ésta la mejor representada con diferencia entre todas las demás comunidades españolas. Con respecto a su procedencia provincial, se distribuyen entre Guadalajara (20), Lérida (14), Ciudad Real (12), León (10), Cáceres (7), Huesca (4), Asturias (4), Zaragoza

(3), Cantabria (3), y Álava, Burgos, Segovia, Sevilla, Jaén, Madrid, Castellón, Valencia, Teruel y Toledo con uno o dos holotipos.

Los grupos fósiles que concentran más holotipos son los moluscos (37) y los artrópodos (20), y en menor medida equinodermos (13), braquiópodos (11), vertebrados (7), graptolitos (4), cnidarios (3), briozoos (2), foraminíferos (1), palaeoscolécidos (1) y plantas (1). Entre los holotipos de moluscos, los más numerosos corresponden a las clases Bivalvia (19) y Gastropoda (13), siendo las clases Cephalopoda (4) y Rostroconchia (1) las menos representadas. La clase Trilobita con 18 ejemplares, de un total de 20 para el grupo de los artrópodos, es la que agrupa un mayor número de holotipos entre todas las demás clases representadas entre los ejemplares tipo del Museo Geominero.

Con respecto al ingreso en el museo de los holotipos existen diversas fuentes. Ha sido posible constatar que 39 fueron definidos por investigadores vinculados a la Comisión del Mapa Geológico de España (denominación hasta 1910) y al actual IGME, en una cronología comprendida entre la segunda mitad del siglo XIX y primera del XX, como Casiano de Prado, Lucas Mallada, Primitivo Hernández-Sampelayo, José de la Revilla, José Royo Gómez, Dupuy de Lôme o, más recientemente, Indalecio Quintero. Otros 59 corresponden a trabajos realizados por investigadores del IGME y de otras instituciones, entre los años 50 y la actualidad. Finalmente, sólo hay dos casos en los que se ha perdido la información sobre el origen de su incorporación a las colecciones.

Conclusiones

Los trabajos de gestión y conservación de las colecciones del Museo Geominero han puesto de relieve la presencia de un notable grupo de

ejemplares tipo que se han reunido recientemente en la nueva tipoteca, instalada en el sótano del edificio.

Entre el centenar de holotipos presentes en las colecciones paleontológicas del Museo Geominero, la mayoría son españoles, y un elevado porcentaje proceden de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. De ellos, 36 fueron definidos entre la segunda mitad del siglo XIX y primera del XX, y el resto entre esta última fecha y la actualidad. Los moluscos, especialmente las clases Bivalvia y Gastropoda, reúnen el mayor número de ejemplares tipo.

No obstante, la revisión de las colecciones históricas del museo dista de estar concluida y podría aportar la identificación del material tipo de nuevas especies que se consideraba perdido.

Referencias

- Badillo, L. 1959. Catálogo de especies fósiles del Museo del Instituto Geológico y Minero de España. 1. Cambriano. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 35: 71-124.
- Menéndez, S. y Baeza, E. 2012. Los fósiles del Museo Geominero: la gestión de una colección paleontológica histórica. En: *XXVIII Jornadas de Paleontología: "Homenaje a Guillem Colom Casasnovas (1900-1993)" y Simposio de los Proyectos PICG 587 y 596*. Valencia y Sóller, Mallorca, 139-141.
- Rábano, I. y Arribas, A. 1997. Los ejemplares tipo y figurados de las colecciones paleontológicas del Museo Geominero. I. Invertebrados e icnofósiles paleozoicos. *Boletín Geológico y Minero*, 108(3): 229-233.

Dientes atribuidos a sauropterigios del Triásico Superior de El Atance (Guadalajara, España)

Carlos de Miguel Chaves¹, Adán Pérez-García^{1,2}, Juan Quesada¹, Francisco Ortega¹

¹Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Paseo de la Senda del Rey 9, 28040, Madrid. E-mail: carlos.miguelchaves@gmail.com, jmqdc@hotmail.com, fortega@ccia.uned.es

²Centro de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal. E-mail: paleontologo@gmail.com

Introducción

El yacimiento paleontológico de El Atance, ubicado en las cercanías de Sigüenza (Guadalajara, España), se encuentra situado en niveles del Keuper (Triásico Superior). La sucesión estratigráfica registrada corresponde principalmente a una alternancia de lutitas y arenas. Hasta ahora únicamente se ha realizado una campaña de excavación preliminar, que ha revelado que el yacimiento contiene una gran abundancia de restos de sauropterigios. Algunos centros vertebrales aislados han sido preliminarmente atribuidos a notosaurios de pequeño tamaño. Sin embargo, el yacimiento destaca principalmente por el hallazgo de varios esqueletos parciales de eusauropterigios de mayor tamaño, que fueron asignados previamente a *Simosaurus* (Quesada *et al.*, 2009). Estos ejemplares destacan tanto por su buena preservación como por la articulación y leve dispersión de varios de los elementos que componen sus carcasas.

Tanto en las labores de campo como durante la fase de preparación de los ejemplares se han recogido varios dientes de pequeño tamaño y de morfología semejante. En este estudio se pretende describir y discutir la asignación sistemática de estos dientes.

Materiales y contexto paleontológico

La muestra discutida está compuesta por varios dientes aislados, recogidos en los niveles fosilíferos de El Atance. Ninguno de los dientes está completo, careciendo todos ellos del ápice de la corona. La longitud máxima del diente más completo, que conserva la raíz y la mayor parte de la corona, es menor de 9 mm. La morfología de todos los dientes se caracteriza por tener un eje apicobasal curvado, con la curvatura más acusada situada en la base de la corona. El esmalte de todos los ejemplares está fuertemente ornamentado por crestas longitudinales. La morfología de los dientes varía desde algunos comprimidos lateralmente a otros con menor compresión y de sección triangular. No obstante, dada la congruencia morfológica de toda la muestra, se considera que esta variación podría estar relacionada con la posición que ocupan en la serie dentaria, tal como ocurre en notosaurios (Nothosauridae), que presentan una fuerte heterodoncia.

Aunque el registro de sauropterigios triásicos en España es, por lo general, fragmentario y relativamente escaso, existen algunas importantes excepciones, como el ya clásico yacimiento de Montral-Alcover (Vía Boada *et al.*, 1977) o el recientemente descubierto yacimiento de El Atance (Quesada *et al.*, 2009). En el resto de los afloramientos es común que aparezcan elementos aislados de notosaurios, placodontos, paquipleurosaurios y pistosaurios. En el registro español, se han hallado dientes pertenecientes a los dos primeros grupos. Los dientes pertenecientes a Nothosauridae proceden de las localidades de Royuela, en Teruel (Kuhn-Schnyder, 1966); Bienservida, en Albacete y Villarodrigo, en Jaén (Alafont, 1991); Riba de Santiuste, en Guadalajara (Alafont, 1999) y Puente de Génave, en Jaén (Reolid *et al.*, 2013).

Discusión y conclusiones

Existen varios caracteres que permiten identificar los dientes de cada uno de los principales clados de sauropterigios registrados en el Triásico de la Península Ibérica. Generalmente, los dientes de los placodontos se distinguen claramente debido a su forma de placas circulares de superficie plana (Cope, 1871). En pistosaurios el esmalte no presenta la ornamentación que caracteriza al clado Nothosauroidae (Pachypleurosauria + Simosauridae + Nothosauridae) (Diedrich, 2013). En Pachypleurosauria la dentición es generalmente homodonta, con una corona rectilínea y de ancha base que se

curva en el ápice (Sanz, 1980). Los dientes de *Simosaurus* presentan una morfología bien definida y diagnóstica (Rieppel, 1994), con una corona ancha, cónica y bien diferenciada de la base del diente. En Nothosauridae la morfología dental varía enormemente incluso dentro del mismo individuo, por lo que no es posible hacer atribuciones taxonómicas claras (Sanz, 1980). No obstante, pese a su variabilidad, todos los dientes de notosaurios comparten una curvatura ligera pero constante, una sección circular y una clara estriación del esmalte compartida con paquipleurosauios y simosaurios.

Como conclusión, los dientes encontrados en El Atance, curvados y con esmalte estriado, presentan una mayor semejanza con los dientes de notosaurios, aunque existen algunos rasgos característicos y distintivos, relacionados con su morfología y sección. El yacimiento de El Atance aporta información sobre macrorrestos de vertebrados, correspondientes a algunos de los mejor preservados del registro ibérico, y también permite identificar la presencia de microrrestos. Los estudios actualmente en proceso permitirán describir mejor la fauna allí representada, permitiendo ajustar la atribución de los dientes analizados.

Referencias

- Alafont, L.S. 1991. *Notosaurios y placodontos (Reptilia) del Triásico Medio de Bienservida-Villarodrigo (Albacete-Jaén)*. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, 131 pp.
- Alafont, L.S. 1999. Reptiles del Triásico. En: Aguirre, A. y Rábano, I. (eds.), *La huella del pasado: Fósiles de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 143-159.
- Cope, E.D. 1871. The systematic arrangement of the Reptilia. *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science*, 19: 226-247.
- Diedrich, C.G. 2013. The oldest "subaquatic flying" reptile in the world - *Pistosaurus longaeus* MEYER, 1839 (Sauropterygia) from the Middle Triassic of Europe. En: Tanner, L.H., Siepelmann, J.A. y Lucas, S.G. (eds.). *The Triassic System*. New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin 61, 169-215.
- Kuhn-Schnyder, E. 1974. Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen. *Vierteljahresschrift der naturforschenden Gesellschaft*, 118: 1-119.
- Quesada, J.M., Pérez-García, A., Ortega, F., Escaso, F. y Sánchez Chillón, B. 2009. A *Simosaurus* (Nothosauria) fossil site: the new Spanish window to the Upper Triassic. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29 (Supplement to 3): 168A.
- Reolid, M., Pérez-Valera, F., Benton, M.J. y Reolid, J. 2013. Marine flooding event in continental Triassic facies identified by a nothosaur and placodont bonebed (South Iberian Paleomargin). *Facies*, 60: 277-293.
- Rieppel, O. 1994. Osteology of *Simosaurus gaillardoti* and the Relationships of Stem-Group Sauropterygia. *Fieldiana: Geology*, n.s. 28.
- Sanz, J.L. 1980. *Los notosaurios españoles. Análisis filogenético y sistemático de los sauropterigios triásicos*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 442 pp.
- Vía Boada, L., Villalta, J.F. y Esteban Cerdá, M. 1977. Paleontología y paleoecología de los yacimientos fosilíferos del Muschelkalk superior entre Alcover y Mont-ral (montañas de Prades, Tarragona). *Cuadernos Geología Ibérica*, 4: 247-256.

El género *Nypa* Steck, 1757 en el Eoceno del NE de la Península Ibérica: Un nuevo yacimiento en La Formación Arguis (Arguis, Huesca). Contexto paleoecológico

Rafael Moreno-Domínguez¹, José B. Díez²,
Frédéric M.B. Jacques³, Javier Ferrer¹

¹Área de Paleontología. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza, España. E-mail: noctubre7@gmail.com

²Dpto. Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio. Universidad de Vigo. Campus Lagoas-Marcosende, 36200, Vigo, Pontevedra, España.

³Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, 666303, Menglun, Mengla, Yunnan, China.

Introducción

En la actualidad, los restos de frutos y semillas fósiles que presentan morfologías y características muy similares a las de la especie actual *Nypa fruticans* Wurm, 1779 (Orden Arecales, en el que se agrupan a las palmeras), se incluyen dentro de la especie fósil *Nypa burtinii* (Brongniart, 1828) Ettingshausen, 1879. Las citas de la presencia de frutos y semillas de este género en España, hasta el momento, se circunscriben a materiales del Eoceno inferior-medio en la cuenca de antepaís del Pirineo, en Cataluña (Álvarez-Ramis, 1982; Biosca y Via, 1988), donde también se han encontrado sus granos de polen, asignados a *Spinizonocolpines echinatus* Müller, 1968 (ej. Anadón & Cavagnetto 1995), por lo que ésta constituye la primera referencia de frutos y semillas asignados al género *N. burtinii* fuera de Cataluña. Los restos estudiados se han encontrado en un nuevo yacimiento denominado «Casa Migalón» que está situado dentro del casco urbano de la localidad de Arguis (Huesca), en la zona meridional del Prepirineo oscense y dentro de las denominadas Sierras Exteriores que separan la Cuenca de Jaca de la Cuenca del Ebro. Los frutos y semillas fósiles pertenecen a la Formación Arguis definida por Puigdefábregas (1975) y corresponden fundamentalmente a margas de ambiente de prodelta, y en menor medida

a calizas de plataforma. La edad de la Formación es Luteciense superior/Priaboniense inferior.

Descripción

Los restos encontrados son muy similares morfológicamente a los descritos por Biosca y Via (1988) en el Priaboniense de los alrededores de Monserrat. Estos restos en su mayoría se corresponden con moldes internos de semillas, habiendo dos ejemplares de frutos. Las semillas presentan morfologías generalmente ovoides, algo aplastadas, cuyo tamaño oscila entre los 8 y 14 cm de longitud por 8'5 a 11 cm de anchura. En su parte basal se observa una cicatriz característica (*hilum*) de sección elíptica bien marcada y su parte apical suele ser redondeada. Algunas de las semillas conservan todavía impresiones de la estructura que los envolvía. Los frutos son moldes internos que se encuentran parcialmente conservados, siendo su longitud máxima conservada de 9 a 13 cm y de 4'5-8'5 cm de anchura, pero no llegan a conservar impresiones de la estructura que los rodeaba. Uno de los frutos conserva el ápice (*umbo*). Casi todas las muestras presentan colonización por endobiontes (aff. *Teridium* sp.).

Paleoecología

Las plantas de la especie *N. fruticans* se desarrollan actualmente en zonas de manglares, pudiendo hacerlo también en zonas de estuario o lagoons poco profundos. En estos ambientes constituyen densas poblaciones monoespecíficas a lo largo de la línea de costa, aunque no toleran condiciones de elevada salinidad (Maher *et al.*, 2011). Este taxón es un indicador de climas tropicales y subtropicales con escasa estacionalidad de ambiente cálido y con humedad permanente (Maher *et al.*, 2011). En la actualidad esta especie está confinada dentro de la región tropical Indo-Occidental Pacífica que va desde la India a través de Asia (Birmania, Malasia, Vietnam, Filipinas...) hasta el norte de Australia e islas del Pacífico occidental (Nueva Guinea, Islas Salomón, Marianas...). Fue introducida por el hombre a finales del siglo XIX en el Delta del río Níger y actualmente se ha extendido desde Nigeria hasta el Camerún. También se ha plantado con notable éxito en Panamá e islas de Trinidad y Tobago. En el registro fósil, el género tiene una amplia dispersión, especialmente durante el Eoceno inferior, habiendo registro de muchas localidades de Europa: Sur de Inglaterra, Bélgica, Francia, norte de Italia, Sur de Polonia, Hungría y Rusia. En Asia y Pacífico: India, Borneo y Tasmania. En África: Egipto y Senegal. Y en Norteamérica y Suramérica: Estados Unidos, Brasil y Colombia. Hoy en día

hay unanimidad entre todos los autores (Tralau, 1964) en considerar a los restos de *N. burtinii* como antepasados de la especie actual *N. fruticans* por lo que se asume unas condiciones de vida similares a las de la especie actual.

Conclusiones

Se describen nuevos registros de la especie *Nypa burtinii*. Hasta el momento, las citas de la presencia de frutos y semillas en España se circunscribían a materiales del Eoceno de Cataluña. Los restos encontrados corresponden con moldes internos de semillas y frutos y pertenecen a la Formación Arguis, su edad es Luteciense superior-Priaboniense inferior. Estos restos son un paleoindicador de climas tropicales y subtropicales con escasa estacionalidad de ambiente cálido y humedad constante, lo que está de acuerdo con el clima que existió durante parte del Eoceno. La presencia de epibiontes marinos implicaría una dilatada flotación de los mismos desde su área de desarrollo hasta el lugar final de depósito.

Agradecimientos

Agradecemos la inestimable ayuda y disposición de D. Aurelio Bail Ciprés, vecino de Arguis.

Referencias

- Álvarez-Ramis, C. 1982. Sobre la presencia de una flora de Paleomanglar en el Paleógeno de la depresión central catalana (curso medio del Llobregat). *Acta Geológica Hispánica*, 17(1-2): 5-9.
- Biosca, J. y Via, L. 1988. El género *Nypa* (Palmae) en el Eoceno de la Depresión Central Catalana. *Batalleria*, 1: 7-23.
- Cavagnetto, C. y Anadón, P. 1995. Une mangrove complexe dans le Bartonien du bassin de l'Ebre (NE de l'Espagne). *Palaeontographica Abteilung B*, 236: 147-165.
- Maher, I., El-Soughier, R.C. Mehrotra, Zhi-Yan Zhoua y Gong-Le Shi. 2011. *Nypa* fruits and seeds from the Maastrichtian-Danian sediments of Bir Abu Minqar, South Western Desert, Egypt. *Palaeoworld*, 20: 75-83.
- Puigdefábregas, C. 1975. La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca. *Pirineos*, 104:1-188.
- Tralau, H. 1964. The genus *Nypa* van Wurmb. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 10(1):1-29.

Nuevos restos de Crocodyliformes del yacimiento cenomaniense de Algora (Guadalajara, España)

Iván Narváez¹, Adán Pérez-García^{1,2}, Francisco Ortega¹, Fernando Escaso¹

¹Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España. E-mail: inarvaez@ccia.uned.es, fortega@ccia.uned.es, fescaso@ccia.uned.es

²Centro de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal. E-mail: paleontologo@gmail.com

Introducción

El yacimiento paleontológico de Algora (Guadalajara, España) se sitúa estratigráficamente en la parte superior de la Formación Arenas de Utrillas, y, más exactamente, en niveles datados como del Cenomaniense medio-superior (Cretácico Superior) (Segura *et al.*, 2010; Torices *et al.*, 2012). El registro fósil de vertebrados en la Península Ibérica es muy escaso en este período. Concretamente el de crocodiliformes se reduce a material fragmentario descrito en Nazaré (Buffetaut & Laverjaut, 1978) y otras localidades de la región del centro-oeste de Portugal (Jonet, 1981), así como en dos regiones españolas: en las cercanías de Oviedo (Vullo *et al.*, 2009) y en Algora (Torices *et al.*, 2012).

En el análisis preliminar de los ejemplares extraídos en el yacimiento de Algora se identificaron restos craneales (dientes aislados y un posible fragmento fronto-parietal), además de varios osteodermos, de crocodiliformes (ver Torices *et al.*, 2012). La ausencia de caracteres diagnósticos solo permitió referir este material como perteneciente a neosuquios indeterminados, probablemente eusuquios.

En este trabajo se analiza nuevo material craneal y postcraneal asignado a crocodiliformes que aporta nueva información sobre la composición faunística del yacimiento de Algora.

Discusión y conclusiones

Las labores de excavación efectuadas en 2013 en el yacimiento de Algora han proporcionado nuevo material asignable a crocodiliformes. Estos restos permiten ampliar la información sobre este grupo, muy escaso en el Cenomaniense de la Península Ibérica.

Entre este material, destaca un fragmento craneal que se une a la porción de tabla craneana descrita por Torices *et al.* (2012). El nuevo hallazgo permite interpretar dicho elemento de forma más precisa, como parte de la región anteorbital del frontal y parte de los prefrontales. Además, se identifica una vértebra procélica completa cuyas características (como la disposición de las facetas parapofisales en la base del proceso transversal o la presencia de una hipapófisis marcada) permiten reconocerla como una vértebra dorsal anterior perteneciente a un crocodiliforme moderno (Eusuchia).

La comparación de esta vértebra con el escaso material procedente de otros yacimientos cenomanienses de la Península Ibérica permite reconocer características similares en una vértebra previamente atribuida a un titanosaurio de la Formación La Cabaña, en las cercanías de Oviedo (ver Vullo *et al.*, 2009). Por tanto, la posible asignación de este elemento a un saurópodo será reevaluada.

Referencias

- Buffetaut, É. y J. Laverjaut. 1978. Un crocodilien d'un type particulier dans le Cénomaniense de Nazaré (Portugal). *Comptes Rendus sommaires des Séances de la Société Géologique de France*, 20: 78–82.
- Jonet, S. 1981. Contribution à l'étude des vertébrés du Crétacé portugais et spécialement du Cénomaniense de l'Estrémadure. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 67: 191-300.
- Segura, M., Barroso-Barcenilla, F., Cambra-Moo, O., Pérez-García, A. y Torices, A. 2010. Introduction to the new Cenomanian palaeontological site "Algora" (Upper Cretaceous, Guadalajara, Spain). *Carnets de Géologie*, 7: 232-233.
- Torices, A., Barroso-Barcenilla, F., Cambra-Moo, O., Pérez-García, A. y Segura, M. 2012. Palaeontological and palaeobiogeographical implications of the new Cenomanian site "Algora". *Cretaceous Research*, 37: 231-239.

Vullo, R., Bernárdez, E. y Buscalioni, A.D. 2009. Vertebrates from the middle?-late Cenomanian La Cabaña Formation (Asturias, northern Spain): palaeoenvironmental and palaeobiogeographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276: 120-129.

Ejemplares juveniles de titanosaurio (Sauropoda) del yacimiento de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca)

Adrián Páramo¹, Francisco Ortega², Fernando Escaso², Iván Narváez², José Luis Sanz¹

¹Universidad Autónoma de Madrid, Darwin 2. Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid. E-mail: Adrian.paramo@uam.es, jose-luis.sanz-garcia@uam.es

²Grupo de Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias UNED, Senda del Rey 9. 28040, Madrid. E-mail: fortega@ccia.uned.es, fescaso@ccia.uned.es, inarvaez@ccia.uned.es

Introducción

Los titanosaurios fueron un linaje de dinosaurios saurópodos muy abundante durante el Cretácico Superior en el sur de Europa. A lo largo de la pasada década se ha reconocido una importante diversidad en las zonas que actualmente corresponden al dominio iberoccitano. Esta diversidad incluye especies como *Atsinganosaurus velauciensis*, *Lirainosaurus astibiae* o *Ampelosaurus atacis*, así como distintos morfotipos muy cercanos a estos, y otros que no pueden asignarse a ninguna de las especies conocidas.

Aunque no es exclusivo de este grupo, una de las características más llamativas del registro de titanosaurios europeos es la enorme variabilidad morfológica que presentan. Aunque se ha tenido en cuenta la posibilidad de que algunas de estas diferencias fuesen atribuibles a variabilidad intraespecífica, no se tiene aún un buen control de la variabilidad de cada uno de los taxones (Vila *et al.*, 2012). En este contexto, es difícil discriminar que porción de la variabilidad identificada puede deberse a la existencia de dimorfos sexuales en una misma especie o a procesos derivados del desarrollo. Así, se dispone de pocos datos sobre la ontogenia de las distintas especies descritas, por lo que apenas existen criterios para asignar material apendicular de pequeño tamaño a los morfotipos adultos. Esto resulta aún más complejo cuando se han reconocido en el Cretácico Inferior europeo procesos de insularidad que han resultado en el desarrollo de

taxones enanos, como es el caso del titanosaurio rumano *Magyarosaurus dacus* (Stein *et al.*, 2010).

Entre los elementos más comunmente disponibles destaca por su abundancia relativa el material apendicular, por lo que es especialmente adecuado para llevar a cabo comparaciones entre conjuntos de material y para realizar análisis de variabilidad. A este nivel, los distintos titanosaurios descritos presentan una serie de diferencias anatómicas en aspectos como la relación media entre el ancho lateromedial respecto a la longitud femoral en el tercio proximal, mitad y tercio distal del fémur (índice de robustez de Wilson y Upchurch, 2003) y la excentricidad (Wilson y Carrano, 1999) o la presencia/ausencia de elementos como la cresta femorotibial (Vila *et al.*, 2012).

El yacimiento de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) ha proporcionado una de las mayores colecciones de titanosaurios del Cretácico Superior europeo (Ortega *et al.*, 2008). Entre el abundante material apendicular destaca la presencia de varias decenas de fémures. El análisis preliminar de este conjunto de material apendicular permite diferenciar dos morfotipos. El primero de estos morfotipos se distingue un índice de robustez (alrededor de 0,150 y excentricidad ~250%, mientras que el segundo de los morfotipos identificados corresponde a fémures gráciles, que abarcan desde formas de tamaño medio a formas de relativo gran tamaño (con longitudes femorales superiores a 1500mm) con un índice de robustez en torno a 0,130 y excentricidad ~180%.

Se analizarán aquí dos fémures de individuos que atendiendo a su tamaño probablemente pertenecen a individuos juveniles. A falta de resultados de estudios histológicos en curso, no se puede descartar la presencia de titanosaurios enanos ya reconocidos en el registro europeo (Stein *et al.*, 2010) en el yacimiento. Sin embargo, la ausencia de estas formas en el dominio iberoarmórico y atendiendo al estado de desarrollo de los trocánteres e inserciones musculares (ver Varricchio, 1997) se considera más parsimonioso identificar la muestra analizada como subadultos de los morfotipos ya registrados en Lo Hueco.

Estos fémures presentan caracteres correspondientes al grupo de los Titanosauriformes, como el desarrollo mediolateral de la comba lateral respecto a la diáfisis en torno al 30%, y caracteres propios de titanosaurios,

como la extensión posteromedial de los cóndilos distales, el ángulo de los cóndilos distales respecto al eje proximodistal del fémur, la reducción del cuarto trocánter, o incluso la presencia de caracteres derivados entre los titanosaurios como la presencia de una línea *cranialis intermuscularis*. Además, el conjunto de características observadas en estos dos individuos permiten atribuirlos a cada uno de los morfotipos identificados en formas adultas de titanosaurio del yacimiento de Lo Hueco. En este estudio se presenta una descripción y una comparativa de este material con los morfotipos presentes en la colección.

Descripción y comparativa

El ejemplar MCCM-HUE-02636 es un fémur de pequeño tamaño (longitud aproximada 450 mm). No presenta estrías ni estructuras que indiquen que se trate de un ejemplar adulto. Es un fémur cuya diáfisis presenta una sección transversal casi circular. Teniendo en cuenta la disposición de la cabeza femoral, la relación del cuarto trocánter con respecto a la comba lateral y la posición del mismo en vista posterior, puede atribuirse al morfotipo robusto. Este ejemplar presenta las mismas características que MCCM-HUE-03108, un fémur de tamaño medio (longitud aproximada 1010 mm) asociado a un esqueleto parcial que se considera perteneciente a un individuo adulto.

Por otro lado, el ejemplar MCCM-HUE-10007 es un fémur de pequeño tamaño (longitud aproximada 730 mm) cuya diáfisis presenta una sección transversal comprimida anteroposteriormente. Esta morfología aplanada coincide con la caracterización del morfotipo más grácil. Algunos fémures asignados a este morfotipo, como MCCM-HUE-01319, presentan una morfología general muy similar a elementos asignados al género *Ampelosaurus* (Le Loeuff, 2005) como pueden ser la ausencia de un surco que divida la cabeza femoral del trocánter mayor, la posición más elevada de la cabeza femoral respecto al mismo, el ángulo que conforman la cabeza femoral y el trocánter mayor es más grande que el que forman los cóndilos distales con el eje proximodistal, la presencia de un profundo sulco intercondilar distal, o una comba lateral muy prominente (~33% desarrollo lateromedial de la diáfisis). También presentan la morfología de la cabeza femoral, la posición del cuarto trocánter respecto a la comba lateral y la posición de los cóndilos distales es similar a MCCM-HUE-10007.

Discusión y conclusiones

Los ejemplares MCCM-HUE-10007 y MCCM-HUE-02636 se consideran fémures de titanosaurios juveniles atendiendo a la ausencia de rugosidades y estrías en los cóndilos y surcos intercondilares. El índice de robustez de estos ejemplares permite considerar a MCCM-HUE-10007 como perteneciente a un morfotipo más grácil mientras que MCCM-HUE-02636 pertenece a un morfotipo robusto. Ambos ejemplares comparten otros caracteres con los ejemplares de los morfotipos grácil y robusto del yacimiento considerados adultos.

Por tanto, se propone la presencia de formas juveniles de titanosaurios pertenecientes a los dos morfotipos previamente identificados en el yacimiento de Lo Hueco. La abundancia de ejemplares de ambos morfotipos en diferentes estadios ontogenéticos permite el estudio de su variabilidad. Por el momento no es posible discernir si las diferencias entre el ejemplar MCCN-HUE-02636 y el ejemplar MCCN-HUE-10007 proceden de variabilidad intraespecífica o interespecífica, pero la comprobación de que las características de los morfotipos adultos están ya claramente fijadas en los ejemplares de pequeño tamaño refuerzan la hipótesis de la existencia de dos formas bien diferenciadas en el yacimiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a F. Marcos y A. Elvira por su ayuda en el trabajo de preparación, a P. Mocho y A. Pérez-García por sus comentarios durante la realización de este estudio.

Este proyecto ha sido financiado por el programa de Ayudas para la Contratación de Personal Investigador del Ministerio de Economía y Competitividad (ref. BES-2013-065509) asociada al proyecto (CGL2012-35199).

Referencias

Le Loeuff, J. 2005. Osteology of *Ampelosaurus atacis* (Titanosauria) from Southern France. En: Tidwell, V. y Carpenter, K. (eds.), *Thunder Lizards: The Sauropodomorph Dinosaurs*. Indiana University Press, Bloomington, 115–140

Ortega, F., Sanz, J.L., Barroso-Barcenilla, F., Cambra-Moo, O., Escaso, F., García-Oliva, M. y Marcos F. 2008. El yacimiento de macrovertebrados fósiles del Cretácico Superior de “Lo Hueco” (Fuentes, Cuenca). *Paleontologica Nova*, 8: 119–131.

Stein, K., Csiki, Z., Rogers, K.C., Weishampel, D.B., Redelstorff, R., Carballido, J.L. y Sander, P.M. 2010. Small body size and extreme cortical bone remodeling indicate phyletic dwarfism in *Magyarosaurus dacus* (Sauropoda: Titanosauria). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201000781.

Varricchio, D.J. 1997. Growth and Embriology. En: Currie, P.J. y Padian, K. (eds.), *Encyclopedia of dinosaurs*. Academic Press, San Diego, 282–288.

Vila, B., Galobart, À., Canudo, J.I., Le Loeuff, J., Dinarès-Turell, J., Riera, V., Oms, O., Tortosa, T. y Gaete R. 2012. The diversity of sauropod dinosaurs and their first taxonomic succession from the latest Cretaceous of southwestern Europe: Clues to demise and extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 350-352: 19–38.

Wilson, J.A. y Carrano, M.T. 1999. Titanosaurs and the origin of “wide-gauge” trackways; a biomechanical and systematic perspective on sauropod locomotion. *Paleobiology*, 25: 252–267.

Wilson, J.A. y Upchurch, P. 2003. A revision of *Titanosaurus* Lydekker (Dinosauria – Sauropoda), the first dinosaur genus with a “Gondwanan” distribution. *Journal of Systematic Palaeontology*, 1: 125–160.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

El ámbar de España como fuente de información paleoecológica (Albiense: Cretácico Inferior)

Enrique Peñalver¹, Antonio Arillo², Eduardo Barrón¹,
Xavier Delclòs³, Ricardo Pérez-de la Fuente⁴, David Peris³,
Alba Sánchez-García³

¹Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, 28003, Madrid.
E-mail: e.penalver@igme.es, e.barron@igme.es

²Facultad de Biología, Universidad Complutense, 28040 Madrid.
E-mail: antonioarillo@gmail.com

³Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona.
E-mail: alba.sanchez@ub.edu, David.peris@ub.edu, xdelclos@ub.edu

⁴Museum of Comparative Zoology, Harvard University, 02138 Cambridge,
Massachusetts, USA. E-mail: perezdelafuente@fas.harvard.edu

Introducción

El ámbar en España es abundante en ciertas regiones y casi la totalidad de los yacimientos son del Cretácico Inferior. Esta resina fósil contiene en su interior una gran diversidad de grupos conservados, principalmente artrópodos, sobre todo insectos. Dentro de la fase biostratinómica, los insectos atrapados por resinas quedan generalmente cubiertos del todo durante el proceso de agonía o en pocos segundos o minutos después de la muerte. Este es un proceso similar al enterramiento, por lo que quedan protegidos rápidamente, al contrario de los que mueren en las aguas de un lago. Esta circunstancia permitió, durante el Cretácico, la fosilización de artrópodos del medio boscoso sin signos de desarticulación y, en algunos casos, con restos asociados al cuerpo de otros organismos con los que habían interactuado. Estos restos se muestran en los fósiles en la posición que tendrían originalmente; por ejemplo, los granos de polen pegados al cuerpo de un insecto polinizador. Además, en una misma pieza de ámbar se puede encontrar una asociación compuesta por muchos especímenes distintos; sabemos que los organismos representados en la asociación fueron contemporáneos a una escala de pocos días y que se

desarrollaron en un ambiente muy restringido espacialmente (Peñalver, 2002), salvo ciertos casos en los que un estudio tafonómico y/o paleoecológico puede indicar lo contrario.

Estas circunstancias casi exclusivas de una forma de fosilización tan peculiar como es la del ámbar, convierten a esta materia en una fuente excepcional de ciertos tipos de información paleoecológica (Arillo, 2007). No en vano, en una recopilación reciente de las evidencias de comportamiento y relaciones entre organismos en el registro fósil (Boucot y Poinar, 2010), una gran parte de los ejemplos correspondía a fósiles en ámbar. No obstante, este tipo de registros es muy escaso en el ámbar cretácico mundial, en general, y en el de España, en particular. De los aproximadamente 3.700 especímenes conservados en ámbar (= bioinclusiones) de España, solo unos pocos muestran este tipo de interacciones indirectas o directas, también llamadas interacciones paleobióticas. Las que se han descubierto son tanto intraespecíficas como interespecíficas. Las segundas son más abundantes y de ellas destacan las interacciones insecto-planta. Los casos descubiertos son escasos; sin embargo, son muy relevantes para conocer la antigüedad y la evolución de ciertos comportamientos en los artrópodos terrestres y la estrecha relación durante el Cretácico entre estos y las plantas.

Interacciones intraespecíficas

Se han descubierto dos tipos de interacciones intraespecíficas, las cuales están siendo estudiadas.

La primera corresponde a dos ejemplares de insectos en cópula, del poco común género *Lebanoculicoides* Szadziwski, 1996, perteneciente a los dípteros ceratopogónidos. Se trata del único género conocido de la subfamilia Lebanoculicoidinae y constituye el grupo hermano de todo el resto de ceratopogónidos. Este registro, hallado en ámbar de El Soplao, permite además conocer por primera vez el dimorfismo sexual en este género. Al tratarse de una especie nueva, y disponerse de un macho y una hembra con una relación conespecífica indudable, se podrá hacer una descripción del holotipo y del alotipo.

La segunda es una evidencia de comportamiento gregario en el orden Collembola. Posiblemente, el gregarismo observado en una pieza de ámbar de Peñacerrada, que atrapó organismos y restos del suelo del bosque, tuvo

su origen en la sincronización de estos hexápodos para la reproducción en condiciones ideales de humedad, temperatura y disponibilidad de alimento, tal y como se ha indicado para especies actuales que enjambran en el suelo.

Interacciones interespecíficas

Este tipo de interacciones tiene una mayor relevancia evolutiva.

El primer ejemplo en ámbar español que se publicó corresponde a un fragmento de tela de araña de tipo orbicular que muestra algunas de las presas que atrapó (Peñalver *et al.*, 2006, 2008). Este registro se halló en una pieza cilíndrica de ámbar del yacimiento de San Just, en la localidad turolense de Utrillas. Esta evidencia fósil está reseñada en la recopilación de Boucot y Poinar (2010) comentada anteriormente. Corresponde a una evidencia de depredación mediante la elaboración de una estructura de captura.

También se han descrito varios ejemplares de diminutos insectos tisanópteros, en ámbar de Peñacerrada, que muestran abundantes granos de polen de gimnosperma pegados al cuerpo, muchos de ellos adheridos a setas especiales, o bien desprendidos alrededor (Peñalver *et al.*, 2012) (Fig. 1).

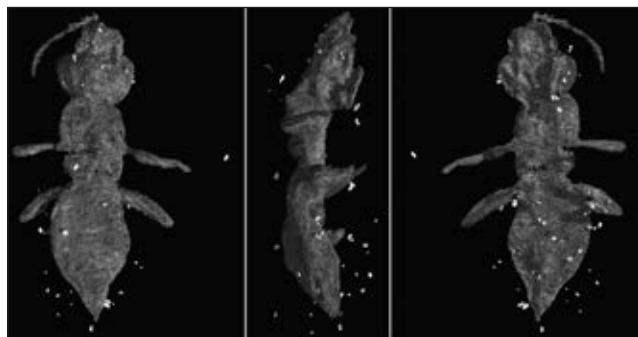


Figura 1. Imágenes microtomográficas (vistas dorsal, lateral y ventral, respectivamente) con radiación de sincrotrón en contraste de fase de un ejemplar hembra de la asociación MCNA-9516, perteneciente al género *Gymnopollisthrips* (Melanthripidae), en ámbar transparente del Cretácico de Álava. Se observan los granos de polen de gimnosperma (*Cycadopites*) adheridos al cuerpo o ligeramente desprendidos (longitud corporal alrededor de 1 mm). Imágenes del ESRF (Grenoble).

Se reconocieron dos especies del mismo género, que fue denominado *Gymnopollisthrips*, perteneciente a la familia actual Melanthripidae. Los trips polinizan actualmente a varios tipos de plantas: cicadales, gnetófitos y angiospermas. La explicación más plausible, de acuerdo con la biología actual de los trips, es que el aprovisionamiento y transporte de polen en el cuerpo y en las setas especiales (Fig. 2) sirviese para alimentar a las larvas, lo que sugiere que durante el Cretácico Inferior estos insectos pudieron ser subsociales. La subsocialidad se observa en algunas especies actuales de trips.



Figura 2. Reconstrucción de un ejemplar hembra del género *Gymnopollisthrips* (Melanthripidae) posado sobre una gimnosperma indeterminada, con abundantes granos de polen del polinomorfo *Cycadopites* adheridos al cuerpo (longitud corporal alrededor de 1 mm).

El último de los yacimientos españoles de ámbar cretácico con abundantes bioinclusiones que ha sido descubierto es El Soplao, en la localidad cántabra de Rábago. Aparte de los ceratopogónidos en cópula, se halló un extraño insecto inmaduro que presentaba una densa nube de restos vegetales anclada en el dorso. El insecto fósil se clasificó dentro de los neurópteros crisopoideos y se describió un nuevo género y especie: *Hallucinochrysa diogenesi*. Los restos vegetales en el dorso eran muy afines a los tricomas que se encuentran en los helechos de la familia Gleicheniaceae. La nube estaba anclada a unas largas prolongaciones del tórax y del abdomen de las que salían abundantes setas especiales para enganchar los restos. Estas estructuras alargadas, aunque mucho menos desarrolladas, se observan en las especies actuales de crisopoideos. En la actualidad, el acúmulo de basura que atesora el insecto en su dorso, el cual puede ser de muy variado contenido, le sirve para camuflarse frente a sus depredadores y sus presas. El fósil de El Soplao mostró que esta estrategia de camuflaje ya existía en el Cretácico Inferior (Pérez de la Fuente *et al.*, 2012).

Otros casos en estudio corresponden a lo que se denomina ectoparasitismo. Se han encontrado varios ejemplos de ácaros de la familia Erythraeidae alimentándose de moscas. En los fósiles se observa cómo el ácaro está adherido a la mosca perforando la cutícula con sus piezas bucales para alimentarse de los fluidos vitales.

Por último, se han encontrado abundantes ejemplares de dípteros ceratopogónidos en los ámbar de los tres principales yacimientos (Arillo *et al.*, 2008; Pérez de la Fuente *et al.*, 2011). Se observa en ellos la presencia de unas piezas bucales como las que poseen las especies actuales; de hecho, algunos de los fósiles hallados pertenecen a géneros que existen en la actualidad. Estos dípteros actualmente son hematófagos de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (incluyendo al ser humano) y pueden transmitir graves enfermedades. Se ha especulado con la posibilidad de que algunos de estos géneros de ceratopogónidos se hubiesen alimentado de la sangre de los dinosaurios (Pérez de la Fuente *et al.*, 2011).

Conclusión

Las interacciones paleobióticas que se han inferido del registro fósil en ámbar de España, tanto las intraespecíficas como las interespecíficas, tienen una notable importancia desde los puntos de vista paleoecológico, paleoetológico y de los estudios evolutivos.

Agradecimientos

Esta contribución se enmarca en los sucesivos proyectos del Ministerio de Educación y Ciencia, del Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto vigente: CGL2011-23948/BTE) y de la European Synchrotron Radiation Facility para el estudio del ámbar de España. El agradecimiento se hace extensivo a todas las instituciones que han colaborado económicamente para la realización de las excavaciones.

Referencias

- Arillo, A. 2007. Paleothology: fossilized behaviours in amber. *Geologica Acta*, 5(2): 159-166.
- Arillo, A., Peñalver, E. y Delclòs, X. 2008. *Microphorites* (Diptera: Dolichopodidae) from the Lower Cretaceous amber of San Just (Spain), and the co-occurrence of two ceratopogonid species in Spanish amber deposits. *Zootaxa*, 1920: 29-40.
- Boucot, A.J. y Poinar, G.O. 2010. *Fossil Behavior Compendium*. CRC Press, Boca Raton, 363 pp.
- Peñalver, E. 2002. *Los insectos dípteros del Mioceno del Este de la Península Ibérica; Rubielos de Mora, Ribesalbes y Bicorp. Tafonomía y sistemática*. Tesis Doctoral publicada, Universitat de València, 548 pp.
- Peñalver, E., Grimaldi, D.A. y Delclòs, X. 2006. Early Cretaceous Spider Web with Its Prey. *Science*, 312: 1761.
- Peñalver, E., Grimaldi, D. y Delclòs, X. 2008. *Early spider web*. En: Yearbook of Science and Technology 2008, MacGraw Hill, New York, 103-105.
- Peñalver, E., Labandeira, C.C., Barrón, E., Delclòs, X., Nel, P., Nel, A., Tafforeau, P. y Soriano, C. 2012. Thrips Pollination of Mesozoic Gymnosperms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(22): 8623-8628.
- Pérez-de la Fuente, R., Delclòs, X., Peñalver, E. y Arillo, A. 2011. Biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) from the Early Cretaceous El Soplao amber (N Spain). *Cretaceous Research*, 32: 750-761.
- Pérez-de la Fuente, R., Delclòs, X., Peñalver, E., Speranza, M., Wierzbos, J., Ascaso, C. y Engel, M.S. 2012. Early evolution and ecology of camouflage in insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(52): 21414-21419.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Efecto tafonómico de la actividad bioturbadora sobre asociaciones de foraminíferos bentónicos

José N. Pérez-Asensio¹, Julio Aguirre²,
Francisco J. Rodríguez-Tovar²

¹Section of Earth and Environmental Sciences, University of Geneva,
Rue des Maraîchers 13, 1205, Geneva, Switzerland.
E-mail: Noel.PerezAsensio@unige.ch

²Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias,
Campus de Fuentenueva s.n., Universidad de Granada, 18002 Granada,
Spain. E-mail: jaguirre@ugr.es, fjrtovar@ugr.es

Introducción

La mayoría de los estudios tafonómicos centran las interpretaciones en los procesos físicos que afectan a los organismos según las condiciones paleoambientales. De esta forma, una alta destrucción tafonómica se suele asociar a un ambiente altamente energético o a asociaciones de fósiles expuestas durante un largo periodo de tiempo sobre el fondo sedimentario. Sin embargo, existen menos estudios que analicen el efecto que tiene la actividad biológica sobre los restos esqueléticos acumulados en un fondo sedimentario. En estos estudios, la bioturbación puede tener un efecto positivo (de conservación) o negativo (de destrucción) dependiendo de las condiciones ambientales de partida, del organismo bioturbador, del tipo de bioturbación, y de los restos que se ven afectados. Por ejemplo, la bioturbación puede tener un efecto positivo en ambientes de baja tasa de sedimentación y/o de alta energía ya que puede enterrar los restos esqueléticos (bien de forma activa por los organismos bioturbadores o de forma pasiva) por debajo de la zona tafonómicamente activa. En el otro extremo, los organismos bioturbadores remueven el substrato donde ya hay restos enterrados de tal forma que pueden ser retrabajados por los propios organismos (relleno activo), o los puede exhumar de nuevo y exponerlos a los fenómenos destructivos. Así mismo, la bioturbación también airea el substrato, de tal forma que restos ya enterrados definitivamente son vulnerables a la circulación de fluidos intersticiales destructivos.

Especialmente sensibles a estas alteraciones como consecuencia de la bioturbación son los foraminíferos bentónicos. En este trabajo estudiamos el efecto que produce la bioturbación en las asociaciones de foraminíferos bentónicos, analizando tanto posibles modificaciones en las asociaciones de especies como en las propiedades tafonómicas. El análisis se ha realizado en los sedimentos terrígenos del Mioceno superior que afloran extensamente en los acantilados costeros al NNO de Conil de la Frontera (Cádiz, SO de España), en las playas de El Roqueo y La Fontanilla.

Contexto geológico

Los depósitos estudiados, que alcanzan un espesor máximo de aproximadamente 700 m, presentan un buzamiento de ~25° al ESE. La sección se puede dividir en tres grandes tramos caracterizados por pasos graduales entre ellos. El tramo inferior, de unos 300 m de potencia, está formado esencialmente por paquetes de limos masivos que intercalan intervalos de arenas medias con estratificación cruzada en artesa de gran escala. Así mismo, se observan capas tabulares de arenas de 10 cm de espesor máximo. El tramo intermedio, de hasta 150 m de espesor, está constituido por margas azules. El tamaño de grano incrementa gradualmente hacia techo hasta pasar al tramo superior, formado por limos y arenas finas que intercala cuerpos de calcarenitas con estratificaciones cruzadas en artesa. Este último tramo finaliza a techo con calcarenitas y calcirruditas que presentan estratificaciones cruzadas en artesa de gran escala.

Materiales y métodos

En la parte inferior del tramo intermedio margoso se observa una manifiesta alternancia de intervalos intensamente bioturbados (índice de bioturbación 4 y hasta un 70% del sedimento bioturbado) e intervalos masivos sin bioturbación. *Macaronichnus segregatis degiberti*, atribuida a la actividad de organismos depositívoros, fundamentalmente gusanos poliquetos, es la única icnoespecie presente en los niveles bioturbados. Hemos estudiado las asociaciones de foraminíferos bentónicos en esta alternancia para determinar el efecto de la bioturbación en la composición y propiedades tafonómicas de estas asociaciones. Se tomaron 9 muestras, 5 en los intervalos bioturbados (ROQ-1, ROQ-4, ROQ-6, ROQ-8 y ROQ-9) y 4 en los no bioturbados (ROQ-2, ROQ-3, ROQ-5 y ROQ-7). Para el estudio de las asociaciones de foraminíferos bentónicos se analizaron 300 individuos

de la fracción superior a 125 μm y se establecieron mediante un análisis de componentes principales en modo Q. En cuanto al estudio tafonómico, se cuantificaron distintos rasgos tafonómicos según diferentes categorías (con valor 0 para la ausencia de la propiedad tafonómica medida) de la siguiente forma; fragmentación (de 0 a 4), abrasión (de 0 a 3), disolución (de 0 a 3), presencia de perforaciones (de 0 a 3), recristalización (0 = ausente; 1 = presente), rellenos minerales (ausente, calcita o pirita), y preservación de la concha original o moldes (0 = concha original; 1 = molde). Para establecer tafofacies se realizó un análisis *cluster* en modo Q.

Resultados y discusión

El análisis de componentes principales en modo Q diferencia dos asociaciones, una dominada por *Cibicides refulgens* y la otra por *Cibicidoides pachydermus*. El dominio de estas dos especies, especialmente *C. pachydermus*, sugiere que las muestras analizadas corresponden a sedimentos depositados en una plataforma externa-talud superior (100-200 m de profundidad), oligotrófica y bien oxigenada. No se observan diferencias significativas en las asociaciones de bentónicos de los niveles bioturbados y no bioturbados, lo que sugiere homogeneidad ambiental durante el depósito. Únicamente se observan cambios muy sutiles, como un ligero incremento de *Brizalina spathulata*, especie infáunica somera que se desarrolla preferentemente en ambientes ricos en materia orgánica, en los tramos no bioturbados. En los niveles bioturbados hay un ligero incremento de *Globocassidulina subglobosa*, especie oligotrófica que habita principalmente en ambientes bien oxigenados. Estas sutiles diferencias en las asociaciones pueden deberse al efecto de los organismos bioturbadores. La ausencia de bioturbación favorece la conservación de la materia orgánica en las margas masivas, beneficiando el desarrollo de especies adaptadas a estas condiciones como *B. spathulata*. En los niveles bioturbados, por el

contrario, se produciría un incremento en la oxigenación del fondo por acción de los organismos bioturbadores con la consecuente oxidación de la materia orgánica, favoreciendo la proliferación de las especies de foraminíferos bentónicos propias de medios oxigenados y oligotróficos.

El análisis *cluster* en modo Q según las propiedades tafonómicas estudiadas permite diferenciar dos grupos de muestras. Por un lado, las muestras tomadas en los niveles de margas masivas y por otro las correspondientes a los niveles bioturbados. Las propiedades tafonómicas que permiten establecer esta diferenciación son la fragmentación y la recristalización, que muestran valores más elevados en los niveles bioturbados. El resto de propiedades no muestra diferencias significativas entre niveles. De nuevo, la intensidad de la bioturbación podría explicar estas diferencias de preservación, aún siendo muestras formadas bajo condiciones ambientales similares. La bioturbación incrementaría la circulación de fluidos intersticiales favoreciendo los procesos de recristalización observados. De igual forma, contribuiría a la destrucción directa de las conchas por remoción del sedimento (relleno activo; ingestión del sedimento por el organismo bioturbador) o indirecta (debilitamiento por disolución de las conchas químicamente más frágiles por los fluidos intersticiales).

Conclusión

Este estudio muestra la importancia de la acción de los organismos bioturbadores sobre la composición y características tafonómicas de las asociaciones de foraminíferos bentónicos. Así mismo, se pone de manifiesto la importancia del análisis integrado, icnológico y tafonómico, como una herramienta de trabajo de gran utilidad para poder entender cambios sutiles en las asociaciones de foraminíferos bentónicos formadas bajo las mismas condiciones ambientales.

Sobre la aplicación de la técnica *Two-Blocks Partial Least-Squares* al estudio de la integración morfológica entre neurocráneo y esplanocráneo en homínidos extintos y homínidos actuales

Juan A. Pérez-Claros¹, Juan M. Jiménez-Arenas², Paul Palmqvist¹

¹Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias,
Universidad de Málaga, Campus de Teatinos s/n. 29071 Málaga.
E-mail: johnny@uma.es, ppb@uma.es

²Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras,
Campus de Cartuja s/n. 18071 Granada. E-mail: jumajia@ugr.es

Introducción

En numerosos estudios puede surgir la necesidad de estudiar la covariación entre dos conjuntos de variables sin tener que asumir una relación de asimetría entre ambos (es decir, sin considerar que uno de ellos está integrado por variables dependientes y el otro por independientes). La bien conocida técnica del análisis de correlaciones canónicas se ha usado en estos casos (para una introducción a dicho método, véase Manly, 1994). Este método, que puede rendir pares muy correlacionados de combinaciones lineales de variables de ambos conjuntos, no tiene por qué dar cuenta de un alto porcentaje de la covariación total entre los mismos. Una alternativa es el uso de la técnica denominada mínimos cuadrados parciales de dos bloques, conocida más comúnmente por su anglicismo: *Two-Blocks Partial Least-Squares* (2B-PLS; para una introducción detallada y aplicación al campo de la morfometría, véase Rohlf y Corti, 2000). En este caso, las parejas de combinaciones lineales se seleccionan maximizando el porcentaje de covariación entre los dos conjuntos de los que dan cuenta. Esta metodología se aplica intensamente en el campo de la morfometría geométrica a fin de estudiar la integración morfológica entre distintas regiones anatómicas (Klingenberg, 2009). La integración de los diferentes aspectos de una o más estructuras (bien por motivos funcionales, bien por estar afectados por los mismos programas de desarrollo) se evidencia en el hecho de que dichos aspectos covarían independientemente respecto

a otros conjuntos análogos (o módulos), de ahí que el estudio de la integración (modularidad) se aborde, preferentemente, mediante la técnica 2B-PLS. Por otro lado, los análisis factoriales, si bien no son adecuados para definir módulos (Mitteroecker y Bookstein, 2008) también han de reflejar la modularidad, dado que la misma se define en términos de covariación.

En anteriores comunicaciones a las Jornadas de Paleontología hemos abordado el estudio del cráneo de los homínidos mediante análisis factoriales, en los que se recogían distintas alometría (dependiendo del grupo) entre los dos principales módulos craneales, el neurocráneo o cápsula craneal y el esplanocráneo o cara (Jiménez Arenas *et al.*, 2006, 2008). Avanzando en esta línea, en el presente trabajo se aborda la aplicación de la técnica 2B-PLS básicamente al mismo conjunto de variables, pero ampliando ligeramente la muestra de homínidos fósiles gracias a la publicación en la literatura científica de nuevos hallazgos. La cuestión a responder consiste en si el patrón de integración del desarrollo se ha mantenido en los especies actuales de Hominoidea y cómo los homínidos extintos se sitúan en dicho marco.

Materiales y métodos

La muestra analizada es básicamente la presentada en Jiménez-Arenas *et al.* (2008), incluyendo, además al espécimen de Dmanisi D 4500, atribuido a *Homo erectus*. Se ha aplicado la técnica 2B-PLS a los adultos de las especies vivientes usando las variables del neurocráneo y la cara tal cual, a efectos de evidenciar el patrón de integración evolutiva, y también mancomunando dentro de las especies, para mostrar la integración debida al desarrollo (Mitteroecker y Bookstein, 2008). Los especímenes fósiles no se han incluido en dichos análisis, aunque sí se han obtenido sus proyecciones en los mismos. Los programas de análisis se han desarrollado en Mathematica 7.0.

Resultados y conclusiones

El patrón de integración del desarrollo usando variables clásicas es prácticamente idéntico al obtenido con las técnicas de la morfometría geométrica (Mitteroecker y Bookstein, 2008; Singh *et al.*, 2012), lo que permite poner de manifiesto un esquema común del desarrollo para todas las especies de grandes simios y los humanos anatómicamente modernos.

Por otro lado, se evidencia que las especies de homínidos extintos se alinean ocupando la porción del morfoespacio existente entre grandes simios y humanos modernos. Además, se observa un mismo patrón de alineamiento en las nubes de datos de los homínidos extintos y *Homo*.

Agradecimientos

Este estudio se ha desarrollado en el marco del grupo de investigación RNM-146, integrado en el Sistema de Información Científica de Andalucía (SICA), los proyectos HUM-607 y HUM-7248 (Junta de Andalucía), el proyecto CGL2011-30334 del Ministerio de Ciencia e Innovación y las ayudas obtenidas de la Universidad de Málaga a través del Campus de Excelencia Internacional Andalucía TECH.

Referencias

Jiménez-Arenas, J.M., Pérez-Claros, J.A. y Palmqvist, P. 2006. Variabilidad craneométrica en homínidos: inferencias filogenéticas y paleoecológicas sobre los australopitécinos. En: *XXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y simposios de los proyectos PIGG 493, 503, 499, y 467*. Universidad de León, León, 50-53.

Jiménez-Arenas, J.M., Pérez-Claros, J.A. y Palmqvist, P. 2008. Análisis de la variabilidad craneométrica en Hominidae, con especial énfasis en los homínidos extintos: tendencias generales. En: *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), Colunga, 140-141.

Klingenberg, C.P. 2009. Morphometric integration and modularity in configurations of landmarks: tools for evaluating a priori hypotheses. *Evolution & Development*, 11 (4): 405-421.

Manly, B.F.J. 1994. *Multivariate statistical methods: a primer*. Chapman & Hall, New York (2nd edition) 232 pp.

Mitteroecker P. y Bookstein, F.L. 2008. The evolutionary role of modularity and integration in the hominid cranium. *Evolution*, 62(4): 943-958.

Rohlf, F.J. y Corti M. 2000. Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic Biology*, 49(4): 740-753.

Singh, N., Harvati K., Hublin, J.J. y Klingenberg, C.P. 2012. Morphological evolution through integration: A quantitative study of cranial integration in *Homo*, *Pan*, *Gorilla* and *Pongo*. *Journal of Human Evolution*, 62(1): 155-164.

La colección de anfibios fósiles del Museo Nacional de Ciencias Naturales

Patricia Pérez-Díos, Borja Sanchiz

*Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. José Gutiérrez Abascal 2,
E-28006, Madrid. E-mail: patriciaperez@mncn.csic.es*

Es muy conocido el dicho paleontológico que afirma que muchos fósiles de importancia yacen desapercibidos en los yacimientos en que se convierten los sótanos y almacenes de los grandes museos. Este parece ser también el caso de la colección de Paleontología del Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), y en esta comunicación presentamos un avance del proyecto de recuperación y documentación museológica de la colección paleobatracológica de ese centro.

El MNCN es una institución que actualmente pertenece al CSIC y se origina a mediados del siglo XVIII (Barreiro, 1992; Villena *et al.*, 2008; Montero, 2003). En estos cerca de dos siglos y medio de su historia, la política de adquisiciones ha sido muy diversa. En el siglo XIX, aunque no muy frecuente respecto a paleoherpetología, el crecimiento vino asociado a la compra de ejemplares y colecciones o a los viajes puntuales de recolección para completar aquellos grupos taxonómicos o edades geológicas que no estaban suficientemente representados. A lo largo del siglo XX, por el contrario, la colección ha ido creciendo vinculada a la actividad científica de los grupos de investigación que han trabajado en el centro, lo que ha originado marcados sesgos, principalmente relacionados con una desigual representación espacial y cronológica en la composición actual de la Colección de Paleontología de Vertebrados (Sánchez *et al.*, 2004; Lobón y Morales, 2009).

Desde finales del siglo XX hasta la actualidad, y siendo en este aspecto una excepción mundial, puede decirse que la Colección de Paleontología del MNCN es una colección de facto prácticamente cerrada, al estar legalmente imposibilitada para incorporar gran parte del patrimonio paleontológico español. El MNCN es un museo nacional de titularidad y gestión estatal y,

según la legislación de Patrimonio Histórico y Cultural, materia por la que se rige la paleozoología en nuestro país, son las Comunidades Autónomas las que actualmente gestionan las intervenciones y el material resultante de las mismas. Por este motivo el crecimiento futuro de la colección está restringido fundamentalmente a donaciones, depósitos semipermanentes, compras comerciales de ejemplares extranjeros, intercambio de moldes y, de manera residual, al descubrimiento de material no estudiado en sus propios fondos históricos.

Hay dos motivos por los cuales las colecciones paleobatracológicas de lisanfibios son relativamente escasas. Por una parte, la mayor parte de los fósiles son restos desarticulados y fragmentarios, generalmente no reconocibles a simple vista durante el proceso de excavación. Solamente en yacimientos excepcionales, como Libros o Ribesalbes (McNamara, 2009; McNamara, 2006), se encuentran esqueletos directamente apreciables. Al ser los anfibios una parte minoritaria de la microfauna, prácticamente no se recolectaron en España hasta que se generalizaron en los años 1970 las técnicas de lavado y tamizado de sedimento. Por otra parte, dada su rareza, el número de especialistas en el grupo ha sido siempre muy escaso, y de hecho sigue siendo un campo minoritario dentro del ámbito de la paleontología, con únicamente 23 científicos en todo el mundo que hayan publicado especies nuevas en los últimos cinco años (Martín y Sanchiz, 2014).

Los anfibios fósiles del MNCN no habían sido hasta ahora objeto de un estudio conjunto, no existiendo catálogo colectivo, y la escasa información existente se encontraba muy dispersa en la bibliografía. Además, una parte considerable del material localizado no había sido nunca descrito. Por ello se ha emprendido una revisión completa de estos fondos, que inicialmente ha consistido en la identificación y localización de todos los ejemplares de la colección. Para ello se elaboró, en un primer momento, un listado por localidades con los ejemplares que estaban identificados como tales en las bases de datos históricas de la Colección de Paleontología de Vertebrados. Con ellos localizados, se procedió a actualizar o revisar su identificación taxonómica, fotografiándose y documentándose todas las piezas. En un segundo paso, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica utilizando como punto de partida el sistema gestor de conocimiento Lisanfos KMS (Martín y Sanchiz, 2014), comprobándose todas las referencias publicadas sobre los yacimientos en los que se mencionaran anfibios y si habían sido citados como pertenecientes a la colección del MNCN.

Por otra parte, para poder incluir todos los ejemplares de anfibios fósiles que componen actualmente la colección se realizó una revisión directa del material que todavía no había sido informatizado completamente, encontrándose ejemplares de numerosos yacimientos cuya existencia no se conocía con detalle. Todos estos ejemplares están en proceso de catalogación e identificación para realizar las correspondientes fichas descriptivas.

El trabajo está proporcionando una visión global y detallada de la colección de anfibios fósiles. Además de poner en valor ejemplares de gran importancia histórica, por las peculiares circunstancias de su ingreso, el proyecto ha sacado a la luz ejemplares y localidades hasta ahora inéditas, incluso yacimientos que por desgracia actualmente han desaparecido o son inaccesibles.

El propósito final de este estudio es publicar un catálogo descriptivo e histórico en el que se recopilen exhaustivamente todos los datos disponibles de esta colección.

Actualmente la colección de anfibios fósiles del MNCN está compuesta por aproximadamente 8.500 ejemplares, que representan el 9,2% del total de ejemplares informatizados de la Colección de Paleontología de Vertebrados. Los ejemplares provienen de 55 localidades distintas, casi todas ellas situadas en la Península Ibérica; tan sólo un 14,5% de los yacimientos son de países del resto de Europa. Se carece de ejemplares originales que procedan de otros continentes. La distribución cronológica de los yacimientos está muy sesgada, con una mayoría de localidades del Mioceno, un 45,5%, y del Pleistoceno, con un 36,4% del total. En comparación, la colección de micromamíferos, por ejemplo, supera actualmente los 150 yacimientos.

En el resumen taxonómico por familias puede observarse que la mayoría de los ejemplares, más del 80%, pertenecen a las familias de anuros Bufonidae y Ranidae, particularmente a los primeros. La colección conserva los tipos nomenclaturales de *Eodiscoglossus santoniae*, un discoglósido del Cretácico Inferior y de *Pelodytes arevacus*, un pelodítido del Mioceno medio. Se han descubierto nuevas especies, todavía inéditas de los géneros *Calotriton* y *Pleurodeles* (Salamandridae), que serán descritas con material de la colección.

Desde el punto de vista histórico, algunas de las incorporaciones de material batracológico a la Colección reflejan muy bien las peculiares circunstancias de la paleontología en diversas épocas. Son de particular

interés a este respecto, por ejemplo, la obtención de las ranas de Libros (*Pelophylax pueyoi*) o de las microfaunas recolectadas por Eduardo Hernández-Pacheco en yacimientos arqueológicos cantábricos (Hernández-Pacheco, 1923), ambos casos a principios del siglo XX.

Agradecimientos

A Madelaine Böhme y a Pablo Peláez-Campomanes por la información que nos han facilitado. Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto CGL2011-28877/BTE.

Referencias

- Barreiro A.J. 1992. *El Museo Nacional de Ciencias Naturales (1771-1935)*. Doce Calles, Madrid, 509 pp.
- Hernández-Pacheco E. 1923. *La vida de nuestros antecesores paleolíticos según los resultados de las excavaciones en la caverna de La Paloma (Asturias)*. *Memorias de la Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas*, n°31 (Serie Prehistórica n° 26). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, 42 pp.
- McNamara, M.E., Orr, P.J., Kearns, S.L., Alcalá, L., Anadón, P. y Peñalver, E. 2006. High fidelity preservation of bone marrow in c. 10 million year old amphibians. *Geology*, 34: 641–644.
- McNamara, M.E., Orr P.J., Kearns, S., Alcalá L., Anadón P. y Peñalver. E. 2009. Soft-tissue preservation in Miocene frogs from Libros, Spain: Insights into the genesis of decay microenvironments. *Palaos*, 24: 104–117.
- Martín, C. y Sanchiz, B. 2014. *Lisanfos KMS. Version 1.2*. Online reference accessible at <http://www.lisanfos.mncn.csic.es/>. Museo Nacional de Ciencias Naturales, MNCN-CSIC. Madrid, Spain. [consultada en junio de 2014].
- Montero, A. 2003. La Paleontología y sus Colecciones desde el Real Gabinete de Historia Natural al Museo Nacional de Ciencias Naturales. *Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, 19: 1-393.
- Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Álvarez-Sierra, M.A., Azanza, B. y Montoya, P. 2009. Historia de las excavaciones paleontológicas (mamíferos) en el museo Nacional

de Ciencias Naturales-CSIC. En: Lobón-Cervía, J. y Morales, J. (eds.), *Notas para la historia reciente del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales*: 211-268.

Sánchez, B., Pesquero M.D., Fraile, S. y Salesa J.M. 2004. Las Colecciones de Vertebrados fósiles del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC): aportación

del profesor Emiliano Aguirre a la Paleontología española. *Zona Arqueología IV, Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre*, 2: 526-541.

Villena, M., Almazán, J.S., Muñoz, J. y Yagüe, F. 2008. *El gabinete perdido. Pedro Franco Dávila y la Historia Natural del Siglo de las Luces*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1177 pp.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Implicaciones del hallazgo de un ejemplar de gran tamaño de la tortuga *Thalassemys* en el Jurásico Superior de Reino Unido

Adán Pérez-García^{1,2}

¹Centro de Geología, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal.
E-mail: paleontologo@gmail.com

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España.

Introducción

Durante el Jurásico Superior fueron muy abundantes en las regiones costeras europeas varios grupos de quelonios endémicos de este continente. Se trata de formas basales de Eucryptodira. Aunque el grupo mejor representado es Plesiochelyidae, otros taxones que no forman parte de ese clado, tales como *Enaliochelys*, un nuevo representante recientemente descrito a partir del material de la Isla de Oléron (Francia) preliminarmente atribuido a "*Thalassemys moseri*", o el relativamente mal conocido *Thalassemys*, permiten constatar la existencia una importante radiación que dio origen a gran cantidad de formas litorales, todas ellas aparentemente extintas antes del Cretácico (Pérez-García, aceptado).

Thalassemys fue definido en el Kimmeridgiense de Solothurn (Suiza). El material proveniente de esa localidad, asignado a la especie *Thalassemys hugii*, ha sido recientemente revisado (Anquetin *et al.*, 2014). Al mismo tiempo, su presencia ha sido reconocida en el registro británico, mediante el estudio de un ejemplar atribuido a *Thalassemys* sp. (Pérez-García, aceptado).

Un nuevo ejemplar británico, atribuible a *Thalassemys*, es presentado en este trabajo. Su estudio aporta nuevos datos sobre la sistemática de este género en el registro de dicho país.

Materiales y métodos

La longitud del espaldar del ejemplar aquí analizado era superior a 80 cm. Por lo tanto, no sólo se trata del caparazón relativamente completo de mayor tamaño correspondiente a un miembro basal de Eucryptodira del registro del Jurásico Superior Europeo sino también al del representante de Pan-Cryptodira no Cryptodira mayor del registro fósil mundial.

Este ejemplar procede de la parte inferior de la Formación "Kimmeridge Clay", de niveles depositados en el Kimmeridgiense. Fue hallado en las cercanías de la localidad de Abingdon (Reino Unido). Forma parte de la colección paleontológica del Oxford University Museum.

Discusión y conclusiones

La presencia de *Thalassemys* en el registro británico ha sido recientemente confirmada mediante el estudio de un ejemplar, consistente en un espaldar relativamente completo, así como algunos otros elementos correspondientes a las cinturas y a huesos apendiculares (Pérez-García, aceptado). Algunos caracteres que difieren de los identificados en la especie tipo, *Thalassemys hugii*, fueron reconocidos en dicho ejemplar. Sin embargo, teniendo en cuenta su posible atribución a un ejemplar juvenil, unida a la ausencia de más ejemplares provenientes de Reino Unido, que permitieran evaluar si algunos de esos caracteres tienen validez específica o están sometidos a variabilidad, dicho ejemplar fue atribuido a *Thalassemys* sp. (Pérez-García, aceptado).

El ejemplar aquí presentado aporta relevante información sobre elementos ahora no conocidos en el único ejemplar de *Thalassemys* identificado en el registro británico, como es el caso de la correspondiente al plastrón. Además, este ejemplar corresponde claramente a un adulto, por lo que permite conocer los caracteres que definen a la especie allí representada, y compararlos con los de la especie tipo y hasta ahora única especie válida de este género, de manera que su atribución específica puede ser precisada.

Agradecimientos

El autor agradece al personal del Oxford University Museum el acceso al material y a José Ignacio Ruiz-Omeñaca la revisión de este resumen.

Referencias

Anquetin, J., Püntener, C. y Billon-Bruyat, J.-P. 2014. A taxonomic review of the Late Jurassic eucryptodiran turtles from the Jura Mountains (Switzerland and France). *PeerJ*, 2:e369.

Pérez-García, A. *Aceptado*. New data on the poorly-known European Late Jurassic turtles *Thalassemys* and *Enaliochelys* and description of a new basal eucryptodiran taxon. *Journal of Iberian Geology*.

Nuevos datos sobre el registro del quelonio terrestre *Paleotestudo* en el Aragoniense (Mioceno medio) ibérico

Adán Pérez-García^{1,2}

¹Centro de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal.
E-mail: paleontologo@gmail.com

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España.

Introducción

En la Península Ibérica se identifican numerosos yacimientos miocenos, en los que se reconocen asociaciones faunísticas en todas sus biozonas. Debido a la abundancia de restos de mamíferos, muchos trabajos han analizado su diversidad y distribución. El registro de quelonios es también muy abundante, pero generalmente mal conocido. Además de quelonios terrestres (testudínidos del clado Testudininei) de gran talla, de más de un metro de longitud (ver Pérez-García y Vlachos, aceptado), es frecuente el hallazgo de restos de tortugas generalmente definidas como de talla normal, de no más de treinta centímetros. Hasta ahora la información sobre estas últimas formas era muy limitada. Un reciente estudio (Pérez-García y Murelaga, 2013) ha establecido los primeros pasos para realizar estos análisis, aportando nuevos datos sobre la diversidad representada y planteando nuevos interrogantes.

El objetivo general que persigue este trabajo es analizar la diversidad y sistemática de los testudínidos terrestres de talla normal que integran el registro del Aragoniense ibérico, especialmente de aquellos presentes en los niveles previos al Aragoniense más superior, en los que no se conoce ningún taxón a nivel específico.

Problemática

Varios taxones fueron definidos en el registro aragoniense español. Sin embargo, la validez de la mayoría de ellos ha sido recientemente refutada. El único de esos taxones al que se atribuyeron varios ejemplares fue "*Testudo*" *catalaunica*, no habiéndose confirmado su presencia fuera de Cataluña (Pérez-García y Murelaga, 2013). Los Testudininei de talla normal representados en la Península Ibérica han sido recientemente reasignados a *Paleotestudo*, un género cuya presencia en esta región no se había confirmado previamente, y que es reconocido, en el registro ibérico, entre las biozonas MN4 (Burdigaliense, Mioceno inferior) y MN10 (Vallesiense, Mioceno superior) (Pérez-García y Murelaga, 2013). Su especie tipo, *Paleotestudo canetotiana*, ha sido exclusivamente identificada en el yacimiento del Mioceno medio (MN6, Aragoniense) francés de Sansan (Gers), donde se ha identificado abundante material que permite analizar su diversidad (Lartet, 1851; Lapparent de Broin, 2000; Pérez-García y Murelaga, 2013). De esta manera, la presencia de *Testudo* no puede ser reconocida en el registro del Aragoniense y Vallesiense ibérico.

A pesar del abundante registro, la escasa información disponible, debido a la falta de estudios detallados, sólo permite determinar, a nivel específico, el material identificado en la localidad tipo de *Paleotestudo catalaunica*. Aunque la validez de esta especie no ha sido refutada, carece actualmente de una diagnosis que permita establecer distinciones con *Paleotestudo canetotiana*, no pudiendo descartarse que pueda ser sinonimizada con esa o con alguna otra forma previamente definida.

Discusión y conclusiones

Una de las regiones de la Península Ibérica donde se ha identificado más material de testudínidos de talla normal en niveles previos al Aragoniense más superior es la Cuenca de Madrid. Las primeras referencias a material de este grupo de tortugas tienen más de un siglo. Sin embargo, la mayoría de estos ejemplares clásicos permanecían, hasta ahora, inéditos. El escaso material de *Paleotestudo* hasta ahora descrito en esta área (ver Jiménez Fuentes, 1985; Pérez-García, 2013) actualmente carece de determinación específica.

Aunque la información sobre la sistemática de los testudínidos de talla normal del Mioceno ibérico es muy limitada, esta falta de conocimiento es especialmente relevante en los niveles anteriores a las biozonas MN7/8, que son aquellos que coinciden con la distribución conocida del género *Paleotestudo* en otros países (Lapparent de Broin, 2000). Nuevos hallazgos han aportado algunos ejemplares que pueden ser relevantes para abordar este análisis. En este sentido, destacan dos caparazones prácticamente completos y articulados, procedentes de dos localidades de la Cuenca de Madrid. Su estudio, así como el de otros ejemplares ibéricos, teniendo en cuenta la variabilidad registrada tanto en yacimientos españoles donde el material de este grupo es relativamente abundante como, especialmente, en el registro francés, permitirán aportar nuevos datos sobre la sistemática de estas formas.

El registro del Mioceno medio y la parte inferior del superior de Europa es muy relevante ya que en él se reconocen representantes de varios linajes de testudínidos terrestres que perviven hasta nuestros días.

Agradecimientos

Esta investigación se desarrolla gracias a una Ayuda a la Investigación financiada por la Sociedad Española de Paleontología.

Referencias

- Jiménez Fuentes, E. 1985. Quelonios fósiles del Astaraciense de Paracuellos del Jarama y de Henares 1 (Madrid). En: Alberdi, M.T. (coord.), *Geología y Paleontología del Terciario continental de la provincia de Madrid*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, 17-27.
- Lapparent de Broin, F. de 2000. Les Chéloniens de Sansan. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 183: 219-261.
- Lartet, E. 1851. *Notice sur la Colline de Sansan*. J.-A. Portes, Auch, Francia, 42 pp.
- Pérez-García, A. 2013. Turtles from the Middle Miocene (MN5) of Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid, Spain). *Spanish Journal of Palaeontology*, 28: 55-60.
- Pérez-García, A. y Murelaga, X. 2013. Las tortugas del Vallesiense superior del Cerro de los Batallones (Madrid, España): nuevos datos sobre el escasamente conocido género *Paleotestudo*. *Ameghiniana*, 50: 335-353.
- Pérez-García, A. y Vlachos, E. Aceptado. New generic proposal for the European Neogene large testudinids (Cryptodira) and the first phylogenetic hypothesis for the medium and large representatives of the European Cenozoic record. *Zoological Journal of the Linnean Society*.

Reevaluando la sistemática y filogenia del testudínido del Oligoceno europeo “*Testudo*” *gigas*

Adán Pérez-García^{1,2}

¹Centro de Geología, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal.
E-mail: paleontologo@gmail.com

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España.

Introducción

“*Testudo*” *gigas* es un quelonio terrestre de relativo gran tamaño (longitud del caparazón de aproximadamente 80 cm), definido por Bravard (1844) a partir de un caparazón bastante completo, procedente del Oligoceno de la población francesa de Bournoncle-Saint-Pierre (Auvernia, Alto Loira). Su atribución al género *Testudo* no puede ser sustentada (Broin, 1977; Pérez-García y Vlachos, aceptado). Esta especie fue reasignada al género *Cheirogaster* por Broin (1977), género al que se atribuyeron, además de la especie tipo (el taxón del Eoceno francés *Cheirogaster maurini*), todos los testudínidos de medio y gran tamaño del Oligoceno y Neógeno europeo. La reciente revisión de muchas de estas formas ha permitido restringir la distribución de *Cheirogaster* al Eoceno, proponiéndose un nuevo género que agrupa a todos los taxones hasta ahora descritos en el Neógeno de este continente, pero planteándose la necesidad de una revisión para “*Testudo*” *gigas*, que no es asignable ni a este nuevo género ni a ninguno de aquellos hasta ahora definidos (Pérez-García y Vlachos, aceptado). Esta revisión es aquí efectuada.

Conocimiento actual sobre “*Testudo*” *gigas*

A pesar de que “*Testudo*” *gigas* fue definido en la primera mitad del siglo XIX (ver Bravard, 1844), la información publicada sobre este taxón es muy escasa. Debido a que, en esa época, el conocimiento sobre los testudínidos

fósiles era muy limitado, la información suministrada por Bravard (1844) resulta actualmente insuficiente para su caracterización. Esta forma fue considerada en varios trabajos clásicos (ver por ejemplo Orbigny, 1848; Chenu, 1851; Gervais, 1859; Gaudry, 1873; Reinach, 1900; Andrews, 1904, 1906), en los que no se aportó información sobre ella, sino que simplemente se incluía en listados faunísticos o al enumerar taxones de quelonios terrestres de relativo gran tamaño. Gervais (1859) incluyó un dibujo del holotipo de “*Testudo*” *gigas* en vista ventral, y otro en vista lateral derecha, siendo éstas las últimas figuras correspondientes a esta especie hasta ahora publicadas. En 1890, Depéret enumeró algunos caracteres que le permitieron distinguir a “*Testudo*” *gigas* de la forma del Plioceno de Francia “*Testudo*” *perpiniana* (actualmente atribuida al citado nuevo género que agrupa a formas del Neógeno de Europa y del oeste de Asia tales como “*Testudo*” *perpiniana*, “*Testudo*” *bolivari*, “*Testudo*” *eurysternum*, “*Testudo*” *ginsburgi*, “*Testudo*” *vitodurana*, “*Testudo*” *steinbacheri*, “*Testudo*” *leberonensis*, “*Testudo*” *schafferi* y “*Cheirogaster*” *bacharidisi*; ver Pérez-García y Vlachos, aceptado). Broin (1977) reasignó “*Testudo*” *gigas* al género *Cheirogaster*, sin justificar dicha atribución. Esta hipótesis ha sido recientemente refutada, indicándose algunos caracteres que permiten su identificación como no asignable a ninguno de los géneros conocidos ni en el Paleógeno ni en el Neógeno de Europa (Pérez-García y Vlachos, aceptado).

Conclusiones

El holotipo y hasta ahora único espécimen conocido de “*Testudo*” *gigas* es aquí detalladamente analizado. Esto permite corregir numerosas interpretaciones presentes en los dibujos de Gervais (1859: lámina 54), y realizar, por primera vez, su descripción detallada. Su sistemática y filogenia son analizadas, proponiéndose una diagnosis para este taxón. Este estudio aporta nuevos datos sobre la diversidad y evolución de los testudínidos europeos, un clado muy común en el registro del Neógeno pero no tanto del Paleógeno de este continente.

Referencias

- Andrews, C.W. 1904. Note on the gigantic land tortoise (*Testudo ammon* Andrews) from the Upper Eocene of Egypt. *Geological Magazine*, Sp. N. 1: 527-529.
- Andrews, C.W. 1906. *A descriptive catalogue of the Tertiary Vertebrata of the Fayûm, Egypt, based on the collection of the Egyptian government in the Geological museum*,

Cairo, and on the collection in the British museum (Natural history). Trustees of the British Museum, London, 324 pp.

Bravard, A. 1844. Considérations sur la distribution des mammifères terrestres fossils dans le département du Puy-de-Dôme. *Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne*, 16: 402-439.

Broin F de. 1977. Contribution à l'étude des Chéloniens: Chéloniens continentaux du Crétacé et du Tertiaire de la France. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 38: 1-366.

Chenu, J.-C. 1851. *Encyclopédie d'histoire naturelle ou Traité complet de cette science d'après les travaux des naturalistes les plus éminents de tous les pays et de toutes les époques. Reptiles et poissons*. Firmin-Didot et Cie, Paris, 434 pp.

Depéret, C. 1890. Les animaux pliocènes du Roussillon. *Mémoires de la Société géologique de France, Paleontologie*, 3: 1-194.

Gaudry, A. 1873. *Animaux fossiles du Mont Leberon (Vaucluse)*. Savy, Paris, 180 pp.

Gervais, P. 1859. *Zoologie et paléontologie françaises*. Arthus Bertrand Lie, Paris, 544 pp.

Orbigny, A.D. d'. 1848. *Dictionnaire Universel d'Histoire Naturelle. Vol. 11*. Renard, Paris, 816 pp.

Pérez-García, A. y Vlachos, E. *Aceptado*. New generic proposal for the European Neogene large testudinids (Cryptodira) and the first phylogenetic hypothesis for the medium and large representatives of the European Cenozoic record. *Zoological Journal of the Linnean Society*.

Reinach, A. 1900. Schildkrötenreste im Mainzer Tertiärbecken und in benachbarten, ungefähr gleichalterigen Ablagerungen. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, 28: 1-135.

Los testudínidos terrestres del Eoceno medio de Mazaterón (Soria): Implicaciones sistemáticas y paleobiogeográficas

Adán Pérez-García^{1,2}, Emiliano Jiménez Fuentes³, Francisco Ortega²

¹Centro de Geología, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal. E-mail: paleontologo@gmail.com

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España. E-mail: fortega@ccia.uned.es

³Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced, S/N. 37008 Salamanca. E-mail: ejimenez@usal.es

Introducción

El registro fósil de Testudinidae terrestres en Europa es relativamente abundante desde el Mioceno. En el Paleógeno europeo se han citado varios miembros de este grupo de quelonios, generalmente mal caracterizados. Esta falta de conocimiento suele estar motivada por el escaso registro de los taxones del Eoceno y Oligoceno, muchos de ellos definidos a partir de un único ejemplar, consistente en el caparazón parcial o relativamente completo (ver Pérez-García y Vlachos, aceptado).

Muchos de los testudínidos de talla mediana y grade del Cenozoico europeo habían sido atribuidos al género *Cheirogaster*, cuya especie tipo, *Cheirogaster maurini*, procede del Eoceno francés. La reciente atribución de las formas gigantes del Mioceno y Plioceno europeo a un nuevo género, así como el replanteamiento de la asignación de algunas formas del Paleógeno a *Cheirogaster* (ej. "*Cheirogaster*" *gigas*), ha permitido restringir la distribución conocida del género al Eoceno, mostrando la necesidad de revisión de casi todos los taxones del Paleógeno de Europa (Pérez-García y Vlachos, aceptado). De hecho, la atribución de algunos testudínidos europeos a géneros definidos en otros continentes se ha considerado dudosa. Una las asignaciones problemáticas es la de los restos hallados

en varias localidades europeas al género *Hadrianus*, un taxón definido en Norteamérica y cuya presencia en Europa ya había sido puesta en duda por Lapparent de Broin (2001).

Hadrianus ha sido citado en varios países europeos, tanto mediante la identificación de especies indeterminadas, como a través de la atribución al género de especies descritas a partir del registro de este continente. Este último es el caso de *Hadrianus eocaenica*, en Alemania, o *Hadrianus castrensis*, en Francia. Ambas especies fueron descritas en base a relativamente escaso material, cuya información actualmente disponible es muy limitada.

En el yacimiento español del Eoceno medio de Mazaterón (Soria, Cuenca de Almazán) (ver Marigó *et al.*, 2010; Minwer-Barakat *et al.*, 2012), se ha citado la presencia relativamente abundante de testudínidos de talla mediana. Estas tortugas se atribuyeron preliminarmente a una especie no definida de *Hadrianus* que difería de las ya conocidas en el registro europeo (Jiménez Fuentes *et al.*, 1988, 1989; Jiménez Fuentes, 1992, 2003; Cuesta Ruiz-Colmenares y Jiménez Fuentes, 1994). Hasta el momento ninguno de los ejemplares ha sido detalladamente descrito y analizado.

Discusión y conclusiones

Todo el material de testudínidos terrestres proveniente del Eoceno superior de Mazaterón puede atribuirse de forma congruente a un mismo taxón. Esta colección no sólo se compone de varios caparzones completos, sino también de placas aisladas, que permiten la observación de caracteres de su superficie visceral, así como de otros elementos del esqueleto postcraneal, hasta ahora apenas conocidos en las formas del Paleógeno europeo.

El estudio del abundante y bien preservado material de Mazaterón aporta datos sobre la variabilidad individual, ontogenética y sexual del taxón allí registrado. Debido al escaso registro, hasta ahora no se disponía de información sobre la variabilidad intraespecífica de ningún representante del Paleógeno europeo. El análisis del taxón de Mazaterón se integra en la revisión de otras formas del Paleógeno de este continente. De esta manera, dicho taxón se compara con varios taxones, hasta ahora mal definidos o que eran conocidos por escaso material, provenientes de varios países.

El estudio del taxón de Mazaterón, unido al de otras formas de testudínidos del Paleógeno y Neógeno europeo (incluyendo la descripción de nuevos taxones provenientes de ambos Sistemas; la revisión de taxones no sólo definidos en otros países europeos sino también a la problemática especie española *Asturichelys multicostatus*; y la probable identificación de este grupo de quelonios en el Eoceno de otras provincias castellano-leonesas), nos permite establecer nuevas hipótesis sobre sus relaciones de parentesco y sobre su paleobiogeografía. Esto implica la revisión de las hipótesis que proponían la existencia de géneros de testudínidos terrestres compartidos entre el registro del Paleógeno norteamericano y europeo.

Referencias

- Cuesta Ruiz-Colmenares, M.A. y Jiménez Fuentes, E. 1994. Síntesis del Paleógeno del borde oriental de la Cuenca de Almazán (Soria): Vertebrados de Mazaterón. *Studia Geológica Salmantica*, 29: 157-170.
- Jiménez Fuentes, E. 1992. Quelonios fósiles de Castilla y León. En: Jiménez Fuentes, E. (coord.), *Vertebrados fósiles de Castilla y León*. Museo de Salamanca, Salamanca, 71-100.
- Jiménez Fuentes, E. 2003. Quelonios fósiles de la Cuenca del Duero. En: Jiménez Fuentes, E. y Civis Llovera, J. (eds.), *Los vertebrados fósiles en la historia de la vida. Excavación, estudio y patrimonio*. Ediciones Universidad de Salamanca, Salamanca, 177-195.
- Jiménez Fuentes, E., Cuesta, M.A., Martín de Jesús, S., Mulas, E., Pérez Ramos, E. y Jiménez García, S. 1989. Primera nota sobre los vertebrados del Eoceno superior de Mazaterón y Deza (Soria). *Studia Geológica Salmantica*, n.e. 5: 129-133.
- Jiménez Fuentes, E., Martín de Jesús, S., Mulas Alonso, E., Pérez Ramos, E. y Jiménez García, S. 1988. *Guía de la sala de las Tortugas*. Universidad de Salamanca-Iberduero, Salamanca, 28 pp.
- Lapparent de Broin, F. de 2001. The European turtle fauna from the Triassic to the Present. *Dumerilia*, 4: 155-216.
- Marigó, J., Minwer-Barakat, R. y Moyà-Solà, S. 2010. New Anchomomyini (Adapoidea, Primates) from the Mazaterón Middle Eocene locality (Almazán Basin, Soria, Spain). *Journal of Human Evolution*, 58: 353-361.
- Minwer-Barakat, R., Marigó, J. y Moyà-Solà, S. 2012. *Pseudoloris cuestai*, a new microchoerine (Primates, Omomyidae) from the middle Eocene of the Iberian Peninsula. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32: 407-418.
- Pérez-García, A. y Vlachos, E. *Aceptado*. New generic proposal for the European Neogene large testudinids (Cryptodira) and the first phylogenetic hypothesis for the medium and large representatives of the European Cenozoic record. *Zoological Journal of the Linnean Society*.

Las tortugas del yacimiento del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Murcia, España)

Adán Pérez-García^{1,2}, Iratxe Boneta³, Xabier Murelaga⁴,
Carles Ferràndez-Cañadell⁵, Lluís Gibert⁶

¹Centro de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal. E-mail: paleontologo@gmail.com

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040 Madrid, España.

³Universidad Autónoma de Madrid. Francisco Tomás y Valiente 1, 28049 Cantoblanco, Madrid, España. E-mail: iratxe.boneta@estudiante.uam.es

⁴Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, UPV/EHU. Apartado 644. 48080 Bilbao, España. E-mail: xabier.murelaga@ehu.es

⁵Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Martí Franquès s/n, 02028 Barcelona, España. E-mail: carlesferrandez@ub.edu

⁶Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Martí Franquès s/n, 02028 Barcelona, España. E-mail: lgibert@ub.edu

Introducción

Cueva Victoria es un yacimiento cárstico situado en el Cerro de San Ginés de la Jara, al sur del Mar Menor (Cartagena, Murcia). El yacimiento fue descubierto por la acción minera a mediados del siglo XX. Después de unos trabajos de prospección iniciales, ha sido objeto de excavaciones sistemáticas desde 1984. Ha proporcionado una rica asociación de más de 80 especies de vertebrados fósiles, incluyendo restos de homínidos, que

se han datado mediante bioestratigrafía y magnetoestratigrafía como del Pleistoceno inferior (Gibert *et al.*, 2006). La cueva funcionó como un cubil de hienas, que aportaron la mayor parte de los restos de macrovertebrados (ej. Gibert *et al.*, 1993; Ferràndez-Cañadell *et al.*, 2011).

El hallazgo de restos de quelonios en yacimientos arqueológicos ibéricos es relativamente frecuente (Morales Pérez y Sanchís Serra, 2009). El objetivo de este trabajo es el estudio del material de quelonios de Cueva Victoria, tratando de establecer si corresponde a uno o más taxones, y si éstos eran terrestres o acuáticos.

El registro de quelonios de Cueva Victoria

El material de tortugas hallado en Cueva Victoria consiste en elementos desarticulados, tanto del caparazón como del esqueleto apendicular. Los elementos identificados del caparazón corresponden a una treintena de piezas. Entre ellos se determinan placas del espaldar y del plastrón. El material apendicular está representado por un menor número de elementos. Éstos corresponden tanto a los miembros anteriores como posteriores.

La repetición de algunos elementos, así como su atribución a individuos de diferentes tallas, probablemente de diferentes estadios ontogenéticos, permite reconocer la presencia de varios individuos.

Conclusiones

La disponibilidad de caracteres en los elementos de tortugas hasta ahora hallados en Cueva Victoria es compatible con la de un único taxón. Esta forma puede ser atribuida a un testudínido terrestre.

Referencias

- Ferràndez-Cañadell, C., Gibert, L. y Vilà-Vinyet, J. 2011. The action of carnivores in the early Pleistocene vertebrate site of Cueva Victoria (Cartagena, Murcia, Spain). *Paleontologia i Evolució, Memòries Especials*, 5: 143-146.
- Gibert, J., Ferràndez, C., Pérez-Cuadrado, J.L. y Martínez B. 1993. Cueva Victoria: cubil de carroñeros. *Memorias de Arqueología, Región de Murcia*, 4: 12-17.

Morales Pérez, J.V. y Sanchis Serra, A. 2009. The Quaternary fossil record of the genus *Testudo* in the Iberian Peninsula. Archaeological implications and diachronic

distribution in the western Mediterranean. *Journal of Archaeological Science*, 36: 1152-1162.

José Royo y Gómez y los supuestos estegosáuridos del Cretácico Inferior de Morella

Adán Pérez-García^{1,2}, Fernando Escaso², José Miguel Gasulla³, Carlos de Miguel Chaves², Pedro Mocho², Iván Narváez², Francisco Ortega², Xabier Pereda-Suberbiola⁴, José Ignacio Ruiz-Omeñaca⁵, Begoña Sánchez-Chillón⁶, José Luis Sanz³

¹Centro de Geología, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Edifício C6, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal.
E-mail: paleontologo@gmail.com

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Senda del Rey 9, 28040, Madrid, España. E-mail: fescaso@ccia.uned.es, carlos.miguelchaves@gmail.com, p.mochopaleo@gmail.com, inarvaez@ccia.uned.es, fortega@ccia.uned.es

³Unidad de Paleontología, Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, Darwin 2, 28049, Madrid, España.
E-mail: jm.gasulla@gmail.com, dinoproyecto@gmail.com

⁴Universidad del País Vasco/EHU, Facultad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Apartado 644, 48080, Bilbao, España. Email: xabier.pereda@ehu.es

⁵Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), 33328, Colunga, España.
E-mail: jiguiz@gmail.com

⁶Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, José Gutiérrez Abascal 2, 28006, Madrid, España. Email: mcnsc2b@mcn.csic.es

más relevantes fueron los efectuados en dos regiones de la Comunidad Valenciana (ver Pérez-García *et al.*, 2009a): Benagéber (Valencia), en niveles cercanos al tránsito entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior de la Formación Villar del Arzobispo, y Morella (Castellón), en la Formación Arcillas de Morella, actualmente datada como Barremiense. Es en esta última localidad donde Royo y Gómez reconoció la mayor diversidad. De hecho, en su último listado faunístico, concluyó que la fauna representada en Morella estaba integrada por un saurópodo (que reconoció como *Cetiosaurus* sp. nov.), un ornitópodo ("de la talla de *Iguanodon mantelli*"), un terópodo ("de la talla de *Megalosaurus bucklandi*") y "un estegosáurido de gran tamaño" (Royo y Gómez, 1927a).

La información sobre la fauna de reptiles del Cretácico Inferior de Morella se ha incrementado notablemente tanto durante la segunda mitad del siglo XX como en el siglo XXI (ver historia de los descubrimientos y distribución de los yacimientos en Gasulla *et al.*, 2011a, 2012; Pérez-García *et al.*, 2011). En este sentido, nuevo material de, entre otros, saurópodos, ornitópodos y terópodos ha sido hallado en la Formación Arcillas de Morella, permitiendo un mejor conocimiento sobre la mayoría de los grupos de dinosaurios preliminarmente analizados por José Royo y Gómez. Sin embargo, no existen nuevas evidencias que permitan apoyar la presencia de estegosáuridos.

Objetivos

Como se ha demostrado recientemente (Pérez-García *et al.*, 2009a), un alto porcentaje del material de dinosaurios de Morella analizado por Royo y Gómez se preserva en la actualidad. Además, se conserva numerosa documentación fotográfica y manuscrita de este autor en el Archivo del Museo Nacional de Ciencias Naturales (AMNCN, Madrid). El análisis de esa información permite identificar algunos de los huesos de Morella atribuidos por Royo y Gómez a estegosáuridos. De esta manera, y teniendo en cuenta el conocimiento actual, la presencia de este grupo de reptiles en el Cretácico Inferior de Morella es aquí reevaluada.

Introducción

El paleontólogo castellonense José Royo y Gómez fue uno de los pioneros en el estudio de los dinosaurios del registro español. Aunque identificó material de dinosaurios proveniente de varias localidades, sus hallazgos

La supuesta identificación de estegosáuridos en Morella

Además de por su abundante registro fósil, la localidad de Morella es relevante desde el punto de vista de la historia de la dinosauriología española ya que de allí proceden algunos de los primeros restos de dinosaurios

hallados en este país (ver Vilanova y Piera, 1873; Pereda-Suberbiola y Ruiz-Omeñaca, 2005; Gasulla *et al.*, 2009; Pérez-García *et al.*, 2009b). Tras su primer hallazgo de material de dinosaurios en Morella, en 1914 (Royo y Gómez, 1926a, 1926b), Royo y Gómez prosiguió con los trabajos de prospección, recolección y estudio de material de reptiles mesozoicos de esta región durante cerca de dos décadas. Las prospecciones periódicas realizadas tanto por él como por sus colaboradores permitieron mejorar las colecciones de dinosaurios morellanos depositadas en el Museo Nacional de Ciencias Naturales. Su análisis, para el que fueron fundamentales los estudios comparativos realizados en varias instituciones europeas, permitieron a Royo y Gómez proponer un primer listado faunístico de la fauna de reptiles cretácicos morellanos, que actualizó en varias ocasiones (ver por ejemplo Royo y Gómez, 1920, 1921, 1924, 1925, 1927a, 1927b). En 1927, Royo y Gómez citó por primera vez estegosáuridos en España, basándose únicamente en material proveniente de Morella (Royo y Gómez, 1927a, 1927b). La documentación manuscrita y fotográfica de este autor permite conocer en qué consistía el material atribuido a este grupo, identificado por él como un fémur, una cabeza proximal de tibia, una vértebra caudal y varios fragmentos de placas dermatoesqueléticas. De hecho, dicho autor consideraba el estegosáurido de Morella como el mayor hallado en Europa.

Discusión y conclusiones

El estudio de documentación inédita del AMNCN permite observar que, varios años antes de publicar las referencias a estegosáuridos en Morella (Royo y Gómez, 1927a, 1927b), concretamente en 1924, Royo y Gómez ya indicaba en sus anotaciones la atribución de algunos huesos a “un ceratópsido estegosauroideo”. De hecho, la consulta de este archivo permite también conocer con cierta precisión el afloramiento, año de recolección e historia del hallazgo de algunos de los supuestos restos de estegosáuridos. Su análisis también arroja datos sobre la argumentación que le motivó a proponer dicha atribución, reconociéndose referencias a ejemplares concretos observados en sus viajes, o a publicaciones que permitieron llevarle a esta conclusión.

La revisión de este material no permite su atribución a estegosáuridos, refutándose la identificación de este grupo en la Formación Arcillas de Morella donde, por otra parte, sí se conoce la presencia de otros tireóforos, concretamente el anquilosaurio *Polacanthus* (ver Gasulla *et al.*, 2011b). Ruiz-Omeñaca y Pereda-Suberbiola (1999) propusieron que uno de los

huesos reconocidos por Royo y Gómez como pertenecientes a estegosáuridos correspondía a un saurópodo. La atribución sistemática de todos estos restos es aquí discutida. Esto nos permite identificar al estegosáurido de Royo y Gómez como una quimera, integrada por huesos pertenecientes a varios clados.

Referencias

- Gasulla, J.M., Ortega, F., Pérez-García, A. y Sanz, J.L. 2009. Actividad paleontológica en la comarca de Els Ports a finales del siglo XIX y principios del XX. En: Poza, B., Santos-Cubedo, A., Vila, B. y Suñer, M. (eds.), *Dinosaurios lagartos terriblemente grandes. Un paseo por la exposición*. Fundación Blasco de Alagón, 39-46.
- Gasulla, J.M., Ortega, F., Escaso, F. y Pérez-García, A. 2011a. Los yacimientos de vertebrados de la Formación Arcillas de Morella (Aptiense inferior). En: *Viajando a Mundos Pretéritos*. Ayuntamiento de Morella, Morella, Castellón, 157-172.
- Gasulla, J.M., Ortega, F., Pereda-Suberbiola, X., Escaso, F. y Sanz, J.L. 2011b. Elementos de la armadura dérmica del dinosaurio anquilosaurio *Polacanthus* Owen, 1865, en el Cretácico Inferior de Morella (Castellón, España). *Ameghiniana*, 48: 508-519.
- Gasulla, J.M., Ortega, F., Sanz, J.L., Escaso, F. yagüe, P. y Pérez-García, A. 2012. Els vertebrats de la Formació Argiles de Morella (Aptià inferior, Cretaci Inferior). *Nemus*, 2: 15-27.
- Pereda-Suberbiola, X. y Ruiz-Omeñaca, J.I. 2005. Los primeros descubrimientos de dinosaurios en España. *Revista Española de Paleontología*, n.e. 10: 15-28.
- Pérez-García, A., Sánchez-Chillón, B. y Ortega, F. 2009a. Aportaciones de José Royo y Gómez al conocimiento sobre los dinosaurios de España. *Paleolusitana*, 1: 339-364.
- Pérez-García, A., Ortega, F. y Gasulla, J.M. 2009b. Revisión histórica y sistemática del primer hallazgo de tetanuros basales (Theropoda) del Cretácico Inferior de Morella (Castellón). *Geogaceta*, 47: 21-24.
- Pérez-García, A., Gasulla, J.M., Poza Falset, B., de Santisteban Bové, C., Santos-Cubedo, A., Suñer Fuster, M. y Escaso, F. 2011. Itinerario geo-paleontológico por la comarca de Els Ports (Castellón): Siglo y medio de investigaciones resumido en pocas horas. En: *Viajando a Mundos Pretéritos*. Ayuntamiento de Morella, Morella, Castellón, 261-274.

Royo y Gómez, J. 1920. Sesión del 7 de Julio de 1920. Los yacimientos weáldicos del Maestrazgo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 20: 261-267.

Royo y Gómez, J. 1921. La facies continental en el Cretácico Inferior Ibérico. *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Congreso de oporto*, 6: 221-236.

Royo y Gómez, J. 1924. Sesión del 2 de abril de 1924. Trabajos presentados. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 24: 177.

Royo y Gómez, J. 1925. Sesión ordinaria del 4 de marzo de 1925. Resultados científicos obtenidos en un viaje por Francia; Suiza, Alemania y Bélgica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 25: 114-117.

Royo y Gómez, J. 1926a. Los descubrimientos de reptiles gigantes en Levante. *Boletín de la Sociedad Castellonense de Cultura*, 7: 147-162.

Royo y Gómez, J. 1926b. Los vertebrados del Cretácico español de facies weáldica. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 47: 171-176.

Royo y Gómez, J. 1927a. Sur le faciès Wealdien d'Espagne. *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, 11: 125-128.

Royo y Gómez, J. 1927b. Sesión ordinaria del 6 de julio de 1927. Resultados científicos obtenidos en su viaje por Inglaterra y Francia. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 27: 307-309.

Ruiz-Omeñaca, J.I. y Pereda-Suberbiola, X. 1999. Un documento inédito de Royo y Gómez sobre los dinosaurios del Levante. *Temas Geológico-Mineros*, 26: 111-112.

Vilanova y Piera, J. 1873. Participa a la Sociedad hallarse hace algún tiempo en posesión de los únicos restos hasta ahora conocidos, en España, de *Iguanodon*. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, Actas*, 2: 8.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

KINECT, de lo lúdico a lo científico: nueva herramienta para captación de imágenes 3D

Alejandro Pérez-Ramos¹, Sergio Llacer², Sandra Illobre³,
Margarita Belinchón³, Diego Rasskin-Gutman¹

¹*Biología Teórica, Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biología Evolutiva, Universitat de València. Catedrático José Beltrán 2, 46980 Paterna (Valencia). E-mail: alejoperezramos5@gmail.com, diego.rasskin@uv.es*

²*Institut Català de Paleontologia, Escola Industrial, 23, 08201 Sabadell (Barcelona). E-mail: Sergio.Llacer@icp.cat*

³*Museo de Ciencias Naturales, Ayuntamiento de Valencia. Jardines del Real. General Elio s/n, 46010 Valencia. E-mail: sandraillobre@hotmail.es, margarita.belinchon@uv.es*

Introducción

El uso de escáneres superficiales es, desde hace varios años, una herramienta útil en diversos campos científicos tanto para la captación de elementos anatómicos como de elementos arquitectónicos y arqueológicos. En particular, la museológica se ha beneficiado de la vertiente didáctica asociada a estas nuevas técnicas, dotando a las colecciones museológicas con técnicas de animación muy novedosas, tanto en el ámbito artístico como en el científico (Wagensberg, 2000; Sabbatini, 2004).

Instituciones como el CSIC que tiene un Museo Virtual de la Ciencia (<http://museovirtual.csic.es>) son una buena prueba de ello. También se ha utilizado con éxito en diversas áreas expositivas de museos como el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (<http://www.mncn.csic.es/Menu/Exposiciones/Visitasvirtuales/>), o el de La Plata, en Argentina (http://www.argentinavirtual.educ.ar/localhost/index2eef.html?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=114), entre otros.

Asimismo puede ser una herramienta muy útil en el campo de la investigación paleobiológica. Con un modelo 3D el investigador puede

realizar medidas morfométricas, calcular superficies o volúmenes, ayudar a formar al investigador o mantener una copia digital de los ejemplares de un museo para facilitar su estudio y evitar, en lo posible, su manipulación física, con lo que se contribuye a su preservación. Así mismo, partiendo de un modelo virtual, se pueden llevar a cabo nuevas técnicas analíticas como análisis de elementos finitos (FEAs) dentro del campo de la biomecánica y calcular el estrés o deformación que puede sufrir la estructura ósea frente a diferentes tipos de locomoción, fuerza de mordedura ejercida etc., de un animal extinto (Anderson *et al.*, 2011; Rayfield, 2007). Del mismo modo, se pueden generar datos filogenéticos y ontogénicos (Hutchinson *et al.*, 2011), reconstrucciones anatómicas funcionales (Gidmark *et al.*, 2013) e incluso reproducir los movimientos que pudieran tener estos animales extintos o actuales (Bates *et al.*, 2012).

Los equipos de digitalización, como escáneres láser superficiales, permiten obtener el modelo 3D de cualquier espécimen, pero su precio suele ser muy alto, entre 2000 y 6000 euros. Dentro del mercado actual el más usado es NextEngine®. En este trabajo presentamos una forma más barata de digitalización mediante KINECT™ que tiene un precio alrededor de 150 euros, un accesorio creado por Microsoft® para su videoconsola XBOX 360®, obteniéndose unos resultados muy aceptables para su uso como herramienta científica en el estudio tanto de anatomía como de arquitectura o arqueología, la museística, la divulgación y la educación.

Para nuestro trabajo hemos elegido una muestra tan significativa como son los esqueletos de la Colección Rodrigo Botet, que se exhiben en el Museo de Ciencias Naturales de Valencia. Su valor radica en que es la colección más importante que hay en Europa de mamíferos del Pleistoceno americano, en la que están representados todos los géneros de mamíferos fósiles que encontró Darwin en su histórico viaje del Beagle y que fueron determinantes para elaborar su famosa teoría de la evolución.

Materiales y métodos

Se ha usado el accesorio KINECT™, optimizado para su utilización en una computadora con Windows® (Borenstein, 2012). Dispone de un emisor y detector láser de infrarrojos cuya función es la de detectar la superficie de los objetos, además posee una cámara con la que se captan la textura

y el color del objeto a digitalizar. La cámara RGB tiene una resolución de 640X480 píxeles, al igual que el detector de infrarrojos. Se usaron dos programas, **ReconstructMe** (<http://reconstructme.net/>) y **Skaneect** (<http://skanect.occipital.com>).

Para adquirir las imágenes situamos la pieza que deseamos escanear sobre una superficie plana, y movemos la KINECT™ en torno a ella. El sensor láser va adquiriendo la superficie externa a partir del registro de coordenadas en el espacio de dicha superficie, generando una nube de puntos en tiempo real del objeto de estudio. Al mismo tiempo, la cámara toma imágenes del objeto y las almacena en la memoria. Cuando el proceso de digitalización termina, la nube de puntos se transforma en una malla y, posteriormente, se agrega el color al modelo 3D. Este proceso se consigue gracias a la librería de código abierto OpenNi junto con el paquete de sensores de la empresa PrimeSense®. Con ello se establece la interacción entre el usuario y la KINECT™ al detectar y procesar los movimientos y gestos del usuario. La otra función mediante el paquete de drivers PrimeSense® es la adquisición de la profundidad a partir de la codificación de la luz captada por el sensor de video y la luz infrarroja. Se usa un sensor estándar de imagen CMOS que lee la luz codificada desde la escena usando varios algoritmos para triangular y extraer los datos 3D.

Para las pruebas con KINECT™ usamos varios objetos, desde elementos de tamaño reducido, como una taza; hasta objetos grandes, como los esqueletos de animales extintos, por ejemplo el *Megatherium* del Museo de Ciencias Naturales de Valencia.

El proceso de la captación de imagen 3D se realizó mediante el montaje del sensor de KINECT™ junto a la computadora en una plataforma deslizante para mover a velocidad moderada y constante el sensor a 360° alrededor del elemento (Izadi *et al.*, 2011). Respecto al tiempo de adquisición hubo diferencias en función del software que se usó. Con el software *ReconstructMe*, la distancia de captura de la imagen es estándar, de 1 metro aproximadamente y el modelo generado no tiene textura (Figs. 1B y 2B). Por el contrario, con el software *Skaneect* encontramos que la distancia de captación de la imagen de la escena se puede regular y nos ofrece la posibilidad en cada situación de captar objetos o escenas de diferentes dimensiones; con este software sí hay la opción de aplicar la textura al modelo 3D generado (Fig. 3).

Resultados

Obtuvimos, a partir del *ReconstructMe*, modelos sin textura, pero de gran detalle si lo comparamos con la técnica de la fotogrametría usando el programa *VisualSFM* (Wu, 2011; Falkingham, 2012) (Figs. 1 y 2). El problema de la fotogrametría es que no genera bien las concavidades craneales, los procesos transversos y apófisis de las vértebras, si no se genera una gran cantidad de fotogrametría sobre estas estructuras específicas. Con el programa *Skaneect*, la resolución respecto a la fotogrametría es parecida en cuanto a la textura y coloración, aunque la mejora en la captación de concavidades y estructuras craneales complicadas se resuelve al usar KINECT™ como escáner 3D (Fig. 3).

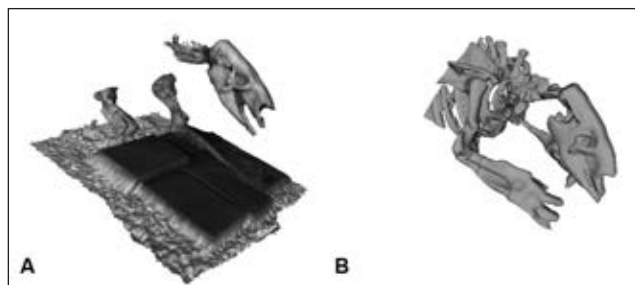


Figura 1. Escaneado parcial del esqueleto del *Scelidotherium*. Colección Botet. Museo de Ciencias Naturales. Valencia. España. (A) Modelo generado con fotogrametría usando *VisualSFM*, se observa la textura. (B) Modelo generado sin textura usando KINECT™ con el software *ReconstructMe*.

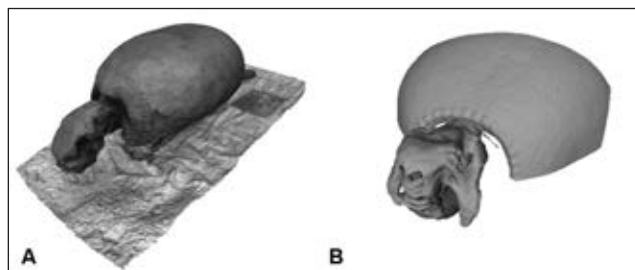


Figura 2. Modelo del esqueleto del *Gliptodonte*. Colección Botet. Museo de Ciencias Naturales. Valencia. España. (A) Modelo generado con fotogrametría usando *VisualSFM*, se observa la textura. (B) Modelo generado sin textura con KINECT™ usando el software *ReconstructMe*.

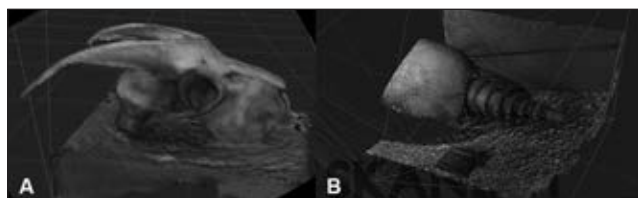


Figura 3. Modelos generados con KINECT™ usando el software *Skanect*. (A) Modelo de un cráneo del género *Capra*. (B) Modelo parcial del esqueleto del *Gliptodonte*.

Discusión

En comparación con los escáneres superficiales de alta gamma, KINECT™, reconvertida como escáner superficial (Borenstein, 2012), es una buena solución por sus prestaciones, por ser muy económica y por el tiempo de captación que es en tiempo real. Esto la convierte en una herramienta valiosísima para el investigador, el cual podrá usar KINECT™ de forma rápida en cualquier lugar y obtener resultados casi comparables a los escáneres superficiales costosos que, en contra, necesitan un alto tiempo de adquisición y piezas con unas dimensiones y peso concretos, por ejemplo NextEngine®, piezas superiores a 55 cm x 42cm no las puede captar de una vez. Estas limitaciones con KINECT™ no existen al tener un mayor ángulo de campo (57° horizontal y 43° vertical).

La resolución de KINECT™ frente a los escáneres comerciales, no es tan alta, pero es suficiente para captar detalles anatómicos como costillas,

vértebras o concavidades craneales. Surcos y separaciones milimétricas entre dientes no las detecta. No obstante, puede ser útil como forma rápida de escanear individualmente piezas grandes o bien elementos mostrados en una área expositiva concreta de un museo que contenga esqueletos montados, con un tiempo de post-proceso muy reducido, en contraposición con la fotogrametría, que necesita de varias horas de tiempo de procesamiento, según sea la complejidad de la muestra y con el escáner superficial, cuyo tiempo de adquisición y procesamiento es superior a la hora.

Esto puede suponer una ventaja, ya que con la fotogrametría, cualquier error en la adquisición no se aprecia hasta varias horas más tarde, y las concavidades o formas muy complejas no dan el detalle de resolución óptimo. Sin embargo, con KINECT™, cualquier error es inmediatamente encontrado y subsanado en tiempo real, incluso durante la propia adquisición de la imagen. En la tabla se muestra una comparación de los procesos de adquisición entre la fotogrametría y el uso de KINECT™ como escáner 3D (ver tabla I).

Conclusión

El uso de KINECT™ como forma de escaneo superficial rápido y barato puede ser de gran ayuda en paleobiología, al permitir adquirir de forma instantánea un objeto de grandes dimensiones que de otra forma hubiera sido imposible captar. Esta tecnología tiene una vertiente muy interesante desde el punto de vista de la divulgación y la didáctica de las colecciones,

Tabla I. Comparación de los dos procesos, fotogrametría usando *VisualSFM* frente el escáner 3D usando KINECT™ con el software *ReconstructMe*.

Especimen	Técnica de adquisición	Nº de triángulos	Tiempo adquisición (minutos)	Tiempo procesado (minutos)
Gliptodonte	kinect	410148	4,5	0,8
	Fotogrametría	3969322	5	480
<i>Scelidothorium</i>	kinect	469027	5,5	1
	Fotogrametría	1284590	6	390

superando las barreras espaciales y temporales. Por ejemplo, puede ser muy útil para permitir el acceso virtual a exposiciones permanentes, como ya se hace en algunos museos de ciencias (Londres, Madrid...) o a exposiciones temporales que ya no están vigentes.

También resulta muy interesante la posibilidad de consultar obras de la biblioteca científica que no son accesibles al público y, además, nos permite poner al alcance del visitante elementos que, por lo general, están restringidos para su estudio por especialistas, como son los contenidos de la tipoteca del museo, posibilitando la consulta de los ejemplares tipo, así como ejemplares que están en los fondos del museo pero que no se exponen al público.

Esta metodología permite, de forma económica, el diseño de numerosas aplicaciones y recursos didácticos con los que facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las colecciones de cualquier museo que, de otra forma, no sería posible con material paleontológico de tan elevado valor patrimonial.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecemos al grupo de Biología Teórica del Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva (Valencia) por disponer de la tecnología de KINECT™ y al Museo de Ciencias Naturales (Valencia) por darnos acceso a la Colección Botet.

Referencias

Anderson, P.S.L., Bright, J.A., Gill, P.G. y Rayfield, E.J. 2012. Models in palaeontological functional analysis. *Biology Letters*, 8: 119-122.

Bates, K.T., Benson, R.B.J. y Falkingham, P.L. 2012. A computational analysis of locomotor anatomy and body mass evolution in Allosauroidae (Dinosauria: Theropoda). *Paleobiology*, 38(3): 486-507.

Borenstein, G. 2012. *Making Thing See: 3D vision with Kinect, Processing, Arduino, and Makerbot*. Make: Books, 440 pp.

Falkingham, P.L. 2012. Acquisition of high resolution three-dimensional models using free, open-source, photogrammetric software. *Palaeontologia Electronica*, 15:1T:15p.

Gidmark, N.J., Konow, N., Lopresti, E. y Brainerd, E.L. 2013. Bite force is limited by the force-length relationship of skeletal muscle in black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *Biology Letters*, 9: 20121181.

Hutchinson, J.R., Bates, K.T., Molnar, J., Allen, V. y Makovicky, P.J. 2011. A Computational Analysis of Limb and Body Dimensions in *Tyrannosaurus rex* with Implications for Locomotion, Ontogeny, and Growth. *PLoS ONE*, 6: e26037

Izadi, S., Kim, D., Hilliges, O., Molyneaux, D., Newcombe, R., Kohli, P., Shotton, J., Hodges, S., Freeman, D., Davison, A. y Fitzgibbon, A. 2011. KinectFusion: Real-time 3D Reconstruction and Interaction Using a Moving Depth Camera. En: *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 559-568.

Rayfield, E.J. 2007. Finite Element Analysis and Understanding the Biomechanics and Evolution of Living and Fossil Organisms. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35: 541-576.

Sabbatini, M. 2004. *Aprendizaje de las Ciencias a través de experimentos virtuales*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 560 pp.

Wagensberg, J. 2000. Principios fundamentales de la museología científica moderna. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 26: 15-20.

Wu, C. 2011. VisualSFM: A visual structure from motion system, <http://homes.cs.washington.edu/~ccwu/vsfm/>, 2011.

Estudio paleohistológico preliminar de los restos óseos de posibles sirenios del Mioceno medio de la Cuenca de El Camp de Tarragona (NE España)

Alejandro Pérez-Ramos¹, Borja Holgado², Jordi Garcia-Marsà³, Isaac Bonilla-Salomón³, Josep F. Bisbal-Chinesta³, Diego Escanero³, José L. Díaz-Aráez³, Zain Belaústegui⁴

¹Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universitat de València, Catedrático José Beltrán 2, 46980 Paterna, Valencia.
E-mail: alejoperezramos5@gmail.com

²Departamento de Geología, Facultat de Ciències Biològiques, Universitat de València, Dr. Moliner 50, 46100, Burjassot, Valencia.
E-mail: bortx.holgado@gmail.com

³Departament de Geologia, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, Campus de Bellaterra s/n, 08193, Cerdanyola del Vallès, Barcelona.
E-mail: jordalexix@hotmail.com, isaac.bonilla.salomon@gmail.com, josep.francesc.bisbal.chinesta@gmail.com, d.escanero88@gmail.com, enigma_jlda@hotmail.com

⁴Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona, España.
E-mail: zbelaustegui@ub.edu

Introducción

Las primeras citas sobre sirenios fósiles del Neógeno catalán se remontan al siglo XIX cuando Almera (1896) describió restos de *Halitherium fossile* en el Helveciense (Mioceno medio) del Penedès y Tarragona, y en el Burdigaliense de Altafulla. Posteriormente, varios hallazgos fueron descritos tanto en el Mioceno de las cuencas del Vallès-Penedès (Bataller, 1956; Crusafont, 1959) y de El Camp de Tarragona (Bataller, 1956), como en el de Barcelona (Calzada, 1969). Aunque, probablemente, el trabajo más destacable sobre este aspecto es la revisión de los sirenios del Neógeno de Cataluña realizado por Pilleri *et al.* (1989). Dicha revisión se completó

con el estudio sobre los sirenios del Vallès-Penedès que realizó el propio Pilleri (1990).

En el presente trabajo se da a conocer un nuevo hallazgo de restos óseos muy probablemente pertenecientes a sirenios del Mioceno medio (Serravallense) de la cuenca de El Camp de Tarragona, poniendo especial énfasis en su estudio paleohistológico.

Situación geográfica y contexto geológico

La zona de estudio se encuentra al NE de la Península Ibérica, dentro de la ciudad de Tarragona (Fig.1). El afloramiento fue descubierto durante la realización de una serie de obras y en la actualidad ya no existe. Los materiales miocenos que aquí afloraban forman parte del relleno de la cuenca de El Camp de Tarragona. En dicho relleno, de origen extensivo, se han distinguido dos secuencias deposicionales principales: la secuencia Garraf (poco representada) y la secuencia Tarragona, de edades Langhiense

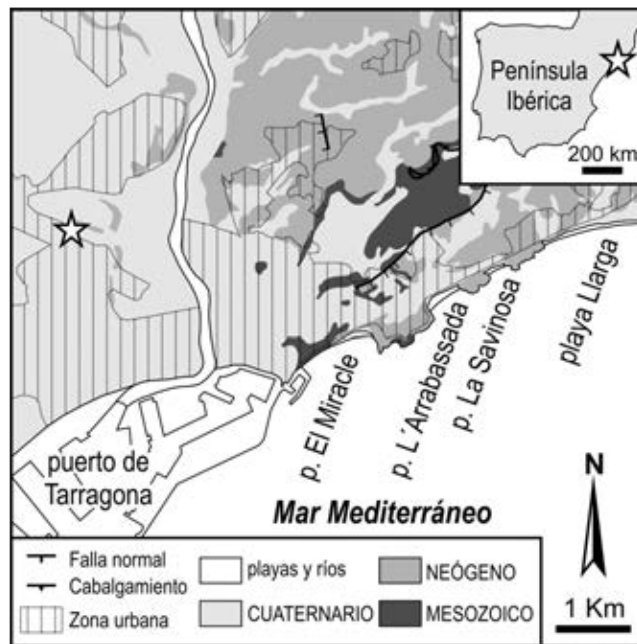


Figura 1. Mapa geológico simplificado con la situación de la localidad estudiada (modificado de www.igc.cat).

y Serravallense (Mioceno medio; Cabrera *et al.*, 1991), respectivamente. Dentro de la secuencia Tarragona, constituida fundamentalmente por depósitos de plataforma mixta siliciclástica-carbonatada, se define, entre otras, la Unidad Ardenya (Barnoles *et al.*, 1983) como un conjunto de calcisiltitas, calcarenitas, lumaquelas y areniscas, a la que corresponden los materiales objeto de este estudio.

Restos óseos estudiados

Los especímenes estudiados fueron descubiertos durante la realización de una obra urbanística y obtenidos del material removido por la misma. Aunque esto impidió realizar un estudio detallado del afloramiento, se pudo realizar una serie de observaciones de forma cualitativa. En concreto, los restos óseos aparecían incluidos en un nivel de calcisiltitas amarillas, en las que también se identificaron dientes palatales de osteictio (familia Sparidae) y equinoideos del género *Clypeaster*.

Los restos óseos encontrados son fragmentos de tamaño variado, pertenecientes al esqueleto postcraneal, y que en ningún caso presentaban signos de asociación y/o articulación. Se han identificado cinco fragmentos de costillas y parte de una posible epífisis proximal de húmero. Se les han asignado las siglas TF-1 a TF-6, respectivamente, que hacen referencia a 'Torreforta', barrio tarraconense en el que se encuentra el afloramiento.

Los cinco fragmentos de costillas (TF-1 a TF-5) presentan diferentes tamaños, una sección transversal subelíptica y están aplanados dorso-

ventralmente. Sólo en TF-5 es posible observar el extremo ventral. Para su estudio histológico se han realizado láminas delgadas de TF-1, 2, 3 y 4.

Caracterización paleohistológica

La muestra TF-1 (Fig. 2A) se caracteriza por la presencia de tejido óseo primario (fibroso y desordenado, *woven*) y por una disposición plexiforme de las fibras de colágeno con canales vasculares abundantes y distribuidos de forma reticular. En el periostio sólo se observan fosetas de sistemas vasculares simples. No es visible una remodelación ósea como tal, sólo en el tejido medular compacto son observables depósitos endosteales (*globuli ossei*) con intercalaciones de matriz cartilaginosa calcificada entre ellos, lo cual sería indicativo de un proceso de osteosclerosis.

Por el contrario, en TF-2 (Fig. 2B) se observa una ausencia total de tejido fibroso desordenado que da paso a una distribución fibro-lamelar, con un patrón de vascularización radial más ordenado que incluye vascularización primaria en el periostio. La región medular está completamente osificada, incluyendo gruesas capas perivasculares de hueso laminar endosteal entre las que se intercalan pequeñas matrices de cartílago calcificado. A pesar de no observarse el desarrollo de paquiostosis, se identifica un proceso inicial de remodelación ósea debido a la presencia de osteonas secundarias y sistemas de Havers.

En TF-3 (Fig. 2C) se observa una distribución de las fibras claramente fibro-lamelar. La vascularización en el periostio, dispuesta longitudinalmente,

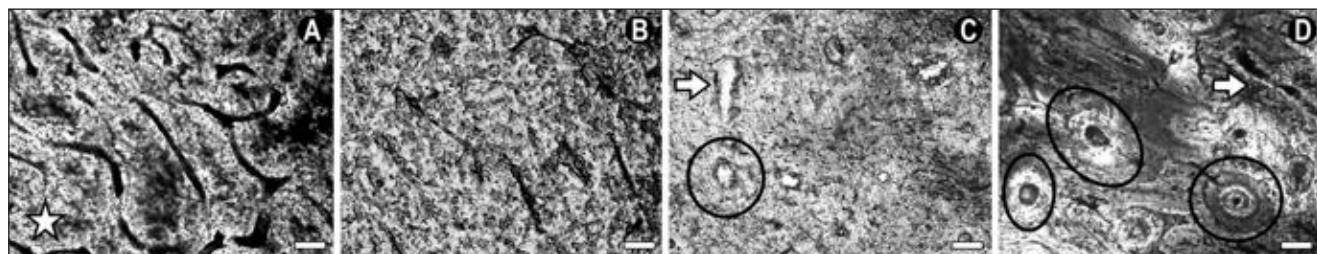


Figura 2. Cortes histológicos de las muestras de costilla. TF-1, patrón plexiforme con vascularización reticular (*Globuli ossei*, estrella)(A). TF-2, patrón de vascularización menos reticular (B). TF-3, casi sin vascularización (flecha), apariencia más lamelar, tejido más haversiano, y grandes osteonas secundarias (círculo)(C). TF-4, tejido de remodelación secundaria (Haversiano) con grandes osteonas (círculos) y canales de Volkman (flecha)(D). Escala = 100 μ m.

se organiza de forma lamelar y presenta fasetas. Se distinguen hasta siete paradas de crecimiento, así como un mayor número de osteonas secundarias en relación a las muestras anteriores. Lo cual, junto con la disminución de la vascularización de las regiones óseas internas y externas, apunta a un proceso de paquiosclerosis incipiente.

Por último, en TF-4 la distribución es completamente lamelar (Fig. 2D). Los canales vasculares son menos abundantes, aunque existe vascularización primaria en la parte periostática. Al igual que en TF-3, se distinguen siete paradas de crecimiento y un mayor número de osteonas secundarias que las observadas en TF-1 y 2. Aquí el proceso de paquiosclerosis es más evidente debido a la mayor compactación de la región cortical y a la clara división existente entre hueso fibro-lamelar y hueso lamelar en la zona periostática.

Discusión

El registro fósil de mamíferos marinos (cetáceos, pinnípedos y sirenios) es ampliamente conocido tanto en el Neógeno catalán como en el del resto de la Península Ibérica y, por supuesto, en el ámbito del Mediterráneo. Los restos óseos aquí estudiados han sido identificados como posibles sirenios debido principalmente a la presencia de la especialización ósea denominada paquiosclerosis. La paquiosclerosis *sensu lato*, es decir, hipertrofia ósea no patológica (Abel, 1912), es típica de tetrápodos adaptados secundariamente a la vida acuática y suele estar relacionada con la flotabilidad y el equilibrio hidrostático (Ricqlès y Buffrénil, 2001). En concreto, Houssaye (2009) señala que mientras que este proceso es típico en sirenios tanto fósiles como actuales, no se produce ni en pinnípedos ni en cetáceos modernos (Mysticeti y Odontoceti). No obstante, aunque este proceso también se ha descrito en restos de rumiantes Pecora del Mioceno (Morales *et al.*, 1993), el origen marino de los materiales aquí estudiados en principio descartaría a este tipo de mamíferos terrestres.

La presencia de diferencias sustanciales entre las características paleohistológicas de cada una de las muestras estudiadas es contradictoria con los caracteres esencialmente similares esperables en un único individuo (Buffrénil y Schoevaert, 1989). Las singularidades de cada una de ellas con respecto a la disposición del tejido óseo y la vascularización permiten clasificarlas en diferentes rangos de edad (regla de Amprino). La presencia de fasetas vasculares en la parte externa de la región subperiostática de

TF-1, TF-2 y TF-3 indica que son individuos que no han alcanzado su límite de crecimiento óseo (Klevezal, 1996).

Las características de TF-1, tales como el tejido óseo primario, fibroso y desordenado, y la densa vascularización, son indicativas de individuos juveniles con una alta tasa de crecimiento y deposición ósea.

Las muestras TF-2 y TF-3 se corresponden con tejidos intermedios y de mayor edad que TF-1, en los que se observa una disminución gradual de la vascularización debida al aumento de la densificación ósea endosteal (osteosclerosis). A su vez, la aparición de paradas de crecimiento (LAGs) en TF-3, la presencia de osteonas secundarias (indicadoras de una remodelación activa) y el patrón fibro-lamelar, sugerirían una mayor edad respecto a TF-1 y TF-2.

Finalmente, TF-4 presenta un alto índice de remodelación ósea secundaria. La deposición ósea lamelar en la vascularización, provocando una reducción de los canales haversianos y de los poros medulares en las partes internas y externas del hueso, es muy evidente e indicativa de un proceso de paquiosclerosis combinado con otro de osteosclerosis, conocido como paquiososteosclerosis (Domning y Buffrénil, 1991). Además, la existencia de una región externa con LAGs más próximos entre sí, indica que TF-4 llegó al límite de su crecimiento (Klevezal, 1996) y que por lo tanto sería el más longevo de todos.

Conclusiones

Por primera vez se establece, mediante estudios histológicos, la posible serie ontogenética del crecimiento óseo en huesos atribuidos muy probablemente a sirenios del Mioceno medio de la cuenca de El Camp de Tarragona. Las muestras estudiadas delimitan cuatro rangos de edades que reflejan la evolución desde estadios juveniles (TF-1 y 2) a subadultos (TF3) y adultos (TF-4).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Alejandro Gallardo la elaboración de las láminas delgadas. Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación CGL2010-15047 del Ministerio de Ciencia e Innovación (ZB).

Referencias

- Abel, O. 1912. *Grundzüge der Palaeobiologie der Wirbeltiere*. Schweizerbart'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 736 pp.
- Almera, J. 1896. Sobre la serie de mamíferos fósiles descubiertos en Cataluña. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 2: 351-357.
- Barnoles, A., Calvet, F., Marzo, M. y Torrent, J. 1983. Sedimentología de las secuencias deposicionales del Mioceno del Camp de Tarragona. *X Congres Nacional de Sedimentología*, Menorca, 7, 28-7.31.
- Bataller, J.R. 1956. Contribución al conocimiento de los vertebrados terciarios de España. *Cursillos y Conferencias del Instituto "Lucas Mallada"*, 3, 11-28.
- Buffrénil, V. de y Schoevaert, D. 1989. Données quantitatives et observations histologiques sur la pachyostose du squelette du dugong, *Dugong dugon* (Müller) (Sirenia, Dugongidae). *Canadian Journal of Zoology*, 67: 2107-2119.
- Cabrera, L., Calvet, F., Guimerà, J. y Permanyer, A. 1991. *El registro sedimentario miocénico en los semigrabens del Vallés-Penedès y de El Camp: organización secuencial y relaciones tectónica sedimentación*. Libro-Guía Excursión nº4, I Congreso del grupo español del Terciario, Vic, 132 pp.
- Calzada, S. 1969. Litostratigrafía y paleontología de unas arenas del Mioceno de Sant Pere de Ribes (Garraf, Barcelona). *Acta Geológica Hispanica*, IV (2): 29-34.
- Crusafont, P.M. 1959. La segunda fase transgresiva en el Vindoboniense del Vallés-Penedès. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 55: 3-16.
- Domning, D.P. y Buffrénil, V. de 1991. Hydrostasis in the Sirenia: Quantitative data and functional interpretations. *Marine Mammal Science*, 7: 331-368.
- Houssaye, A. 2009. "Pachyostosis" in aquatic amniotes: a review. *Integrative Zoology*, 4: 325-340.
- Kleveza, G.A. 1996. *Recording structures of mammals: determination of age and reconstruction of life history*. Rotterdam/Brookfield, A.A. Balkema, 274 pp.
- Morales, J., Pickford, M. y Soria, D. 1993. Pachyostosis in a Lower Miocene Giraffoid from Spain, *Lorancameryx pachyostoticus* nov. gen. nov. sp. and its bearing on the evolution of bony appendages in artiodactyls. *Geobios*, 26(2): 207-230.
- Pilleri, G. 1990. Els sirenis fòssils del Penedès. *Olerdulae*, 15(1-4): 5-56.
- Pilleri, G., Biosca, J. y Via, L. 1989. *The Tertiary Sirenia of Catalonia*. Brain Anatomy Institute Ostermundigen, Bern, 176 pp.
- Ricqlès, A. de y Buffrénil, V. de 2001. Bone Histology, heterochronies and the return of tetrapods to life in water: where are we? En: J-M. Mazin y V. de Buffrénil (eds.), *Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany, pp. 289-310.

Nuevos rastros de estegosaurios en el Jurásico Superior de Asturias

Laura Piñuela, José Carlos García-Ramos, Luis Alfonso Fernández, José Ignacio Ruiz-Omeñaca.

Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), 33328, Colunga, Asturias, España. E-mail: lpinuela.muja@gmail.com, jcgramos.muja@gmail.com, luisalfonso@telecable.es, jiguiz@gmail.com

Introducción

Las huellas aisladas de estegosaurios son relativamente escasas en el registro fósil, si tenemos en cuenta la abundancia de restos óseos principalmente en el Jurásico, pero aún lo son más sus rastros. El primer icnogénero descrito fue *Deltapodus* (Whyte y Romano, 1994), en la cuenca del Jurásico Medio (Aalenense) de Yorkshire (Inglaterra), aunque lo atribuyeron inicialmente a saurópodos. Posteriormente los mismos autores reinterpretan estas icnitas y las asignan a estegosaurios (Whyte y Romano, 2001). El otro icnogénero conocido, también Jurásico, pero en esta ocasión

Oxfordiense o Kimmeridgiense (probablemente Titoniense según las últimas dataciones), es *Stegopodus* (Lockley y Hunt, 1998) descrito en la Formación Morrison (EEUU), representado únicamente por una huella de mano y de un posible pie asociado.

Lires (2000) describe por primera vez huellas aisladas de tireóforos en la Península Ibérica, concretamente en diversas localidades de los acantilados de "La Costa de los Dinosaurios" en Asturias, atribuyéndolas más tarde a estegosaurios (García-Ramos *et al.*, 2002; Lires *et al.*, 2002). García-Ramos *et al.* (2006) reinterpretan como estegosaurio el rastro de cuadrúpedo de los acantilados de Tereñes (Ribadesella) y posteriormente lo asignan a *Deltapodus* (Piñuela *et al.*, 2007). En España, además de en el litoral asturiano, este icnogénero ha sido descrito en el Titoniense-Berriasiense de Teruel (Cobos *et al.*, 2010; Mampel *et al.*, 2010-2011; Alcalá *et al.*, 2012 [*Deltapodus*-like]; Cobos *et al.*, 2012; Herrero Gascón y Pérez-Lorente, 2013) y Burgos (Torcida Fernández-Baldor *et al.*, 2010) y en el Berriasiense de Soria (Pascual *et al.*, 2012).

Mateus y Milàn (2008) hacen referencia a la primera huella de estegosaurio del Kimmeridgiense-Titoniense de Portugal, y posteriormente asignan otras icnitas portuguesas de la misma edad a *Deltapodus* (Mateus y Milàn, 2010; Mateus *et al.*, 2011).



Figura 1. Superficie de arenisca que conserva los rastros de estegosaurios en El Toral (Argüero, Villaviciosa).

Descripción

En este trabajo se describen tres nuevos rastros de estegosaurios en los acantilados de El Toral (Argüero, Villaviciosa) conservados en la superficie de un estrato de arenisca que representa un crevassy-splay situado en la llanura deltaica inferior, perteneciente a la Fm. Lastres, de edad Kimmeridgiense (Fig. 1).

Las icnitas se conservan como moldes o huellas reales (aunque en algunas permanece todavía parte del relleno) y son muy poco profundas, en comparación con otras icnitas aisladas y rastros de estos dinosaurios en Asturias.

Los rastros fueron mapeados por nosotros en 2012 (Fig. 2) y muestran un total de 57 huellas (28 manos y 29 pies). La orientación de los mismos es hacia el NW. Las medidas tomadas en cada uno de ellos pueden verse en la Tabla I.

Las icnitas de las manos tienen forma arrañada, sin evidencias de impresiones de los dedos. A diferencia de *Deltapodus*, las asturianas no muestran entaxonía. Presentan una clara rotación positiva, aunque por lo general con menor ángulo que los pies (Fig. 2 y 3).

Las huellas de los pies son más largas que anchas y muestran un “talón” redondeado dando como resultado una forma subtriangular o de pala. Los tres dedos son anchos y muy cortos, siendo el central el más desarrollado lo que les confiere un carácter mesaxónico (Fig. 2 y 3).

Rastro 1: Es el más largo y el único que sigue una trayectoria bastante rectilínea. La longitud del tronco (Dg) del dinosaurio que produjo este rastro fue de unos 120 cm, lo que le convierte en el mayor de los tres.

Rastro 2: A diferencia del anterior, la trayectoria no se mantiene recta sino que da un giro a la altura del par 6. El autor de las huellas sería

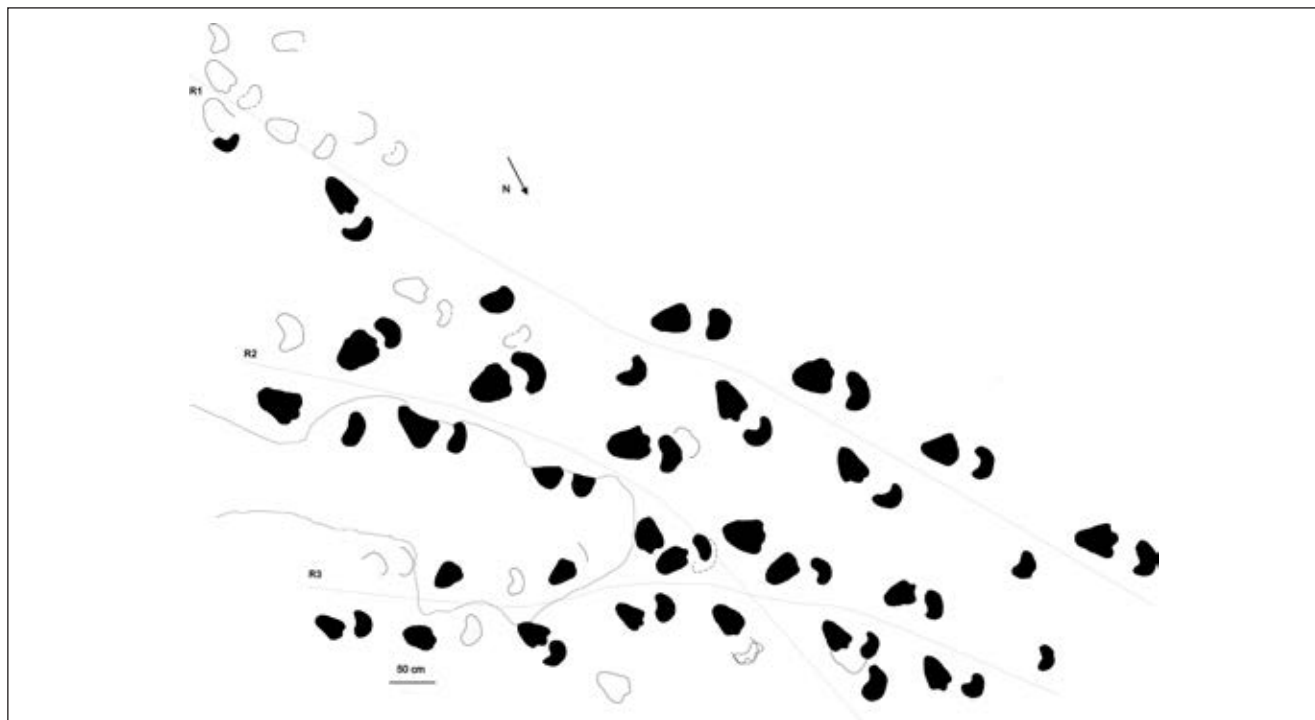


Figura 2. Mapa de los rastros de estegosaurios en El Toral (Argüero, Villaviciosa).

ligeramente más pequeño que el anterior, con unos 110 cm de longitud del tronco.

Rastro 3: Constituye el rastro con más número de huellas y el producido por el individuo de menor tamaño, con una longitud del tronco de algo menos de un metro. La trayectoria del mismo es sinuosa.

Aunque en algunas ocasiones las icnitas de las manos se sitúan en frente de las de los pies (en el mismo eje), lo habitual es que estén ligeramente desplazadas hacia la línea media del rastro. La anchura interna del rastro de las manos es superior a la de los pies.

Interpretación y discusión

La morfología de las icnitas de las manos, en media luna y sin impresiones de los dedos, es compartida también por los saurópodos; de hecho, cuando estas huellas están aisladas no es posible distinguir entre un grupo y otro de dinosaurios. Una posible diferencia era la presencia de pollex en algunas huellas de saurópodo, pero recientemente ha sido descrita en China una nueva icnoespecie de *Deltapodus* con el dedo I bien diferenciado (Xing *et al.*, 2013).

Por el contrario, las huellas de los pies, de forma subtriangular o de pala, con tres dedos muy cortos, y localizados en la parte anterior, son caracteres diagnósticos que las diferencian de las de saurópodo y permiten atribuir las a estegosaurios.

La morfología de las huellas asturianas, tanto las de las manos como las de los pies, es más similar a *Deltapodus* que a *Stegopodus*, por lo que se incluyen dentro de este icnogénero. Además la ausencia de impresiones de dedos en las huellas de las manos asturianas es determinante para descartar al icnogénero *Stegopodus*.

Al igual que ocurre con el resto de las huellas de estegosaurios asturianas (*Deltapodus*) y los restos óseos incluidos en el género *Dacentrurus*, estos rastros también aparecen en áreas litorales lo que demuestra la preferencia de este grupo de dinosaurios por estos ambientes costeros (García-Ramos *et al.*, 2008).

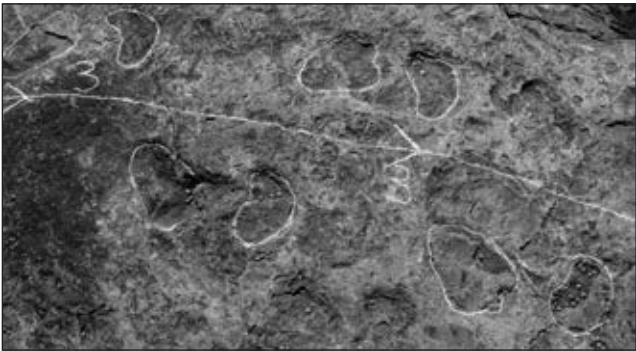


Figura 3. Detalle de un tramo del rastro 3.

Tabla 1. Medidas obtenidas de los rastros en cm. Dg es la distancia gleno-acetabular o longitud del tronco.

	Ikrita	Rastro 1	Rastro 2	Rastro 3
Longitud	Mano	24,6	24,2	20
	Pie	45	46,8	37,8
Anchura	Mano	34,5	41,2	28,5
	Pie	32,4	35,8	26,3
Paso	Pie	117,6	120,6	103,7
Zancada	Pie	157,4	151,2	113,1
Angulo Paso (°)	Pie	84	78	67
Dg		120,4	110,2	97,8

Agradecimientos

JCG-R y LPS agradecen al Proyecto: CGL2012-33281 Ministerio de Economía y Competitividad. Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación.

Referencias

- Alcalá, L., Cobos, A., Espílez, E., Gascó, F., Mampel, L., Martín Escorza, C. y Royo-Torres, R. 2012. Icnitas de dinosaurios en la Formación Villar del Arzobispo de Ababuj (Teruel, España). *Geogaceta*, 51: 35-38.
- Cobos, A., Royo-Torres, R., Luque, L., Alcalá, L. y Mampel, L. 2010. An Iberian stegosaurs Paradise: The Villar del Arzobispo Formation (Tithonian-Berriasian) in Teruel (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293: 223-236.
- Cobos, A., Alcalá, L. y Mampel, L. 2012. Stegosaurian footprints from the Jurassic-Cretaceous transition in Teruel (Spain). En: *The 11th Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems*. Korea, 407-409.
- García-Ramos, J.C., Lires, J. y Piñuela, L. 2002. *Dinosaurios. Rutas por el Jurásico de Asturias*. La Voz de Asturias, Lugones, 204 pp.
- García-Ramos, J.C., Piñuela, L. y Lires, J. 2006. *Atlas del Jurásico de Asturias*. Ediciones Nobel, Oviedo, 225 pp.
- García-Ramos, J.C., Piñuela, L., Ruiz-Omeñaca, J.I. y Pereda Suberbiola, X. 2008. Costas jurásicas frecuentadas por estegosaurios. En: *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Asturias, Colunga, 33-34.
- Herrero Gascón, J. y Pérez-Lorente, F. 2013. Icnitas terópodos, saurópodos y tireóforas (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) en Moscardón (Teruel, España). *Geogaceta*, 54: 67-70.
- Lires, J. 2000. *Icnitas de dinosaurios cuadrúpedos del Jurásico de Asturias. Morfometría, morfología e interpretación*. Memoria de Investigación, Universidad de Oviedo, 61 pp (inédita).
- Lires, J., García-Ramos, J.C. y Piñuela, L. 2002. Icnitas de estegosaurios en los ambientes deltaicos del Jurásico Superior de Asturias. En: *Congreso Internacional sobre dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. Logroño, 30-31.
- Lockley, M.G. y Hunt, A.P. 1998. A probable stegosaur track from the Morrison Formation of Utah. *Modern Geology*, 23: 331-342.
- Mampel, L., Cobos, A., Alcalá, L., Espílez, E., Royo-Torres, R., González, A. y Gascó, F. 2010-2011. Icnitas de dinosaurios en Aguilar del Alfambra (Teruel, España). *Teruel*, 93(1): 41-54.
- Matéus, O. y Milàn, J. 2008. Ichnological evidence for giant ornithomimid dinosaurs in the Upper Jurassic Lourinhã Formation, Portugal. *Oryctos*, 8: 47-52.
- Matéus, O. y Milàn, J. 2010. A diverse Upper Jurassic dinosaur ichnofauna from central-west Portugal. *Lethaia*, 43: 245-257.
- Matéus, O., Milàn, J., Romano, M. y Whyte, M.A. 2011. New finds of stegosaur tracks from the Upper Jurassic Lourinhã Formation, Portugal. *Acta Paleontologica Polonica*, 56: 651-658.
- Pascual, C., Canudo, J.I., Hernández, N., Barco, J.L. y Castanera, D. 2012. First record of stegosaur dinosaur tracks in the Lower Cretaceous (Berriasian) of Europe (Oncala group, Soria, Spain). *Geodiversitas*, 34: 297-312.
- Piñuela, L., García-Ramos, J.C. y Ruiz-Omeñaca, J.I. 2007. El yacimiento de icnitas de dinosaurios de Tereñes (Ribadesella, Asturias). En: *XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Caravaca de la Cruz, 185-186.
- Torcida Fernández-Baldor, F., Díaz-Martínez, I., Huerta, P., Contreras, R., Montero, D., Pérez, G. y Urién, V. 2010. Dinosaurios en el lago: Las Sereas 3, un yacimiento de icnitas de dinosaurios en el tránsito Jurásico-Cretácico de Burgos (España). En: *V Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Burgos, 79-81.
- Whyte, M.A. y Romano, M. 1994. Probable sauropod footprints from the Middle Jurassic of Yorkshire, England. *Gaia*, 10: 15-26.
- Whyte, M.A. y Romano, M. 2001. Probably stegosaurian dinosaur tracks from the Saltwick Formation (Middle Jurassic) of Yorkshire, England. *Proceedings of the Geologists Association*, 112: 45-54.
- Xing, L., Lockley, M.G., McCrea, R.T., Gierlinski, G.D., Buckley, L.G., Zhang, J., Qi, L. y Jia, C. 2013. First record of *Deltapodus* tracks from the Early Cretaceous of China. *Cretaceous Research*, 42: 55-65.

Trace fossils and malacofauna from the enigmatic Santisteban del Puerto outcrop (Triassic, Tabular Cover): new data and interpretation

Jesús Reolid¹, Ana Márquez-Aliaga², Matías Reolid³

¹Geologisch-Paläontologisches Institut, Universität Hamburg, Bundesstraße 55 20146 Hamburg, Germany.

²Departamento de Geología, Universidad de Valencia, 46100 Burjassot, Valencia, Spain.

³Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas sn, 23071 Jaén, Spain.

Introduction

The Tabular Cover of the Iberian Massif in the Southeastern Palaeomargin is characterised by continental Triassic deposits in typical redbed facies unconformably overlying the Palaeozoic basement. The facies are mainly continental red sandstones and siltstones, with gypsum-rich levels in the transition to the overlying Jurassic limestones. The Triassic deposits (Chiclana de Segura Formation) were developed in a fluvial-coastal system during the Middle to Late Triassic (Fernández, 1977; Pérez-López and Pérez-Valera, 2007). This formation is almost 300 m thick in the Puente Génave-Vilches area (eastern Jaén province, Spain), and constitutes a hard-to-date monotone succession. Any marker horizon, such as a marine flooding level, may provide dating evidences that are key for correlation and interpreting changing environmental conditions in these generally inland basins.

From the Germanic Facies (Hornos-Siles Formation) of the southern domain in the Betic Cordillera (Prebetic) towards the Tabular Cover in the North, Muschelkalk carbonates disappear and evaporites are progressively scarcer (López-Garrido, 1971). Therefore, redbeds of the Tabular Cover are uniform and monotonous. The absence of clear marker horizons difficult the differentiation of stratigraphic intervals. Rare marine incursion into these redbed successions can provide a marker horizon that may be detected over wide areas.

The present study goes back to the analysis of the enigmatic vertebrate trace fossils of the Santisteban del Puerto outcrop (Demathieu *et al.*, 1999). The analysis of certain bivalves and marine trace fossils in overlying beds may be useful for determining the environmental conditions. The results obtained provide further information about coastal environments and marine floods.

Geological setting and studied section

The Santisteban del Puerto outcrop (38°15'18"N, 3°13'14"W) is located in the North of Jaén province in the road A-312, 800 m west from Santisteban del Puerto. The short section analysed is 4 m thick composed by a grey to green sandstone bed (32 cm thick, SP-1) with subhorizontal cross-bedding, deposited over red siltstones. This bed presents the enigmatic foot prints studied by Demathieu *et al.* (1999), as well as vertical and subhorizontal burrows. The section follow with 150 cm of red siltstone-sandstone (SP-2) and a carbonated interval composed by four beds rich in quartz grains. The first bed (SP-3, 15 cm thick) is a white sandy limestone with horizontal lamination. The second bed (SP-4, 20 cm thick) is a white sandy limestone without sedimentary structures. The third bed (SP-5, 20 cm thick) is a pink limestone with abundant horizontal and subhorizontal trace fossils. The last carbonate bed (SP-6, 22 cm thick) is a pebbly limestone rich in bivalve moulds.

The succession follows with red siltstones (140 cm thick), a very thin sandy limestone layer (8 cm thick) and a thick interval of red (and green) siltstones and sandstones.

Vertebrate trace fossils

On the subhorizontal sandstone (SP-1) a total of 26 footprints were observed in around 18 m², each one composed by three subparallel, elongated hollow forms: two long lateral marks, and a shorter median one. The medial mark is located further back than the others. The total length of the footprint ranges from 28 to 48 cm, and the width from 23 to 44 cm. The long lateral marks range from 21 to 42 cm meanwhile the length of the medial mark ranges from 8 to 27 cm. The marks become narrower from their proximal to distal ends. Nearly all of the marks are oriented in the same direction.

Invertebrate trace fossils

The sandstone with footprints (SP-1) presents also common subvertical burrows with 8–10 mm in diameter. They are present in the top of the bed including over some footprints trace fossils. Scarce subhorizontal cylindrical burrows have been recorded (1 cm in diameter) probably corresponding to *Planolites*.

The carbonate beds SP-3 and SP-4 show uncommon subhorizontal burrows (1 cm thick in diameter) assigned to *Planolites*. The carbonate bed SP-5 presents common horizontal to oblique U-burrows (tongue-shaped) with spreite often recording the growth of tracemakers between parallel limbs. Often the spreite is not well-preserved, and aperture to the surface was not observed in any specimen. The spreite comprises tightly arranged tunnels spreading between the limbs. They are horizontally protrusive with passive fill in the marginal tube. These features fit well with the ichnogenus *Rhizocorallium*. The larger *Rhizocorallium* is commonly <16 cm long with a winding trajectory. The trace fossil width ranges from 3.2 to 4.3 cm. The limb diameter ranges from 0.7 to 0.8 cm. These features allow one to interpret *R. irregular* var. *auriforme* (s. Knaust, 2013). Other trace fossils identified in SP-5 are subhorizontal cylindrical trace fossils of *Planolites*, and subhorizontal T-branched trace fossils corresponding to *Thalassinoides*. Both *Planolites* and *Thalassinoides* are < 1 cm in diameter.

Fossil malacofauna

The registered bivalve assemblage has been able to identify *Pleuromya elongata* Schlottheim, *Unionites muensteri* Wissmann and *Trigonodus* sp. between several specimens whose poor preservation does not allow taxonomic attribution. It is an aragonite facultatively mobile infaunal suspension feeder bivalve association. All specimens were fossilized as internal molds and keep both valves together, so we consider this to be autochthonous associations in a shallow subtidal environment. In some *Unionites* can be observed external characters of the shell such as growth lines and this is characteristic of bivalves with thick periostracum layer that correspond to brackish environments or fresh waters.

This assemblage is frequently cited in the upper Muehlenbachs of Germany and was cited in the Ladinian of Jaén (Marquez-Aliaga *et al.*, 1986) and in the Middle Trias of Bienservida (Albacete) and Villarrodrigo (Jaén) (Alafont, 1992).

Discussion

The context of the Tabular Cover as well as the sedimentary structures of the sandstone SP-1 fit fine with a fluvial context proposed by Demathieu *et al.* (1999). The large trace fossils recorded in the SP-1 sandstone correspond to tridactyl footprints, probably produced by theropods. They were produced by three digits clearly differentiated (II, III and IV). The digits finish in sharp claws. Other typical traits of theropod footprints are not identified. The digit III (larger axial digit), appears as the shortest mark and commonly in a backward position. The digit marks are parallel and do not show the typical angle relationships between digits. The size-range of the footprints indicates they were produced by different individuals advancing together or in different times. No trackways can be identified and then typical measures of distances and angles of vertebrate trackways are not available.

The depth of the footprints is variable throughout the outcrop probably because most of the footprints are infilled by surrounding sediment. This difference in the footprint depth could be related also to: a) change in the water depth of the river, b) differential consistency of the sandy bottom in different parts of time intervals, and c) changes in the sediment grain size-porewater content of the underlying sandy soft bottom.

According to the step phases of Thulborn and Wade (1989) this footprints represent the B phase, most probably Bb phase (kick-off phase), when the tips of toes break through the surface of the substrate and slip backwards to form sub-parallel furrows. This type of traces could be explained if the tracemaker was swimming in a environment deep enough for floating and only occasionally touching down on the bottom. The axial digit (III) was probably the thickest in the trackmaker's foot and produced a deep and broad impression, reaching deeper substrate and generated a thixotropic reaction in the underlying sediment. Then, when the trackmaker's foot was withdrawn from the substrate, the fluid sediment flowed inwards to leave a short central imprint of digit. The digits II and IV swing forwards to touch down alongside the anchored axial digit III, and produced a larger mark during the slip backward of the kick-off phase. More surficial marks of digits II and IV are less affected by infilling with fluid sediment.

The size of the footprint is larger than the size of the tracemaker foot, but the distance between the different digits indicates they were produced by a large

theropod. The differences in the depth and length of the footprints are related to size of the tracemaker and consistency of the substrate, as well as the water depth. However, the width of the trace is directly related to the size of the theropod foot. The different width-range of the footprints confirms they were produced by different individuals. The absence of trackways is congruent with the swimming behaviour of theropod that occasionally touches down on the bottom. This was produced by a group of theropods crossing the river (but low probability of adult carnivores together) or by theropods crossing in different times.

The outcrop was probably close to coastal environment as indicated by the record of marine carbonates (SP-3 to SP-6) with *Rhyzocorallium* and marine bivalves of brackish water only 150 cm over the theropod footprints.

References

- Alafont, L.S. 1992. *Notosaurios y Placodontos (Reptilia) del Triásico medio de Bienservida-Villarodrigo*. Instituto de Estudios Albacetenses, Serie I Estudios 60, 131 pp.
- Demathieu, G.R., Pérez-López, A. and Pérez-Lorente, F. 1999. Enigmatic ichnites in the middle Triassic of Southern Spain. *Ichnos*, 6: 229-237.
- Fernández, J. 1977. *Sedimentación triásica en el borde SE de la Meseta*. PhD Thesis, Universidad Granada, 173 pp.
- Knaust, D. 2013. The ichnogenus *Rhyzocorallium*: Classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution. *Earth-Science Reviews*, 126: 1-47.
- López-Garrido, A.C. 1971. *Geología de la zona Prebética, al NE. de la provincia de Jaén*. PhD Thesis, Universidad Granada, 317 pp.
- Márquez-Aliaga, A., Hirsch, F. and López-Garrido A. 1986. Middle Triassic bivalves from the Hornos-Siles Formation (Sephardic Province, Spain). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 173: 201-227.
- Pérez-López, A. and Pérez-Valera, F. 2007. Palaeogeography, facies and nomenclature of the Triassic units in the different domains of the Betic Cordillera (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254: 606-626.
- Thulborn, R.A. and Wade, M. 1989. A footprint as a history of movement. In: Gillette, D.D. and Lockley, M.G. (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, 39-50.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Record of *Carcharocles megalodon* from Upper Miocene diatomites of Eastern Guadalquivir Basin (South Spain)

Matías Reolid, J. Miguel Molina

Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas s/n,
23071 Jaén, Spain.

Introduction

The *Carcharocles megalodon* is the largest macropredatory shark to have ever lived. However, the fossil record of this predator is restricted to isolated teeth and vertebral centra. *C. megalodon* ranges in age from 17 to 2 My (middle Miocene to Pleistocene) (Gottfried *et al.*, 1996; Pimiento *et al.*, 2010). Based on tooth size, *C. megalodon* reached a maximum inferred total length around 16 m (Gottfried *et al.*, 1996), more than twice the reported maximum length of the white shark *Carcharodon carcharias* with 6.4 m (Randall, 1973).

Data of *C. megalodon* from Iberian Peninsula are relatively scarce, sometimes only reported as news in daily press, and in these cases without scientific revision. Other descriptions of remains of *C. megalodon* from Iberian Peninsula are Areitio (1877) and Meseguer Pardo (1924) from Messinian diatomites of the Lorca Basin (Southeastern Spain), Balbino (1995) from uppermost Miocene of the Alvalade Basin (Portugal), and García *et al.* (2009) from the Arenas Fm (Huelva, Spain) in the western Guadalquivir Basin. In this work a complete tooth of *C. megalodon* from the Eastern Guadalquivir Basin (South Spain) is reported and examined with detail.

Geological setting

The Guadalquivir Basin is the foreland basin of the Betic Cordillera and it opens directly to the Atlantic in the WSW (Gulf of Cádiz). The shark tooth was collected in diatomaceous marl blocks obtained from the old quarry of San Félix, located 2 km south of Porcuna (coord. 37° 51' 21.4" N; 4° 11' 21.6" W). The diatomaceous marls are white to yellowish sometimes laminated, and locally in alternation with greyish marls without visible stratification. These

deposits belong to highest part the Valenzuela Fm (Aquitania-Tortonian in age, Tjalsma, 1971). The marls contain abundant diatoms and secondarily sponge spicules, silicoflagellates and radiolarians. The planktic foraminiferal assemblage presents *Globorotalia menardii*, *Globigerina globorotaloidea*, *Globigerina nepenthes* and *Globigerinoides obliquus* (Tjalsma, 1971) belonging to the zone N16 of planktic foraminifera (Tortonian). The main diatom assemblages consist of planktic (*Thalassionema*, *Thalassiostrix*, *Thalassiosira*) and scarce benthic (*Delphineis*) forms typical of cold oceanic upwelling waters (Molina *et al.*, 1987; López-García and Bustillo, 1994).

In this area of the North Betic Strait, which connected the Atlantic Ocean to the paleo-Mediterranean sea, high concentrations of diatomaceous deposits were produced because it was more oceanographically dynamic than the Atlantic. The interaction of the cold nutrient-rich Atlantic waters with the gulfs, bays, small basins and bottom topography of the North Betic Strait caused upwelling and a high productivity of biogenic silica (Molina *et al.*, 1987). The narrowing of the Strait from the Langhian to the Tortonian could be the cause of the progressive upwelling deduced from the study of the diatomites.

Methods

The tooth analysed, coming from diatomites of the Eastern Guadalquivir Basin, is now disposed in the Museo Obulco (Porcuna, Jaén province). The main measurements used for describing the tooth and estimating the total length of the shark are the crown height and the crown width. According to Gottfried *et al.* (1996) the crown height or tooth height is the vertical distance between the straight line touching the lower extensions of the enamel adjacent to the root at the base of the crown and a parallel line touching the tip of the enamel. For these authors crown width is the widest part of the enamel at the base of the crown.

The Recent white shark *Carcharodon carcharias* is the closest living relative of *C. megalodon*, and therefore the skeletal material of *C. carcharias* is used as primary basis for comparing with *C. megalodon* and inferring life style (e.g. Gottfried *et al.*, 1996; Pimiento *et al.*, 2010). In order to better approximate the total length of the specimen of *C. megalodon* from Porcuna we considered data of crown height and crown width of upper anterior teeth from 102 specimens of *C. carcharias* (85 specimens) and *C. megalodon* (17 specimens) available in the literature.

Results

The studied tooth presents the diagnostic characters of *C. megalodon* such as large size, triangular shape, fine serration on the cutting edges, a convex lingual face, a slightly convex to flat labial face, and a large v-shaped neck. Two root lobes are well-differentiated and rounded on the basal root edge. The crown height is 92.2 mm and the crown width is 81.3 mm. The total height of the tooth measured perpendicular from the apex to the baseline of the root is 123.96 mm.

The tooth is symmetrical and only slightly slanted (2.1°). For this reason, the mesial crown edge length is 102.0 mm and the distal crown edge length is 94.8 mm. The size of the tooth varies within the jaw with anterior teeth being large and symmetrical whereas the large-posterior teeth are asymmetrical and with slanted crowns. Taking into account the symmetry and the size, this tooth probably correspond to the upper anterior (A2) or the second upper lateral (L2).

The cutting edge presents 135 serrations in the mesial crown edge and 126 serrations in the distal crown edge. There are approximately 13 serrations per cm, being smaller and denser close to the root and the apex. The points of basal serrations are oriented 90° to the cutting edge.

Discussion

The *C. megalodon* dentition is apparently similar in morphology and number of tooth rows to that of *C. carcharias*, however jaws of *C. megalodon* must be somewhat more robust, larger and thicker and with more massive muscles to operate them (Gottfried *et al.*, 1996). Previous authors assumed that the ratio of upper A2 tooth size to total length of the *C. megalodon* is similar to that of white sharks, and that tooth size increased as total length of the shark in a similar way in the two species.

Using the upper A2 height measurements from 85 specimens of *C. carcharias*, a linear least-squares regression was calculated in the same way as proposed by Gottfried *et al.* (1996).

$$\text{Total Length (m)} = a + b (\text{upper A2 height (mm)})$$

Where a and b , as calculated, were -0.001 and 0.119 respectively ($r^2 = 0.85$). Using 92.2 mm as crown height for the *C. megalodon* of Porcuna, $-0.001 + 0.119(92.2 \text{ mm}) = 10.97 \text{ m}$

Shimada (2002) proposed a linear least-square regression based on relationship between crown high and total length in the *C. carcharias*, but taking into account all the positions of the tooth set. This relation is calculated as:

$$\text{Total Length (cm)} = a + b (\text{Crown Height (mm)})$$

with a being a constant and b being the slope of regression line. Shimada (2002) proposed a and b values for predicting the total length of any tooth from *C. carcharias*: $a = -2.160$ and $b = 12.103$ (Shimada, 2002). Taking into account that the tooth from Porcuna (92.2 mm) is probably an upper anterior tooth A2,

$$\text{Total length} = -2.160 + 12.103(92.2 \text{ mm}) = 1113 \text{ cm}$$

That is, the tooth of Porcuna belonged to an adult and is in the large size range of specimens of *C. megalodon*.

The almost worldwide distribution of the *C. megalodon* in the Miocene to Pliocene seas in near-shore deposits at moderately high temperature latitudes indicate environmental requirements close to those favouring living *C. carcharias*. These environments are nutrient-rich shelf areas where large marine mammals are relatively abundant. The record of bite marks of *C. megalodon* on fossil cetacean remains indicates that whales and dolphins were regular prey (Purdy, 1996). In the Guadalquivir Basin, and concretely in the sector between Porcuna and Bailen, numerous remains from large marine vertebrates as *Isurus*, indeterminate pinnipeds and whales (Reolid *et al.*, in prep.), which could be potential preys of *C. megalodon* have been recorded. The palaeogeography of this basin, as an Atlantic branch connecting with the Mediterranean Sea, probably favoured hunting techniques of *C. megalodon*, with ambushes in narrow straits and subbasins.

Conclusions

A large shark tooth is recorded in diatomites from the Eastern Guadalquivir Basin (Porcuna, Jaén). The large size (92.2 mm crown height),

triangular shape, broad serrated crown, lingual face convex, labial face flat, large neck; robust, thick angled root allows us to identify this specimen as corresponding to *Carcharocles megalodon*. The symmetry with low slant implies that this is an upper anterior tooth. The total body length estimated from the tooth crown height is around 11 m.

In this area of the North Betic Strait, which connected the Atlantic Ocean to the paleo-Mediterranean sea, the interaction of the cold nutrient-rich Atlantic waters with the gulfs, bays, small basins and bottom topography, caused upwelling, and a high productivity of biogenic silica (diatomites). High nutrients and productivity favoured the presence of large vertebrates as cetaceans, pinnipeds and small sharks (*Isurus*), which have been recorded in the Upper Miocene deposits of this area. These large vertebrates could be potential preys of *C. megalodon*. The palaeogeography of this basin, as an Atlantic branch connected to the Mediterranean Sea, probably favoured hunting techniques of *C. megalodon*.

References

- Areitio, A. 1877. Peces fósiles de Lorca. *Annales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 6: 50-51.
- Balbino, A.C. 1995. *Seláceos (piscas) do Miocénico terminal da Bacia de Alvalade (Portugal). Sistemática, ecología, paleoambientes, comparação com faunas actuais*. PhD Thesis, Universidade de Evora, 188 pp.
- García, E.X.M., Telles-Antunes, M., Cáceres-Balbino, A., Ruiz-Muñoz, F. and Civis-Llovera, J. 2009. Los tiburones Lamniformes (Chondrichthyes, Galeomorphii) del Plioceno inferior de la Formación Arenas de Huelva, suroeste de la Cuenca del Guadalquivir, España. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26: 674-686.
- Gottfried, M.D., Compagno, L.J.V. and Bowman, S.C. 1996. Size and skeletal anatomy of the Giant "Megatooth" Shark *Carcharodon megalodon*. In: Klimley, A.P. and Ainley, D.G. (eds.), *Great White Sharks: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego, 55-66.
- López-García, M.J. and Bustillo, M.A. 1994. Los sedimentos con diatomeas del Mioceno en la cuenca del Guadalquivir: edad y composición litológica. *Estudios Geológicos*, 50: 71-90.
- Meseguer Pardo, J. 1924. Estudio de los yacimientos de azufre de las provincias de Murcia y Albacete. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 5: 3-83.
- Molina, J.M., Bustillo, M.A. and Ruiz-Ortiz, P.A. 1987. The marine diatomite-dominated sediments of the Guadalquivir Basin in the Jaen province (Upper Miocene. Southern Spain). In : *8th IAS Regional Meeting of Sedimentology*. Tunis, 353-354.
- Pimiento, C., Ehret, D.J., MacFadden, B.J. and Hubbell, G. 2010. Ancient nursery area for the extinct giant shark *Megalodon* from the Miocene of Panama. *Plos One*, 5(e10552): doi:10.1371/journal.pone.0010552.
- Purdy, R.W. 1996. Paleocology of fossil white sharks. In: Klimley, A.P. and Ainley, D.G. (eds.), *Great White Sharks: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego, 67-78.
- Randall, J.E. 1973. Size of the Great White shark (*Carcharodon*). *Science*, 180: 169-170.
- Shimada, K. 2002. The relationship between the tooth size and total body length in the white shark, *Carcharodon carcharias* (Lamniformes: Lamnidae). *Journal of Fossil Research*, 35: 28-33.
- Tjalsma, R.C. 1971. Stratigraphy and foraminifera of the Neogene of the Eastern Guadalquivir Basin (Southern Spain). *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 4: 1-161.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Fossil assemblages of delta bottomset facies of the Upper Miocene of Eastern Guadalquivir Basin

Matías Reolid¹, Fernando García-García¹, Elvira Martín-Suarez²,
Jesús Reolid³

¹Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas s/n,
23071 Jaén. E-mail: mreolid@ujaen.es

²Departamento de Estratigrafía y Paleonología, Universidad de Granada,
Campus Fuentenueva sn, 18071 Granada.

³Geologisch-Paläontologisches Institut, Universität Hamburg, Bundesstraße
55 20146 Hamburg, Germany.

Introduction

Stratigraphic and paleontological studies of marine Miocene deposits in the Eastern Guadalquivir Basin are scarce due the absence of good outcrops. This work analyses a siliciclastic section with special emphasis on trace fossils, macroinvertebrate assemblages and vertebrate marine remains. This is the first study on ichnology in these deposits and the first report of marine vertebrates.

Geological setting

The Arroyo Escobar section (Villanueva de la Reina, Jaén), 22 m in thickness, is located in the northern margin of the Eastern Guadalquivir Basin. These deposits belong to the third depositional sequence (upper Tortonian-lower Messinian) according to sequence stratigraphy (González-Delgado *et al.*, 2004).

Results

Lithofacies

The succession is mainly composed of thin sand with common burrows and macroinvertebrate fossil remains. Sedimentary structures

indicating currents are absent. Two main types of lithofacies are differentiated in alternance:

1.- Fine-grain quartz sand: These are well-sorted sand with a variable thickness, ranging from 1.5 to 4 m. Trace fossils are common and locally very abundant. Thin-shelled bivalves are dominant. Charcoal wood fragments are also recorded in the upper part of the section.

2.- Bioclast-rich cemented coarse-grain sand: This facies is poorly sorted, rich in bioclasts (mainly bivalves) with common pebbles and fossil vertebrate fragments. The bed thickness of these facies ranges from 15 to 30 cm. They are fining-upwards sequences from coarse- to medium-grain sand, and commonly with a basal lag with quartzite pebbles, and large bivalve and gastropod shells. Charcoal fragments are also recorded. Mollusk remains may be as abundant as resulting in a shell supported fabric.

Trace fossils

Trace fossils are localized in fine-grain quartz sand lithofacies with variable concentration and diversity. The most common trace fossil is *Ophiomorpha*, followed by *Gyrolites*, *Rosselia*, *Diplocraterion* and *Skolithos*, and scarce *Asterosoma*. *Gastrochaenolites* is recorded on large specimens of ostreids. Intervals dominated by *Rosselia* are usually poor in other ichnotaxa.

The ichnofossil assemblages throughout the section indicate the *Skolithos* ichnofacies.

Invertebrate assemblages

Foraminifera from sieved samples of fine-grain quartz sand lithofacies are scarce and they are exclusively benthic forms (*Nonion commune* and *Ammonia beccarii*).

Bivalves dominate, mainly *Amusium*, *Aequipecten*, *Chlamys*, *Mya*, *Ostrea*, *Pecten*, *Tellina*, and undifferentiated Cardiidae. Among bivalves, thin-shelled forms are dominant, but locally *Ostrea* patches are recorded

in fine-grain quartz sands. Large specimens of *Clypeaster* are recorded in the upper part of the section.

The composition of macroinvertebrate assemblages changes in the bioclast-rich cemented coarse-grain sand, with increasing proportions of gastropods of the genera *Conus*, *Littorina*, *Turricula* and *Turritella*. The bivalves from this lithofacies are *Aequipecten*, *Amusium*, *Barbatia*, *Callista*, *Chlamys*, *Crassostrea*, *Glycymeris*, *Ostrea* and *Pecten*. *Dentalium* is rare, as well as reworked remains of *Balanus*, rhodoliths and corals (*Tarbellastraea*).

Mollusk shells show a wide range of fragmentation in the bioclast-rich cemented coarse-grain sand. Bivalve shells in this lithofacies are occasionally affected by dissolution, occurring with irregular distribution in the beds.

Vertebrates

The section is relatively rich in vertebrate fossil remains including sharks, pinnipeds and cetaceans.

Isurus is represented by two teeth with crown heights of 19 and 26 mm, without serrations, slightly slanted, with well-preserved U-shaped roots.

Pinniped remains constitute a partial thoracic cage (45 cm length), with 7 articulated thoracic vertebrae and articulated double-headed ribs and connected with their respective vertebrae via capitula and tubercula. The thoracic vertebrae, 18 cm width, are imbricate and present large transverse processes (5 – 7 cm), a big centrum (8.5 – 9 cm), and wide neural arch. Transverse processes are about as long as they are wide, a typical feature of otariids, whereas neural spine (not complete) are short like in phocids.

Fossil remains of cetaceans are an uncomplete humerus (18.5 cm length), a rib fragment (41.6 cm length, 6.5 cm maximum diameter) and uncomplete skull with a cervical vertebra. All these remains come from different beds.

The cranial remains (55.5 cm length, 47.4 cm width and 21.2 cm height) are fragmented in the distal part of the premaxilar and maxilar.

Moreover, a fragment of the right mandible (42 cm length) is preserved and teeth are not observed in the fragment. Excluded the rostrum, the skull has a quadrangular shape in dorsal view. The rostrum has suboval temporal fenestra and a wide subtriangular supraoccipital. The sagittal crest is well developed. The maxilar suture has a polygonal shape and the nasal is well developed. The tympanic bulla has a large posterior lobe with a well-developed sigmoid process and fissure, a short conical process, and a short anterior lobe.

The cetacean remains can be attributed to Mysticeti based on the shape and size of the skull bones, as well as the presumible absence of teeth in the mandible. However, genus identification is not possible due to the uncomplete mandibles or elements of appendicular skeleton.

Discussion

The sedimentary facies assemblage is characteristic of proximal environments with high terrigenous input. The composition of siliciclastics (sand and pebbles) indicates that they come from erosion of Triassic deposits of the Tabular Cover and Ordovician Armorican Quartzites of the Iberian Massif.

The granulometry, well-sorting, preservation of thin-shelled bivalves and the absence of sedimentary structures in the fine-grain quartz sand indicate a distal position into a clastic depositional system.

The bioclast-rich cemented coarse-grain sand represents the deposition of storm deposits with coarse sediment and fossils coming from more proximal and shallower environments.

These deposits represent distal facies of fan deltas (bottomset) related to the northern margin of the Guadalquivir Basin. Storm deposits are represented by the bioclastic-rich cemented coarse-grain sands. Proximal fan-delta facies are described in this sector by Santisteban-Navarro and Martín-Serrano (1991).

The vertebrate remains were accumulated in delta bottomsets. Dissarticulation could be related with the activity of scavengers, including *Isurus*, due to the absence of sedimentary structures indicating high energy. Long exposure of the remains on the sea-bottom was not probably due the absence of colonizations by borers or encrusters on fossil bones.

The studied trace fossil assemblages correspond to the *Skolithos* ichnofacies. This ichnofacies indicates softground with short-term, energy conditions associated with sudden deposition of massive sandy beds. Vertical, cylindrical or U-shaped dwelling burrows (with protrusive spreiten) developed mainly in response to substrate aggradation. The dominant *Ophiomorpha*, consisting predominantly of vertical shafts, indicates moderate to relatively high-energy environment. This is a substrate-controlled ichnotaxon, registered in fine- to medium-grained sand deposits (Ekdale, 1992). The record of *Diplocraterion* and *Ophiomorpha* is commonly related to opportunistic colonization of bottom after storm events (Pervesler and Uchman, 2004). *Rosselia* has been also related to tempestites in inner shelf settings with high sedimentation rate (Miller and Aalto, 2008).

The record of *Gyrolithes* is apparently not compatible with the inferred context. This is a deep-dwelling burrow, commonly described from marginal brackish shallow-water settings (Netto *et al.*, 2007; Uchman and Hanken, 2013).

References

- Ekdale, A.A. 1992. Muckcraking and mudslinging: the joys of deposit-feeding. In: Maples, C.G. and West, R.W. (eds.), *Trace Fossils, Short Courses in Paleontology*, 5. Paleontological Society, Knoxville, 145–171.
- González-Delgado, J.A., Civis, J., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Ledesma, S., Sierro, F.J. and Zazo, C. 2004. Cuenca del Guadalquivir. In: Vera, J.A. (ed.), *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 543-550.
- Miller, W. and Aalto, K.R. 2008. *Rosselia* ichnofabric in the Miocene Pullen Formation, Northwestern California: Implications for the interpretation of regional tectonics. *Palaos*, 23: 329-335.
- Netto, R.G., Buatois, L.A., Mángano, M.G. and Balistieri, P. 2007. *Gyrolithes* as a multipurpose burrow: an ethologic approach. *Revista Brasileira Paleontologia*, 10: 157-168.
- Pervesler, P. and Uchman, A. 2004. Ichnofossils from the type area of the Grund Formation (Miocene, Lower Badenian) in northern lower Austria (Molasse Basin). *Geologica Carpathica*, 55:103-110.
- Santisteban-Navarro, J.I. and Martín-Serrano, A. 1991. Neogene fan deltas in the northern Guadalquivir basin (Andújar, Jaén, Spain). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 15: 163-183.
- Uchman, A. and Hanken, N.H. 2013. The new trace fossil *Gyrolithes lorcaensis* isp. N. from the Miocene of SE Spain and a critical review of the *Gyrolithes* ichnosppecies. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 21: 312-322.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Evolución dental en el género *Mammuthus*: El registro de las cuencas de Guadix-Baza y Granada

Sergio Ros-Montoya^{1,2}, Bienvenido Martínez Navarro³,
María Patrocinio Espigares Ortiz^{1,2}, Paul Palmqvist¹

¹Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias, Campus Universitario de Teatinos, 29071, Málaga, Spain.

E-mail: sergiorosm@gmail.com, mpespigares@uma.es, ppb@uma.es

²Museo de Prehistoria y Paleontología de Orce, 18858, Orce, Granada, Spain.

³ICREA, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social-IPHES, Àrea de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili, Campus Sescelades, 43007, Tarragona, Spain. E-mail: bienvenido.martinez@icrea.cat

Introducción

Desde hace más de cincuenta años se han localizado numerosos yacimientos con presencia de macrovertebrados plio-pleistocénicos en las cuencas de Guadix-Baza y Granada, convirtiendo esta región en una de las zonas con mayor densidad de registro de este tipo de fósiles de la Península Ibérica y de toda Europa.

Hay más de una veintena de yacimientos en los que está presente el orden Proboscidea, y se citan seis especies diferentes: *Mamut borsoni*, *Anancus arvernensis*, *Mammuthus meridionalis*, *Mammuthus trogontherii*, *Mammuthus primigenius* y *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus*, siendo especialmente abundantes los registros del género *Mammuthus* en los siguientes yacimientos (Ros-Montoya, 2010):

- *Mammuthus meridionalis*: Zújar, Huélagos, Venta Micena, Fuente Nueva 3, Barranco León, Barranco del Paso, varios niveles de la Cañada de Vélez, Cortes de Baza, Cortijo de las Sabinas (Hernán Valle, Guadix), Fonelas P-1, Embalse de Cubillas y Láchar.

- *Mammuthus trogontherii*: Cúllar Baza 1, Cortijo Daimuz y en el nivel superior de la Solana del Zamborino 1.
- *Mammuthus primigenius*: Padul.

El género *Mammuthus* aparece por primera vez en Eurasia, procedente de África, hace 3,2-3,0 Ma, 500 ka antes del llamado “*Elephant-Equus* event” de Azzaroli (Lindsay *et al.*, 1980; Lister *et al.*, 2005; Palombo y Ferretti, 2005).

Las principales características del género *Mammuthus* son (Maglio, 1973; Lister, 1996; Lister y Sher, 2001; Lister *et al.*, 2005):

- Se ha dividido clásicamente en tres cronoespecies (Maglio, 1973), con un rango cronológico que abarca desde el Plioceno superior hasta el Pleistoceno superior-Holoceno: *M. meridionalis* (2,6-0,7 Ma), *M. trogontherii* (0,7-0,35 Ma) y *M. primigenius* (-0,35/0,20-0,01/0,004 Ma),
- Las principales variaciones morfológicas y tendencias evolutivas del género incluyen un aumento en la altura del cráneo (ipsicefalia) y un acortamiento de éste. La mandíbula también se reduce y la sínfisis se acorta, mientras que las defensas tienden a aumentar su grado de torsión helicoidal y a rotar hacia arriba. Las variaciones de las características dentales se correlacionan con el progresivo deterioro climático y las oscilaciones ambientales duraderas. Estos cambios pudieron favorecer el paso de una alimentación constituida principalmente por hojas, brotes y corteza a una dieta con un alto porcentaje de herbáceas, como gramíneas, con un alto contenido en sílice (silicofitolitos y, especialmente, abrasivos externos), lo que supone un mayor desgaste de la dentición (Capozza, 2001; Palombo y Curiel, 2003). El aumento de la resistencia al desgaste de los molares viene relacionado con un incremento de la altura de su corona (hipsodoncia), un aumento en el número de láminas, la presencia de láminas más estrechas con el cemento más delgado (aumento de la frecuencia laminar), mientras que el esmalte se repliega más y se hace más fino. En cuanto a la evolución del M3,
 - a) el índice de hipsodoncia (HI) pasa de 1,3-1,8 en *M. meridionalis*, a 1,6-1,9 en *M. trogontherii*, alcanzando valores máximos de 2,4 en *M. primigenius*,

- b) el número total de láminas (LT) pasa de 13-19 en *M. meridionalis*, a 19-22 en *M. trogontherii* y a un máximo de 29 en *M. primigenius*,
- c) el índice medio de esmalte (E) comienza con valores de 4,5 mm, aproximadamente, para las formas más primitivas, y se reduce en *M. primigenius* hasta 2 mm.

Materiales

En el presente trabajo se han analizado exclusivamente restos dentales, que se detallan a continuación, y que se encuentran depositados en las siguientes instituciones: Museo Nacional de Ciencias Naturales, Museo Arqueológico Regional de Granada, Museo de Paleontología del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, y Museo de Prehistoria y Paleontología de Orce.

Mammuthus meridionalis:

- Yacimiento de Láchar (Aguirre, 1961, 1963, 1974): hemimandíbula con M/2
- Yacimiento de Pantano de Cubillas (Aguirre, 1974): M1/ izquierdo.
- Yacimiento de Cortijo de las Sabinas (Aguirre, 1963): M/2 izquierdo.
- Yacimiento de Cortes de Baza (Aguirre, 1958): fragmento de hemimandíbula izquierda con M/2 y M/3; y M3/ izquierdo y derecho.
- Yacimiento de Barranco del Paso (Gibert *et al.*, 1992): M2/ derecho e izquierdo, M3/ derecho e izquierdo, M/2 derecho e izquierdo, M/2 ó M/3 izquierdo.
- Yacimiento de Venta Micena (Martínez-Navarro *et al.*, 2011; Ros-Montoya *et al.*, 2012 y referencias ya incluidas): DP3/, 2 izquierdos y uno derecho, fragmento de maxilar con DP2/ y DP3/ izquierdo, cráneo infantil con DP2/ y DP3/ derechos e izquierdos, DP2/ derecho e izquierdo, mandíbula con M/3 izquierdo.

- Yacimiento de Fuente Nueva 3 (Espigares *et al.*, 2013 y referencias ya incluidas): M2/, M3/ izquierdo; lámina aislada y M/1, M/1 derecho; mandíbula con M/1 derecho e izquierdo, M/2 derecho, mandíbula con M/3 derecho e izquierdo.

Mammuthus trogontherii:

- Yacimiento de Cúllar Baza 1 (Alberdi y Alonso-Diago, 2009): fragmento de hemimandíbula derecha con el DP/2 y DP/3.
- Yacimiento de Cortijo Daimuz (Aguirre *et al.*, 1973; Aguirre, 1974): fragmento de M3/ izquierdo.
- Yacimiento de Solana del Zamborino (Botella *et al.*, 1975; Porta, 1975; Martín-Penela, 1987): M2/ izquierdo.

Mammuthus primigenius:

- Yacimiento de Padul (Aguirre *et al.*, 1973; Ros-Montoya, 2005; Álvarez-Lao *et al.*, 2009): M3/ mandíbula con ambos M/2, y M/2 izquierdo.

Resultados

Los restos dentales incluidos en este estudio han sido analizados tanto desde el punto de vista morfológico como morfométrico, y se han comparado con materiales procedentes de diferentes yacimientos europeos y asiáticos, lo que ha permitido, en todos los casos, confirmar su adscripción taxonómica.

Con los datos obtenidos del estudio de estos restos, fundamentalmente con los valores correspondientes a las tres variables evolutivas principales, se han elaborado diagramas de dispersión tanto para molares inferiores como superiores. En todos los casos se observan tres nubes de puntos totalmente diferenciadas, correspondientes a cada una de las especies de proboscídeos estudiadas aquí: una primera zona donde se encuentran los molares con un menor LT y mayor E, correspondiente a *M. meridionalis*; una segunda con valores intermedios, perteneciente a *M. trogontherii*; y una tercera que incluye los molares con valores de LT mayores y menores de E que en todos los demás casos, perteneciente a *M. primigenius*.

Conclusiones

La gran cantidad de restos de proboscídeos documentados en las cuencas de Guadix-Baza y Granada, así como la calidad del registro, ha permitido observar variaciones en el índice de hipsodoncia, número total de láminas y grosor medio del esmalte dentro de cada una de las especies del género *Mammuthus*. Además, el análisis global de todos los yacimientos, entre los que se incluyen especímenes situados en cronologías desde aproximadamente 2,4 Ma, como Láchar hasta localidades como Padul, muy cercana a la actualidad, evidencia esta misma evolución dental para el género en su conjunto.

Los datos presentados permiten afirmar que las cuencas de Guadix-Baza y Granada son regiones de gran importancia e interés para el estudio de la evolución del género *Mammuthus*.

Referencias

- Aguirre, E. 1958. Novedades paleomastológicas de la Depresión de Granada y estratigrafía de su borde NE. *Estudios Geológicos*, XIV: 107-120.
- Aguirre, E. 1961. Gisements á *Elephas meridionalis* NESTI dans la province de Grenade (Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 252: 1188-1185.
- Aguirre, E. 1963. Situación de las capas con *Hipparion* de Granada en la serie neógena mediterránea. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 69: 2239-246.
- Aguirre, E. 1974. Depresión de Granada. En: *Coloquio Internacional del Neógeno superior y Cuaternario inferior*. Libro-Guía. 175-212.
- Aguirre, E., Lhenaf, R. y Zazo, C. 1973. Nuevos fósiles de elefantes en Andalucía. *Estudios Geológicos*, 29: 295-306.
- Alberdi, M.T. y Alonso-Diago, M.A. 2009. Cúllar Baza-1. 2009. En: *Annual meeting INQUA-SEQS "The Quaternary of southern Spain: a bridge between Africa and the Alpine domain", Abstract volume and Fieldtrips guide*. Orce y Lucena, 120-128.
- Álvarez-Lao, D.J., Kahlke, R.D., García, N. y Mol, D. 2009. The Padul mammoth finds. On the southernmost record of *Mammuthus primigenius* in Europe and its southern spread during the Late Pleistocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 278: 57-70.
- Botella, M.C., Marques, I., De Benito, I., Ruiz, A. y Delgado, M.T. 1975. La excavación y sus resultados arqueológicos. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*. 1: 25-45.
- Capozza, M. 2001. Microwear analysis of *Mammuthus meridionalis* (Nesti, 1825) molar from Campo del Conte (Frosinone, Italy). En: *Proceedings of the First International Congress, The World of Elephants. Consiglio Nazionale delle Ricerche*, Rome, 529-533.
- Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J. y Sala, R. 2013. *Homo* vs. *Pachycrocuta*: Earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). *Quaternary International*, 295: 113-125.
- Gibert, J., Arribas, A., Terán, J. y Palomar, J. 1992. Contexto geológico del Barranco del Paso (Orce, Granada). En *Presencia humana en el Pleistoceno inferior de Granada y Murcia*. Gibert, Campillo, García-Olivares, Margosa, Martínez, Martínez (eds.), *Proyecto Orce-Cueva Victoria* (1988-1992). Ayuntamiento de Orce, 203-218.
- Lindsay, E.H., Opdyke, N.D. y Johnson, N.M. 1980. Pliocene dispersal of the horse *Equus* and Late Cenozoic mammalian dispersal events. *Nature*, 287: 135-138.
- Lister, A.M. 1996. Evolution and taxonomy of Eurasian mammoths. En: Shoshani, J., Tassy, P. (eds.), *Evolution and Palaeoecology of Elephants and their Relatives*. Oxford University Press, Oxford, 203-213.
- Lister, A.M. y Sher, A.V. 2001. The Origin and Evolution of the Woolly Mammoth. *Science*, 294: 1094-1097.
- Lister, A.M., Sher, A.V., Van Essen, H.E. y Guangbiao, W. 2005. The pattern and process of mammoth evolution in Eurasia. *Quaternary International*, 126-128: 49-64.
- Maglio, V.J. 1973. Origen and Evolution of the Elephantidae. *Transactions of the American Philosophical Society, New Ser.*, 63(3): 1-149.
- Martín-Penela, A. 1987. *Los grandes mamíferos del yacimiento achelense de la Solana del Zamborino (Fonelas, Granada)*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 268 pp.

Martínez-Navarro, B., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P. y Palmqvist, P. 2011. Presence of the Asian origin Bovini, *Hemibos* sp. aff. *Hemibos gracilis* and *Bison* sp., at the early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Spain). *Quaternary International*, 243: 54-60.

Palombo, M.R. y Curiel, V. 2003. Tooth microwear of *Mammuthus meridionalis*: a methodological approach. *ollettino della Società Paleontologia italiana*, 42(1-2): 151-155.

Palombo, M.R. y Ferretti, M.P. 2005. Elephant fossil record from Italy: knowledge, problems, and perspectives. *Quaternary International*, 126-128.

Porta, J. 1975. Estudio preliminar sobre la fauna de la Solana de Zamborino. *Cuaderno de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 17-23.

Ros-Montoya, S. 2005. El Padul (Granada): Presencia de Mamut Lanudo (*Mammuthus Primigenius*, Blumenbach) en el Sur de España. En: Meléndez, Martínez-Pérez, Ros, Botella, Plasencia (Eds.), *Miscelánea Paleontológica, SEPAZ*, 6: 359-377.

Ros-Montoya, S. 2010. *Los proboscídeos del Plio-Pleistoceno de las Cuencas de Guadix-Baza y Granada*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, 403 pp.

Ros-Montoya, S., Madurell-Malapeira, J., Martínez-Navarro, B., Espigares, M.P. y Palmqvist, P. 2012. Late Villafranchian *Mammuthus meridionalis* (Nesti, 1825) from the Iberian Peninsula: Dentognathic remains from Incarcal-I (Crespià, Girona) and Venta Micena (Orce, Granada). *Quaternary International*, 276-277: 17-22.

Los yacimientos del tránsito Jurásico-Cretácico de Las Zabacheras (Galve, Geoparque del Maestrazgo, Teruel)

Rafael Royo-Torres¹, Alberto Cobos¹, Francisco Javier Verdú¹,
José Bienvenido Díez², Uxue Villanueva³, Ramón Mas⁴,
Graciela Delvene⁵, Luis Alcalá¹, José Luis Sanz⁶

¹Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis, Av. Sagunto s/n, 44002 Teruel, España. E-mail: royo@dinopolis.com, cobos@dinopolis.com, verdu@fundaciondinopolis.org, alcalá@dinopolis.com

²Departamento de Xeociencias Mariñas e Ordenación do Territorio, Facultade de Ciencias do Mar, Universidade de Vigo, 36310 Vigo, España. E-mail: jbdiez@gmail.com

³ERNO, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Colosio y Madrid s/n, Campus Unison, Ap. Postal 1039, CP 83000 Hermosillo, México. E-mail: uxue@geologia.unam.mx

⁴Departamento de Estratigrafía, IGEO (CSIC), Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España. E-mail: ramonmas@ucm.es

⁵Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid, España. E-mail: g.delvene@igme.es

⁶Unidad de Paleontología, Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. E-mail: dinoproyecto@gmail.com

Introducción y antecedentes

Después de 30 años transcurridos desde la última excavación en la que se encontraron huesos de dinosaurio en el yacimiento Las Zabacheras, localidad tipo del primer dinosaurio definido en España, *Aragosaurus ischiaticus* (Sanz *et al.*, 1987), se ha iniciado una exhaustiva investigación en el yacimiento y en la sección estratigráfica en la que está situado. Concretamente, se está revisando la historia de sus hallazgos paleontológicos, las características geológicas del

yacimiento, la sistemática de los huesos de dinosaurio recuperados, el estudio de los invertebrados y las aportaciones de la flora fósil.

La denominación del yacimiento, inicialmente conocido como “La Carretera” (Fernández-Galiano, 1958), cambió por la de “Las Zabacheras” (Lapparent, 1960), debido a la presencia de una pequeña mina de azabache en las proximidades del lugar. El yacimiento se conoce desde la construcción de la vieja carretera que llega hasta la localidad de Galve, tal y como señaló Fernández-Galiano en 1960. En ese mismo trabajo también se menciona que un gran número de huesos fueron enterrados debajo del firme y que otros restos, principalmente vértebras, fueron recogidos por los habitantes de la localidad de Galve como curiosidad. Esto último ha sido confirmado por D. Alejandro Abad y Dña. Purificación Monzón (comunicación personal a Royo-Torres y Cobos en agosto de 2014): D. José Monzón Navarro, el caminero del municipio, ya guardaba hace más de 70 años en su casa de Galve varios huesos de este dinosaurio. Posteriormente, en 1958, el también vecino de Galve D. José María Herrero dio a conocer éste y otros hallazgos al Jefe de Sección de Ciencias Naturales del Instituto de Estudios Turolenses D. Dimas Fernández-Galiano, que realizó excavaciones en el yacimiento (Fernández-Galiano, 1958); todos los huesos obtenidos se depositaron en el Museo Provincial de Teruel y fueron publicados por Albert Felix de Lapparent en 1960. Posteriormente, en los años ochenta, equipo del Dr. José Luis Sanz y D. José María Herrero recuperó nuevo material que sirvió para definir en 1987 el género y la especie *Aragosaurus ischiaticus* (Sanz *et al.*, 1987). Todo el material se ha descrito y revisado recientemente por Royo-Torres *et al.* (2014).

Situación geográfica y geológica

El yacimiento se sitúa en el término municipal de Galve, dentro de la comarca Comunidad de Teruel de la provincia de Teruel y en el Maestrazgo Cultural European & Global Geopark (Parque Cultural del Maestrazgo).

Desde el punto de vista geológico, el yacimiento se ubica dentro de la cuenca sedimentaria del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (facies Purbeck-Weald) del Maestrazgo, que incluye a la subcuenca de Galve. Inicialmente el yacimiento Las Zabacheras se situó en la unidad geológica denominada “Unidad 3”, con una edad “Hauteriviense?”, por Díaz-Molina y Yébenes (1987). Posteriormente, esta unidad fue atribuida a la Formación El Castellar (Hauteriviense-Barremiense) por Cuenca-Bescós *et al.* (1994), con lo que

se databa a *Aragosaurus* como uno de los escasos dinosaurios europeos de dicha antigüedad. Esta atribución fue modificada por Royo-Torres *et al.* (2009) al proponer que la “Unidad 3” formaba parte de la Formación Villar del Arzobispo (Titoniense-Berriasiense), tras compararla con diversas unidades litoestratigráficas de la Cuenca Suribérica. Posteriormente, Canudo *et al.* (2012) volvieron a situar a la “Unidad 3” en la Formación El Castellar, presentando datos cartográficos y estratigráficos que no comparten los estudios más recientes, publicados en Royo-Torres *et al.* (2014). En este último trabajo se discute justificadamente que la “Unidad 3” de Díaz-Molina y Yébenes (1987) -y, por lo tanto, el yacimiento Las Zabacheras- debe situarse en la Formación Villar del Arzobispo basándose en la cartografía geológica, la correlación estratigráfica, el ambiente sedimentario y datos paleontológicos.

Los niveles de la sección de Las Zabacheras en su “Unidad 3” se interpretan como pertenecientes a un ambiente de llanuras de mareas y supramareal, asociado a sistemas de depósito continental (Díaz-Molina y Yébenes, 1987). Las llanuras de marea se caracterizan por el predominio de fangos, mientras que los sedimentos supramareales corresponderían a una llanura costera donde los aportes de terrígenos estuvieron probablemente relacionados con sistemas deposicionales continentales. Entre estos niveles de ambiente costero y la base de la unidad inferior de la Formación El Castellar (“Unidad 4” de Díaz-Molina y Yébenes, 1987) hay una discordancia visible en el campo y marcada por la presencia de una calcreta de espesor variado. La discordancia se puede seguir tanto en la subcuenca de Galve como en la limítrofe subcuenca de Peñagolosa. Por encima de esta discordancia, tanto en Galve como en la sección tipo de la Formación El Castellar en El Castellar (Teruel), afloran arcillas y arenas amarillas y violáceas, que corresponden al tramo inferior de esta última unidad. Sobre estos niveles se disponen los niveles de calizas y areniscas de ambiente lacustre de la unidad superior de la Formación El Castellar (Royo-Torres *et al.*, 2014).

Nuevos huesos de dinosaurio (Las Zabacheras)

Un equipo formado por paleontólogos de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis y de la Universidad Autónoma de Madrid comenzó nuevas actuaciones paleontológicas en el yacimiento a partir de marzo de 2014 (Fig. 1). Una vez localizado el punto exacto en el que se hallaron hasta 1983 los huesos fósiles, se procedió a retirar la

escombrera que lo sepultaba. Esto permitió que volviese a aflorar una capa sedimentaria formada por arcillas grises y rojas con nódulos de carbonato, similar a la descrita por Díaz-Molina y Yébenes en 1987. Los nuevos fósiles hallados hasta el momento pertenecen tanto a elementos postcraneales de *Aragosaurus ischiaticus* como a restos de bivalvos y vegetales. Los huesos consisten en restos de tres chevrones, un esternal, un radio, una tibia (Fig.2) y varios metápodos del pie. Todos ellos tienen una conservación similar a la de los demás fósiles conocidos de *Aragosaurus* y se consideran como pertenecientes a un mismo individuo por no haber elementos repetidos. Los restos vegetales reconocidos hasta el momento presentan una gran diversidad de esporas de helechos. La excavación continúa abierta y actualmente se desarrolla un proyecto para hacer visitable este histórico yacimiento.



Figura 1. Las Zabacheras durante la campaña de excavación de marzo de 2014.



Figura 2. Tibia izquierda de *Aragosaurus*.

Iconofósiles (Las Zabacheras 2 y Las Zabacheras 5)

En la sección se han encontrado dos niveles con icnitas de dinosaurios que se presentan en forma de rellenos (hiporrelieves convexos). Las Zabacheras 5 se sitúa inmediatamente por encima del nivel con *Aragosaurus* y, hasta el momento, ha proporcionado una veintena de icnitas.

Fósiles de plantas (Las Zabacheras y Las Zabacheras 3)

Los datos palinológicos del área de Galve se encuentran en los trabajos de Mohr (1987, 1989), quien dató las unidades por encima de Las Zabacheras (unidades 4, 5 y 6 de Díaz-Molina y Yébenes (1987)) como Barremiense inferior por la presencia de *Clavatipollenites hughesii*. Estudios más recientes ampliaron el rango de dicha especie hasta el Hauteriviense superior (Brenner, 1996). El siguiente trabajo que describe restos de polen en Galve consiste en una comunicación presentada en un congreso por Díez *et al.* (1995), donde establecen una edad Valanginiense-Hauteriviense para el yacimiento denominado Piélagos 0. Con la información actual, los datos de ese polen no descartarían una edad Berriasiense, coincidiendo en parte con los datos de polen de la sección tipo de la Formación Villar del Arzobispo (Mas, 1981; Mas *et al.*, 1984).

Actualmente se está analizando polen de la subcuenca de Galve, mediante un muestreo sistemático de sedimentos desde la Formación Villar del Arzobispo hasta la Formación Artoles. En la sección del yacimiento Las Zabacheras se han obtenido resultados positivos en dos niveles. El primero se ubica en la misma capa de los huesos de *Aragosaurus*, con una alta diversidad de esporas de helechos de afinidad Jurásico-Cretácico basal. El segundo yacimiento (denominado Las Zabacheras 3) se sitúa varios metros por encima del anterior y contiene restos de macroflora de helechos.

Fósiles de invertebrados (Las Zabacheras 4)

Lateralmente y a la misma altura estratigráfica al yacimiento que contiene los restos de *Aragosaurus* se ha documentado la presencia de bivalvos caracterizados por un registro peculiar. Este yacimiento se ha denominado Las Zabacheras 4 (Fig. 3) y se trata de una concentración de valvas aisladas de gran tamaño, envueltas externa e internamente por una costra microbialítica. El resultado son oncoides de unos 15 cm de longitud media cuyo grosor oscila entre 0,5 cm y 2 cm, mientras que el de la concha conservada suele

ser menor de 0,5 mm. Los estudios de la microestructura de los oncoides no han permitido determinar todavía si se conserva el espesor completo de la concha o bien ha habido disolución de la misma durante la etapa fosildiagenética de la fosilización. Todas las muestras están compuestas por valvas aisladas, sin predominio de derechas o izquierdas. También se ha encontrado un único fragmento de valva, recubierto exteriormente por una costra microbialítica, que conserva restos de ornamentación en chevron. Este tipo de costillas lo presentan algunos ejemplares recogidos en capas litológicamente semejantes del yacimiento Barrihonda-El Humero (Riodeva) de la Formación Villar del Arzobispo (Delvene *et al.*, 2014).



Figura 3. Concentración de oncoides de gran tamaño cuyos núcleos son valvas aisladas de bivalvos de agua dulce.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con el soporte del Departamento de Educación, Universidad, Cultura y Deporte (Dirección General de Patrimonio Cultural) y del Departamento de Industria e Innovación (Gobierno de Aragón) y Fondo Social Europeo (Grupo de Investigación Consolidado E-62 FOCONTUR), del Instituto Aragonés de Fomento, de la Sociedad Gestora y de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. Agradecemos las sugerencias recibidas durante el proceso de revisión.

Referencias

- Brenner, G.J. 1996. Evidence for the earliest stage of angiosperm pollen evolution: paleoequatorial section from Israel. En: Taylor D.W. y Hickey L.J. (eds.), *Flowering plant origin, evolution and phylogeny*. Chapman & Hall, New York, 91-115.
- Canudo, J.I., Gasca, J.M., Moreno-Azanza, M. y Aurell, M. 2012. New information about the stratigraphic position and age of the sauropod *Aragosaurus ischiaticus* from the Early Cretaceous of the Iberian Peninsula. *Geological Magazine*, 149: 252-263.
- Cuenca-Bescós, G., Amo, O., Aurell, M., Buscalioni, A.D., Canudo, J.I., Laplana, C., Pérez-Oñate, J., Ruiz-Omeñaca, J.I., Sanz, J.L. y Soria, A.R. 1994. Los vertebrados del tránsito Jurásico-Cretácico de Galve (Teruel). En: *Comunicaciones de las X Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, Madrid, 50-53.
- Delvene, G., Munt, M., Royo-Torres, R., Cobos, A. y Alcalá, L. 2014. Late Jurassic-Early Cretaceous freshwater bivalves from *Turiasaurus riodevensis* bearing strata of Teruel (Spain). *Spanish Journal of Paleontology*, 28(2): 161-172.
- Díaz-Molina, M. y Yebenes, A. 1987. La sedimentación litoral y continental durante el Cretácico Inferior. Sinclinal de Galve, Teruel. *Estudios Geológicos*, Volumen extraordinario Galve-Tremp: 3-21.
- Diez, B.J., Pons, D., Canudo, J.I., Cuenca, G. y Ferrer, J. 1995. Primeros datos palinológicos del Cretácico inferior continental de Piélagu-O, Galve (Teruel, España). En: *XI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 79-80.
- Fernández-Galiano, D. 1958. Descubrimiento de restos de dinosaurios en Galve. *Teruel*, 20: 1-3.
- Fernández-Galiano, D. 1960. Yacimientos de dinosaurios en Galve. Teruel. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 58: 95-96.
- Lapparent, A.F. 1960. Los dos Dinosaurios de Galve. *Teruel*, 24: 177-198.
- Mas, R. 1981. El Cretácico Inferior de la región Noroccidental de la provincia de Valencia. Tesis Doctoral, Universidad Complutense Madrid. *Seminarios de Estratigrafía*, 8: 1-476.
- Mas, R., Alonso, A. y Meléndez, N. 1984. La Formación Villar del Arzobispo: un ejemplo de llanuras de marea siliciclásticas asociadas a plataformas carbonatadas. Jurásico terminal (NW de Valencia y E de Cuenca). *Publicaciones de Geología de la Universidad Autónoma de Barcelona*, 20: 175-188.
- Royo-Torres, R., Cobos, A., Luque, L., Aberasturi, A., Espílez, E., Fierro, I., González, A., Mampel, L. y Alcalá, L. 2009. High European sauropod dinosaur diversity during Jurassic-Cretaceous transition in Riodeva (Teruel, Spain). *Palaeontology*, 52: 1009-1027.
- Royo-Torres, R., Upchurch, P., Mannion, P., Mas, R., Cobos, A., Gascó, F., Alcalá, L. y Sanz, J.L. 2014. The anatomy, phylogenetic relationships and stratigraphic position of the Tithonian-Berriasian Spanish sauropod dinosaur *Aragosaurus ischiaticus*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 171(3): 623-655.
- Sanz, J.L., Buscalioni, A.D., Casanovas, M.L. y Santafé, J.V. 1987. Dinosaurios del Cretácico Inferior de Galve (Teruel, España). *Estudios Geológicos*, Volumen Extraordinario Galve-Tremp: 45-64.

Un modelo para describir el ciclo de locomoción de un trilobites mediante Cinemática Inversa y Generadores Centrales de Patrones

Pedro J. Rubio Burillo

Travesía Miguel Ibáñez nº 3, 4ªA, 44003, Teruel.

Email: rubioburillo@gmail.com

Introducción

Se desarrolla un modelo capaz de describir el ciclo de locomoción de un trilobites (*Asaphus platyrus*) recurriendo a los conceptos de Generadores Centrales de Patrones y de Cinemática Inversa aplicados a un modelo tridimensional y obteniéndose una animación que nos permitirá describir ese ciclo y sus parámetros asociados.

Existe un creciente interés en el estudio de las bases biológicas de la locomoción de los artrópodos y de sus aplicaciones en campos como la robótica (Ritzmann *et al.*, 2004; Webb *et al.*, 2004) o la simulación computacional (Ekeberg *et al.*, 2004). El concepto básico a emplear es el de Generadores Centrales de Patrones (CPG), que son circuitos neuronales capaces de producir ciclos coordinados de actividad rítmica, sin necesidad de entradas provenientes de retroalimentación sensorial o de sistemas neuronales superiores (Delcomyn, 1980; Grillner, 1985). La locomoción para que sea efectiva, requiere una coordinación multidimensional de esos patrones rítmicos (Ijspeert y Crespi, 2007). Los CPG actúan sobre los grupos musculares que rigen el comportamiento de cada articulación del sistema locomotor. Esto supone un elevado grado de complejidad ya que la actuación de cada grupo muscular ha de estar coordinada con las del resto. Dada la dificultad de aplicar articulación por articulación un comportamiento motor capaz de reproducir un movimiento coordinado en el conjunto de una extremidad, se recurrirá al uso de la cinemática inversa (IK) que permite calcular los parámetros (posición y ángulo) para cada articulación de la extremidad en un momento dado.

A continuación se desarrollará sobre un modelo tridimensional de trilobites (*A. platyrus*) los conceptos expuestos en la introducción.

Cinemática Inversa

Podemos abordar el movimiento relativo de las partes de un organismo desde un punto de vista cinemático o dinámico. Puede usarse la cinemática para describir el movimiento de las extremidades y la dinámica para la relación entre anillos contiguos (Fang *et al.*, 2013). Nuestra aproximación, será exclusivamente cinemática.

La Cinemática Inversa, permite reconstruir la posición de todos los elementos de un sistema articulado (cadena IK) conociendo solamente su origen y la posición de su último segmento.

Para modelizar el conjunto de las articulaciones del sistema, así como la manera en que se relacionan entre sí, dividiremos la totalidad del modelo en secciones que corresponderán a cada uno de los segmentos articulares (Fig. 1) incluyendo su correspondiente par de endopoditos (en este modelo no incluiremos los exopoditos que en todo caso se moverían solidarios a la coxa).

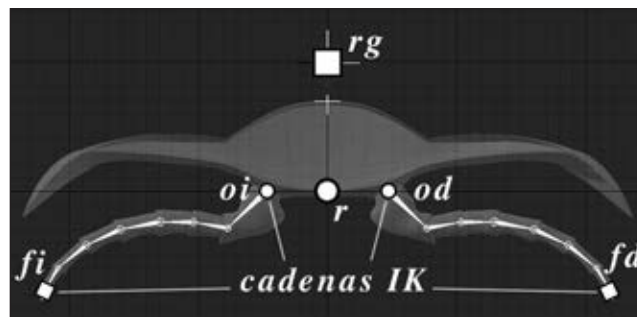


Figura 1. Sección correspondiente a un segmento articular y sus endopoditos, cada uno con su correspondiente cadena IK. Los puntos oi y fi definen la cadena correspondiente al endopodito izquierdo y los puntos od y fd la del derecho. El punto r es la raíz de ambas cadenas y el punto rg (único para el modelo) es al que emparentan los puntos r de cada uno de los anillos articulares.

Cada una de esas secciones básicas en que dividiremos el organismo, tendrá un elemento raíz (r en Fig. 1) al cual emparentarán las dos cadenas de cinemática inversa correspondientes a cada una de las extremidades. Esa raíz estará en el punto medio entre las articulaciones de las coxas. Como los giros de los endopoditos de un mismo segmento articular son en sentidos

opuestos, se producirá un giro del conjunto en torno al elemento raíz. Al producirse sobre todos y cada uno de los segmentos articulares ese mismo efecto en diferente grado, el conjunto del tórax tenderá a ondularse (Fig. 2). Dicha ondulación pasiva, mejora el rendimiento de la locomoción para una frecuencia de paso dada (Hoffman y Wood, 2011).

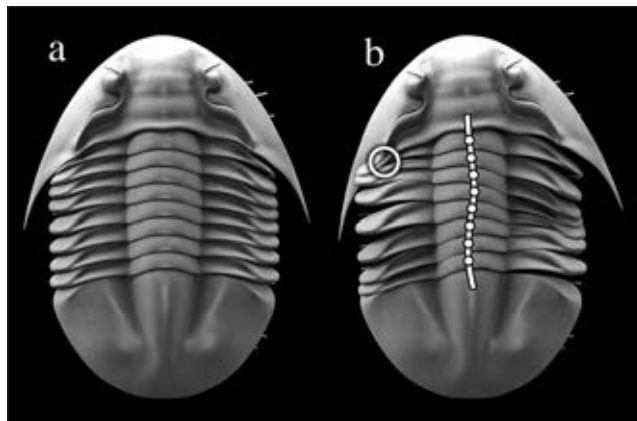


Figura 2. Ondulación del tórax provocada por el giro en sentidos opuestos de los endopoditos de un mismo anillo (A). Para evitar solapamientos, puede ser necesario restringir porcentualmente el giro de cada segmento (B).

Generadores Centrales de Patrones

En el apartado anterior, vimos que podemos aplicar los movimientos correspondientes a un CPG sobre todas las articulaciones de una extremidad, actuando solamente sobre el último de sus elementos.

Las trayectorias reales asociadas a los CPG contienen “ruido” y frecuencias indeseadas lo que hace su descripción muy compleja, por lo que se han buscado diversas maneras de llegar a una aproximación funcional (Koditschek *et al.*, 2004; Tsai *et al.*, 2010). En nuestro caso simplificaremos reconstruyendo un ciclo de desplazamiento mediante el uso de movimientos oscilatorios que responderán a la ecuación general de una onda:

$$y(x,t) = f(x \pm vt)$$

donde f es una función cualquiera dependiente del espacio y tiempo, que podría ser por ejemplo polinómica o trigonométrica. Para nuestro caso tomaremos funciones armónicas del tipo:

$$y(x,t) = A \sin(kx \pm \omega t + \delta)$$

donde A es la amplitud de onda, k el número de onda, ω la velocidad angular y δ la diferencia de fase. Esa misma expresión en función de la frecuencia f y de la longitud de onda λ (que serán las entradas que usaremos en el modelo) queda como:

$$y(x,t) = A \sin(2\pi x/\lambda \pm 2\pi ft + \delta)$$

Para describir el movimiento del último segmento del endopodito (cadena IK), consideramos dos movimientos ondulatorios; una onda longitudinal, es decir la oscilación se produce en la dirección de la propagación (en nuestro caso la dirección de avance del trilobites) y una onda transversal en la que la oscilación es perpendicular a la propagación.

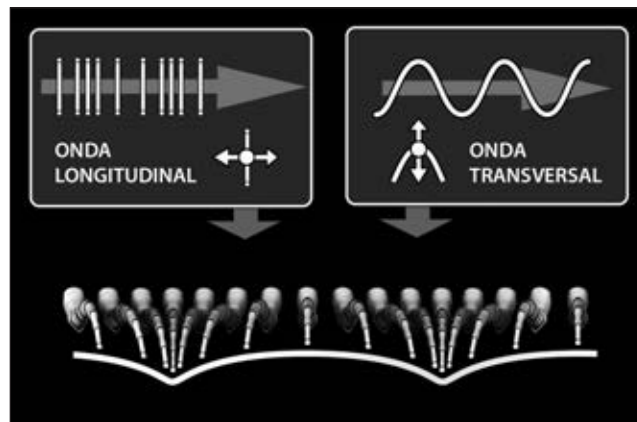


Figura 3. El movimiento de los segmentos del endopodito puede describirse por la composición de dos movimientos ondulatorios, longitudinal y transversal.

Los valores de frecuencia f y longitud de onda λ , los introducimos de forma conjunta en el sistema aplicando un factor que será calculado a partir

del desplazamiento del modelo. Ese factor, tendrá un valor que permitirá que los sucesivos extremos de los endopoditos que contacten con el sustrato, lo hagan en el mismo lugar (punto de apoyo) para cada ciclo, permitiendo de esta forma el avance del individuo (Fig. 4). La amplitud de la onda transversal nos determina la magnitud del desplazamiento vertical de la extremidad mientras que la amplitud de la onda longitudinal hay que ajustarla para que no haya colisiones entre segmentos adyacentes.

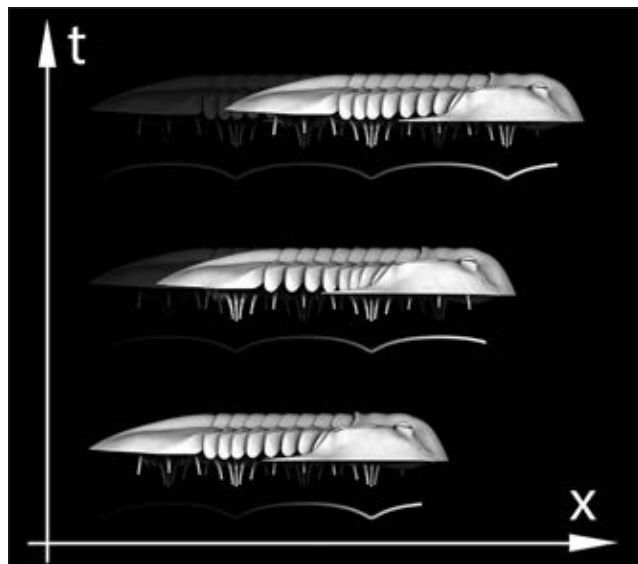


Figura 4. Al desplazarse, los sucesivos segmentos en contacto con el sustrato se van relevando en una posición fija del eje x, generándose así un avance a partir de ese punto de apoyo.

Los giros de las extremidades de un mismo segmento articular son en sentidos opuestos según se trate del derecho o del izquierdo. Esto se traduce en que las oscilaciones aplicadas a los endopoditos izquierdos o derechos tendrán una diferencia de fase de π radianes para cada segmento.

La configuración de las extremidades capaz de garantizar la estabilidad en la marcha de los artrópodos, parece no estar vinculada a la retroalimentación sensorial (Mendes *et al.*, 2013), siendo dependiente de los CPGs. En cada momento del desplazamiento debemos tener como mínimo tres puntos de apoyo (trípode) para garantizar dicha estabilidad. El número de puntos

de apoyo en cada ciclo de desplazamiento, se puede controlar variando la diferencia de fase δ entre los sucesivos movimientos oscilatorios aplicados a cada extremidad.

Con una diferencia de fase de $\pi/4$ radianes para la oscilación entre endopoditos contiguos, conseguimos el mínimo de un trípode para cada momento del ciclo (para el número concreto de extremidades de este caso), de forma que el ejemplar sería estable en su avance (Fig. 5).

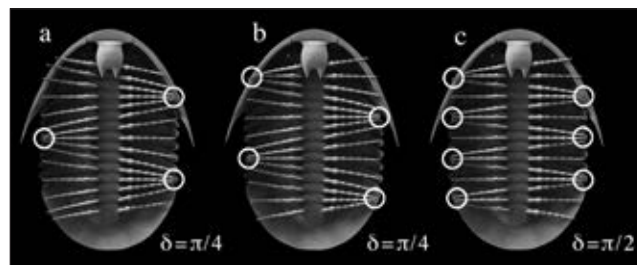


Figura 5. Posiciones de los puntos de apoyo de las extremidades de un trilobites según la δ de la oscilación aplicada; a y b muestran las configuraciones extremas para una diferencia de fase de $\pi/4$ radianes y c una configuración cualquiera para $\delta = \pi/2$ radianes.

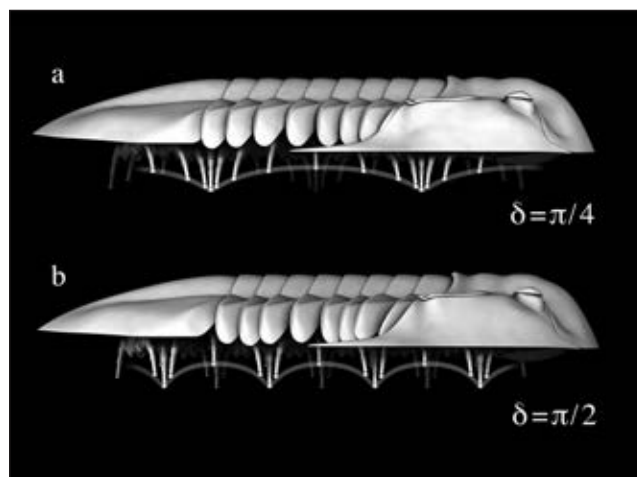


Figura 6. Trayectoria descrita por el último elemento de las extremidades de un trilobites según la diferencia de fase del movimiento ondulatorio aplicado.

Se puede aumentar el número de puntos de apoyo variando la diferencia de fase de la oscilación aplicada a segmentos contiguos. Para valores de $\pi/2$ radianes logramos duplicar el número de dichos puntos (Fig. 5 y 6). Al modificar la diferencia de fase, hay que variar también la amplitud de la onda longitudinal para adecuar la geometría final de los endopoditos a las nuevas condiciones. También hay que variar frecuencia y longitud de onda para conseguir ese punto de apoyo fijo en el sustrato, que permita el impulso del ejemplar.

Conclusiones

El uso de funciones armónicas a modo de simplificación de Generadores Centrales de Patrones, nos permiten al aplicarlas a cadenas de Cinemática Inversa describir y reproducir el ciclo de desplazamiento de un trilobites (*A. platyrus*). Con los parámetros de esas funciones podemos establecer posiciones de extremidades y segmentos articulares compatibles con la geometría del ejemplar y que permitan su avance efectivo en condiciones de equilibrio estable.

Referencias

- Delcomyn, F. 1980. Neural basis of rhythmic behavior in animals. *Science*, 210: 492–498.
- Ekeberg, Ö., Blümel, M. y Büschges, A. 2004. Dynamic simulation of insect walking. *Arthropod Structure & Development*, 33(3): 287–300.
- Grillner, S. 1985. Neural control of vertebrate locomotion - central mechanisms and reflex interaction with special reference to the cat. *Feedback and motor control in invertebrates and vertebrates*, 35–56.
- Fang, J., Jiang, C. y Terzopoulos, D. 2013. Modeling and animating myriapoda: a real-time kinematic/dynamic approach. En: *ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA)*, <http://www.youtube.com/watch?v=y099Les5K7A>
- Hoffman, K.L. y Wood R.J. 2011. Passive undulatory gaits enhance walking in a myriapod millirobot. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 1479–1486.
- Ijspeert, A.J. y Crespi, A. 2007. Online trajectory generation in an amphibious snake robot using a lamprey-like central pattern generator model. *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 262–268.
- Koditschek, D.E., Full, R.J. y Buehler, M. 2004. Mechanical aspects of legged locomotion control. *Arthropod Structure & Development*, 33(3): 251–272.
- Mendes, C.S., Bartos, I., Akay, T., Márka, S. y Mann, R.S. 2013. Quantification of gait parameters in freely walking wild type and sensory deprived *Drosophila melanogaster*. *eLife* 2013;2:e00231.
- Ritzmann, R.E., Gorb, S.N. y Quinn, R.D. 2004. Arthropod Locomotion Systems: from Biological Materials and Systems to Robotics (introduction). *Arthropod Structure & Development*, 33(3): 183–185.
- Ritzmann, R.E., Quinn, R.D. y Fisher, M.S. 2004. Convergent evolution and locomotion through complex terrain by insects, vertebrates and robots. *Arthropod Structure & Development*, 33(3): 361–379.
- Tsai, Y., Lin, W., Cheng, K.B., Lee, J. y Lee, T. 2010. Real-time physics-based 3D biped character animation using an inverted pendulum model. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 16: 325–337.
- Webb, B., Harrison, R.R. y Willis, M.A. 2004. Sensorimotor control of navigation in arthropod and artificial systems. *Arthropod Structure & Development*, 33(3): 301–329.

Nuevos datos sobre las faunas fósiles de vertebrados de la zona de Quebrada Seca (Santa Elena, Ecuador)

Francisco J. Ruiz-Sánchez^{1,2,3}, Juan Abella^{1,4}, José L. Román⁵, Emily Lindsey^{6,7}, Jonathan Santana¹, Erick López¹, Rafael Marquina³, Vicente D. Crespo³, Samuel Mansino³, Nardy Díez¹, Mery Ramírez¹, Douglas Vera¹, Kiura M. Escalante¹, F. Fernando Flores¹, Jonathan O. Molina¹, M. Belén Ramos¹, Ian L. Ronquillo¹, M. Herminia Cornejo¹

¹INCYT-UPSE, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 7047, Santa Elena, Ecuador.

²Museu Valencià d'Història Natural, L'Hort de Feliu, P.O. Box 8460, Alginet, 46018, Valencia, España.

³Departament de Geologia, Universitat de València, Dr. Moliner s/n, 46100 Burjassot, Valencia, España.

⁴Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (ICP), Edifici Z, c/ de les Columnes s/n, Campus de la UAB, E-08193 Cerdanyola del Vallès, España.

⁵Instituto de Ciencias Biológicas, Museo de Historia Natural "Gustavo Orcés V", Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

⁶Department of Integrative Biology, University of California, Berkeley, USA.

⁷University of California Museum of Paleontology, Berkeley, USA.

Introducción

La Provincia de Santa Elena, en la región litoral ecuatoriana (Fig.1), cuenta con uno de los registros paleontológicos más importantes de la costa pacífica de Sudamérica. Sus rocas tienen una edad que van del Cretácico al Pleistoceno (Hoffstetter, 1948, 1952). En ellas abundan afloramientos con restos de grandes mamíferos pleistocénicos asociados a emanaciones bituminosas. Las primeras descripciones de estas faunas las realizó

Spillmann (1931, 1938, 1941, 1942), pero fue Hoffstetter (1948, 1952) quien dio a conocer una extensa lista de vertebrados e invertebrados del intervalo Eoceno-Pleistoceno. Entre las especies más representativas se cuentan: *Pterosphenus sheppardi*, una serpiente del Eoceno de Ancón, *Equus (Amerhippus) santaelenae*, el caballo pleistocénico costero y un posible Megaterio de talla mediana de controvertida asignación; estos dos últimos de la localidad conocida como "La Carolina" y junto con especies de distribución más extensa como *Eremotherium laurillardi*, *Glossotherium tropicorum*, *Scelidotherium reyesi*, *Holmesina occidentale*, *Dusicyon sechurae*, *Smilodon fatalis*, *Palaeolama aequatorialis*, *Neochcerus sirasakae*, y *Notiomastodon platensis*. Este material se encuentra depositado en el Museo de Historia Natural "Gustavo Orcés V" de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) en Quito, Ecuador; el Royal Ontario Museum en Toronto, Canada; el Museum National d'Histoire Naturelle en Paris, Francia; y el Museo Paleontológico Megaterio de la Universidad Península de Santa Elena (UPSE) en La Libertad, Ecuador.

Entre los sitios clásicos de esta zona destaca la recién descrita localidad de Tanque Loma (Lindsey, 2013). El afloramiento comprende varios niveles estratigráficos superpuestos de carácter fosilífero, comprendiendo depósitos desde el último glacial hasta probablemente el Holoceno tardío. En la base de la secuencia de Tanque Loma se sitúa una densa acumulación de huesos de grandes mamíferos del Pleistoceno superior en suelos saturados con hidrocarburos. Los huesos de megafauna extinguida aparecen, aunque más escasamente, hasta un metro por encima de la capa asfáltica, justo cuando el contexto deposicional cambia súbitamente. Suprayacente a esta disconformidad se encuentra una serie de 1,5 metros de capas finas llenas de restos de microvertebrados (Lindsey, 2013 para discusión completa).

La historia tafonómica del yacimiento de megafauna de Tanque Loma se corresponde a una acumulación de restos óseos en depósitos fluviales o lacustres, que en la parte inferior quedaban impregnados de alquitrán debido al surgimiento de petróleo posteriormente a su enterramiento (Lindsey, 2013). Un contexto similar es propuesto en la cercana localidad de Corralito (Seymour, 2010). Las capas superiores ricas en microvertebrados, en cambio, han sido interpretadas como acumulaciones de restos no digeridos producto de aves rapaces, intercaladas con capas de carbón y carbonato, depositadas en contextos acuáticos de baja energía (Lindsey, 2013).

Contexto geológico y paleoambiental

Geológicamente, en la zona de Santa Elena se distinguen tres unidades a las que se ha venido en denominar como tablazos (Spillmann, 1942; Hoffstetter, 1952; Edmund, 1965). En estos depósitos se distingue una alternancia de depósitos continentales y marinos. Desde el más antiguo de estos tablazos (el situado en las colinas de Ballenita) hasta el más moderno (zona de Salinas), se localizan sedimentos formados en un ambiente de depósito de medio estuarino. En el tablazo situado en la zona de Salinas se localiza el afloramiento de La Carolina (Hoffstetter, 1952), que ha sido comparado con otras localidades de Norteamérica (Rancho La Brea) y Sudamérica (Talara en Perú e Inciarte en Venezuela) (Lemon y Churcher, 1961; Stock y Harris, 2001; Rincón *et al.*, 2006).

Los yacimientos pleistocénicos de Santa Elena comparten hasta un 72% de especies fósiles de aves con el de la localidad de “La Brea” (Talara, Perú) (Campbell, 1976). Las condiciones ambientales actuales son muy similares en las áreas de Talara y Santa Elena, lo que ha llevado a algunos autores a extender esta similitud al Pleistoceno superior (Lemon y Churcher, 1961), en el que se considera que las zonas estaban ocupadas por una sabana de tipo pradera, abierta y recorrida por ríos con una densa vegetación en sus márgenes (Sarma, 1974; Stothert, 2011).

Materiales y métodos

Durante los meses de Junio y Julio de 2014 se han realizado nuevos muestreo en el área de Quebrada Seca, habiéndose reconocido un nuevo nivel fosilífero en la sección de Tanque Loma (TLB-2) (Fig. 1), que se encuentra situado en la base de la Unidad III (Lindsey, 2013), e inmediatamente por encima del yacimiento clásico con fauna de grandes mamíferos pleistocénicos. También se ha reconocido un nuevo nivel con fauna de grandes mamíferos del Cuaternario en las inmediaciones del Barranco Arenas (BA) (Fig. 1).

Resultados/Discusión

El transporte y acumulación de restos óseos en depósitos fluviales o lacustres no parece ser la única forma en que se generaron acumulaciones

de vertebrados en la localidad Tanque Loma. En la Unidad III descrita por Lindsey (2013), justo por encima del yacimiento clásico de grandes vertebrados de Tanque Loma se han encontrado niveles de brea, de poco espesor, que pudieron haber actuado como trampas naturales a pequeña escala. En ellos se han encontrado sólo animales de pequeño o mediano tamaño (varios cánidos, un tayasuido y una zarigüeya).

La lista faunística preliminar del nivel fosilífero TLB-2 la componen los siguientes taxones: *Didelphis* sp., *Dusicyon* sp., *Tayassuinae* indet., cf. *Sigmodon* sp., *Cricetidae* indet. y *Chiroptera* indet. El material de *Didelphis* sp. consta de un cráneo fragmentado y una mandíbula completa, siendo este tipo de material muy escaso en el registro fósil ecuatoriano. Los restos de *Dusicyon* sp. son los más abundantes (sin contar las aves) del yacimiento. Se han recuperado numerosos restos craneales, mandibulares y postcraneales de individuos juveniles (dientes deciduales) y adultos. Del *Tayassuinae* se han recuperado fragmentos craneales, mandibulares y postcraneales, atribuibles al género *Tayassu* ó a *Catagonus*. Los cricétidos en el yacimiento TLB-2 están representados por dientes sueltos y varias hemimandíbulas de dos especies de cricétidos (*Sigmodon* y un cricétido indeterminado), además de un probable quiróptero del que se cuenta con un resto de maxilar.

Los restos de reptil constan de un dentario con 10 posiciones, de las que se conservan ocho dientes pleurodontos, heterodontos y cilíndricos. El primer diente es monócuspide, siendo el resto fuertemente tricúspides y con surcos intercuspíales profundos. Esta morfología es similar a la descrita en *Iguanoidea* (Daza *et al.*, 2012) y diferente a la de agámidos o camaleónidos con dentición acrodonta (Blain, 2009).

La lista faunística preliminar del nivel fosilífero de Barranco Arenas (BA) consta de *Megatherioidea* indet. y *Equus* sp. El material de la superfamilia *Megatherioidea* consiste en un fémur y una ulna casi completas. Se ha podido comparar con el material de *Eremotherium* depositado en el museo Paleontológico Megaterio (UPSE) y se ha descartado que pueda pertenecer a este taxón. Por tamaño y morfología podría tratarse de restos del género *Megatherium*. El caballo de Barranco Arenas está representado por medio molar inferior y un axis fragmentado. Probablemente, ambos fragmentos correspondan a *Equus (Amerhippus) santaelenae*, ya que esta especie es común en yacimientos del Pleistoceno de la región.



Figura 1. Localización de área de Quebrada Seca (cantón La Libertad, Ecuador) con la situación aproximada de los yacimientos TLB-2 (Tanque Loma) (modificado de Lindsey, 2013) y Barranco Arenas. TLB-2 se sitúa en la base de la Unidad III de Lindsey (2013).

Conclusiones

Los nuevos muestreos llevados a cabo en el área de Quebrada Seca han permitido reconocer dos nuevos niveles fosilíferos, uno con faunas de edad Pleistoceno (Barranco Arenas) y otro, de edad todavía incierta, pero de edad más reciente que la del yacimiento clásico de Tanque Loma (Pleistoceno superior). El nuevo material recuperado permite ampliar el espectro faunístico representado en los yacimientos del Pleistoceno de Quebrada Seca y representan las primeras descripciones de micromamíferos fósiles de esta área. Además, el nuevo descubrimiento en Tanque Loma demuestra que la historia deposicional de esta localidad pudo haber sido más complicada que la originalmente supuesta.

Referencias

- Blain, H.A. 2009. Contribution de la paléoherpétofaune (Amphibia & Squamata) à la connaissance de l'évolution du climat et du paysage du Pliocène supérieur au Pléistocène moyen d'Espagne. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 16: 39-170.
- Daza, J.D., Abdalá, V., Arias, J.S., García-López, D. y Ortiz, P. 2012. Cladistic analysis of Iguania and a fossil lizard from the Late Pliocene of Northwestern Argentina. *Journal of Herpetology*, 46: 104-119.

- Campbell, K.E. 1976. The late Pleistocene avifauna of La Carolina, South western Ecuador. En: Storrs L. Olson (ed.), collected papers in avian paleontology: honoring the 90th birth day of Alexander Wetmore. *Smithsonian contributions to paleontology*, 27:155–168.
- Edmund, A.G. 1965. A late Pleistocene Fauna from the Santa Elena Peninsula, Ecuador. *Life Sciences Contribution*, 63: 1-21.
- Hoffstetter, R. 1948. Notas sobre el Cuaternario de la Península de Santa Elena (Ecuador). *Boletín de Informaciones Científicas Nacionales, Casa de la Cultura Ecuatoriana*, 2: 13-14.
- Hoffstetter, R. 1952. Les Mammifères Pléistocènes de la République de ' l ' Équateur. *Mémoires de la Société Géologique de France, new series*, 66: 1-391.
- Lemon, R.R.H. y Churcher, C.S. 1961. Pleistocene geology and paleontology of the Talara region, northwest Peru. *American Journal of Science*, 259(6), 410-429.
- Lindsey, E.L. 2013. *Taphonomy and paleoecology of asphaltic Pleistocene vertebrate deposits of the western Neotropics*. University of California – Berkeley.
- Lindsey, E.L. y Seymour, K.L. (in review, Natural History Museum of Los Angeles County Science Series). "Tar Pits" of the western Neotropics: paleoecology, taphonomy, and mammalian biogeography.
- Rincón, A.D., Alberdi, M.T. y Prado, J.L. 2006. Nuevo registro de *Equus (Amerhippus) santaelenae* (Mammalia, Perissodactyla) del pozo de asfalto de Inciarte (Pleistoceno Superior), estado Zulia, Venezuela. *Ameghiniana*, 43(3): 529-538.
- Sarma, A.V.N. 1974. Holocene paleoecology of south coastal Ecuador. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 118(1): 93-134.
- Seymour, K.L. 2010. The late Pleistocene fossil vertebrates from the Talara tar seeps, Peru, and Corralito, Ecuador, with particular reference to the Carnivora. En: *X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. VII Congreso Latinoamericano de Paleontología*. Museo de la Plata. La Plata, Argentina. 1a ed.
- Spillmann, F. 1931. *Die Säugetiere Ecuadors im Wandel der Zeit*. Universidad Central, Ecuador, 107 pp.
- Spillmann, F. 1938. *Die fossilen Pferde Ekuadors der Gattung Neohippus*. *Palaeobiológica*, 6: 372-393.
- Spillmann, F. 1941. Ueber einen neuen hydrochoeren Riesennager aus dem Pleistozän von Ekuador. *Journal of the Geological Society of Japan*, 48(571): 196-201.
- Spillmann, F. 1942. Contribución al conocimiento de fósiles nuevos de la avifauna Ecuatoriana en el Pleistoceno de Santa Elena. *Proceedings of the Eighth American Scientific Congress, Washington*, 4: 375-389.
- Stock, C. y Harris, J. 2001. *Rancho La Brea-A record of Pleistocene life in California*. Science Series, Natural History Museum of Los Angeles County 37 (7th Edition), 113pp.
- Stohtert, K.E. 2011. Coastal Resources and the Early Holocene Las Vegas Adaptation of Ecuador. En: *Trekking the Shore*. Springer, 355-382.

Estructuras de domicilio-equilibrio producidas por *Gastrochaenidae* (Bivalvia) en el Mioceno medio del sector de Lagos-Albufeira (Algarve, Portugal)

Ana Santos^{1,2}, Eduardo Mayoral^{1,2}, Gudveig Baarli³, Mario Cachão⁴, Carlos Marques da Silva⁴, Markes Johnson³

¹Departamento de Geodinámica y Paleontología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, Campus de El Carmen, Avda. 3 de Marzo, s/n, 21071 Huelva, España. E-mail: mayoral@uhu.es, asantos@dgyp.uhu.es

²CEIMAR. Campus de Excelencia Internacional del Mar.

³Department of Geosciences, Williams College, Williamstown, MA 01267, USA. E-mail: gbaarli@williams.edu, Markes.E.Johnson@williams.edu

⁴Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia e Centro de Geologia, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal. E-mail: mcachao@fc.ul.pt, cmsilva@fc.ul.pt

Introducción

Uno de los aspectos más interesantes de la morfología funcional en el caso de los bivalvos es el que se refiere a los diferentes tipos de modificaciones que pueden adoptar para adaptarse a los distintos grados de consistencia de los sustratos. En este sentido, los sustratos carbonatados formados por altas concentraciones de restos bioclásticos constituyen un buen ejemplo de sustratos en los que bivalvos sedentarios normalmente de hábito perforante, como son los *gastrochaenidos*, pueden llegar a modificar su estrategia de perforación para asentarse dentro de una cámara o cripta que excavan en el interior del sedimento (Savazzi, 1999).

Situación geográfica y geológica

El sector estudiado se encuentra en la región del Algarve, sur de Portugal, entre las localidades de Lagos (Playa del Canavial, Fig. 1A) y Albufeira (Playa de Arrifão, Fig. 1B).

Las pistas fósiles estudiadas aparecen en el miembro inferior de la Formación Lagos-Portimão, denominado por Cachão (1995) como Biocalcarenita de Lagos, y que pertenece a la denominada Secuencia Carbonatada (Cachão y Silva en Terrinha *et al.*, 2006), cuya edad establecida es de Mioceno medio (Langhiense-Serravaliense).

Iconología sistemática

Las pistas fósiles encontradas responden a dos tipos. Unas son simples, aisladas o en pequeños grupos, que responden a estructuras de domicilio. Las otras son compuestas, y reflejan una migración gradual en sentido vertical a la estratificación, que ha ocasionado un sistema intergradacional compuesto por varios icnotaxones diferentes.

Estructuras de domicilio

Madrigueras semejantes a *Gastrochaenolites*

Descripción. Estructuras consistentes en una amplia cámara en forma de bolsa o de bombilla, cuya longitud varía entre 6 y 8 cm, con un diámetro de 3 a 3,3 cm en la parte basal hasta 1,8-2 cm en la parte superior. De esta zona, parte una prolongación o cuello, que alcanza los 6,6-7 cm de longitud (Fig. 2A). La cámara está formada por un envoltorio de grano más fino que la matriz circundante. Su espesor suele ser menor de 2 mm, aunque en ocasiones aparecen varias capas que alcanzan espesores de hasta 10 mm. Su relleno es pasivo, compuesto por granos y bioclastos similares en composición y tamaño a los de la matriz encajante. También es frecuente hallar restos desarticulados de las valvas del productor dentro o en las inmediaciones de las madrigueras (Figs. 2C y E).

Estas estructuras se encuentran aisladas, formando pequeños grupos de 4-5 individuos, que a veces se cruzan, o están conectadas a los sistemas intergradacionales que se comentarán más adelante. Están emplazadas verticalmente en el sedimento, o bien están dispuestas de forma más o menos horizontal en el mismo.

Discusión. Estas estructuras se corresponden con las criptas construidas por determinados bivalvos que habitan en tubos (*tube-dwelling*), que viven encajados en envolturas calcáreas y que son adaptaciones a una forma de vida en medios de fondos blandos (Chinzei *et al.*, 1982).

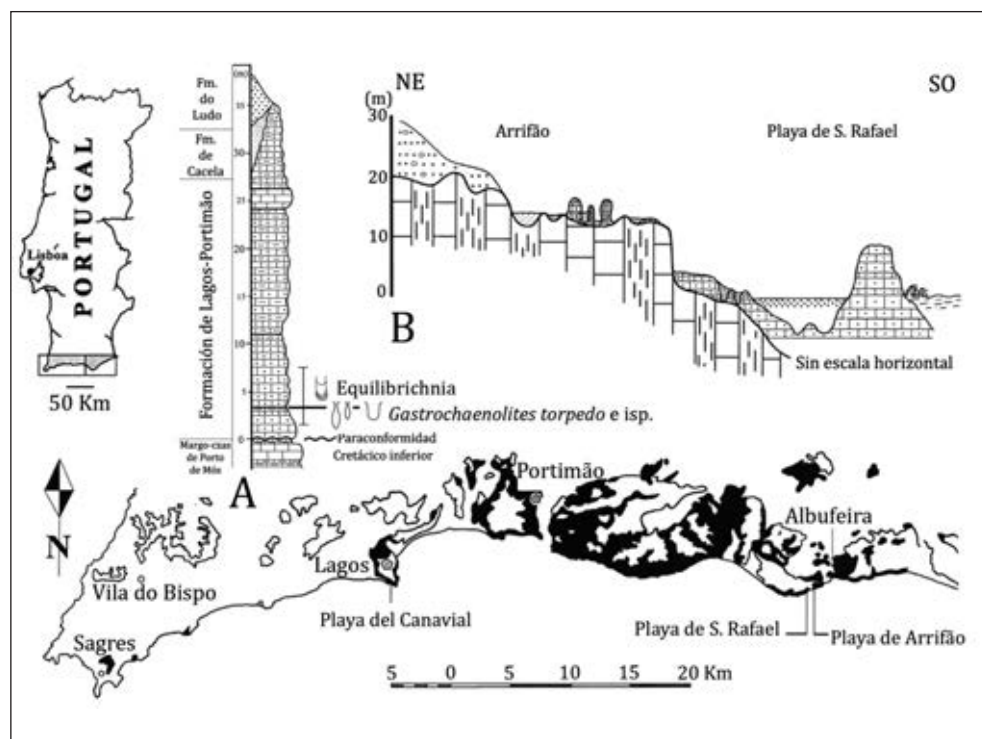


Figura 1. Mapa de situación de los afloramientos estudiados. Áreas en negro: Formación Lagos-Portimão. Áreas en blanco: Formaciones de Cacela y Ludo. (A) Columna litoestratigráfica de la Playa del Canavial. (B) Corte geológico esquemático del sector costero S. Rafael-Arrifão. (Adaptado de Cachão y Silva en Terrinha *et al.*, 2006).

Morfológicamente, estas estructuras son idénticas a las realizadas por los bivalvos perforantes en sustratos endurecidos y que se asignan a *Gastrochaenolites*.

Estructuras de equilibrio

Bajo este apartado se describe un conjunto de pistas intergradacionales, que forman un sistema compuesto, y que responden todas ellas a un mismo tipo de comportamiento.

Teichichnus isp.

Descripción. Madrigueras horizontales de trayectoria rectilínea a ligeramente curva, que alcanzan cierto grado de inclinación en uno de sus extremos, mientras que el opuesto es ciego. No presentan refuerzo, son simples, sin bifurcaciones ni entrecruzamientos con otras similares. Su

longitud es muy corta, con un valor mínimo de 8 cm y máximo de 21 cm, siendo la media de 12 cm. El diámetro varía entre 2 y 4 cm, con una media de 3 cm. Presentan un *spreiten* retrusivo (Figs. 2B y F), de color más oscuro y de grano más fino, con un espesor medio de 2,2 cm.

Discusión. Esta responde a la migración inicial de las criptas horizontales producidas por *Gastrochaena*. Este tipo de conducta se puede interpretar como una adaptación de estos organismos para contrarrestar el riesgo al enterramiento, capacidad ésta ya observada en algunos gastrochaenidos (Savazzi, 1999).

Siphonichnus isp.

Descripción. Madrigueras inclinadas a ligeramente verticales formadas en su tercio inferior por la sucesión de una serie de láminas convexas hacia arriba, en intervalos de 1 cm de media, aumentando su espaciado hacia techo a intervalos

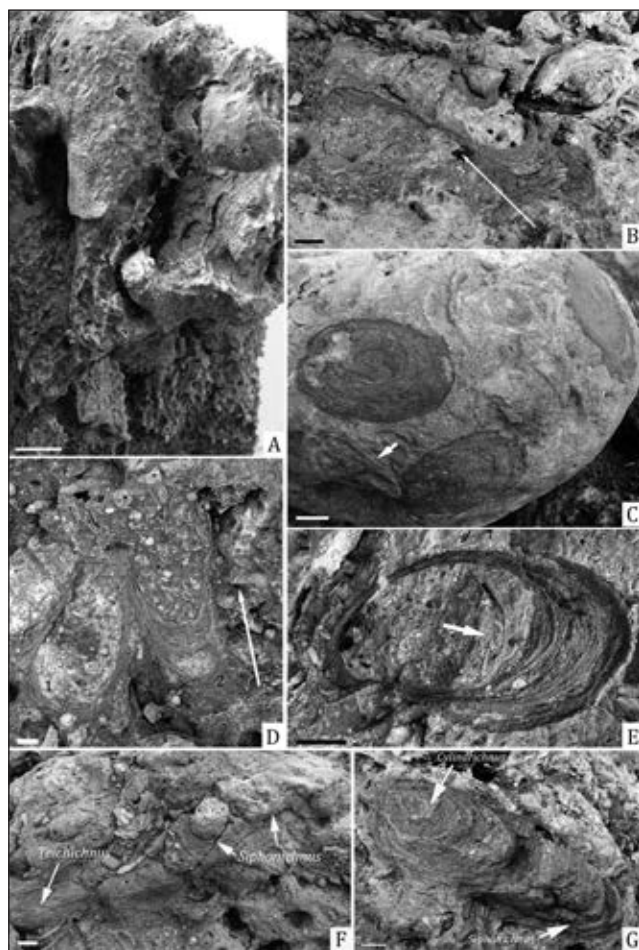


Figura 2. Icnofósiles del Mioceno medio de la Formación Lagos-Portimão. (A) Cripta (cámara y extensión sifonal) producida por *Gastrochaena* sp. en posición invertida en un bloque desprendido del acantilado. (B) *Teichichnus* isp. La flecha indica el *spreiten* retrusivo. (C) *Cylindrichnus* isp. La flecha indica una sección de *Gastrochaena* sp. (D) (1) Cripta sepultada (2) cripta formando estructura de equilibrio: *Siphonichnus* isp. La flecha indica el sentido de movimiento. (E) Sección transversal de *Siphonichnus* isp. mostrando el *spreiten* lateral. La flecha indica la posición de *Gastrochaena* sp. en el interior de la madriguera. (F) Sistema intergradacional compuesto por *Teichichnus* y *Siphonichnus*. (G) Idem compuesto por *Siphonichnus-Cylindrichnus*. Escala de las barras: 1 cm, salvo en A, que es 2 cm.

regulares de 5-6 cm. (Fig.2D) El diámetro varía entre 3 y 3,5 cm, con una longitud que raramente excede de los 20 cm. La sección es circular a subovalada. El relleno suele ser activo en la parte inferior y pasivo en las zonas más altas.

Discusión. La adscripción al icnogénero *Siphonichnus* se hace esencialmente porque estas estructuras son un reflejo claro de un comportamiento de equilibrio generado por bivalvos que producen madrigueras verticales en el sustrato. De entre todas las icnoespecies reconocidas para este icnogénero, las mayores afinidades se pueden establecer con *S. phiale*, si bien en nuestro caso no se hallan evidencias de movimientos protrusivos, ni de láminas más recientes que corten a otras más antiguas dentro de la madriguera.

Tampoco se observa claramente la presencia de un tubo central que responda a la posición de los sifones. Por todo esto es muy probable que se trate de una nueva icnoespecie.

Cylindrichnus isp.

Descripción. Secciones transversales que presentan un relleno zonado compuesto por un estrecho núcleo de carbonato y un manto relativamente ancho formado por múltiples capas, generalmente excéntricas, de carbonato de grano muy fino, que alternan con láminas ferruginizadas de diferente espesor, entre 1-2 mm (Fig. 2C). El diámetro de la estructura varía entre 2,5 y 6,1 cm, siendo la media de 4,8 cm. Es frecuente que aparezcan varios individuos en proximidad o incluso cortándose unos con otros.

Discusión. Estas estructuras son la expresión tafonómica en el plano horizontal, de la parte más alta del sistema de pistas intergradacionales, que se inicia con *Teichichnus* y se continúa con *Siphonichnus* (Figs. 2F-G) El hecho de que casi siempre presenten una laminación excéntrica se debe a que las madrigueras de *Siphonichnus* suelen llevar un eje más inclinado que vertical. El elevado número de láminas indicaría una gran capacidad de desplazamiento lateral del bivalvo dentro de la madriguera.

Interpretación paleoambiental

La superficie de paraconformidad Cretácico/Mioceno sobre la que se asienta la Biocalcarenita de Lagos ha sido interpretada por Cachão

(1995) y Cachão y Silva en Terrinha *et al.* (2006) como el encaje de una plataforma de abrasión marina, de alta energía, que se produjo durante la transgresión que posteriormente dio lugar a la Secuencia Carbonatada de Lagos-Portimão.

Las faunas encontradas en ambos afloramientos indican efectivamente un medio de estas características. Bajo esta dinámica de sedimentación activa y erosión, se ubicaron los bivalvos gastrochaenidos que dieron lugar a la aparición de las estructuras de domicilio-equilibrio aquí estudiadas.

Conclusiones

Los niveles carbonatados del miembro inferior de la Formación Lagos-Portimão (Mioceno medio) han puesto de manifiesto la existencia de unas estructuras de bioturbación que responden a la construcción de madrigueras de habitación y de búsqueda de equilibrio para mantener una profundidad constante en el sustrato. En líneas generales las pistas fósiles responden a diferentes tipos de comportamiento originados por bivalvos de la familia Gastrochaenidae, que son capaces de construir criptas calcáreas que descansan sobre o dentro del sustrato. Cuando se origina su enterramiento debido a una tasa alta y continua de sedimentación se producen las estructuras de equilibrio, que han dado lugar a la aparición de sistemas compuestos representados por los icnotaxones *Teichichnus-Siphonichnus-Cylindrichnus*. Estos sistemas se desarrollaron en un contexto sedimentario bioclástico de alta energía y escasa profundidad, posterior al encaje de una plataforma de abrasión marina.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la ayuda al Grupo de Investigación RNM276 Geociencias Aplicadas e Ingeniería Ambiental” (Gaia) de la Junta de Andalucía y por el Proyecto de I+D del Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental CGL2010-15372 (subprograma BTE).

Referencias

- Cachão, M. 1995. *Utilização de Nannofósseis calcários em Biostratigrafia, Paleoceanografia e Paleoecologia. Aplicações ao Neogénico do Algarve e do Mediterrâneo Ocidental (ODP 653) e à problemática de Coccolithus pelagicus*. Tese Doutoramento, Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa, 356 pp.
- Chinzei, K., Savazzi, E. y Seilacher, A. 1982. Adaptational strategies of bivalves living as infaunal secondary soft bottom dwellers. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 164: 229-244.
- Savazzi, E. 1999. Boring, nestling and tube-dwelling bivalves. En: Savazzi, E. (ed.), *Functional morphology of the invertebrate skeleton*. John Wiley & Sons, 205-237.
- Terrinha, P., Rocha, R., Rey, J., Cachão, M., Moura, D., Roque, C., Martins, L., Valadares, V., Cabral, J., Azevedo, M.R., Barbero, L., Clavijo, E., Dias, R.P., Gafeira, J., Matias, H., Madeira, J., Marques da Silva, C., Munhá, J., Rebelo, L., Ribeiro, C., Vicente, J. y Youbi, N. 2006. A Bacia do Algarve: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. En: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P y Kullberg, J.C (eds.), *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. Universidad de Évora, 247-316.

Neandertales en el Pleistoceno Superior del valle del Ebro, paleoambiente y evidencias tafonómicas en Aguilón P-7

Víctor Sauqué¹, Julia Galan¹, Carmen Nuñez-Lahuerta¹,
Cristina Sola-Almagro², Raquel Rabal-Garcés¹, Ignacio Martínez³,
Carlos Mazo², Gloria Cuenca-Bescós¹

¹Grupo Aragosaurus-IUCA. Paleontología. Dpto. CC. de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza.

² Ciencias de la antigüedad, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza; Área de Paleontología, Departamento de Geología, Universidad de Alcalá de Henares, 28871 Alcalá de Henares. E-mail: vsauque@gmail.com, galanj@unizar.es, carmenn1989@gmail.com, cristinasola86@gmail.com, ignacio.martinezm@uah.es, cmazo@unizar.es, cuencag@unizar.es

Introducción

Los yacimientos musterienses del Pleistoceno Superior (MIS3) del valle del Ebro se concentran en su margen izquierda (Arrillor, Abauntz, Fuentes de San Cristóbal) y principalmente en las sierras exteriores pirenaicas, donde la densidad de yacimientos es mucho mayor (Gabasa, Fuente del Trucho, Estret Tragó, Muricecs, Santa Linya, Roca del Bous) (Montes *et al.*, 2006). Diversos trabajos pretenden reconstruir el paisaje, así en Gabasa se realizó el estudio paleontológico y tafonómico (Blasco, 1997), así como del polen procedente de los coprolitos de hienas (González-Sampériz *et al.*, 2003).

Por el contrario, en la margen derecha los yacimientos musterienses son más escasos (Peña Miel, Cueva de los Toros, Monteagudo del Castillo, Covacho de Eudoviges y el Pudial. También el número de restos faunísticos recuperados es más pobre a excepción de Peña Miel, donde si bien el número de restos (NR) es elevado debido a la gran fragmentación de estos, el número de especímenes identificados (NISP) es muy bajo. En cuanto a los estudios de microvertebrados en yacimientos de esta región y cronología únicamente se encuentra el de Cueva de los Toros (Gil y Sesé, 1985).

Por ello el estudio de la fauna de Aguilón P-7 representa una oportunidad única para conocer como fue el paisaje en el que vivieron los últimos neandertales en el sector central del valle del Ebro.

Contexto de Aguilón P-7

El yacimiento paleontológico Aguilón P-7 está emplazado en la cara norte de la Cordillera Ibérica, al sur del río Ebro (Fig. 1B). Es una cavidad kárstica abierta a 683 m sobre el nivel del mar en una pequeña colina llamada Cerro Pezón. Se encuentra en la margen izquierda del barranco de Valdeaguilón, cerca de la localidad de Aguilón, a 55 km al sur de Zaragoza (Gisbert y Pastor, 2009). Esta cueva es parte del karst desarrollado en las calizas marinas del Jurásico superior (Malm) y se abre en el contacto entre las dos principales formaciones de esta edad en la Cordillera Ibérica: las margas y arcillas de la Fm. Loriguilla (Kimmeridgiense) y las calizas de la Fm. Higuieruelas (Titoniense) (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010) (Fig. 1A).

La excavación paleontológica, se desarrolló en la sala externa de P-7 y se hizo un muestreo preliminar en una galería interior. El sedimento depositado en la sala externa consiste en un solo nivel sedimentario de 85 cm de espesor correspondiente a un único evento de depósito, formado por clastos heterométricos de caliza en una matriz de arcilla rojiza (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010).

Un hueso fósil exhumado en la base de la sección, fue datado mediante C¹⁴ indicando una edad para los materiales anterior a los 46,3 ka AP. Esto es coherente con la asociación faunística del yacimiento que es propia del Pleistoceno Superior (MIS3).

Materiales y métodos

La cueva P-7 de Cerro Pezón es una pequeña cavidad conocida por los habitantes de la zona. En el año 2003 se realizó la primera topografía de la cueva durante una campaña espeleológica llevada a cabo por el CEA (Centro de Espeleología de Aragón). En 2005 se realiza la primera prospección paleontológica y limpieza de la superficie del sedimento de la entrada de la cueva por nuestra parte, hallándose restos líticos y óseos del Pleistoceno superior. Las campañas de excavación sistemática continúan durante los

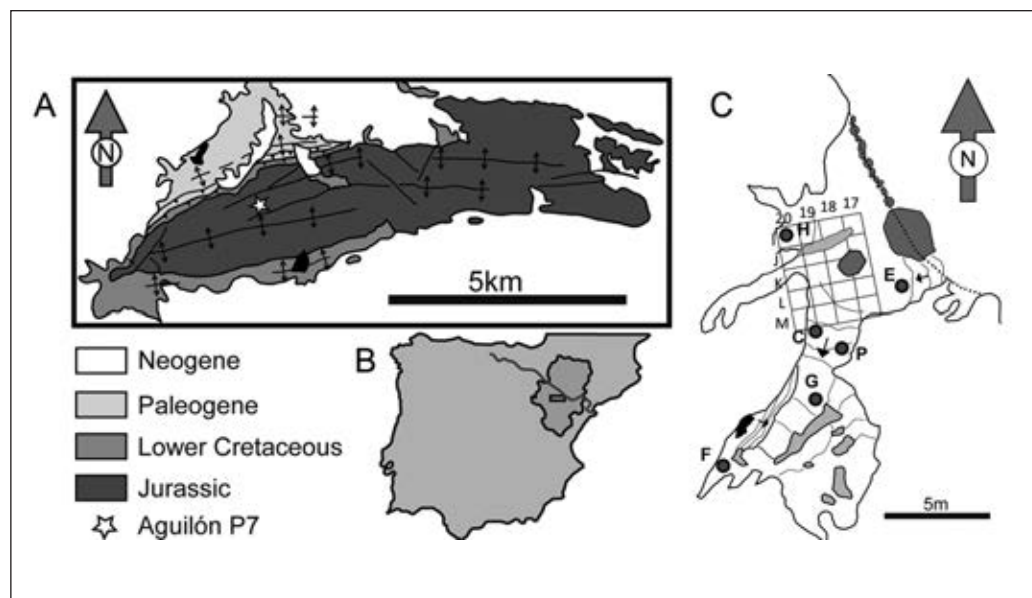


Figura 1. (A) Situación geológica, (B) Situación geográfica; (C) Planta topográfica de la cavidad P-7.

años 2009 y 2010 (Cuenca-Bescós *et al.*, 2010), para lo cual se instaló una cuadrícula de 1 m² de malla en la zona de entrada de la cueva (Fig. 1C).

Con respecto a los macromamíferos, se han estudiado los restos identificables y las esquirlas mayores de 4 cm. Para la identificación taxonómica se han seguido diversos autores (ver referencias en Sauqué *et al.*, 2014), así como la comparación con las colecciones de referencia de la UZ (Universidad de Zaragoza) y del IPE (Instituto Pirenaico de Ecología). Para evaluar la representación esquelética en el conjunto de P-7 se han utilizado, el número de restos (NR), número de especímenes identificados (NISP), el número mínimo de elementos (MNE) y el número mínimo de individuos (MNI). El cálculo del MNI se basa en los elementos de la dentición porque son el elemento anatómico más común, y se ha tenido en cuenta también el grado de erupción y el desgaste dental (ver referencias en Sauqué *et al.*, 2014).

Las muestras de microvertebrados proceden del sedimento extraído durante la excavación, que es procesado mediante la técnica de lavado-tamizado. Para el tamizado se utilizaron tamices superpuestos de 0,2 y 0,05 cm de luz de malla a través de los cuales se hacía pasar agua extraída del río Huerva con una motobomba. De esta forma se eliminó la matriz,

fundamentalmente arcillas, adherida a los fósiles. Durante este procesado se lavaron aproximadamente 280 kg de sedimento.

Resultados y discusión

En P-7 se han analizado 1475 restos óseos fósiles de macromamíferos de los cuales 1102 son esquirlas y un 79% de ellas tiene menos de 4 cm. De los restos analizados se han podido identificar anatómica y taxonómicamente un 25,2% del NR (NISP=373).

En el yacimiento hay un claro predominio de los ungulados de talla media (*Cervus elaphus*) y talla pequeña (*Capra pyrenaica*, *Rupicapra pyrenaica* y *Capreolus capreolus*). La representación taxonómica presenta una alta diversidad tanto en el caso de los herbívoros como en el de los carnívoros. Sin embargo, tanto en el número de restos recuperados como en el número de individuos se aprecia claramente que los herbívoros son los grandes mamíferos más abundantes. El 85,79% del NISP corresponde a herbívoros. El taxón que presenta un mayor número de individuos es el ciervo NMI=17, seguido de la cabra NMI=14, el corzo NMI=8 y el sarrio NMI=4. Entre los carnívoros destaca la presencia de lobo y oso con dos individuos de cada taxón (ver Tabla I).

Tabla 1: NR, NSIP, NME, MNI de la asociación de macromamíferos de Aguilón P-7

	NR	NSIP	NME	MNI
<i>Ursus arctos</i>	12	12	12	2
<i>Canis lupus</i>	13	13	13	2
<i>Cuon alpinus</i>	1	1	1	1
<i>Vulpes vulpes</i>	7	7	7	1
<i>Panthera pardus</i>	8	8	8	1
<i>Lynx pardinus</i>	8	8	8	1
<i>Felis silvestris</i>	2	1	2	1
<i>Crocuta crocuta</i>	1	1	1	1
<i>Meles meles</i>	1	1	1	1
<i>Capra pyrenaica</i>	92	92	90	14
<i>Equus ferus</i>	16	16	13	2
<i>Cervus elaphus</i>	139	139	134	17
<i>Rupicapra pyrenaica</i>	22	22	21	4
<i>Capreolus capreolus</i>	51	51	50	8

La representación anatómica muestra claramente un predominio de elementos craneales (el 60% del total del NISP), seguido por los elementos apendiculares (un 38% del total del NISP); por último, los restos pertenecientes al esqueleto axial (solamente el 1,8 % del total del NISP). Tanto en carnívoros como en herbívoros los elementos craneales son los más abundantes con 61,2 % y 52,8% del total del NISP respectivamente.

Los restos fósiles presentan una escasa modificación por carnívoros, únicamente 21 restos muestran mordeduras. El porcentaje de modificación es únicamente del 3,5% si atendemos a los elementos identificables por regiones esqueléticas (NR=605) y del 1,42% si incluimos todas las esquirlas (NR=1475).

En cuanto a las marcas antrópicas, estas se presentan en 52 restos, lo que representa un 8% si tenemos en cuenta el número de restos por regiones esqueléticas (NISP=605) y un 3,5% del total (NR=1475). Además el 94% de las diáfisis aparecen abiertas, lo cual nos indica que existe una práctica

más o menos sistemática de fracturación para acceder a la médula ósea, lo que supone la intervención de los homínidos o de los carnívoros asumiendo que la fracturación se ha realizado cuando el estado del hueso estaba fresco. Se ha analizado la fracturación siguiendo la metodología de Villa y Mathieu (1991); la relación existente entre la longitud de las esquirlas con respecto a la longitud del hueso así como la circunferencia de dichas esquirlas muestra un predominio de longitudes L1 <¼ y de circunferencia C1 <½, próximo al 70%. Estos datos sugieren que la fracturación ósea del nivel de Aguilón P-7 es antrópica y ha sido producida con fines alimenticios cuando el hueso estaba fresco. La presencia de puntos de impacto en alguno de los fósiles corrobora dicho origen antrópico. Estos datos junto al elevado porcentaje de herbívoros frente a carnívoros indican que la acumulación se produjo por humanos, probablemente neandertales, dada la industria lítica asociada y la edad del nivel fosilífero.

Para la aproximación paleoambiental con la marcofauna se han utilizado los herbívoros que son mejores indicadores paleoambientales debido a su dependencia de del tipo de vegetales y de la topografía del área donde viven. En Aguilón P-7 existe un predominio de taxones asociados a hábitats boscosos como son *C. elaphus* y *C. capreolus* que representa un 59% del NISP de los herbívoros. Por otra parte los taxones asociados a zonas de alta o media montaña como la *C. pyrenaica* y *R. pyrenaica* representan un 35% del NISP de los herbívoros, los taxones asociados a medios abiertos como *E. ferus* se encuentran en baja proporción. Estos datos concuerdan con la reconstrucción obtenida con otros mamíferos, como los murciélagos, en el que dominan los taxones adaptados a cazar en zonas de bosque (*Myotis* gr. *myotis*/*blythii*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis bechsteinii*) aunque aparecen de forma minoritaria otros taxones más generalistas (*Pipistrellus* gr. *kuhlii*/*nathusii*, *Miniopterus schreibersii*). En cuanto los roedores el dominante en Aguilón P-7 es *Iberomys cabreræ*, una especie ibérica endémica adaptada a vivir en praderas húmedas y clima Mediterráneo (López-García y Cuenca-Bescós, 2012); otros pequeños mamíferos con una menor presencia en el yacimiento muestran preferencias por las zonas de bosque (*Apodemus* sp.) o las zonas de roquedal (*Chionomys nivalis*). Esto indicaría que se trataba de un paisaje mixto, compuesto de una gran variedad de hábitats. El tipo de aves encontrado apoya esta interpretación. La avifauna recuperada en el yacimiento indica zonas montañosas con bosques y presencia de áreas abiertas (*Aquila chrysaetos* *Anthus trivialis*, *Prunella modularis*), con un clima mas húmedo que el actual.

El MIS3 fue un período caracterizado por rápidos cambios climáticos (Sánchez-Goni y d'Errico, 2005) que permitió la existencia de comunidades sin analogía actual en las que taxones cuyas distribuciones que están actualmente disjuntas convivieron en el espacio y en el tiempo (Sommer y Nadachowsky, 2006; López-García *et al.*, 2010). La fauna de Aguilón P-7 podría ser un ejemplo de este tipo mixto de comunidades del Pleistoceno Superior. La presencia minoritaria de taxones de clima frío se puede explicar como una presencia relictiva de estos animales en la zona tras una transición de clima frío a cálido, un fenómeno que ha sido previamente documentado en Cova Colomera por López-García *et al.* (2010).

Conclusiones

El yacimiento de Aguilón P-7 presenta una rica asociación faunística que nos permite reconstruir el paisaje donde habitaron los neandertales de la margen derecha del valle del Ebro, siendo este un paisaje mixto compuesto de una gran variedad de hábitats.

La macrofauna de Aguilón P-7 es muy diversa, con 14 taxones, de los cuales los herbívoros son los dominantes, principalmente *C. elaphus*, seguido de *C. pyrenaica*. El alto grado de fracturación, la baja modificación por carnívoros, las marcas de corte y fracturación y la presencia de industria lítica indica que la acumulación fue producida por neandertales.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a los que de un modo u otro han hecho posible la excavación, estudio y realización de este trabajo. En especial los miembros del CEA, Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo, Grupos Consolidados (Reconstrucciones Paleoambientales), y proyecto MICINN Project CGL2012-38434-C03-01.

Referencias

Blasco, F. 1997. In the Pursuit of Game: The Mousterian Cave Site of Gabasa I in the Spanish Pyrenees. *Journal of Anthropological Research*, 53(2): 177-217.

Cuenca-Bescós G., Martínez I., Mazo C., Sauqué V., Ramón-Del Río D., Rabal-Garcés R. y Canudo J.I. 2010. Nuevo yacimiento de vertebrados del Cuaternario del Sur

del Ebro en Aguilón, Zaragoza, España. En: *III Congreso Ibérico de Paleontología. Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, 9: 106-108.

Gil, E. y Sesé, C. 1985. Los roedores (Mammalia) del sitio de ocupación musteriense de la Cueva de los Toros (Teruel). *Coloquios de Paleontología*, 40: 41-49

Gisbert, M. y Pastor M. 2009. *Cuevas y Simas de la provincia de Zaragoza*. CEA, Zaragoza, 479 pp.

González-Sampériz, P., Montes, L. y Utrilla P. 2003. Pollen in hyena coprolites from Gabasa Cave (northern Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 126(1): 7-15.

López-García J.M., Blain H.-A., Allué E., Bañuls S., Bargalló A., Martín P., Morales J.I., Pedro M., Rodríguez A., Solé A. y Oms F.X. 2010. First fossil evidence of an "interglacial refugium" in the Pyrenean region. *Naturwissenschaften*, 97(8), 753-761.

López-García, J.M. y Cuenca-Bescós G. 2012. Changes in the geographical distribution of *Microtus (Iberomys) cabreræ* (Thomas, 1906) from the Late Pleistocene to the Holocene. *Spanish Journal of Palaeontology*, 27(2): 117-124.

Montes, L., Utrilla, P. y Martínez Bea, M. 2006. Trabajos recientes en yacimientos musterienses de Aragón: una revisión de la transición Paleolítico Medio/Superior en el Valle del Ebro. *Zona arqueológica*, 7: 215-232.

Sánchez-Goni M.F. y D'Errico F. 2005. La historia de la vegetación y el clima del último ciclo climático (OIS5-OIS1, 140.000-10.000 años BP) en la Península Ibérica y su posible impacto sobre los grupos paleolíticos. *Museo y Centro de investigación de Altamira Monografías*, 20: 115-129.

Sauqué, V., Rabal-Garcés, R., Sola-Almagro, C. y Cuenca-Bescós G. 2014. Bone accumulation by leopards in the Late Pleistocene in the Moncayo massif (Zaragoza, NE Spain). *PloSone*, 9(3): e92144

Sommer, R.S. y Nadachowski, A. 2006. Glacial refugia of mammals in Europe: evidence from fossil records. *Mammal Review*, 36(4): 251-265.

Villa, P. y Mathieu, E. 1991. Breakage patterns of human long bones. *Journal of Human Evolution*, 21(1): 27-48.

Primeros resultados del estudio de restos de cáscaras de huevo de los yacimientos barremienses de las Hoces de Beteta (Cuenca)

Paloma Sevilla¹, Fernando Barroso-Barcenilla^{1,2}, Irene Prieto¹, Raúl San Juan Palacios¹

¹Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid, España.
E-mail: psevilla@ucm.es, fbarroso@ucm.es, irenepri@ucm.es, rasanjua@ucm.es

²Departamento de Geología y Geografía (IberCreta), Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá de Henares. 28871 Alcalá de Henares, España.
E-mail: fbarroso@uah.es

Introducción

El estudio de las cáscaras de huevos fósiles en yacimientos mesozoicos ha ido cobrando en los últimos años cada vez más relevancia al proporcionar información de gran interés que no se limita al ámbito de la taxonomía, sino que trasciende a otros campos como la tafonomía, la reconstrucción paleoambiental o la comprensión de aspectos evolutivos relacionados con la reproducción. Aunque las localidades fosilíferas que conservan puestas *in situ* o huevos más o menos completos gozan de mayor espectacularidad, el estudio de las cáscaras de huevo de localidades en las que éstas se conservan en forma de pequeños fragmentos ha demostrado tener un interés similar, pues con frecuencia registran la presencia de taxones no representados entre los macrorrestos recogidos, además de evidenciar alteraciones tafonómicas que ayudan a interpretar la formación de las asociaciones fósiles a las que pertenecen.

En este trabajo presentamos los resultados preliminares obtenidos del estudio de los fragmentos de huevo recuperados tras el lavado-tamizado de sedimentos de las facies Weald (Formación El Collado, Barremiense superior) que afloran en el área conocida como las Hoces de Beteta, entre las localidades de Puente Vadillos y Beteta (Cuenca). Concretamente nos centraremos en el material obtenido en tres localidades conocidas como Vadillos-1, Vadillos-2 y El Tobar. En Vadillos-1

y Vadillos-2 predominan materiales arcillosos de color grisáceo, localmente verdosos con ocasionales restos óseos de tamaño decimétrico localizados de forma dispersa en superficie, mientras que la localidad de El Tobar difiere litológicamente por presentar una naturaleza más arenosa (Prieto *et al.*, 2013). Las tres localidades se han asignado al Barremiense superior (Cretácico Inferior) y difieren ligeramente en su registro paleontológico (Ruiz-Galván *et al.*, 2013, 2014).

Materiales y métodos

Las cáscaras descritas en este trabajo se obtuvieron tras el lavado-tamizado de sedimentos recogidos para la recuperación de microfósiles, utilizando mallas de luz de 0.5mm. El triado del residuo obtenido proporcionó abundantes microfósiles (ej. carofitas, ostrácodos, escamas, huesos y dientes) entre los cuales se reconocieron fragmentos de cáscara de huevo que mostraban diferentes características en cuanto a grosor y ornamentación. Por ello se realizó una primera separación del material agrupando los fragmentos que presentaban iguales características; con ello se definieron una serie de tipos morfológicos provisionales. Se eligieron los ejemplares más representativos de cada grupo y se fotografiaron en la lupa binocular. Posteriormente se realizaron láminas delgadas de estos mismos ejemplares y se observaron y fotografiaron en la lupa binocular con luz transmitida y luz polarizada.

Para la descripción y caracterización de los fragmentos de cáscara se siguieron los términos y descripciones establecidos en Mikhailov (1991).

Resultados

El registro de cáscaras de huevo en los yacimientos de Vadillos-1, Vadillos-2 y El Tobar muestra diferencias en cuanto a la abundancia y los tipos morfológicos representados.

Vadillos-1 es la localidad con mayor abundancia y diversidad morfológica de fragmentos de cáscara, próxima en estos aspectos a otros yacimientos del Cretácico Inferior con edades parecidas y características litológicas similares, como Camino Canales (Amo Sanjuán, 1998), La Cantalera (Canudo *et al.*, 2010) o Pochancalo-1 (Moreno-Azanza *et al.*, 2007). Así, del lavado-tamizado de unos 70 kg de sedimento se obtuvieron más de 100 fragmentos de cáscaras, todos ellos de pequeño tamaño (ninguno alcanza 5 mm² de superficie). Se establecieron seis tipos morfológicos diferentes en base al grosor del

fragmento combinado con la morfología de la superficie externa e interna. La superficie externa variaba entre formas lisas o lisas con pequeñas depresiones y formas con relieve de tipo "sagenotuberculado" o "rugoso", no observándose en ningún caso la presencia de ornamentación "linealituberculada".

La interpretación de las láminas delgadas correspondientes se vio dificultada por las evidentes alteraciones diagenéticas presentes en las cáscaras, no siendo visible en ningún caso con claridad las unidades de cáscara ni los canales respiratorios. Lo que sí se llega a reconocer son el número de capas de las que consta la cáscara, y la laminación de la capa continúa en las formas que la presentan. Así, se pudo constatar la presencia de cáscaras constituidas por una única capa, cáscaras en las que se reconocen dos, y cáscaras con tres o más capas, que han sido provisionalmente relacionadas con tipos Testudoide, Cocodriloide, Dinosaurioide y Ornitoide, siendo las más abundantes las de tipo cocodriloide y dinosaurioide.

En Vadillos-2 los fragmentos de cáscara son menos abundantes y coinciden con tres de las morfologías reconocidas en Vadillos-1, representando tipos Testudoide, Cocodriloide y Dinosaurioide. Finalmente, en El Tobar no han sido hallados hasta el momento fragmentos de cáscara de huevo a pesar de tener una relativa coincidencia con los otros dos yacimientos en contenido paleontológico. La ausencia de cáscaras de huevo en esta localidad no puede atribuirse a procesos tafonómicos de disolución, ya que en El Tobar se conservan fósiles calcáreos (ej. carófitas y ostrácodos), pudiendo deberse, como denota la naturaleza arenosa del sedimento, a la mayor energía del medio y el posible transporte pre-enterramiento de los fragmentos, o a una causa paleoambiental, al no haber sido un lugar idóneo para las puestas.

Conclusiones

El procesamiento de los sedimentos recogidos en las facies Weald que afloran en el área de las Hoces de Beteta ha proporcionado unos resultados que difieren dependiendo de la litología de la localidad fosilífera. Vadillos-1 es la localidad que presenta mayor abundancia y diversidad de tipos de cáscara, pudiendo equipararse en este sentido con otros yacimientos del Cretácico Inferior como Camino Canales, Pochancalo-1 o La Cantalera. Vadillos-2 es más pobre que Vadillos-1, pero los tipos de cáscara representados coinciden con algunos de los identificados en Vadillos-1. Por el contrario El Tobar, de naturaleza más arenosa, carece hasta el momento de registro de cáscaras de huevo.

Agradecimientos

Al Prof. D. Santiago Prieto Villar, de la Universidad de Castilla-La Mancha. Al Excmo. Ayuntamiento de Beteta y la Junta de Castilla-La Mancha, por facilitar y autorizar esta investigación, y a los proyectos PEI11-0237-7926, CGL2011-25894 y CGL2012-35199.

Referencias

- Amo Sanjuán, O. 1998. *Fragmentos de cáscara de huevo de vertebrados del Cretácico Inferior de Galve (Teruel)*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Zaragoza, 116 pp.
- Canudo, J.I., Gasca, J.M., Aurell, M., Badiola, A. Blain, H.-A., Cruzado-Caballero, P., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M., Parrilla, J., Rabal-Garcés, R. y Ruiz-Omeñaca, J.I. 2010. La Cantalera: an exceptional window onto the vertebrate biodiversity of the Hauterivian-Barremian transition in the Iberian Peninsula. *Journal of Iberian Geology*, 36(2): 205-224.
- Mikhailov, K.E. 1997. Fossil and recent eggshell in amniotic vertebrates: fine structure, comparative morphology and classification. *Special Papers in Paleontology*, 56: 1-80.
- Moreno-Azanza, M., Canudo, J.I. y Gasca, J.M. 2007. Primera evidencia de fragmentos de cáscara de huevo en el Valanginiense-Hauteriviense (Cretácico Inferior) de la Cordillera Ibérica (Zaragoza, España). En: *XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Caravaca, Murcia, 149-150.
- Prieto, I., Barroso-Barcenilla, F., Segura, M. y Ruiz-Galván, A. 2013. Contexto geológico de los nuevos yacimientos barremienses de vertebrados en las Hoces de Beteta (Cuenca, España). En: *Trending Topics in Paleontology*. Atarfe, Granada, 89-91.
- Ruiz-Galván, A., Sanz, J.L., Sevilla, P. y Prieto, I. 2013. Nuevos yacimientos de vertebrados en el Cretácico Inferior de las Hoces de Beteta (Cuenca, España). En: *Trending Topics in Paleontology*. Atarfe, Granada, 98-100.
- Ruiz-Galván, A., Sanz, J.L. y Sevilla, P. 2014. Microfósiles de los yacimientos barremienses de las "Hoces de Beteta" (Cuenca, España). Primeros resultados. En: *New Insights on Ancient Life*. Boltaña, Huesca, 109-112.

Los murciélagos del Pleistoceno Inferior de Quibas (Abanilla, Murcia, España)

Paloma Sevilla¹, Jordi Agustí², Hugues A. Blain³, César Laplana⁴, Gregorio Romero⁵, Miguel Á. Mancheño⁶

¹Departamento de Paleontología, UCM. José Antonio Novais, 12. 28040 Madrid. E-mail: psevilla@ucm.es

²ICREA, Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, Barcelona; IPEHS, Institut Català de Paleoeccologia Humana i Evolució Social, Tarragona. E-mail: jordi.agusti@icrea.cat

³IPHES, Institut Català de Paleoeccologia Humana i Evolució Social, Escorxador s/n, 43003 Tarragona, Spain; Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avinguda de Catalunya 35, 43002. E-mail: hablain@iphes.cat

⁴Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid. Plaza de las Bernardas s/n. 28801 Alcalá de Henares, Madrid. E-mail: cesar.laplana@gmail.com

⁵Servicio de Patrimonio Histórico, Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Cultura y Turismo, Plaza Julián Romea 4, 30071 Murcia. E-mail: gromero@um.es

⁶Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología, Facultad de Química, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia. E-mail: cheno@um.es

Introducción

El tránsito Plio-Pleistoceno y el Pleistoceno Inferior en España constituyen un intervalo temporal con pocos yacimientos que cuenten con un buen registro de murciélagos. Por el contrario, hacia el centro y este de Europa son numerosos los yacimientos con abundantes restos de estos mamíferos, que documentan los cambios que tienen lugar en este intervalo

temporal desde las faunas neógenas que incluyen taxones de afinidades subtropicales a las faunas modernas establecidas hoy en día en Europa. Es en este contexto donde cobran especial importancia por la información que proporcionan yacimientos como Quibas, pues junto con otras localidades como Almenara-Casabanca o Cueva Victoria, constituyen las escasas fuentes de datos de que disponemos hasta el momento para reconstruir la historia evolutiva de los murciélagos durante el comienzo del Cuaternario en la Península Ibérica.

Materiales y métodos

El yacimiento de Quibas se sitúa en la ladera sureste del extremo oriental de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia), a unos 5 km de la pedanía de Barinas (Fig. 1A). Se trata de un macizo constituido predominantemente por calizas y dolomías jurásicas que afloran en dirección NE-SW a lo largo de La Sierra de Quibas. La karstificación plio-cuaternaria fue importante en algunos puntos de este macizo dando origen a cuevas y galerías y a la formación de espeleotemas de gran desarrollo y con interés comercial, particularmente la conocida como “falsa ágata”. Precisamente fue la apertura de una pequeña cantera para la explotación de esta falsa ágata lo que expuso los rellenos que hoy día constituyen el yacimiento de Quibas.

En este yacimiento pueden diferenciarse dos rellenos principales, una sima y una galería comunicada al exterior por una abertura llamada “Cueva” (Fig.1B), además de varias bolsadas rellenando cavidades de menor tamaño.

La mayor parte del contenido paleontológico de estos rellenos está todavía sin publicar en detalle salvo una parte del material de la galería procedente de excavaciones previas al año 2000 (Montoya *et al.*, 1999; Montoya *et al.*, 2001; Calero *et al.*, 2006a y b). Posteriores trabajos de excavación en el yacimiento proporcionaron nuevo material que ha permitido ampliar la lista faunística, en particular la de la microfauna (Blain *et al.*, en prensa). En este trabajo presentamos los resultados obtenidos con el estudio de los restos de quirópteros hallados en los sedimentos del nivel superior de la galería, denominado “Entrada Cueva”. El material que aquí se describe procede del tamizado en seco *in situ* de los sedimentos de la excavación. La luz de malla utilizada fue de 0,5 cm, por no ser posible en ese momento la utilización de agua para el lavado del

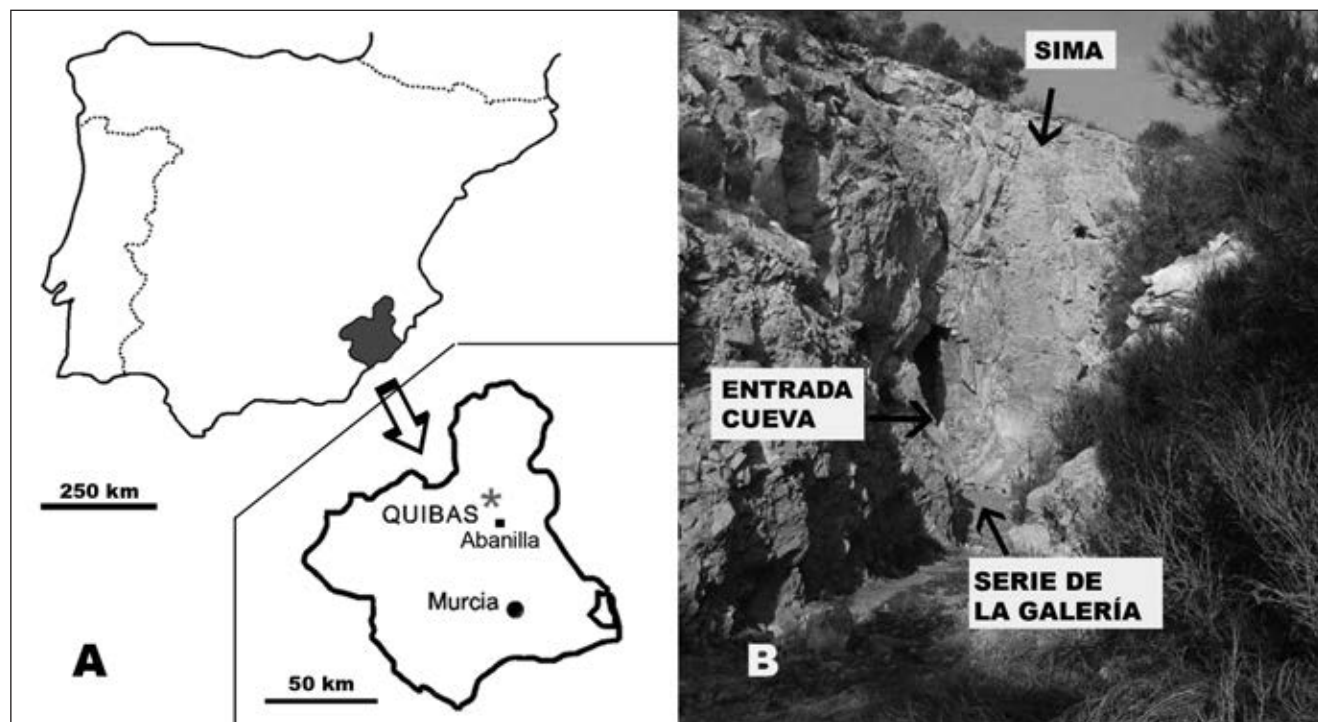


Figura 1. (A) localización geográfica del yacimiento de Quibas. (B) aspecto de la cantera abandonada con la posición de los dos rellenos principales.

sedimento con mallas de luz de menor tamaño. La abundancia de restos de microfauna relativamente bien conservada con mandíbulas completas o casi completas, ha permitido la recuperación de restos procedentes de taxones de pequeña talla que no estarían representados en la muestra de haber sufrido una mayor fragmentación.

Resultados

La fauna fósil de quirópteros de Quibas muestra una riqueza de especies muy elevada, con representación de las tres familias de murciélagos actualmente presentes en Europa. Los restos pertenecientes a la familia Rhinolophidae, género *Rhinolophus*, representan cuatro especies diferentes relacionadas con las cuatro que actualmente se distribuyen en la Península Ibérica (*R. ferrumequinum*, *R. mehelyi*, *R. euryale* y *R. hipposideros*) aunque con ciertas diferencias morfológicas

o métricas con relación a sus representantes actuales, que las aproximan a taxones descritos en yacimientos del centro y este de Europa con edad próxima a la de Quibas.

La familia Vespertilionidae está representada por nueve taxones diferentes pertenecientes a los géneros *Myotis*, *Eptesicus*, *Plecotus*, *Miniopterus* y *Pipistrellus*, dominando los restos procedentes del murciélago ratonero grande (*Myotis myotis*) el taxón más común y mejor representado en todo el Pleistoceno español. De igual modo que en el caso de los restos asignados a los murciélagos de herradura (*Rhinolophus*), algunos de estos taxones muestran ligeras diferencias con respecto a la talla o características morfológicas de sus representantes actuales.

Finalmente, la familia Molossidae está representada en el material fósil por algún diente aislado de *Tadarida teniotis*, el murciélago rabudo.

El estudio de este nuevo material procedente del yacimiento de Quibas ha permitido ampliar el número de taxones de quirópteros de los tres originalmente reconocidos (Montoya *et al.*, 2001) a quince. La asociación muestra un espectro de especies que hace pensar en una asociación mixta, con algunas especies que probablemente se refugiaban en las cavidades y grietas del sistema kárstico y otras que procedían de restos de alimentación de predadores y forman parte de las asociaciones con roedores e insectívoros halladas en el yacimiento.

La asociación de quirópteros registrada en Quibas contiene algunos taxones poco frecuentes en el Pleistoceno español. Difiere de las asociaciones procedentes de los yacimientos de Almenara-Casablanca 4 y 1 (Santos Cubedo *et al.*, 2011) por la presencia de un mayor número de especies de vespertiliínidos, probablemente relacionado con unas condiciones de menor aridez que las representadas en estos yacimientos de Castellón. Por otro lado, difiere de forma importante de la asociación de Cueva Victoria que representa claramente tanatocenosis de las comunidades de los murciélagos que ocupaban dicha cueva durante el Pleistoceno Inferior. Algunos rasgos morfológicos y métricos observados en el material de quirópteros de Quibas sitúan esta asociación como más reciente que las asociaciones de Almenara-Casablanca 1 y 4, pero más antigua que las de Cueva Victoria.

Agradecimientos

A los componentes del equipo de excavación en el yacimiento de Quibas por su colaboración en la obtención del material que se describe en este trabajo. Los autores de esta contribución cuentan con la financiación de los proyectos CGL2012-38358 del Ministerio Economía y Competitividad, y del proyecto PI-676-04 (7507) de la Fundación Séneca (Murcia).

Referencias

- Blain, H.-A., Bailon, S., Agustí, J., Piñero-García, P., Lozano-Fernández, I., Sevilla, P., López-García, J.M., Romero, G. y Mancheño, M.A. *en prensa*. Youngest agamid lizards from Western Europe (Sierra de Quibas, Spain, late Early Pleistocene). *Acta Palaeontologica Polonica*. Doi: <http://dx.doi.org/10.4202/app.2012.0141>
- Calero, J.A., van der Made, J., Mancheño, M.A., Montoya, P. y Romero, G. 2006a. *Capra alba* Moyà-Solà, 1987 del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). *Estudios geológicos*, 62(1), 571-578.
- Calero, J.A., Montoya, P., Mancheño, M.A. y Morales, J. 2006b. Presencia de *Vulpes praeglacialis* (Kormos, 1932) en el yacimiento pleistoceno de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). *Estudios geológicos*, 62(1), 395-400.
- Montoya, P., Alberdi, M.T., Blázquez, A.M., Barbadillo, L.J., Fumanal, M.P., van der Made, J., Marín, J.M., Molina, A., Morales, J., Murelaga, X., Peñalver, E., Robles, F., Ruiz bustos, A., Sánchez, A., Sanchiz, B., Soria, D. y Szyndlar, Z. 1999. La Fauna del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). *Estudios geológicos*, 55: 127-161
- Montoya, P., Alberdi, M.T., Barbadillo, L.J., Van der Made, J., Morales, J., Murelaga, X., Peñalver, E., Robles, F., Ruiz Bustos, A., Sánchez, A., Sanchiz, B., Soria, D. y Szyndlar, Z. 2001. Une faune très diversifiée du Pléistocène inférieur de la Sierra de Quibas (province de Murcia, Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 332: 387-393.
- Santos-Cubedo, A., Furió, M., Blain, H.-A., Agustí, J., Sevilla, P. y de Marfá, R. 2011. Nuevas aportaciones de los microvertebrados del complejo cárstico de Almenara-Casablanca (Castellón, España). *Paleontología i evolució, Memòria especial*, 5: 361-365.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Nuevas evidencias de dinosaurios saurópodos en el tránsito Jurásico-Cretácico de Alpuente (Los Serranos, Valencia)

Maite Suñer^{1,2}, Carlos Santisteban², Rafael Royo-Torres³

¹Museo Paleontológico de Alpuente. Av. José Antonio-17. 46178, Alpuente, Valencia, España.

²Departamento de Geología. Universitat de València. Dr. Moliner, 51, 46100 Burjassot, Valencia, España. Email: Maite.sunyer@uv.es, carlos.santisteban@uv.es

³Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis/Museo Aragonés de Paleontología. Av Sagunto s/n 44002 Teruel, España. Email: royo@dinopolis.com

Introducción

Los yacimientos con saurópodos del Jurásico Superior y del tránsito Jurásico-Cretácico de la Península Ibérica han proporcionado hasta el momento una gran cantidad de fósiles mostrando una alta diversidad de especies y grupos (Mocho *et al.*, 2014; Royo-Torres *et al.*, 2014). En este trabajo se presenta el estudio de diversos fósiles recuperados en los materiales de la Formación Villar del Arzobispo (tránsito Jurásico-Cretácico) de Alpuente, en la comarca de Los Serranos (Valencia), consistentes en restos aislados de hallazgo casual por vecinos de la zona y, que actualmente se encuentran en el Museo Paleontológico de Alpuente (MPA). Los elementos estudiados consisten en: un diente, vértebras caudales, un coracoides, un húmero y una falange ungueal. Se realiza un estudio sistemático preliminar de todos ellos y se asignan a los diferentes grupos o especies conocidas.

Situación geográfica y geológica

La zona de estudio pertenece al término de Alpuente, en la comarca de Los Serranos (sector Nororiental de la provincia de Valencia). Geológicamente se encuentran en el sector suroriental del dominio

estructural de la Rama Castellano-Valenciana del Sistema Ibérico, formada por materiales mesozoicos marinos y un potente tramo de materiales sedimentados en ambientes continentales y de transición. Concretamente se sitúan en la cuenca, denominada Suribérica, también denominada Surco Ibérico Suroccidental o Íbero-Levantina según autores (Santisteban y Santos-Cubedo, 2008).

Los materiales que presentan fósiles de vertebrados mesozoicos corresponden a la Formación Villar del Arzobispo. Estos depósitos están formados por asociaciones de facies organizadas en secuencias deposicionales con carácter transgresivo-regresivo, limitadas por superficies de erosión con un marcado paleorrelieve. Asociadas a estas superficies se pueden identificar cuerpos canaliformes, de hasta 15 m de espesor y una extensión lateral de 700 m, formados por areniscas y margas de ambientes marinos someros, de transición y continentales, y que han sido interpretados como cauces encajados (Santisteban y Esperante, 2005) de un sistema deltaico dominado por procesos de oleaje y sometidos a descensos eustáticos relativos (Santisteban y Santos-Cubedo, 2008).

Paleontología sistemática

Dinosauria Owen, 1842

Saurischia Seeley, 1888

Sauropoda Marsh, 1878

Sauropoda indet.

Se describen tres vértebras caudales de tres yacimientos diferentes:

MPA-025 (Fig.1.1), procede de la localidad de 'Camino a Losilla'. Es un centro vertebral caudal anterior. Conserva los pedicelos en posición anterior y el inicio de los procesos transversos. Tiene articulación anficélica con forma cuadrada en vista anterior y posterior, es decir con similar longitud dorsoventral y lateromedial, siendo menor la longitud anteroposterior. La textura del hueso es sólida y carece de pleurocelos, aunque sí presenta diversos forámenes. La superficie ventral es cóncava en sentido anteroposterior sin desarrollar surco profundo, quilla o cresta longitudinal. Las facetas para los chevrones se observan a pesar de estar erosionada esa zona. Los procesos transversos se extienden prácticamente desde el arco neural y se desarrollan en la parte más dorsal del centro.

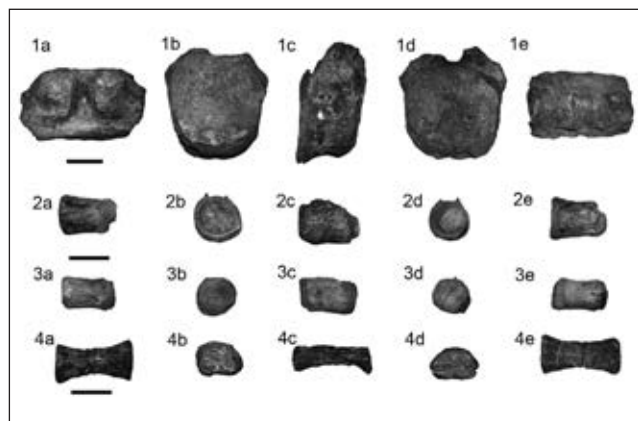


Figura 1. Vértebrae caudales de Sauropoda indet. 1: MPA-025, 2 y 3: MPA-104 y 105, 4: MPA-103 en (A) vista dorsal, (B) anterior, (C) lateral, (D) posterior y (E) ventral.

MPA-104 y 105 (Fig.1.2 y 1.3) proceden de la localidad denominada 'Los Majuelos'. Son centros vertebrales caudales incompletos, que no presentan procesos transversos y que solamente conservan el inicio de los pedicelos, situados en posición anterior. Las caras articulares son circulares, de similar longitud dorsoventral que lateromedial. La cara anterior es cóncava y la posterior se infiere plana o ligeramente convexa. Las superficies ventral y lateral son ligeramente cóncavas en sentido anteroposterior. Carece de pleurocelos y surco longitudinal en ventral. Se considera que son caudales posteriores asignándose como Sauropoda indet.

Eusauropoda Upchurch, 1995

Eusauropoda indet.

En el clado Eusauropoda se incluye una falange ungueal izquierda MPA-100 (Fig.3) de la localidad de 'El Chopo-2'. Está comprimida lateromedialmente y la longitud dorsoventral es mayor que la lateromedial. Aunque está algo deteriorada, sí se aprecia el surco lateral y la característica forma de hoz de los eusaurópodos, que la separa de taxones más basales como *Vulcanodon* (Upchurch *et al.*, 2004). La falange se dirige en dirección laterodistal y la superficie articular es sólo visible en vista lateral. Con estos caracteres se incluye dentro del clado Eusauropoda.

Turiasauria Royo-Torres, Cobos and Alcalá, 2006

Turiasauria indet.

MPA-106 (Fig. 2) es un diente de la localidad de 'Tarmas'. Presenta la corona con forma espatulada y acorazonada y el esmalte rugoso. Comprimido labiolingualmente, con sección transversal en D, tiene la superficie lingual cóncava y la superficie labial convexa. En esta última hay desarrollada una cresta asimétrica hacia el ápice. La corona carece de denticulos y las facetas de desgaste son muy sutiles. El índice SI (longitud apicobasal de la corona dividido por la anchura máxima mesiodistal) es 1,31. La forma espatulada y el esmalte rugoso nos permite clasificarlo dentro de los eusauropodos. El resto de caracteres lo incluyen dentro del clado Turiasauria (Royo-Torres *et al.*, 2006, 2009).



Figura 2. Diente de Turiasauria indet MPA-106, de izquierda a derecha: vistas oclusal, labial y mesial.

cf. *Galveosaurus herreroi* Sánchez-Hernández, 2005.

MPA-117 es un húmero derecho completo, excepto en el extremo proximal que está dañado. Fue hallado en la localidad de 'El Hontanar'. Su longitud es de 1170 mm. La cresta deltopectoral se desarrolla anteroposteriormente y representa un 38,5% de la longitud total del húmero. La diáfisis es de sección elíptica. Los cóndilos distales carecen de expansión y concavidad entre ellos en vista anterior. La superficie articular distal es plana y rugosa. El húmero tiene el extremo proximal inclinado hacia medial lo que permite incluirlo en el clado Turiasauria, carácter compartido con *Turiasaurus*, *Losillasaurus*, *Galveosaurus* y *Zby* (Royo-Torres *et al.*, 2006; Mateus *et al.*, 2014). De *Turiasaurus* se diferencia por carecer del carácter autopomórfico de los condilos distales expandidos en sentido anterior y posterior (Royo-Torres *et al.*, 2006), que también se ve en *Zby*. Por último según el índice de robustez,

MPA-117 es un humero grácil, más similar a *Galveosaurus* (Sánchez-Hernández, 2005) que a *Losillasaurus*. Además MPA-117 comparte con *Galveosaurus* los extremos distales girados ligeramente respecto a la diáfisis. MPA-117 se considera como cf. *Galveosaurus*.

Neosauropoda Bonaparte, 1986

Diplodocoidea Marsh, 1884

Diplodocoidea indet.

El centro vertebral MPA-103 (Fig. 1.3) hallado en el paraje de 'El Solanar' es una vértebra caudal posterior. Tiene facetas para los arcos hemales y carece de procesos transversos. En la superficie dorsal del centro se conservan el inicio de los pedicelos ocupando prácticamente todo la longitud del centro. La articulación es anficélica. Las superficies ventral y lateral son marcadamente cóncavas en sentido anteroposterior. El centro desarrolla un elevado índice de alargamiento con una longitud entre la altura igual a 3, característico de los diplodocoideos (Upchurch *et al.*, 2004a). MPA-103 es también un centro notablemente comprimido dorsoventralmente con morfología elíptica en sus caras articulares y presenta una relación longitud dorsoventral entre longitud lateromedial de 0,69, similar a algunos Titanosaurios (Wilson, 2002; D'Emic, 2012), aunque se diferencia de estos últimos por la ausencia de procelia. La ausencia de opistocelia, nos permite excluirla de *Turiasaurus riodevensis*. MPA-103 también es diferente a las vertebras de *Galveosaurus* en que estas últimas tiene caras circulares y el índice de alargamiento no es tan desarrollado. Esta vértebra caudal posterior se asigna a Diplodocoidea indet.

MPA-116 es un coracoides derecho completo. Presenta unas dimensiones máximas de 686 mm en sentido dorsoventral y 527 mm en sentido anteroposterior con una anchura lateromedial mínima de 15 mm y máxima de 122 mm. Los márgenes anterior y dorsal se unen dando al coracoides una forma o silueta subcuadrangular. Este carácter permite separarlo de ejemplares del mismo periodo temporal (Jurásico Superior y tránsito Jurásico-Cretácico) siendo diferente al turiasauro *Zby* (Mateus *et al.*, 2014) y a los macronarios *Aragosaurus* (Royo-Torres *et al.*, 2014) y *Lourinhasaurus* (Mocho *et al.*, 2014). La forma subcuadrangular es compartida con dos diplodocoideos, *Rayososaurus* y *Apatosaurus* (Upchurch *et al.*, 2004a,b). Para este último la forma

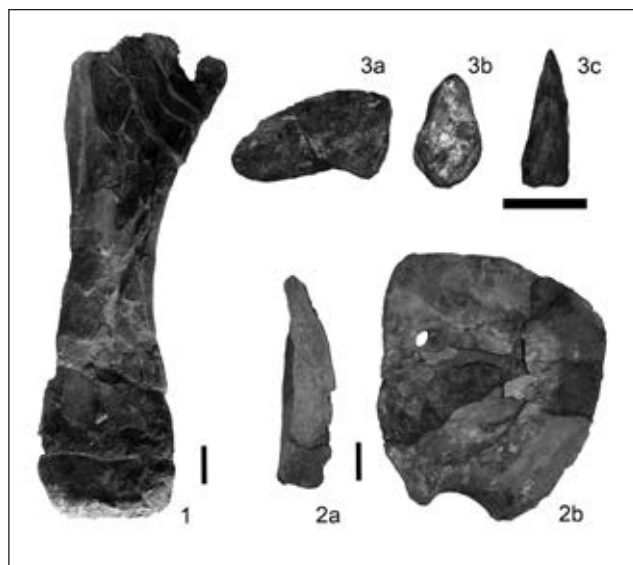


Figura 3. 1. MPA-0117 Húmero en vista anterior de cf. *Galveosaurus*. 2. MPA-116 coracoides de Diplodocoidea indet. en (A) vista dorsal y (B) lateral. 3. MPA-100. Falange ungueal de Eusauropoda indet. en (A) vista lateral, (B) proximal y (C) anterior.

subcuadrangular se acepta como una autopomorfía (Upchurch *et al.*, 2004b). De hecho MPA-116 es similar al coracoides de *A. excelsus* (YPM 1980) y *A. ajax* (YPM 1860) mostrados por Ostrom y McIntosh (1966) (YPM= Yale Peabody Museum of Natural History). Este carácter también propuesto en titanosaurios derivados del Cretácico Superior, como *Opisthocoelicaudia* o *Saltasaurus* (Wilson, 2002), es en realidad una silueta más trapezoidal que subcuadrada (Upchurch *et al.*, 2004b). Además MPA-116 carece de una cresta infraglenoidea que lo separa de los titanosaurios derivados. Así, de momento, se clasifica como un Diplodocoidea indet.

Conclusiones

Los restos óseos de saurópodos se presentan en materiales de transición marino-continental de la Fm. Villar del Arzobispo.

El estudio de estos ejemplares permiten aportar más información a la diversidad de saurópodos en la Formación Villar del Arzobispo de la

Comarca de los Serranos que se suma a la presencia de Titanosauriformes descrita en otros trabajos (Suñer *et al.*, 2008; 2009) con la identificación de saurópodos indeterminados, turiasaurios y diplodócidos.

Agradecimientos

A los vecinos del municipio que han colaborado con la donación de ejemplares al Museo Paleontológico de Alpuente. Parte de este trabajo se engloba en el proyecto CGL 2008-06533-C03-01/03/BTE.

Referencias

- Mateus, O., Mannion, P.D. y Upchurch, P. 2014. *Zby atlanticus*, a new turiasaurian sauropod (Dinosauria, Eusauropoda) from the Late Jurassic of Portugal. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 34(3): 618-634.
- Mocho, P., Royo-Torres, R. y Ortega F. 2014. Phylogenetic reassessment of *Lourinhasaurus alenquerensis*. A basal Macronaria (Sauropoda) from the Upper Jurassic of Portugal. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 170: 875-916.
- Ostrom, J.H. y McIntosh, J.S. 1966. *Marsh's dinosaurs. The collection from Como Bluff: New Haven*. New Haven, CT. Yale University Press, 388 pp.
- Royo-Torres, R., Cobos, A. y Alcalá, L. 2006. A giant European dinosaur and a new sauropod clade. *Science*, 314: 1925-1927.
- Royo-Torres, R., Upchurch, P., Mannion, P., Mas, R., Cobos, A., Gascó, F., Alcalá, L. y Sanz, J.L. 2014. The anatomy, phylogenetic relationships, and stratigraphic position of the Tithonian-Berriasian Spanish sauropod dinosaur *Aragosaurus ischiaticus*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 171(3): 475-695.
- Sánchez-Hernández, B. 2005. *Galveosaurus herreroi*, a new sauropod dinosaur from Villar del Arzobispo Formation (Tithonian-Berriasian) of Spain. *Zootaxa*, 1034: 1-20.
- Santisteban, C. y Santos-Cubedo, A. 2008. El entorno geológico de los yacimientos con dinosaurios del Jurásico Superior y Cretácico Inferior del Levante-II. En: Poza, B. Galobart, A. Suñer, M. y Nieto E. (Coord.) *Dinosaurios del Levante Peninsular*. EDC Natura. Fundación Omacha, 22-37.
- Santisteban C. de y Esperante, R. 2005. Estructura de un cauce encajado (Incised Valley), en materiales de la Formación Calizas, areniscas y arcillas de Villar del Arzobispo, Cuenca Ibérica Suroccidental, Valencia. *Geo-Temas*, 8: 109-112.
- Suñer, M., Poza, B., Vila, B. y Santos, A. 2008. Síntesis del registro fósil de dinosaurios en el Este de la Península Ibérica. *Palaeontologica Nova, SEPAZ*, 8: 397-420.
- Suñer, M., Santisteban, C. de y Galobart, À. 2009. Direct evidence of Titanosauriformes found in Upper Jurassic site of Alpuente (Los Serranos, Valencia, Spain. En: *Tenth International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems and Biota*, Teruel, 139-140.
- Upchurch, P., Barrett, P.M. y Dodson, P. 2004a. Sauropoda. En: Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H. (eds.), *The Dinosauria II*. University of California Press, Berkeley, CA. 259-322.
- Upchurch, P., Tomida, Y. y Barret, P.M. 2004b. *A new specimen of Apatosaurus ajax (Sauropoda: Diplodocidae) from the Morrison Formation (Upper Jurassic) of Wyoming, USA*. National Science Museum Monographs, n°26, National Science Museum, Tokyo, 108 pp.
- Wilson, J.A. 2002. Sauropod dinosaur phylogeny: critique and cladistic analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society of London*, 136: 217-276.

Sobre la presencia de un vipérido de gran talla perteneciente al Complejo de Víboras Orientales en el yacimiento de Na Burguesa-1 (Mioceno Superior/Plioceno Inferior, Mallorca)

Enrique Torres¹, Salvador Bailon², Pere Bover¹,
Josep Antoni Alcover¹

¹Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB), Miquel Marqués 21,
07190 Esporles, Mallorca.

²Muséum National d'Histoire Naturelle, UMR 7209-7194 CNRS-MNN, 55,
rue de Buffon, CP 55, 75005, Paris.

Introducción

Los primeros restos fósiles atribuidos a serpientes procedentes de Baleares se obtuvieron en Menorca, donde Bailon *et al.* (2002) describieron la especie fósil *Vipera natiensis*. Posteriormente Bailon *et al.* (2005) documentaron la presencia de colúbridos en esta misma isla. Ese mismo año se descubrió en Mallorca el yacimiento del Caló den Rafelino (CdR, Plioceno inferior), que fue dado a conocer por Bover *et al.* (2007). Este depósito consiste en una brecha fosilífera muy pobre con una matriz de limos rojos endurecidos que rellenan una antigua cavidad emplazada dentro del Complejo de Arrecifes del Mioceno superior (Fornós, 1998; Pomar *et al.*, 1990). En este depósito se obtuvieron las dos únicas vértebras de un vipérido que se ha podido atribuir al Complejo de Víboras Orientales (OVC) (Bailon *et al.*, 2010). Se trata de una especie de grandes dimensiones, con una longitud corporal cercana o superior a los 2 m, lo que la convierte en la víbora fósil que alcanza mayores dimensiones de Europa. Asociados a estos restos han aparecido otros reptiles [*Maiericalacerta rafelinensis* (Bailon *et al.*, 2014); cf. *V. natiensis*, *Dopasia* sp. y Colubrinae indet. (Bover *et al.*, 2014)] y de mamíferos [*Myotragus palomboi* (Bover *et al.*, 2010); *Nesiotites rafelinensis* (Rofes *et al.*, 2012); *Hypolagus balearicus* (Quintana *et al.*, 2010) y *Tragomys macpheeii* (Agustí *et al.*, 2012)]. Esta fauna ha permitido ampliar el conocimiento de la colonización de las Baleares durante el Messiniense, y de la fase inicial de su evolución en condiciones de aislamiento, iniciada hace 5,33 Ma (final de la crisis salina del Messiniense).

En el 2012 miembros del Speleo Club Mallorca descubrieron el yacimiento de Na Burguesa-1. Este depósito cárstico se halla localizado en las proximidades del Mirador de Na Burguesa (Palma). Está formado por brechas fosilíferas muy ricas, con una matriz de limos rojos cimentados, que rellenan una cueva o fisura, excavada en sedimentos carbonatados del Lías inferior. Los bloques de brechas estudiados fueron extraídos de su emplazamiento original y desplazados unos pocos metros debido a la construcción de una pequeña edificación del servicio Municipal de Aguas de Palma. Estos bloques están proporcionando una gran cantidad de restos de vertebrados pertenecientes a taxones próximos, pero ligeramente más antiguos, a los procedentes del yacimiento del CdR.

De acuerdo con Bover *et al.* (2014) la fauna herpetológica de Na Burguesa-1 incluye un quelonio (indet.), un gecónido (indet.), un lacértido (indet.), un escíncido (cf. *Chalcides*), un ánguido (*Dopasia*), un escolecofidio (indet.), un colúbrido (indet.) y un vipérido, que, tentativamente, se atribuyó a una *Vipera* sp. del OVC.

El objetivo de este trabajo es confirmar la presencia de una especie de *Vipera* perteneciente al OVC en el yacimiento de Na Burguesa-1 a partir de una nueva vértebra, de gran tamaño, recientemente exhumada.

Extracción y preparación de los restos fósiles

Los bloques obtenidos del yacimiento de Na Burguesa-1 han sido tratados mediante baños sucesivos en ácido acético. El proceso se inicia con la reducción del tamaño de los bloques mediante la realización de perforaciones en la roca y la inyección de cemento expansivo, fracturando la roca al cabo de unas 24h. Posteriormente se consolidan los elementos óseos visibles con Paraloid-B72 al 5%, se sumergen las rocas en ácido acético al 10% durante 48h y se dejan en agua durante 48h. Finalmente se ponen a secar y se repite el ciclo hasta retirar los elementos óseos existentes en la roca.

Una vez aislados los huesos de la roca que lo contenían, se eliminan los restos de matriz mezclada con consolidante mediante un pincel fino impregnado en acetona. Finalizada la limpieza, el hueso se consolida por inmersión en Paraloid-B72 al 5%.

Material: IMEDEA 104072: vértebra dorsal de ofidio de tamaño grande (Fig. 1 A-E). Depositado en el Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB), Esporles, Mallorca.

Medidas: Anchura mínima interzigapofisaria*: 12,6 mm; Longitud máxima de la vértebra, entre la cresta anterior de la faceta prezigapofisaria y la cresta posterior de la faceta postzigapofisaria: 15,1 mm; Anchura máxima anterior, entre las crestas laterales de las facetas de las prezigapofisis*: 22,5 mm; Anchura máxima posterior, entre las crestas laterales de las facetas de las postzigapofisis*: 19,0 mm; Anchura del zigosfeno: 8,2 mm; Anchura del cótilo: 6,85 mm; Altura del cótilo: 6,7 mm.

* Medidas realizadas desde el punto correspondiente disponible en la vértebra IMEDEA 104072 hasta el plano de simetría y posteriormente duplicadas.

Descripción

La vértebra conserva en condiciones óptimas el lateral izquierdo, mientras que parte del lateral derecho se encuentra seccionado oblicuamente al plano de simetría de la vértebra, dejando únicamente conservada la parte dorsal más próxima a la espina neural y la región anterior.

En vista dorsal (Fig. 1A), la vértebra es más ancha que larga (ratio Longitud máxima/Anchura máxima anterior = 0,67). La faceta articular de la prezigapofisis conservada presenta una morfología subrectangular y está inclinada en dirección antero-lateral. El proceso prezigapofisario es cónico y relativamente corto, su longitud corresponde aproximativamente a $\frac{1}{4}$ de la longitud de la faceta prezigapofisaria. La parte distal de la postzigapofisis presenta una morfología angulosa como consecuencia de la presencia de una espina epizigapofisaria y el arco neural termina con una muesca central relativamente profunda bajo la parte posterior de la espina neural. La cresta anterior del zigosfeno se encuentra ligeramente erosionada pero se puede observar que es trilobulada, con un lóbulo central poco marcado. La espina neural es larga, relativamente fina, y anteriormente se prolonga hacia el dorso del zigosfeno. Sobre el arco neural se aprecian las impresiones de los músculos dorsales y sobre el lado izquierdo, justo detrás de la faceta prezigapofisaria el arco neural presenta una excrescencia ósea probablemente patológica.

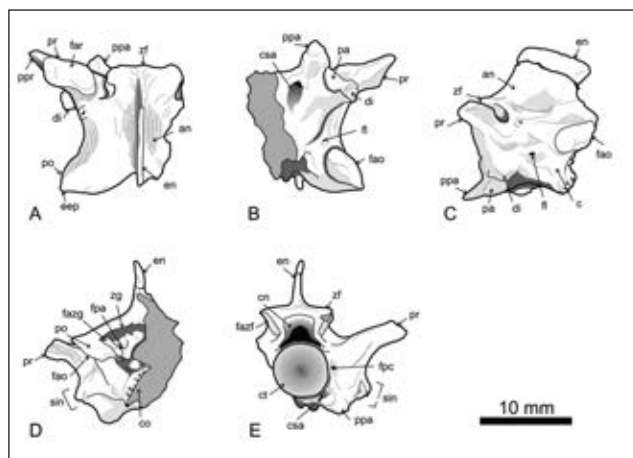


Figura 1. Vértebra dorsal IMEDEA 104072. (A) vista dorsal; (B) vista ventral; (C) vista lateral izquierda; (D) vista posterior; (E) vista anterior. Abreviaciones: an, arco neural; c, centrum; cn, canal neural; co, cóndilo; csa, canal subcentral anterior; ct, cótilo; di, diapófisis; eep, espina epizigapofisaria; en, espina neural; fao, faceta articular postzigapofisaria; fap, foramen parazigantal; far, faceta articular prezigapofisaria; fazf, faceta articular del zigosfeno; fazg, faceta articular del ziganto; fl, foramen lateral; fpc, foramen paracotilar; pa, parapófisis; po, postzigapófisis; ppa, proceso parapofisario; ppr, proceso prezigapofisario; pr, prezigapófisis; sin, sinapófisis; zf, zigosfeno; zg, ziganto.

En vista ventral (Fig. 1B), el *centrum* es robusto con márgenes laterales bien definidos. La base del proceso parapofisario se proyecta medialmente hasta conectar con el cótilo cerrando ventralmente la parte anterior del sillón subcentral y formando un corto canal subcentral anterior para el paso de la arteria vertebral. La parapófisis presenta un margen bien marcado que delimita una morfología subcircular y una superficie articular lisa. La diapófisis es protuberante y muestra una morfología y superficie irregular, posiblemente debido a un estado de conservación no tan bueno. La faceta articular de la postzigapofisis presenta una morfología suboval. La presencia de hipapófisis no puede ser asegurada debido a la fragmentación del *centrum*.

En vista lateral (Fig. 1C), la vértebra es ligeramente más alta que larga. El arco neural presenta una morfología deprimida. La espina neural es ligeramente más alta que larga y posee límites anterior y posterior inclinados posteriormente. El foramen lateral se localiza en una amplia depresión circular de la pared lateral de la vértebra. Los procesos parapofisarios están dirigidos antero-ventralmente.

En vista posterior (Fig. 1D), se observa la faceta articular de la postzigapófisis inclinada dorsalmente. El ziganthro es profundo y muestra una faceta articular bien desarrollada. Únicamente se conserva un margen residual de cuello del cóndilo. El arco neural es claramente deprimido.

En vista anterior (Fig. 1E), la prezigapófisis presenta una superficie inclinada dorsalmente. El zigosfeno tiene un aspecto robusto y es ligeramente más ancho que el cótilo, y con un límite dorsal casi horizontal. El foramen paracotilar es claramente visible, situado ligeramente por encima de la línea media del cótilo y el canal neural es reducido. El sillón subcentral izquierdo está cerrado ventralmente y constituye un foramen debido a la expansión ósea existente entre la base del proceso paradiafisario y la base del cótilo mencionada anteriormente.

La morfología de esta vértebra, ligeramente más corta que alta y con una espina neural relativamente alta, sugiere que puede tratarse de una vértebra dorsal media.

Discusión

La atribución de la vértebra dorsal IMEDEA 104072 a la familia Viperidae se basa en la siguiente combinación de caracteres: (1) arco neural deprimido en norma posterior, (2) facetas articulares zigapofisarias inclinadas dorsalmente, (3) proceso parapofisario orientado antero-ventralmente y (4) cótilo y cóndilo desarrollados (Bailon *et al.*, 2010).

Según la agrupación propuesta por Szyndlar y Rage (1999), basada en la morfología de las vértebras precloacales de las víboras, este ejemplar pertenecería al grupo OVC por las siguientes razones: presentar un gran tamaño y robustez, un centrum corto y con márgenes laterales bien definidos y exhibir una espina neural desarrollada.

Estas características confirman la presencia de una especie de este grupo de víboras en el yacimiento de NB-1. Su tamaño es inferior al de la vértebra de CdR. Esta diferencia de talla es difícil de interpretar. Con el material disponible no se puede determinar si se relaciona con la mayor antigüedad de los materiales del CdR o con la heterogeneidad de las vértebras en función de su posición en la columna vertebral, un rasgo que se agudiza con la edad (Sarris, 2013).

Se han detectado algunas diferencias entre la vértebra de NB-1 y las del depósito de CdR. La morfología del proceso postzigapofisario de la

vértebra de NB-1 presenta un extremo anguloso, debido a la presencia de la espina epizigapofisaria, mientras que la de CdR, que no presenta esta estructura, muestra un perfil más redondeado y ligeramente curvado hacia la parte anterior de la vértebra. La faceta articular de la postzigapofis del ejemplar de NB-1, tiene una morfología suboval con una región de la superficie que tiene una inclinación distinta a la del conjunto, en cambio la de CdR es rectangular, plana y subhorizontal. El foramen lateral de la vértebra de NB-1 se sitúa en torno a una depresión circular, mientras que la del depósito de CdR se localiza en una depresión longitudinal profunda. La cresta dorsal del zigosfeno es bastante horizontal en el caso del ejemplar de NB-1, a diferencia de la vértebra de CdR, la cual muestra una superficie ligeramente cóncava.

La presencia de un canal subcentral anterior cerrado ventralmente por una expansión ósea de la base del proceso parapofisario y la excrecencia ósea observada sobre la parte antero-lateral izquierda del arco neural, son dos caracteres hasta ahora inéditos en la literatura sobre morfología vertebral de serpientes y parecen corresponder a una anomalía ósea individual por lo que consideramos que carecen de valor sistemático.

La vértebra IMEDEA 104072 documenta la presencia de una *Vipera* del OVC en el yacimiento de NB-1. El establecimiento de la identidad específica de esta víbora y de su relación con la víbora del CdR requiere la obtención de nuevos materiales.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto CGL2012-38087. E. Torres disfruta de una beca para contratos predoctorales para la formación de doctores (BES-2013-062867) del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (Ministerio de Economía y Competitividad). S. Bailon se ha beneficiado de una subvención ("Action Transversale Muséum: Biodiversité actuelle et fossile") del "Muséum national d'Histoire naturelle" de Paris.

Referencias

Agustí, J., Bover, P. y Alcover J.A. 2012. A new genus of endemic cricetid (Mammalia, Rodentia) from the Late Neogene of Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32(3): 722–726.

- Bailon, S., Garcia-Porta, J. y Quintana, J. 2002. Première découverte de Viperidae (Reptilia, Serpentes) dans les îles Baléares (Espagne): des vipères du Néogène de Minorque. Description d'une nouvelle espèce du Pliocène. *Comptes Rendus Palevol*, 1(4): 227–234.
- Bailon, S., Quintana, J. y Garcia-Porta, J. 2005. Primer registro fósil de las familias Gekkonidae (Lacertilia) y Colubridae (Serpentes) en el Plioceno de Punta Nati (Menorca, Islas Baleares). *Proceedings of the International Symposium Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach*, Monografies de la Societat d'Historia Natural de les Balears, 12: 27–32.
- Bailon, S., Bover, P., Quintana, J. y Alcover, J.A. 2010. First fossil record of *Vipera* Laurenti 1768 'Oriental Vipers Complex' (Serpentes: Viperidae) from the Early Pliocene of the Western Mediterranean islands. *Comptes Rendus Palevol*, 9(4): 147–154.
- Bailon, S., Boistel, R., Bover, P. y Alcover, J.A. 2014. *Maioricalacerta rafelinensis* gen. et sp. nov. (Squamata, Lacertidae) from the Early Pliocene of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean Sea). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 34(2): 318–326.
- Bover, P., Quintana, J., Agustí, J., Bailon, S. y Alcover, J.A. 2007. Caló den Rafelino: an early Pliocene site in Mallorca, Western Mediterranean. En: *Libro de resúmenes del VII Simposio Internacional de Zoología. Topes de Collantes (Sancti Spiritus, Cuba)*, 119.
- Bover, P., Quintana, J. y Alcover, J.A. 2010. A new species of *Myotragus* Bate, 1909 (Artiodactyla, Caprinae) from the Early Pliocene of Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Geological Magazine*, 147(6): 871–885.
- Bover, P., Rofes, J., Bailon, S., Agustí, J., Cuenca-Bescós, G., Torres, E. y Alcover, J.A. 2014. The late Miocene/early Pliocene vertebrate fauna from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean): An update. *Integrative Zoology*, 9(2): 183–196.
- Fornós, J.J. 1998. Karts collapse phenomena in the Upper Miocene of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Acta Geologica Hungarica*, 42: 237–250.
- Pomar, L., Rodríguez-Perea, A., Sabat, F. y Fornós, J.J. 1990. Neogene stratigraphy of Mallorca Island. *Paleontologia i Evolució*, 2: 271–320.
- Quintana, J., Bover, P., Alcover, J.A., Agustí, J. y Bailon, S. 2010. Presence of *Hypolagus* Dice, 1917 (Mammalia, Lagomorpha) in the Neogene of the Balearic Islands (Western Mediterranean): description of *Hypolagus balearicus* nov. sp. *Geobios*, 43(5): 555–567.
- Rofes, J., Bover, P., Cuenca-Bescós, G. y Alcover, J.A. 2012. *Nesiotites rafelinensis* sp. nov., the earliest shrew (Mammalia, Soricidae) from the Balearic Islands, Spain. *Palaeontologia Electronica*, 15: 8A.
- Sarris, I. 2013. *Organización morfológica y variación del esqueleto axial de víboras. Una aproximación morfométrica a la homología seriada*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, 146 pp.
- Szyndlar, Z. y Rage, J.-C. 1999. Oldest fossil vipers (Serpentes: Viperidae) the old World. *Kaupia*, 8: 9–20.

Taxonomical and morphological analysis of new *Hoplitomeryx* (Mammalia, Ruminantia) remains from the Late Miocene of Gargano (Apulia, Italy)

Alessandro Urciuoli¹, Daniel DeMiguel², Lorenzo Rook¹

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, Via G. La Pira 4, 50121 Firenze (Italy). E-mail: alessandro.urciuoli@stud.unifi.it, lorenzo.rook@unifi.it

²Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (ICP), Edifici Z, c/ de las Columnes, s/n. Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona (Spain). E-mail: daniel.demiguel@icp.cat

The artiodactyl *Hoplitomeryx* has always raised a high scientific interest due to its peculiar features and high grade of adaptation. *Hoplitomeryx* is a five-horned extinct endemic ruminant found in the Late Tortonian–Early Messinian karts fillings of the Gargano peninsula (Leinders, 1983; Masini *et al.*, 2010), and from the limestone levels of Scontrone (Mazza and Rustioni, 2011), in Southeastern Italy. It belongs to an unbalanced insular fauna including also gigantic forms, such as the insectivore *Deinogalerix* and the murid *Mikrotia* (Freudenthal, 1971). Mammalian insular faunas are known to follow different evolutionary pathway if compared with their mainland relatives. Due to conditions of low interspecific competition, predation release and limited food resources, islands work as evolutionary labs leading to fast and wide adaptive radiations (McNab, 2002). Gigantic and dwarf forms, following the so-called “Island rule” (Van Valen, 1973), and remarkable adaptations in the cranio-dental and postcranial anatomy are often found in isolated context (Lomolino, 2005; Sondaar, 1977). However, the processes involving the development of such features are still unknown. The Hoplitomerycidae family exhibits one of the most impressive adaptive radiation. So far, however, only one genus, *Hoplitomeryx*, is recognized within the family, including six different species (Mazza and Rustioni, 2011). It is characterized by a number of peculiar features and the combined presence of cervoid- (e.g., two lacrimal orifices and closed metatarsal sulcus) and bovid-like (e.g., horn-like, nondeciduous, unbranched cranial appendages) characters, and its phylogenetic position remains still unclear (Leinders, 1983; van der Geer, 2008; Mazza, 2013a; Mazza, 2013b).

Here we describe new dentognathic and cranial remains collected during the first years of the 1990s in a field work conducted by the University of Florence (and housed at the Earth Sciences Dept. of the same University) and found that the sample fits well (both morphologically and metrically) with the type material of *Hoplitomeryx* spp., housed at the Naturalis Biodiversity Center (Leiden, Holland).

An attribution to the genus *Hoplitomeryx* is therefore proposed for all the specimens, due to the occurrence of the main characters of this taxon: brachyodont to mesodont cheek teeth; non molarized p3 and p4; posterior lobe of m3 constantly bi-lophed with unfused entoconulid and hypoconulid; and sabre-like upper canines; upper molars often wider than longer. In some cases, specimens are also identified to the species level, while in others they remain pending of specific determination.

Our study is meant to be a starting point for further analysis of this unique genus, in order to give new insights into its evolutionary history and better understand the complexity of its remarkable intrageneric and intraspecific morphological variability.

References

- Leinders, J.J.M. 1983. Hoplitomerycidae fam. nov. (Ruminantia, Mammalia) from Neogene fissure fillings in Gargano (Italy). Part. 1: the cranial osteology of Hoplitomeryx gen. nov. and discussion on the classification of pecoran families. *Scripta Geologica*, 70: 1–68.
- Lomolino, M.V. 2005. Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule. *Journal of Biogeography*, 32: 1683–1699.
- Masini, F., Rinaldi, P.M., Petruso D. and Surdi G. 2010. The Gargano Terre Rosse insular Faunas: an Overview. *Rivista italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 116: 421–435.
- Mazza, P.P.A. 2013a. The systematic position of Hoplitomerycidae (Ruminantia) revisited. *Geobios*, 46: 33–42.
- Mazza, P.P.A. 2013b. Hoplitomerycidae (Ruminantia; Late Miocene, Central–Southeastern Italy): Whom and where from? *Geobios*, 46: 511–520.

Mazza, P.P.A. and Rustioni, M. 2011. Five new species of *Hoplitomeryx* from the Neogene of Abruzzo and Apulia (central and southern Italy) with revision of the genus and of *Hoplitomeryx matthei* Leinders, 1983. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 163(4): 1304-1333.

McNab, B.K. 2002. Minimizing energy expenditure facilitates vertebrate persistence on oceanic islands. *Ecology Letters*, 5: 693-704.

Sondaar P.Y. 1977. Insularity and its effect on mammal evolution. In: Hecht M.N., Goody P.L. and Hecht B.M. (eds.), *Major Patterns in Vertebrate Evolution*. Plenum, New York, 671-707.

van der Geer, A.A.E. 2008. The effect of insularity on the Eastern Mediterranean early cervoid *Hoplitomeryx*: the study of the forelimb. *Quaternary International*, 182: 145-59.

Van Valen, L. 1973. A new evolutionary law. *Evolutionary Theory*, 1: 1-33.

Foraminíferos y Tecamébidos del Cuaternario de Closes de la Vila (l'Empordà, Girona)

Juan Usera, Ignacio García, Jordi Guillem

Departamento de Geología. Universitat de València. Doctor Moliner, 50.
46100 Burjassot, Valencia. E-mail: Juan.usera@uv.es,
nachetegarci87@hotmail.com, Jorge.Guillem@uv.es

Introducción

Los materiales cuaternarios en la zona costera catalana, están representados en gran medida por sedimentos de tipo lacustre que fueron depositados en determinados momentos del Cuaternario, cuando la influencia marina alteró las condiciones de salinidad, o las conformó por la acción de procesos litorales que aislaron pequeñas lagunas de influencia mixta continental-marina. Con posterioridad, estas pequeñas cuencas quedaron reducidas en extensión y profundidad hasta formar pequeños humedales con salinidades próximas al 2 ‰.

La presencia en estos materiales de foraminíferos y tecamébidos, además de otros organismos como ostrácodos, diatomeas, carofitas, etc., puede servir para reconstruir las condiciones ambientales que se sucedieron a lo largo del proceso de desarrollo de la cuenca, incluyendo la salinidad del medio y la mayor o menor proximidad de la línea de costa.

Materiales y métodos

El material de este estudio procede de un sondeo realizado en el término de Closes de la Vila (Castelló d'Empúries, Girona). Este sondeo alcanzó una profundidad de tres metros y sus materiales están representados en su mayoría, por limos orgánicos con algunos niveles lumaquéllicos de moluscos de aguas salobres (*Cerastoderma* sp.), que a techo pasan a niveles de arenas laminadas con restos de plantas.

Se tomaron un total de 49 muestras a partir del nivel de 2,47 m de profundidad, con intervalos de aproximadamente 4 cm. El material fue

desagregado utilizando únicamente agua templada para conservar los caparazones de aquellas especies de foraminíferos o tecamébidos que aglutinan partículas inorgánicas sobre su concha o teca. Una vez identificadas las especies se procedió al recuento del número de individuos de cada una. A partir de estos datos se determinaron distintos índices de riqueza y de diversidad que permitiesen caracterizar la estructura de las asociaciones de foraminíferos y tecamébidos y se aplicaron análisis *clúster* en modos R y Q para cuantificar las similitudes entre muestras y la distribución de las distintas especies.

Resultados y discusión

Del total de las 49 muestras estudiadas, solo en 19 se hallaron caparazones de foraminíferos o tecamébidos, lo que puede indicar que en algunos momentos, dentro del desarrollo de la laguna, el ambiente no fue favorable para la presencia de estos grupos.

Las especies identificadas de foraminíferos fueron:

Ammonia tepida Cushman, *Ammotium salsum* Cushman y Brönnimann, *Aubignyna perlucida* Heron-Allen y Earland, *Elphidium advenum* Cushman, *Elphidium complanatum* d'Orbigny, *Elphidium excavatum* Terquem, *Elphidium excavatum clavatum* Cushman, *Elphidium macellum* Fichtel y Moll, *Elphidium williamsoni* Haynes, *Haplophragmoides wilberti* Andersen, *Haynesina germanica* Ehrenberg, *Jadammina macrescens* Brady, *Massilina secans* d'Orbigny, *Miliolinella eburnea* d'Orbigny, *Miliolinella subrotunda* Montagu, *Pseudotriloculina rotunda* d'Orbigny, *Quinqueloculina lata* Terquem, *Triloculina schreiberiana* d'Orbigny y *Trochammina inflata* Montagu.

Las especies identificadas de tecamébidos han sido:

Centropyxis aculeata Ehrenberg, *Centropyxis discoideus* Penard, *Diffugia acuminata* Ehrenberg, *Diffugia curvicaulis* Penard, *Diffugia lanceolata* Penard, *Diffugia lithophilla* Penard y *Pontigulasia compressa* Carter.

Para el estudio estadístico se ha utilizado el programa PAST ofrecido por Hammer y Harper, 2006.

Los valores del índice de Shannon son máximos en la base del sondeo (1,48), pero van disminuyendo progresivamente hacia el techo del mismo, tomando valores entre 0,4 y 0,6. Tanto los de este índice como los del resto son valores propios de ambientes restringidos y de aguas salobres. Así, el índice de Simpson varía entre 0,21 y 0,67, el índice de riqueza de Margalef muestra valores entre 0,35 y 1,98 y el α de Fischer oscila entre 0,44 y 2,62.

En general los valores máximos de estos índices están asociados a los niveles inferiores del sondeo, lo que puede indicar una mayor influencia de las aguas litorales, mientras que hacia techo, se va produciendo un progresivo aislamiento del medio marino, transformándose en una marisma vegetada, como parece indicar la presencia de *Trochammina inflata* Montagu. La desaparición de los escasos caparzones de especies marinas (como los de foraminíferos aporcelanados o los de *Elphidium* spp.) conlleva un aumento de la equitabilidad en los niveles intermedios ya que las pocas especies presentes (como *A. tepida* y *H. germanica*) muestran abundancias similares. Ya en los últimos niveles aparecen dos especies de caparazón aglutinado *Jadammina macrescens* Brady y *Haplophragmoides wilberti* Andersen, lo que podría indicar una cierta recuperación de la salinidad del medio que anteriormente solo había estado ocupado por tecamébidos (Murray, 1973, 1991, 2006; Usera *et al.*, 2002, 2006).

El análisis clúster en modo R permite diferenciar en primer lugar *Ammonia tepida* Cushman del resto de especies. En este grupo aparecen diferenciados a su vez tres subgrupos, uno de ellos constituido por *Haynesina germanica* Ehrenberg que representaría junto con *Ammonia tepida* Cushman las formas más competitivas dentro de este ambiente de aguas salobres, y otros dos grupos de especies (*Elphidium* spp., *Miliolinella* spp., *Q. lata*, *Ps. rotunda* o *T. scheiberiana*) que se asocian a condiciones de mayor salinidad.

En el dendrograma del análisis clúster en modo Q pueden apreciarse dos agrupaciones. Una de ellas incluye las muestras procedentes de la parte inferior del sondeo con un número de especies que varía entre 8 y 12 y la otra reúne el resto constituido por muestras con 4 o menos especies. Esta división refleja un cambio importante en las condiciones del medio, sobre todo en lo que afecta a la salinidad, que podría pasar desde valores próximos al 24‰ a entre 2 y 8‰.

Conclusiones

A partir de los datos aportados por las asociaciones de foraminíferos y tecamébidos y el estudio de los diferentes índices de diversidad y riqueza y los diagramas R modal y Q modal, se han extraído las siguientes conclusiones.

La secuencia representa en su base un ambiente de aguas salobres con salinidades próximas al 24‰, en donde pueden identificarse especies de foraminíferos litorales.

A partir del nivel de 226 cm se produce una fuerte disminución en el número de especies, originado posiblemente por una disminución de salinidad. Estas condiciones se mantienen hasta los niveles de 196-97 cm, con la aparición de las asociaciones de tecamébidos. Finalmente ambos grupos desaparecen después de los 161-162 cm. Es solo hacia el techo del sondeo cuando el humedal es ocupado de nuevo por especies de foraminíferos de caparazón aglutinado que indicarían en este caso, salinidades próximas al 2‰.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución del Grupo de Trabajo español al proyecto IGCP 588. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto HAR2012-39087-C02-01

Referencias

- Hammer, Ø. y Harper, D. 2006. *Paleontological data análisis*. Blackwell Publishing, Oxford UK, 351 pp.
- Murray, J.W. 1973. *Distribution and ecology of Living Benthic Foraminiferids*. Heineman Educational Books, London, 274 pp.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific & Technical, England, 397 pp.
- Murray, J.W. 2006. *Ecology and Applications of benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, UK, 426 pp.

Usera, J., Blázquez, A.M., Guillem, J. y Alberola, C. 2002. Biochronological and paleoenvironmental interest of Foraminifera lived in restricted environments: application to the study of the western Mediterranean holocene. *Quaternary International*, 93-94: 139-147

Usera, J., Blázquez, A., Guillem, J. y Alberola, C. 2006. Evolución holocena de la marjal de Peñíscola (Castellón, España) deducida del estudio de sus foraminíferos fósiles. *Revista Española de Micropaleontología*, 38: 381-393.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Foraminíferos cuaternarios de Horta Vella (l'Escala, Girona)

Juan Usera, Ignacio García, Jordi Guillem

Departamento de Geología. Universitat de València. Doctor Moliner, 50,
46100, Burjassot, Valencia. E-mail: Juan.usera@uv.es,
nachetegarci87@hotmail.com, Jorge.Guillem@uv.es

Introducción

El sondeo Horta Vella se realizó al sur del yacimiento de Empuries con el objetivo de obtener información sobre la evolución ambiental en esta zona. Para ello se han llevado a cabo estudios sedimentológicos, palinológicos y el presente estudio micropaleontológico, basado en las asociaciones de foraminíferos que colonizaron durante el Cuaternario reciente las aguas litorales de esta zona de las costas catalanas.

Material y métodos

Las muestras del Cuaternario de Horta Vella, proceden de un sondeo realizado en esta localidad y que alcanzó los 20 m de profundidad ya sobre sedimentos del Neógeno marino. Es a partir de los 16,75 m cuando aparecen los primeros materiales cuaternarios, constituidos por una biocalcarenita que tendría su origen en una playa del Pleistoceno. Los materiales que se encuentran depositados por encima son ya, según las dataciones realizadas por ^{14}C , de edad holocena. Esta serie está formada en su mayoría por limos y arcillas en su base, que cambian a limos orgánicos laminados o con abundantes restos de moluscos y otros organismos de aguas salobres, seguido de limos negros masivos con restos vegetales. El último material limoso corresponde a este tipo de sedimento con un contenido apreciable de arena y abundantes restos de bivalvos que forman en algunos momentos una auténtica lumaquela. A partir de los 8,5 m de profundidad el sedimento se vuelve arenoso por influencia de los aportes detríticos de la playa próxima.

El muestreo de alta resolución se realizó tomando muestras cada 5 cm. Un total de 35 muestras, situadas entre los 11,06 m y los 8,75 m, en las facies de limos, contenían caparazones de foraminíferos.

El material fue desagregado utilizando únicamente agua templada para conservar los caparazones de aquellas especies de foraminíferos o tecamébidos que aglutinan partículas inorgánicas sobre su concha o teca.

El tamizado se llevó a cabo bajo una malla de 0,063 mm. Una vez identificadas las especies se procedió al recuento del número de individuos de cada una. En total se han recuperado, determinado y fijado a un portaobjetos un total de 12.564 individuos pertenecientes a 21 especies.

A partir de estos datos se obtuvo una serie de índices de riqueza y diversidad y se aplicaron análisis *clúster* en modo R y Q con el objeto de determinar las relaciones entre las diferentes muestras y la distribución de las especies. Para el estudio estadístico se ha utilizado el programa PAST ofrecido por Hammer y Harper (2006).

Resultados y discusión

En el sondeo de Horta Vella, la primera aparición de caparazones de foraminíferos se produce a los 11,05-11,06 m de profundidad. Otras muestras anteriores desde 12,61 m solo presentan restos de gasterópodos y bivalvos y en algunos casos algunas valvas de ostrácodos (12,20-12,21 m).

Este primer nivel con foraminíferos (11,05-11,06 m) muestra también restos de gasterópodos, bivalvos y ostrácodos asociados. Las especies principales son *Ammonia tepida* Cushman, muy abundante, y *Elphidium excavatum* Terquem. Esta asociación representa un ambiente de aguas salobres mesohalinas, propios de zonas de marjales (Murray, 1973, 1991, 2006; Blázquez y Usera, 2010; Usera *et al.*, 2002, 2006).

A partir del nivel 10,90-10,91 m aparece otra especie de foraminífero, *Haynesina germanica* Ehrenberg, también de ambientes restringidos, y que ya se mantiene presente en todos los niveles con foraminíferos, llegando a ser muy abundante en algunos casos en el tramo de profundidades de 8,95 a 8,76 m.

A partir de los 10,60 m de profundidad se empiezan a registrar más taxones de caparazón hialino y también especies aporcelanadas del orden Miliolida, como *Miliolinella eburnea* d'Orbigny. Este cambio probablemente indica un aumento de salinidad de la cuenca, que seguirá siendo salobre, pero ya de tipo polihalino.

Un nuevo aumento ligero de la salinidad parece apreciarse a partir de la muestra de 10,40 m que incluye además especies arrastradas del litoral como *Pseudotriloculina rotunda* Schlumberger, junto con otros miliólidos y rotálidos frecuentes en comunidades de fanerógamas marinas.

Esta influencia marina se acentúa a partir del nivel de 10,35 m con la presencia de especies litorales como *Quinqueloculina seminula* Linné, *Adelosina laevigata* d'Orbigny, *Quinqueloculina lamarckiana* d'Orbigny, *Triloculina trigonula* Lamarck, *Siphonaperta agglutinans* d'Orbigny, *Miliolinella subrotunda* Montagu, *Aubignyna perlucida* Heron-Allen y Earland, *Bolivina earlandi* Parr, *Pseudotriloculina rotunda* Schlumberger y *Elphidium macellum* Fichtel y Moll.

Este tipo de asociación se mantiene hasta el nivel de 10,10 m en el que la comunicación con el mar abierto se ve muy restringida y solo tres especies *A. tepida*, *E. excavatum* y *H. germanica* forman la asociación principal, acompañadas de *Trichohyalus aguayoi* Bermúdez, especie también de ambientes restringidos.

Cabe destacar que a partir de estos niveles es frecuente encontrar con relativa abundancia *B. earlandi*, lo que parece indicar fondos poco oxigenados y ambientes de aguas tranquilas donde la materia orgánica se acumula en el fondo. No obstante, la salinidad se mantiene en torno al 10-17‰ y las temperaturas medias no parecen haber sido inferiores a los 15° C. Es posible que estemos en un ambiente oligotrófico-eutrófico, ligado a los cambios estacionales.

Una llegada de material detrítico a 9,60 m prácticamente hace desaparecer todas las especies de foraminíferos de la cuenca, aunque con posterioridad estas poblaciones se recuperan.

A partir de la muestra de 8,76 m se interrumpe la presencia de foraminíferos al colmatarse la laguna por la llegada de un lóbulo de *washover*

El total de especies de foraminíferos, estaría formado por:

Adelosina laevigata d'Orbigny
Ammonia tepida Cushman
Asterigerinata mamilla Williamson

Aubignyna perlucida Heron-Allen y Earland
Bolivina earlandi Parr
Buliminella elegantissima d'Orbigny
Elphidium aculeatum d'Orbigny
Elphidium crispum Linné
Elphidium excavatum Terquem
Elphidium macellum Fichtel y Moll
Haynesina germanica Ehrenberg
Lobatula lobatula Walker y Jacob
Miliolinella eburnea d'Orbigny
Miliolinella subrotunda Montagu
Pseudotriloculina rotunda Schlumberger
Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny
Quinqueloculina seminula Linné
Quinqueloculina vulgaris d'Orbigny
Siphonaperta agglutinans d'Orbigny
Trichohyalus aguayoi Bermúdez
Triloculina trigonula Lamarck

El índice de Simpson muestra un aumento progresivo en su valor desde la base de la facies de limos, hasta una profundidad de 10,40 m, para a continuación ir disminuyendo progresivamente hasta el nivel de 9,6 m, donde se alcanza un valor mínimo de 0,035. Con posterioridad estos valores se estabilizan en torno a 0,5 hasta el final de la facies limosa.

El índice de Shannon, muestra un comportamiento parecido con valores de 1,325 en profundidades de 10,35 m para disminuir a valores de 0,10 a 9,6 m.

En el caso del índice de riqueza de Margalef, los valores siguen una pauta similar, tomando valores de 2,76 a profundidades de 10,30 m y mínimos de 0,33 a 9,95 m.

El índice α de Fisher alcanza valores máximos en los 10,30 m de profundidad y mínimos a 10,10 m debido a la ausencia casi total de individuos.

Por último, la Equitabilidad es máxima en el nivel 10,1 m (pero con sólo dos individuos pertenecientes a dos especies distintas), y mínima cuando

un número elevado de representantes de la misma especie domina sobre el total. Esto último ocurre al comienzo del depósito de los limos y a una profundidad de 9,95 m.

En lo que respecta a los resultados ofrecidos por el análisis *clúster* en modo R, pueden apreciarse dos grupos bien diferenciados. Uno de ellos lo constituye la especie *A. tepida* que está presente en todas las muestras mientras que el segundo grupo lo integran *H. germanica* y un conjunto de especies, en su mayoría de ambientes marinos poco profundos y asociadas a praderas de fanerógamas marinas.

En el diagrama en modo Q puede apreciarse un agrupamiento de las muestras con mayor riqueza de especies en las que la influencia del medio marino es más notable. Los otros dos subconjuntos se corresponden con las fases de menor salinidad, al iniciarse el depósito de limos y cuando se restablecen las condiciones ambientales de la laguna de aguas salobres (a partir de las muestras de 9,6 m de profundidad, después del episodio catastrófico que prácticamente elimina las poblaciones de foraminíferos).

Conclusiones

La evolución de esta laguna litoral a lo largo del Holoceno ha determinado cambios importantes en la evolución de las poblaciones de foraminíferos y otros organismos que la poblaron.

En lo que respecta a los foraminíferos, la formación de una barra de arena que aislara parcialmente del mar las aguas de tipo continental, habría originado un ambiente de aguas salobres en donde progresivamente fueron estableciéndose especies que pudieran tolerar una salinidad superior a las de los aportes continentales, más todas aquellas que en momentos de temporal hayan podido ser arrastradas hasta las aguas de la laguna. En un momento de esta historia del desarrollo de la laguna, el aporte tanto de aguas continentales como marinas, parece interrumpirse (aproximadamente a 10,10 m de profundidad), para volver a recuperar su actividad hasta el final de toda la serie de limos, en que es cubierta por un paquete de sedimentos

arenosos, posiblemente originados por un *washover* que colmató la laguna. La presencia de sedimentos arenosos cubriendo los niveles de limos continúa hasta el techo de la serie y contiene en algunos casos fragmentos de moluscos derivados de la dinámica marina.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución del Grupo de Trabajo español al proyecto IGCP 588. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto HAR2012-39087-C02-01. Nuestro agradecimiento al Dr. Eustoquio Molina por la revisión de este trabajo.

Referencias

- Blázquez, A.M^a y Usera, J. 2010. Paleoenvironments and Quaternary foraminifera in the Elx coastal lagoon (Alicante, Spain). *Quaternary International*, 221: 68-90.
- Hammer, Ø. y Harper, D. 2006. *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 351 pp.
- Murray, J.W. 1973. *Distribution and ecology of living benthic foraminifera*. Heinemann Educational Book, 274 pp.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific & Technical, 397 pp.
- Murray, J.W. 2006. *Ecology and applications of benthic foraminifera*. Cambridge, 426 pp.
- Usera, J., Blázquez, A.M., Guillem, J. y Alberola, C. 2002. Biochronological and paleoenvironmental interest of Foraminifera lived in restricted environments: application to the study of the western Mediterranean holocene. *Quaternary International*, 93-94: 139-147.
- Usera, J., Blázquez, A., Guillem, J. y Alberola, C. 2006. Evolución holocena de la marjal de Peñíscola (Castellón, España) deducida del estudio de sus foraminíferos fósiles. *Revista Española de Micropaleontología*, 38: 381-393.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Osteodermos de titanosaurio del Cretácico Superior de Armuña (Segovia): una reinterpretación a la luz de nuevos hallazgos

Daniel Vidal¹, Francisco Ortega², José Luis Sanz¹

¹Unidad de Paleontología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Darwin, 2. 28049, Cantoblanco, Madrid, España. E-mail: rickraptor@me.com, dinoproyecto@gmail.com

²Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Madrid, España. E-mail: fortega@ccia.uned.es

Introducción

Los titanosaurios son el único clado de saurópodos que alcanza los últimos pisos del Cretácico (Curry-Rogers, 2005). Algunos de los primeros hallazgos de titanosaurios en Madagascar se encontraron asociados a osificaciones dérmicas que, no sin controversia, se consideraron pertenecientes a estos dinosaurios (Depéret, 1896). Fue en la década de 1980 cuando se produjeron los primeros hallazgos inequívocos de titanosaurios acorazados como *Saltasaurus loricatus* (Bonaparte y Powell, 1980). Esta armadura dérmica se interpretó como un mosaico de osículos dérmicos subcentimétricos que rodearían placas dérmicas mucho mayores, de contorno ovalado y con quillas o crestas longitudinales (Powell, 2003; Salgado, 2003).

El yacimiento de Armuña, del Cretácico Superior de Segovia (España), fue de los primeros que aportó restos de osificaciones dérmicas inequívocamente asociadas a titanosaurios (Sanz y Buscalioni, 1987). Estos restos fragmentarios, actualmente depositados en la colección de la Unidad de Paleontología de la UAM, se interpretaron en base a la única armadura dérmica entonces bien conocida, la asociada a *Saltasaurus loricatus*: placas dérmicas ovaladas.

El hallazgo de nuevos yacimientos del Cretácico Superior europeo, especialmente el de Lo Hueco en Cuenca (España), ha revelado que los osteodermos que portaban los titanosaurios laurasiáticos son muy distintos

de la mayor parte del material recuperado en Argentina (Le Loeuff *et al.*, 1994; Csiki, 1999; Vidal *et al.*, 2014), presentando dos regiones bien diferenciadas, conocidas como “*bulb and roof*” (D’Emic *et al.*, 2009; Vidal *et al.*, 2014). Estos hallazgos permiten reinterpretar los osteodermos de Armuña como distintos de los de *Saltasaurus loricatus* y más afines al registro europeo de osteodermos del morfotipo “*bulb and roof*”.

Tipos de osificaciones dérmicas en Titanosauria

Los osteodermos asociados a titanosaurios se han encontrado en todos los continentes salvo en la Antártida. Existen, no obstante, poco más de un centenar de ejemplares recuperados en todo el mundo. A partir de estos ejemplares se ha podido determinar que los titanosaurios presentaban dos tipos de osificaciones dérmicas: osículos (irregulares, subcentimétricos y sin remodelación histológica) y osteodermos (con una morfología definida, mayores de un centímetro y con hueso remodelado).

Los osteodermos se pueden dividir en dos grupos principales: los “*bulb and roof*” (de contornos amigdaloides, presentan una región redondeada con ornamentación regular y una alargada de forma triangular con ornamentación irregular, separadas ambas por un cíngulo, Fig. 1A) y los “escudos” (de contornos redondeados, con un patrón de ornamentación regular y en ocasiones un contorno irregular perlado, Fig. 1B). Los primeros están presentes en todos los continentes y los segundos únicamente se han encontrado, hasta la fecha, en Gondwana (Fig. 1C). Ningún esqueleto de titanosaurio ha sido hallado en asociación con ambos tipos de osteodermos simultáneamente, lo que parece indicar que distintos linajes de titanosaurios presentarían distintos tipos de osteodermos. Al estar más extendido geográficamente y aparecer antes en el registro, se considera la condición “*bulb and roof*” como primitiva (Vidal *et al.*, en prensa).

Los ejemplares de Armuña

En Armuña se han hallado cuatro ejemplares fragmentarios e interpretables de osteodermos asociados a titanosaurios.

UPUAM-13951 (Fig. 2A): En vista externa presenta dos zonas de distinta textura: una regular, con un patrón de fibras y poros radiando desde el centro hacia los márgenes y un cíngulo cuya ornamentación consiste en

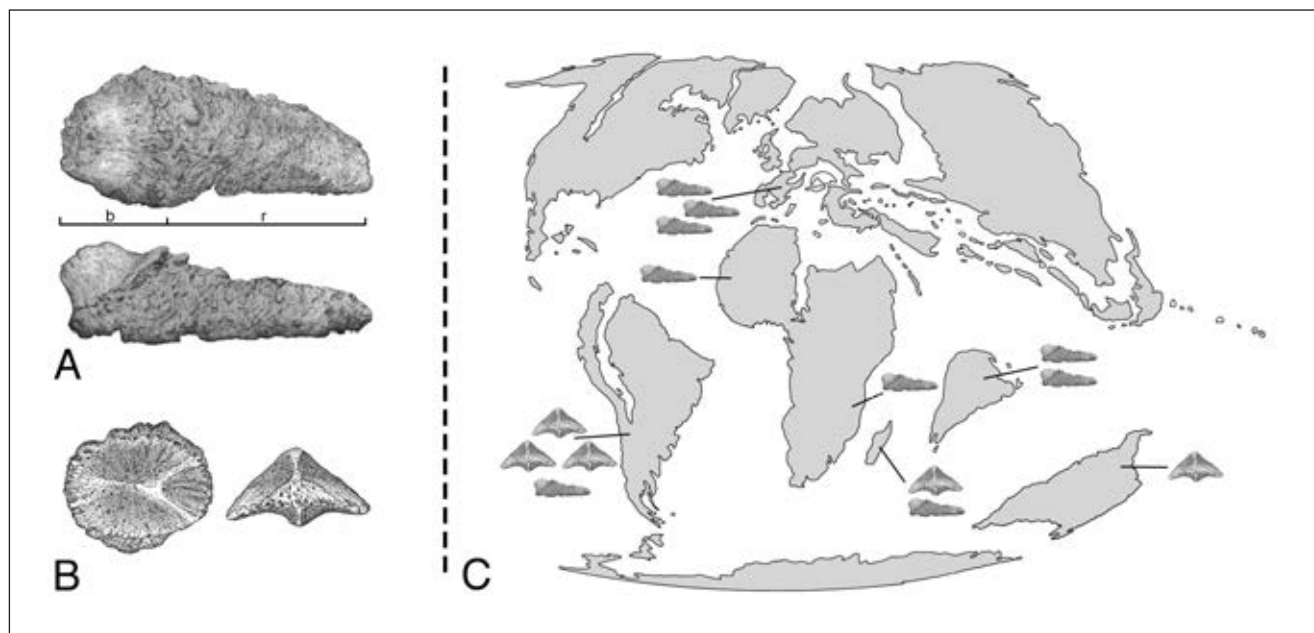


Figura 1. Los distintos morfotipos de osteodermos asociados a titanosaurios que pueden identificarse en base a ejemplares completos y su distribución mundial durante el Cretácico Superior. (A) Osteodermos del morfotipo “bulb and root” en vista externa (arriba) y lateral (abajo). (B) Osteodermos del morfotipo “escudo” en vista externa (izquierda) y lateral (derecha), modificado de Salgado (2003). (C) Distribución mundial de los distintos morfotipos de osteodermos durante el Cretácico Superior (modificado de <http://www.scotese.com/>). b = bulbo, r = raíz.

nódulos y fibras. La superficie intracingular externa es convexa, en forma de espina baja y cónica. Su cara interna se ha perdido, pudiendo observarse el interior del osteodermo, donde se aprecian secciones de conductos de hasta 2 centímetros de diámetro.

Su gran parecido con la región del bulbo de algunos ejemplares de Lo Hueco (HUE-02000, HUE 02326) o Hateg (FGGUB R-1410), cuyo bulbo es convexo, permiten identificar UPUAM-13951 como un osteodermo del morfotipo “bulb and root” con bulbo convexo. La correlación hallada por Vidal *et al.* (en prensa) entre el contorno del osteodermo en vista externa o interna y el tamaño de la convexidad del bulbo permiten inferir que UPUAM-13951, cuya convexidad es moderada, presentaría un contorno moderadamente elongado, esto es, un eje mayor aproximadamente el doble del menor.

UPUAM-13952 (Fig. 2C): Probablemente de contorno amigdaloides y fragmentado por los extremos del eje más largo. Su cara externa presenta

una ornamentación irregular de fibras y canales, siendo más gruesa en su eje mayor que en los bordes. En su cara interna se aprecia la ornamentación de fibras entrecruzadas característica de los osteodermos de Amniota (D’Emic *et al.*, 2009). Presenta una quilla o cresta interna muy prominente y engrosada, desplazada hacia uno de los laterales, siendo por tanto una de las mitades longitudinales del osteodermo más cóncava que la otra.

La ornamentación irregular de la cara externa, la presencia de una quilla en la cara interna, paralela al eje mayor del osteodermo, y un perfil alargado y amigdaloides, no redondeado, permiten interpretarlo como un fragmento de la parte central de una raíz de un osteodermo “bulb and root”.

UPUAM-13956 (Fig. 2B): Fragmento pequeño en el que se aprecian dos tipos distintos de ornamentación en vista externa: una regular, de fibras y poros dispuestos de forma aparentemente radial, y una irregular de nódulos y fibras. Su aspecto es muy similar al de UPUAM-13951, incluyendo parte

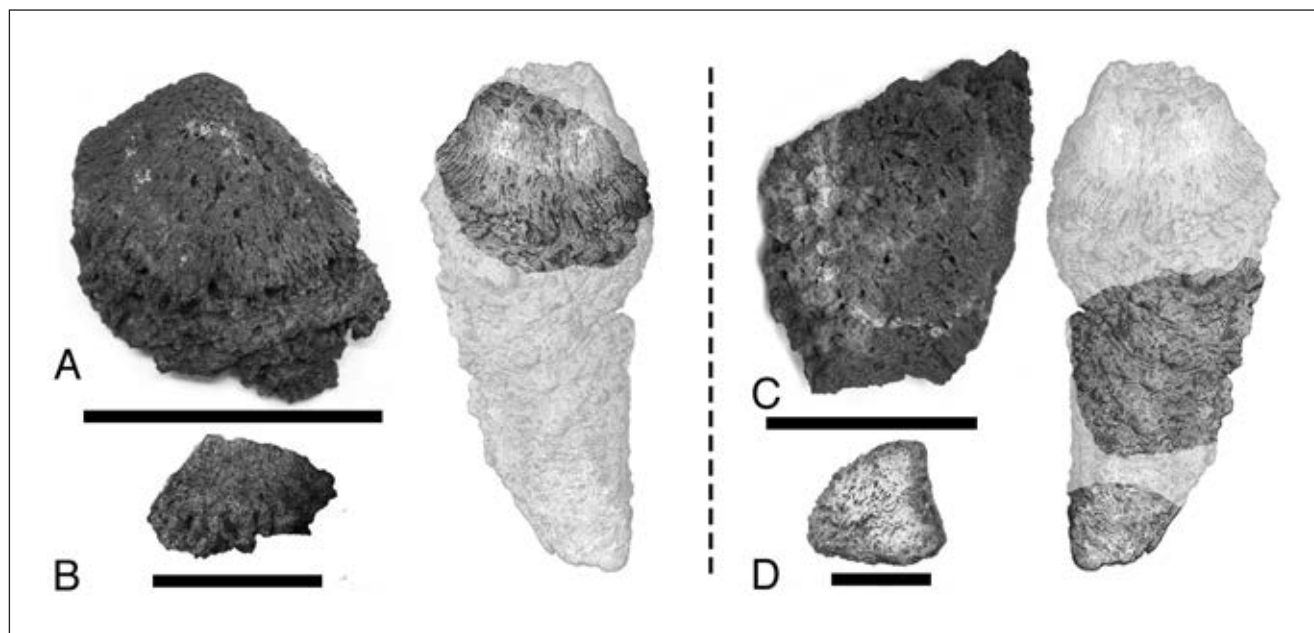


Figura 2. Ejemplares fragmentarios de Armuña en vista externa excepto D, en vista interna, y su correspondiente interpretación como parte de un osteodermo del morfotipo *bulb and root* completo. (A) UPUAM-13951. Escala = 10 cm. (B) UPUAM-13956. Escala = 5 cm. (C) UPUAM-13952. Escala = 10 cm. (D) UPUAM-13957. Escala = 5 cm.

de un cíngulo y una ornamentación regular, por lo que se le da la misma interpretación, como un fragmento pequeño de bulbo de un osteodermo del morfotipo *“bulb and root”*.

UPUAM-13957 (Fig. 2D): Fragmento pequeño, triangular en vista externa e interna, roto únicamente en la zona de mayor anchura. Es convexo en su cara externa y plano en su cara interna, sin que se aprecien forámenes de ningún tipo pero sí la característica ornamentación de fibras óseas entrecruzadas de la cara interna de un osteodermo. Su morfología triangular, estrechamiento progresivo hacia un ápice no roto permiten interpretarlo como el final de la porción de la raíz de un osteodermo *“bulb and root”*.

Discusión

En la Península Ibérica se han hallado osteodermos asociados a titanosaurios en los yacimientos de Laño (Treviño), Armuña (Segovia) y

Lo Hueco (Cuenca). Los osteodermos de Lo Hueco pertenecen todos al morfotipo *“bulb and root”* (Vidal *et al.*, en prensa), al igual que todos los encontrados en Aude (Francia) y la cuenca de Hateg (Rumanía).

La reinterpretación de los osteodermos de Armuña como osteodermos del morfotipo *“bulb and root”* refuerza la hipótesis de que los morfotipos de osteodermos *“bulb and root”* y *“escudos”* estarían presentes en distintos linajes de titanosaurios y nunca a la vez en un ejemplar de la misma especie. Su distribución paleogeográfica parece además indicar que el linaje de titanosaurios con morfotipo *“escudo”* estaría restringido al hemisferio sur, al no haberse encontrado por el momento ningún ejemplar en el registro laurasiático.

Los osteodermos del yacimiento de Laño, asociados a restos del titanosaurio *Lirainosaurus astibiae*, son muy fragmentarios, sin ningún contorno o morfología fácilmente interpretable (Díez Díaz *et al.*, 2013). Atendiendo a su perfil ligeramente alto y su ornamentación irregular, similar

a la de UPUAM-13957, podrían interpretarse como fragmentos de la raíz de un osteodermo “*bulb and roof*”. Una interpretación más ajustada dependerá de nuevos hallazgos o de un mejor conocimiento de la distribución de los distintos tipos de osteodermos a lo largo de la filogenia de los titanosaurios.

Conclusiones

Este estudio ha permitido reinterpretar cuatro osteodermos de titanosaurio del Cretácico Superior de Armuña como fragmentos de osteodermos del morfotipo “*bulb and roof*” por presentar caracteres comunes con ejemplares completos de ese morfotipo. Estos caracteres consisten en presentar dos regiones bien diferenciadas, con ornamentación y morfología diferentes, y contornos alargados en lugar de redondeados.

Esta reinterpretación es congruente con la hipótesis de que los titanosaurios acorazados del Cretácico Superior europeo solamente presentarían este morfotipo de osteodermos.

Referencias

- Bonaparte, J.F. y Powell, J.E. 1980. A continental assemblage of tetrapods from the Upper Cretaceous beds of El Brete, northwestern Argentina (Sauropoda–Coelurosauria–Carnosauria–Aves). *Mémoires de la Société Géologique de France, nouvelle séries*, 139: 19–28.
- Csiki, Z. 1999. New evidence of armoured titanosaurids in the Late Cretaceous *Magyarosaurus dacus* from the Hateg Basin (Romania). *Oryctos*, 2: 93–99.
- Curry Rogers, K.A. 2005. Titanosauria. En: Curry, K.A., Rogers, K.A. y Wilson, J.A. (eds.), *The Sauropods: Evolution and Paleobiology*. Berkeley, University of California Press, 50–103.
- D’Emic, M.D., Wilson, J.A. y Chatterjee, S. 2009. The titanosaur (Dinosauria: Sauropoda) osteoderm record: review and first definitive specimen from India. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29(1): 165–177.
- Depéret, C. 1896. Note sur les dinosauriens sauropodes et théropodes du Crétacé supérieur de Madagascar. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 21: 176–194.
- Díez Díaz, V., Pereda Suberbiola, X. y Sanz, J.L. 2013. Appendicular skeleton and dermal armour of the Late Cretaceous titanosaur *Lirainosaurus astibiae* (Dinosauria: Sauropoda) from Spain. *Palaeontology Electronica*, 16(2), 19A: 18.
- Le Loeuff, J., Buffetaut, E., Cavin, L., Martin, M., Martin, V. y Tong, H. 1994. An armoured titanosaurid sauropod from the Late Cretaceous of southern France and the occurrence of osteodermis in the Titanosauridae. *Gaia*, 10: 155–159.
- Powell, J.E. 2003. Revision of the South American titanosaurid dinosaurs: palaeobiological, palaeobiogeographical and phylogenetic aspects. *Records of the Queen Victoria Museum*, 111: 1–173.
- Salgado, L. 2003. Considerations on the bony plates assigned to titanosaurs (Dinosauria, Sauropoda). *Ameghiniana*, 40: 441–456.
- Sanz, J.L. y Buscalioni, A.D. 1987. *New evidence of armoured titanosaurs in the Upper Cretaceous of Spain*. En: Currie, P.J. y Koster, E.H. (eds.), *Fourth Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems*. Tyrrell Museum of Palaeontology, Drumheller, 197–202.
- Vidal, D., Ortega, F. y Sanz, J.L. 2014. Titanosaur osteodermis from the Upper Cretaceous of Lo Hueco (Spain) and their implications on the armor of laurasian titanosaurs. *PloS one* 9(8): e102488. doi:10.1371/journal.pone.0102488

Los macroforaminíferos de facies de “lagoon” del Campaniense: Sierra del Montsec (NE España)

Raquel Villalonga¹, Esmeralda Caus², Gianluca Frijia³,
Mariano Parente⁴

¹Universitat de Barcelona. Martí i Franqués s/n. Barcelona-08028.

E-mail: r.villalonga@ub.edu

²Universitat Autònoma de Barcelona. Campus Bellaterra, Cerdanyola del

Vallés-08193. E-mail: esmeralda.caus@uab.es

³Universität Potsdam, Kar-Liebkecht strasse 24, Haus 27, 14476 Postdam,

Alemania. E-mail: frijia@geo.uni-potsdam.de

⁴Università degli Studi di Napoli Federico II Largo San Marcelino 10, 80138

Napoli, Italia. E-mail: mariano.parente@unina.it

Introducción

Los macroforaminíferos son organismos que presentan conchas mecánicamente resistentes y extraordinariamente complejas, cuyos elementos arquitecturales tienen un significado funcional que refleja las condiciones de su hábitat. Así, por ejemplo, los macroforaminíferos imperforados, discoidales planos y con las aberturas distribuidas en la periferia del disco viven principalmente como epifitos en plantas marinas o algas, en medios poco profundos y con escasa energía del agua. Por el contrario, los macroforaminíferos lamelar-perforados con esqueleto suplementario (sistema de canales) viven en el fondo marino desplazándose entre los granos de sedimento o “escalando” entre las hojas de los vegetales con la ayuda de los pseudópodos en medios con una energía de moderada a alta (Reiss y Hottinger, 1984; Hallock, 1979; Hottinger, 2005; Hohenegger, 2011; entre otros).

Consecuentemente, el estudio de las asociaciones de macroforaminíferos de las rocas sedimentarias constituye una buena herramienta para la interpretación de los medios fósiles, aunque no está exenta de problemas:

similares condiciones ambientales se han repetido numerosas veces en la historia de la Tierra y, consecuentemente, los macroforaminíferos han repetido también, más o menos perfectamente, morfologías y estructuras parecidas aún en niveles estratigráficos temporalmente muy diferentes. No obstante, tales asociaciones están representadas por géneros y/o especies distintas. Por lo que, el estudio detallado en tres dimensiones de las estructuras de los macroforaminíferos, a nivel genérico y específico, así como su correcta interpretación, es un prerequisite para su uso en correlaciones estratigráficas y bioestratigrafía de alta resolución. Falsas determinaciones taxonómicas, basadas en identificaciones estructurales erróneas, es generalmente la causa de la atribución de edades falsas a las rocas que los contienen.

En el presente estudio se documentan los macroforaminíferos que caracterizan las plataformas carbonatadas poco profundas y de escasa energía (facies de “lagoon”) del Campaniense, los cuales han sido frecuentemente olvidados o confundidos en la literatura geológica.

Materiales y métodos

El estudio se ha realizado en la Sierra del Montsec (Pirineos, NE de España) donde los afloramientos de edad Campaniense están magníficamente expuestos. Esta sierra forma parte del manto del mismo nombre, que juntamente con los mantos de Bóixols, al norte, y Serres Marginals, al sur, constituyen el conjunto de mantos superiores del Pirineo central. Los depósitos estudiados corresponden a la unidad inferior de las calizas de Terradets.

El trabajo se ha basado en varias secciones paralelas realizadas en la parte central de la sierra, en las que se han recolectado alrededor de 300 muestras, con objeto de identificar los cambios de facies (análisis de microfacies) y el contenido fósil, con especial interés en los macroforaminíferos. En conjunto se han estudiado más de 800 láminas delgadas.

Resultados

Los datos de campo y el análisis de microfacies ha permitido identificar tres tipos de facies: 1) facies de plataforma abierta, 2) facies de margen y 3) facies de *lagoon*. Son, precisamente, estas últimas las que han motivado el presente estudio. Se trata de calizas nodulosas, en estratos decimétricos e

intensamente bioturbadas. Presentan una textura de tipo *packstone* peletoidal y entre su contenido fósil destacan los foraminíferos y rudistas. Se interpreta que se depositaron en una plataforma protegida bien desarrollada (*lagoon*), con salinidad y oxigenación normales, baja energía del agua, y cuyo fondo estaba colonizado por praderas marinas (*seagrasses*); estas condiciones favorecieron el desarrollo de ricas comunidades de macroforaminíferos, que incluyen formas que vivieron como epifitas en las hojas de las plantas marinas y otras como epifauna en el fondo marino, entre las raíces de las plantas. Entre los más comunes cabe citar los siguientes taxones: *Cyclopsinella* n. sp., *Calveziconus lecalvezae* Caus y Cornella, *Ilerdorbis decussatus* Hottinger y Caus, *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas y *Orbitokhatina campaniana* Boix, Villalonga, Caus y Hottinger, y como componentes minoritarios: “*Peneroplis*” *giganteus* Gendrot, nezzazatinélidos y miliólidos simples.

La edad Campaniense inferior y medio de la unidad inferior de las Calizas de Terradets ha sido obtenida por medio de los isótopos el estroncio (SIS).

Conclusiones

Las facies de plataforma protegida del Campaniense medio están caracterizadas por la siguiente asociación de macroforaminíferos: *Cyclopsinella* n. sp., *Calveziconus lecalvezae*, *Ilerdorbis decussatus*, *Dicyclina*

schlumbergeri y *Orbitokhatina campaniana*. Aunque algunos géneros son únicamente conocidos de la Cuenca Pirenaica, otros por el contrario son también frecuentes en el Tethys permitiendo la correlación entre las dos paleobioprovincias.

Agradecimientos

El trabajo ha sido realizado con el soporte del Ministerio de Economía y Competitividad, proyecto: CGL2012-33160.

Referencias

- Hallock, P. 1979. Trends in test shape with depth on large symbiont-bearing foraminifera. *Journal Foraminiferal Research*, 9: 61-69.
- Hohenegger, J. 2011. *Larger foraminifera: Green House Constructions and Gardeners in the Oceanic Microcosm*. The Tagoshima University Museum, Kagoshima, Japan, 85 pp.
- Hottinger, L. 2005. Geometrical constrains in foraminiferal architecture: consequences of change from planispiral to annular growth. *Studia Geologica Polonica*, 124, 99-115.
- Reiss, Z. y Hottinger, L. 1984. *The gulf of Acaba: Ecological Micropaleontology*. Springer-Verlag, New York, 330 pp.

The echinoderm faunas from the Fombuena Formation (Upper Ordovician, Iberian Chains, Spain)

Samuel Zamora^{1,2}, Jorge Colmenar³, William I. Ausich⁴

¹*Instituto Geológico y Minero de España, Manuel Lasala, 44, 9^oB, 50006, Zaragoza, SPAIN. E-mail: s.zamora@igme.es*

²*Department of Paleobiology, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC, 20013–7012, USA.*

³*Área de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, E-50009 Zaragoza, Spain.*

⁴*School of Earth Sciences, The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.*

Introduction

The Upper Ordovician echinoderm faunas from the Iberian Chains (NE, Spain) are relatively well documented. The fossils mainly occur in two different formations, the Fombuena Formation and the Cystoid Limestone. The echinoderms from the Cystoid Limestone are well studied taxonomically (Meléndez 1944, 1959; Chauvel *et al.*, 1975 and Chauvel & Le Menn, 1979), but the ones from the Fombuena Formation remained poorly documented until the pioneering work of Gutiérrez-Marco *et al.* (1996), who reviewed all previous reports and also reported a diverse assemblage of blastozoans and less diverse crinoids. Extensive sampling in the Fombuena Formation has resulted in the discovery of new unreported echinoderms plus a large number of new morphological information from previously described taxa. The aim of this paper is to preliminary present this fauna with brief comments on its palaeoecology and taphonomy.

Geological setting and stratigraphy

The Upper Ordovician from the Iberian Chains is represented by the alternating siltstones and sandstones of the Fombuena Formation overlain

by the Katian Cystoid Limestone, the Hirnantian diamictites of the Orea Formation and the quartzitic Los Puertos Formation, where the Ordovician-Silurian boundary probably lies. These units are very well exposed around the area of Luesma and Fombuena (Zaragoza, NE Spain).

The Fombuena Formation comprises two members, the basal Peña del Tormo Member and the Huerva Member (Villas 1983). The base of the Peña del Tormo Member is an ironstone, about one meter thick, overlying the alternating sandstones and siltstones of the Castillejo Formation. The age of the base of this member, according with its brachiopod fauna, is upper Sandbian (Villas, 1985). The ironstone is overlain by a marly horizon, 8 m thick, with very abundant bryozoans and some brachiopods, gastropods and echinoderms. The ironstone is always present at the base of the formation throughout the Eastern Iberian Chain, but the bryozoan marls are restricted to the vicinity of Fombuena.

Above the marly horizon, the Fombuena Formation is dominated by sandstones with interbedded sandy shales typical of the Huerva Member. All the echinoderm specimens described herein were collected from the middle part of this member at the Santa Catalina Hill locality [named here Fombuena 8 following Villas's (1985) terminology], discovered by Wolfgang Hammann. Associated with the echinoderms is a low diversity assemblage of brachiopods dominated by *Svobodaina armoricana*, *Gelidorthis carlsi*, *Dalmanella unguis unguis*, *Triplesia iberica* and *Rafinesquina pomoides*; very abundant bryozoans and scarce trilobites. The occurrence of *Dalmanella unguis unguis*, in the sampled levels suggests a correlation with the lower late Caradocian (Marshbrookian of the British scale, Villas 1992). The age of this member, based on its brachiopod content, ranges from the early Katian to middle Katian (late Caradocian - early Ashgillian).

Echinoderm Fauna

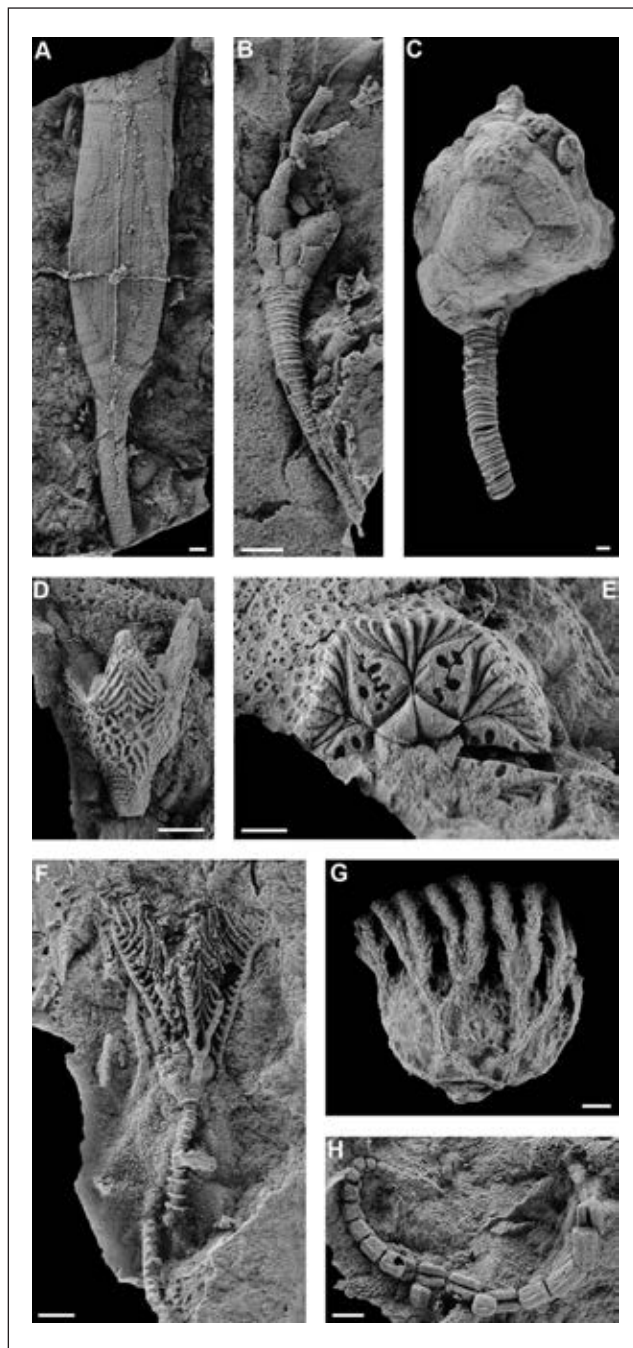
Previous to this study, the Fombuena Formation yielded a quite diverse echinoderm fauna that includes several blastozoan species and one crinoid arm (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996). The blastozoans were described and included several species of diploporans (*Calix?* and other sphaeronitids in open nomenclature), rhombiferans (*Caryocrinites*, *Heliocrinites?* and *Rhombifera*) and the coronoid *Mespilocystites lemenni*. Most of the aforementioned taxa were reported in open nomenclature because they were

represented by very fragmentary material or lacked diagnostic parts. Our new collection of echinoderms from this area has provided new taxa and unknown morphological information that allow us a better understand of this echinoderm assemblage. Crinoids are dominated by three taxa, two different types of camerates (Fig. 1 F-G) and a new cladid (Fig. 1B). The blastozoan fauna is mainly dominated by the diploporan *Codiacystis?* n. sp. (Fig. 1E) and the coronoid *Mespilocystites* (Fig. 1D). Rhombiferans are also very conspicuous in the formation and a nearly complete specimens of *Rhombifera bohemia* (Fig. 1A) and *Caryocrinites* sp. (Fig. 1C) were also found, both preserving the stem. New unreported taxa include a fragment of an indeterminate asterozoan and the solutan carpoid *Dendrocystites* sp (Fig. 1H).

Taphonomy and palaeoecology

The fauna from the Fombuena Formation provides a unique opportunity to study the Upper Ordovician echinoderm communities that dominated siliciclastic soft-bottom environments from the northern part of Gondwana. They also allow us to reconstruct the migration patterns of some taxa during a general warming trend of the first pulses of the Boda Event (Fortey & Cocks, 2005). Whereas the diversity of echinoderms from underlying Ordovician formations is generally low (Gutierrez Marco *et al.*, 1996; Zamora *et al.*, 2009), the group began to dominate assemblages beginning in the Fombuena Formation. In general, specimens are well preserved including delicate parts like the arms of crinoids, the stems of rhombiferans or the appendages from solutans. Diploporans commonly preserve oral plates in place, and there are some examples of very delicate taxa that appear well preserved, such as asterozoans and solutes. All these elements suggest that fauna was suddenly entombed most probably by the effects of obruption events and, thus, is considered parautochthonous. This interpretation is also supported by the presence of in situ pelmatozoan holdfasts and brachiopod taphonomy (Villas, 1992).

Figure 1. Selected echinoderms from the Upper Ordovician Fombuena Formation (Iberian Chains, Zaragoza). (A) Blastozoan *Rhombifera bohemia* preserving the stem. (B) Cladid crinoid. (C) Blastozoan *Caryocrinites* sp. preserving part of the proximal stem. (D) Coronoid *Mespilocystites lemenni*. (E) Oral area of the diploporan *Codiacystis?* n. sp. (F) Camerate crinoid preserving part of the stem and arms. (G) Camerate crinoid. (H) Distal stele part of the solutan *Dendrocystoides* sp. Scale = 2 mm for all specimens. All photographs are from latex cast whitened with NH_4Cl sublimated.



The fauna is generally dominated by suspension feeders (blastozoans and crinoids). The relatively high diversity of these components might be the result of tiering and filtration fans of varying densities. Deposit feeders such as asterozoans and solutes are only a minor component of the assemblage. Due to the abundance in the assemblage of the heterorthid brachiopod *Svobodaina feisti*, typical for low turbulence environments (Colmenar *et al.*, 2014) and taphonomic and sedimentological data, the depositional setting this association can be inferred to have been a lower offshore palaeoenvironment.

Conclusions

New sampling in the siliciclastic levels of the Fombuena Formation in the Iberian Chains (Zaragoza, Spain) resulted in the discovery of previous unreported echinoderm taxa plus a significant amount of new morphological information. The taxa include mainly blastozoans and some crinoids plus other minor components, such as asterozoans and solutes. The crinoids represent the first complete Ordovician crinoids found in the Iberian Chains and will provide critical palaeobiogeographic information from this area.

The fauna is mainly dominated by suspension feeding echinoderms and rare deposit feeders, and represents a parautochthonous assemblage living in a soft substrate on a lower offshore setting.

This fauna provides a unique opportunity to understand the migration of echinoderm communities in a general warming trend before the establishment of carbonate productivity that characterized the Cystoid Limestone Formation.

Acknowledgments

We appreciate the comments from the referee James H. Nebelsick that improved the last version of this manuscript. We are very grateful for the technical support of Isabel Pérez (Zaragoza University), who prepared the photographs. Enrique Villas (Zaragoza University) encouraged us to work on this material. S.Z. was funded by a Ramón y Cajal Grant (RYC-2012-10576) from the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness. This paper is a contribution to the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness project CGL2012-39471 and to the Department of Science, Technology and University of the Aragón Government Project E-17 'Patrimonio y Museo Paleontológico', with the participation of the European Social Fund.

References

- Chauvel, J., Meléndez, B. and Le Menn, J. 1975. Les Echinodermes (Cystoïdes et Crinoïdes) de l'Ordovicien supérieur de Luesma (Sud de l'Aragon, Espagne). *Estudios Geológicos*, 31: 351-364.
- Chauvel, J. and Le Menn, J. 1979. Sur quelques Echinodermes (Cystoïdes et Crinoïdes) de l'Ashgill d'Aragon (Espagne). *Géobios*, 12(4): 549-587.
- Colmenar, J., Harper, D.A.T. and Villas, E. 2014. Morphofunctional analysis of *Svobodaina* species (Brachiopoda, Heterorthidae) from South-Western Europe. *Palaeontology*, 57(1): 193-214.
- Fortey, R.A. and Cocks, L.R.M. 2005. Late Ordovician global warming – The Boda event. *Geological Society of America Bulletin*, 33: 405-408.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Chauvel, J. and Meléndez, B. 1996. Nuevos equinodermos (cistídeos y blastozoos) del Ordovícico de la Cordillera Ibérica (NE España). *Revista Española de Paleontología*, 11(1): 100-119.
- Meléndez, B. 1944. Contribución al estudio del Paleozoico aragonés. *Trabajos del Instituto de Ciencias Naturales "José de Acosta", Serie Geológica*, 3(1): 1-149.
- Meléndez, B. 1959. Los Echinospheerites del Silúrico de Luesma (Zaragoza). *Estudios Geológicos*, 15: 269-276.
- Villas, E. 1983. Las formaciones del Ordovícico Medio y Superior de las Cadenas Ibéricas y su fauna de braquiópodos. *Estudios Geológicos*, 39: 359-377.
- Villas, E. 1985. Braquiópodos del Ordovícico medio y superior de las Cadenas Ibéricas Orientales. En: *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 1: 1-153.
- Villas, E. 1992. New Caradoc brachiopods from the Iberian Chains (Northeastern Spain) and their stratigraphic significance. *Journal of Paleontology*, 66(5): 772-793.
- Zamora, S., Álvaro J.J. and Vizcaino. 2009. Pelmatozoan echinoderms from the Cambrian-Ordovician transition of the Iberian Chains (NE Spain): early diversification of anchoring strategies. *Swiss Journal of Geosciences*, 102: 43-55.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA



PIGC 596



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Conodontos del Frasnense (Devónico Superior) en paleolatitudes altas (norte de Brasil)

Cassiane N. Cardoso^{1,2}, Javier Sanz-López³, Silvia Blanco-Ferrera³

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: cassiane.negreiros@gmail.com

²Fundação CAPES, CEE SBN, Quadra 2, Lote 6, Bloco L, Brasília DF 70040-020, Brasil.

³Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, Arias de Velasco s/n, 33005, Oviedo, España. E-mail: jasanlz@geol.uniovi.es, silvia.blanco@geol.uniovi.es

Introducción

Los hallazgos de conodontos en el Devónico de Sudamérica son muy escasos, en parte por la falta de calizas, litología de la que usualmente se extraen estos microfósiles, y sobre todo porque estos cordados extintos solían evitar mares con aguas frías (Hünicken, 1989). De hecho, los conodontos devónicos son mayormente conocidos en latitudes bajas, lejos del área con la fauna Malvinocáfrica que caracteriza una parte de los mares de Gondwana occidental hasta el Devónico Medio. La presencia ocasional de conodontos en áreas que circundaban la distribución de esta fauna en Sudamérica se asocia normalmente con el incremento de temperatura global o con la presencia de una corriente cálida durante el Devónico Superior (Hünicken, 1989). De esta forma y en capas del Frasnense y Fameniense inferior del Gran Chaco y la cuenca de Madre de Dios (Bolivia), y las cuencas de Solimões y Amazonas (Brasil) se han obtenido ocasionalmente conodontos en lutitas ricas en materia orgánica. Estas asociaciones han sido descritas en detalle en dos trabajos (Hünicken *et al.*, 1989; Over *et al.*, 2009). Recientemente, se ha notificado el hallazgo de una asociación en la cuenca de Amazonas (Cardoso *et al.*, 2013) de la que aquí se realizan nuevas aportaciones. La rareza de los hallazgos, siempre en muestras pequeñas obtenidas a través de sondeos, su localización en probables latitudes subpolares y su presencia en rocas madre de hidrocarburos son motivos suficientes para su estudio.

Materiales y métodos

La cuenca intracratónica del Amazonas abarca 500.000 km² de extensión en el norte de Brasil y está rellenada por unos 6.000 m de rocas del Paleozoico al Cenozoico (Cunha *et al.*, 2007). Esta sucesión está subdividida en secuencias limitadas por discordancias, entre las que se encuentra la compuesta por las formaciones Barreirinha, Curiri and Oriximiná (Grupo Curuá, Frasnense-Tournaisense). El espesor máximo de la Formación Barreirinha alcanza 350 m en las partes profundas de la cuenca, donde se sitúa el sondeo 1-RX-1-AM, perforado por Petrobras (Fig. 1). La formación consta de tres miembros (Fig. 2). El Miembro Abacaxis está mayoritariamente compuesto por lutitas negras ricas en materia orgánica con abundantes palinomorfos, y corresponde a una sedimentación condensada en un medio marino profundo y pobremente oxigenado. El Miembro Urubu consiste de lutitas de color gris oscuro y es sucedido por el Miembro Urariá, donde las lutitas de color gris claro intercalan limolitas. Una muestra de cada uno de los miembros, con un peso de 0,4 kg cada una, fue disgregada, aunque los conodontos tan sólo se encuentran en el Miembro Abacaxis. Los elementos obtenidos suelen presentar roturas, o bien corresponden a moldes externos, aunque se han determinado 61 de los 76 elementos recogidos (Tabla I).

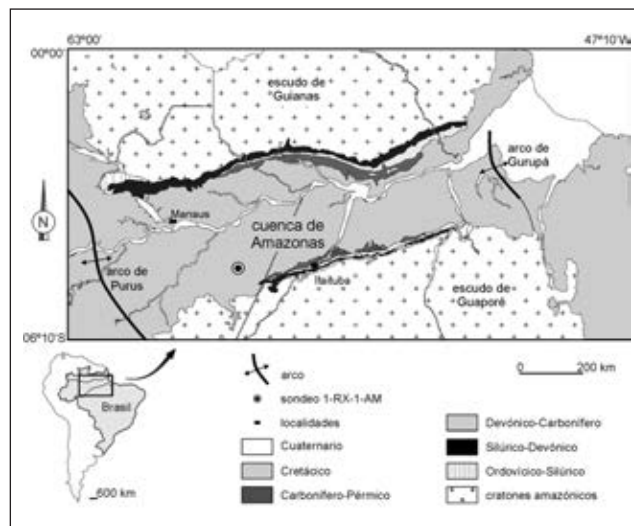


Figura 1. Esquema de la cuenca de Amazonas con la situación del sondeo del que proceden los conodontos estudiados (modificado de Matsuda *et al.*, 2009).

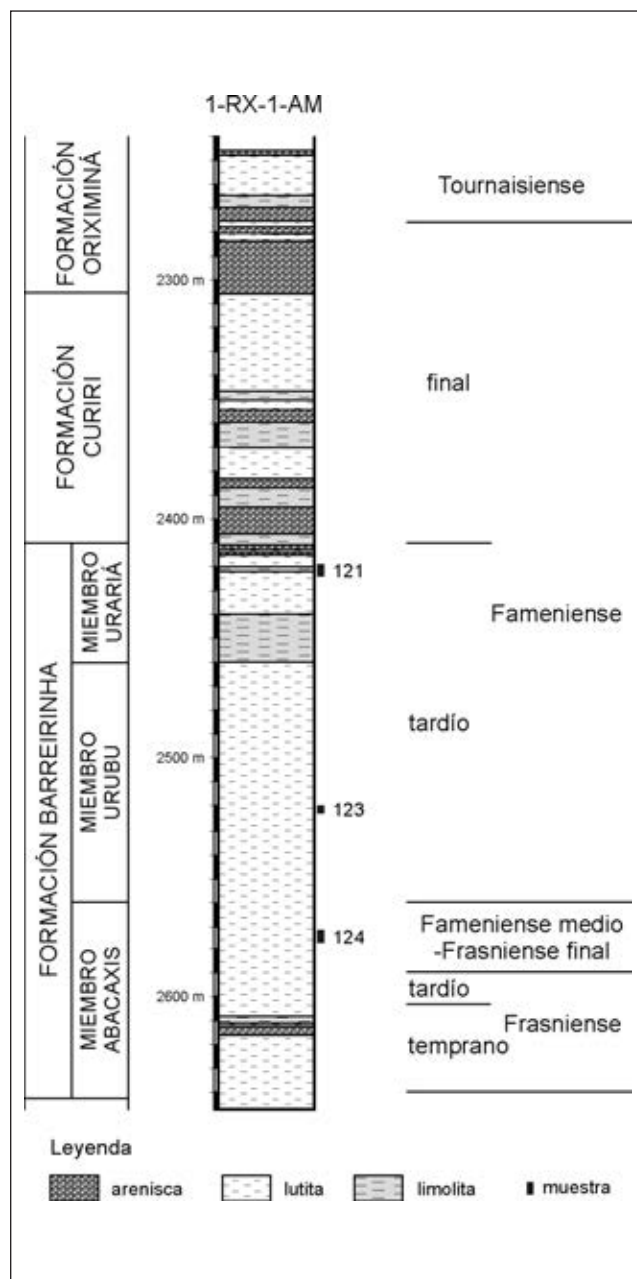


Figura 2. Sección estratigráfica del Grupo Curuvá en el sondeo 1-RX-1-AM con la posición de las muestras para conodontos y las edades según los palinomorfos (Melo y Loboziak, 2003).

Tabla I. Elementos de los diferentes taxones determinados en la muestra 124 de la Formación Barreirinha.

	P1	P2	M	S	S0	S1	S2	S3/4
<i>Cryptotaxis</i> sp. A	3							
<i>Cryptotaxis</i> cf. sp. A	2							
<i>Cryptotaxis</i> sp.	?	4	1	4				1
<i>Prioniodina</i> sp.	1		1	1				
<i>Prioniodinida</i>				4				
"Ozark." cf. <i>sannemanni</i>	1							
<i>Mehlina gradata</i>	4			3	1		1	1
<i>Mehlina</i> sp. A	1							
<i>Polygnathus</i> sp.	1	3	2	9	2	1	3	5
	14	7	4	21	3	1	4	7

Conodontos y bioestratigrafía

Entre los conodontos determinados (Tabla I) destacan los atribuidos al género *Cryptotaxis*. En particular los elementos P1 corresponden a *Cryptotaxis* sp. A (Over *et al.*, 2009) y a un morfotipo próximo con una menor curvatura de la lámina dorsal (*C.* cf. sp. A). Unos pocos elementos son atribuidos a *Prioniodina* sp. Un elemento P1 de afinidad incierta se asigna a "*Ozarkodina*" aff. *sannemanni*, ya que presenta una forma de la plataforma similar a la de esta especie, aunque muestra dentículos muy distintos en la lámina-carena. Además, se reconocen elementos de *Mehlina gradata*, *Mehlina* sp. A y al menos de tres aparatos de distintas especies de *Polygnathus*, en base a elementos P2.

Los conodontos del Miembro Abacaxis deben tener una edad comprendida entre el Frasnense final y el Fameniense medio tardío, de acuerdo con el contenido en palinomorfos (Melo y Loboziak, 2003). La asociación estudiada es comparable a las otras dos descritas en detalle en el Devónico sudamericano. En concreto, la presencia de *Cryptotaxis* sp. A and *M. gradata* sugiere su correlación con los 3 m de lutitas con conodontos descritos por Hünicken *et al.* (1989) en la cuenca de Solimões y con los 4 m atribuidos al Frasnense tardío por Over *et al.* (2009) en la cuenca de

Madre de Dios. Una edad Fameniense es menos probable, una vez que faltan las especies reconocidas para esta edad en Sudamérica (*C. madredeios* y *Branmehla bohlenana*).

Discusión

La falta de conodontos en el área de distribución de la fauna Malvinocáfrica y en la parte norte de Sudamérica (provincia de las Americas orientales) parece estar mayormente relacionado con su posición en latitudes altas, como indican las reconstrucciones paleogeográficas (Fig. 3). La aparición de conodontos en el Frasnense superior y su desaparición en el Fameniense en varias cuencas debería de tener un significado común.

Si analizamos las escasas asociaciones brasileñas y bolivianas conocidas hasta la fecha, todas ellas muestran una diversidad baja y no contienen especies de *Icriodus*, *Palmatolepis* y otros géneros con diversidad alta que componen las faunas bien conocidas en paleolatitudes bajas. En cambio, coinciden en la presencia de algunas formas conservadoras y generalistas (géneros *Mehlina*, *Prioniodina* y *Branmehla*) que en latitudes bajas habitaron en la parte alta e iluminada de la columna de agua. Junto a ellas, los posibles especialistas podrían ser nadadores mesopelágicos que alcanzaban la zona con baja oxigenación, si tenemos en cuenta la homeomorfía de los elementos de *Cryptotaxis* y '*Ozakodina*' con el género carbonífero mejor conocido *Bactrognathus*. Por tanto, parece razonable la hipótesis de que se trata de una asociación que toleraba aguas a temperatura relativamente fría de latitudes altas.

Si como parecen indicar el registro geoquímico de isótopos estables, el clima del planeta evolucionaba en el Frasnense hacia temperaturas más cálidas en latitudes bajas, para luego retornar a condiciones más frías a lo largo del Fameniense y ser comunes los depósitos indicando glaciario en el Fameniense final de las áreas subpolares (Joachimski *et al.*, 2009). El intervalo con conodontos del Devónico Superior en Sudamérica correspondería con las condiciones más cálidas allí y con un gradiente térmico latitudinal atenuado para todo el planeta. En estas condiciones resulta sugerente el modelo propuesto para la distribución de conodontos por Geitgey y Carr (1987) según el cual los períodos con decrecimiento en el gradiente latitudinal de temperatura corresponden con el ensachamiento del cinturón con faunas de aguas frías (por tanto, la presencia de conodontos

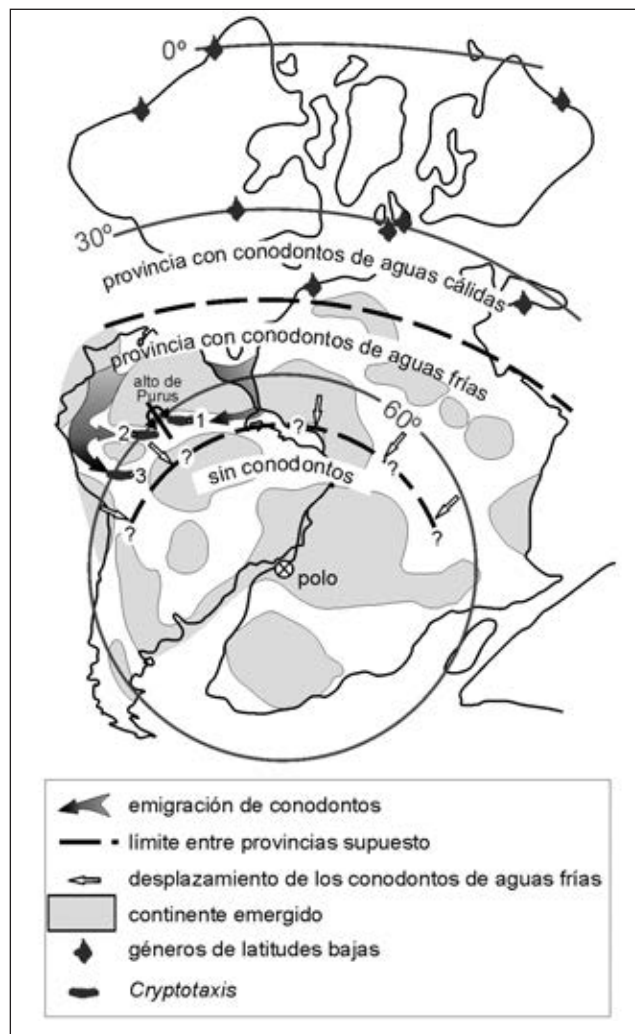


Figura 3. Reconstrucción paleogeográfica (modificada de Witzke y Heckel, 1989) que muestra el modelo para el Devónico Superior de la expansión de la provincia de aguas frías hacia el área subpolar ocupada por las cuencas con conodontos del norte de Sudamérica: Amazonas (1), Solimões (2) y Madre de Dios (3).

en el norte de Sudamérica, Fig. 3) y los períodos con fuerte gradiente latitudinal corresponden con el estrechamiento de dicho cinturón (ausencia de conodontos en Sudamérica).

Además, la Crisis de biodiversidad del techo del Frasnense detectada en latitudes bajas, debería ser también reconocida en latitudes altas. En este sentido, el límite sólo se reconoce en la cuenca Madre de Dios y, allí, únicamente se detecta un cambio en las especies del intervalo. En nuestra opinión, tanto el período de crisis (subdividido en los dos episodios Kellwasser) como el de recuperación, parecen corresponder con el período de temperatura más alta en el planeta (Joachimski *et al.*, 2009), y por tanto, resulta razonable que este sea el tiempo durante el que los conodontos colonizaron el norte de Sudamérica. La desaparición de los mismos y el enfriamiento progresivo debido a una época glacial al final del Famenense encaja con la presencia por primera vez del género *Cryptotaxis* en aguas profundas y de latitudes bajas de Norteamérica.

Conclusión

Los conodontos del Frasnense de la Formación Barreirinha constituyen una asociación de diversidad baja, cuya presencia en latitudes altas se interpreta en relación a su expansión subpolar durante un tiempo con menor gradiente latitudinal de temperatura.

Agradecimientos

C.N.C. ha disfrutado de una ayuda de Programa Doctoral Sandwich (BEX 1884/13-1) de la Fundación CAPES del Gobierno brasileño, y de una beca de la Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (número 2010.2608-7). Este trabajo representa una contribución al IGCP-596.

Referencias

Cardoso, C.N., Lemos, V.B. y Scomazzon, A.K. 2013. First occurrence of Devonian conodont elements in the Barreirinha Formation, Amazonas Basin, Northeast Brazil. En: Albanesi, G.L. y Ortega, G. (eds.), *Conodonts from the Andes*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 13, 91-93.

Cunha, P.R.C., Melo, J.H.G. y Silva, O.B. 2007. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15: 227-251.

Geitgey, J.E. y Carr, T.R. 1987. Temperature as factor affecting conodont diversity and distribution. En: Austin, R.L. (ed.), *Conodonts: investigative techniques and applications*. British Micropalaeontological Society Series, Ellis Horwood Limited, Chichester, 241-255.

Hünicken, M.A. 1989. Some paleogeographical aspects of South American conodonts and related forms. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 117: 29-49.

Hünicken, M.A., de Melo, J.H.G. y Lemos, V.B. 1989. Devonian conodonts from the Upper Amazon Basin, Northwestern Brazil. En: McMillan, N.J., Embry, A.F. y Glass, D.J. (eds.), *Devonian of the World*. Canadian Society Petroleum Geologists, Memoir 14(3), 479-483.

Joachimski, M.M., Breisig, S., Buggisch, W., Talent, J.A., Mawson, R., Gereke, M., Morrow, J.M., Day, J. y Weddige, K. 2009. Devonian climate and reef evolution: Insights from oxygen isotopes in apatite. *Earth and Planetary Science Letters*, 284: 599-609.

Matsuda, N.S., Winter, W.R., Wanderley Filho, J.R. y Cacula, A.S.M. 2009. O Paleozóico da borda sul da Bacia do Amazonas, Rio Tapajós - Estado do Pará. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 18: 123-152.

Melo, J.H.G. y Loboziak, S. 2003. Devonian-Early Carboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, northern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 124: 131-202.

Over, D.J., de la Rue, S., Isaacson, P.E. y Ellwood, B. 2009. Upper Devonian conodonts from black shales of the high latitude Tomachi Formation, Madre de Dios Basin, northeastern Bolivia. *Palaeontographica Americana*, 62: 89-95.

Witzke, B.J. y Heckel, P.H. 1989. Paleoclimatic indicators and inferred Devonian paleolatitudes of Euramerica. En: McMillan, N.J., Embry, A.F. y Glass, D.J. (eds.), *Devonian of the World*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 14(1): 49-63.

Conodontos del Givetense (Devónico Medio) de la Subfacies Compte (Pirineo Central Español)

Jau-Chyn Liao^{1,2}, José Ignacio Valenzuela-Ríos¹, Sofie Gouw³

¹Departamento de Geología, Universidad de València, Dr. Moliner 50; 46100, Burjassot. E-mail: jau.liao@uv.es, jose.i.valenzuela@uv.es

²Departamento de Paleontología; Universidad Complutense de Madrid; José Antonio Novais 12; 28040, Madrid.

³Department of Paleontology, Royal Belgium Institute of Natural Sciences; Bruselas, Bélgica. E-mail: sofiegouw@yahoo.com

Los materiales givetienses (Devónico Medio) de la Subfacies Compte afloran en numerosas localidades entre los valles del Noguera Pallaresa y del Segre. En trabajos previos se ha mostrado el potencial paleontológico (conodontos) de algunas de sus secciones por separado. En este trabajo se realiza una síntesis de estas secciones con el fin de elaborar la bioestratigrafía local, compararla con la estándar de referencia y evaluar el potencial de los Pirineos en la toma de decisiones globales con respecto a la subdivisión tripartita del Givetense, propuesta por la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Devónico (SDS).

Las secciones elegidas para acometer estas labores son, de oeste a este, Compte, situada en el Valle del Noguera Pallaresa (Liao y Valenzuela-Ríos, 2008), La Guàrdia d'Ares situada en las proximidades de la localidad homónima en el Valle del Aguilar (Liao y Valenzuela-Ríos, 2013) y Villech, situada en las proximidades del pueblo de Villech (Gouw *et al.*, 2013). El intervalo estudiado está representado en todas ellas por materiales de la Fm. Comabella.

La sucesión litológica de Compte se compone de 35-40 m de calizas grises oscuras y claras. Éstas, se pueden agrupar en tres tipos: 1) caliza gris tableada y de aspecto masivo en superficie; 2) caliza nodular de color rojo a rosáceo, de aspecto laminado y de superficies onduladas y 3) de características intermedias, esto es, caliza gris tableada y ligeramente nodular.

La sucesión de La Guàrdia d'Ares se compone de unos 33 m de calizas agrupadas en dos litologías principales: 1) calizas grises, masivas asociadas a estructuras onduladas y 2) bancos de calizas nodulares de estructura laminar y/o tabular.

La sucesión de Villech se compone de poco más de 40 m de calizas que en la parte inferior son arcillosas, de colores rojos a verdes, que pasan gradualmente a bancos nodulares de pequeño a medio espesor y que se continúan en la parte superior con bancos masivos de calizas grises en las que desarrollan niveles de *hardground*.

La sucesión de conodontos permite reconocer las siguientes subdivisiones crono y bioestratigráficas:

El Givetense Inferior. La base del Givetense coincide con la base de la Zona Hemiansatus que se define con la entrada del taxón *Polygnathus hemiansatus*. La base del Givetense se reconoce en la sección La Guàrdia d'Ares mediante la entrada del taxón *I. obliquimarginatus* en la capa 178a. La asociación de conodontos registrada sugiere que la entrada de *P. hemiansatus* (capa 180) en esta sección, se encuentra un poco retrasada. En la sección Villech el intervalo donde se encontraría la base del Givetense se encuentra cubierto, y debería situarse por debajo de la capa 18A, que contiene una asociación típica del Givetense.

El Givetense Medio. La base del Givetense Medio coincide con la base de la Zona Rhenanus/Varcus que se define por la entrada de cualquiera de los dos índices, *P. rhenanus* o *P. varcus*. La base del Givetense Medio se reconoce en la sección Compte por la entrada del taxón *P. rhenanus* (capa 5). La siguiente zona, Zona Ansatus se identifica con la entrada del taxón nominal, *P. ansatus*, en la sección Compte (capa 9). En La Guàrdia d'Ares la entrada del taxón índice se registra en la capa 197. En Villech, esta zona comenzaría directamente encima de la muestra V1/2 que se sitúa por debajo del tramo 19. La tercera zona del Givetense Medio, Zona Semialternans/Latifossatus se define por la entrada de cualquiera de sus taxones índice "*Ozarkodina*" *semialternans* o *P. latifossatus*. En la sección Compte, su base se traza en la capa 45c con la entrada conjunta de ambos índices. En La Guàrdia d'Ares la posición de esta zona solo se puede precisar por su posición estratigráfica, mientras que en Villech la entrada de "*O.*" *semialternans* se registra en la capa 26.

La base del Givetiense Superior coincide con la base de la Zona Hermanni, que se define con la entrada de *Schmidtognathus hermanni*. La entrada del taxón nominal se registra en la capa 46b de la sección Compte; en La Guàrdia d'Ares los estratos que se asignan a esta zona contienen una asociación característica compuesta por *Tortodus trispinatus* y *P. limitaris* en la capa 200c. En Villech el primer registro de *Sch. hermanni* se da en la capa 33. La entrada de *P. cristatus* permite la subdivisión de la Zona Hermanni en "Inferior" y "Superior". El límite inferior de la Zona Hermanni Superior se registra en Compte en la capa 46g. En La Guàrdia d'Ares no se puede reconocer esta subdivisión de la Zona Hermanni. Por encima continúa la Zona Disparilis que se define por la entrada del taxón *Klaperina disparilis*. La entrada posterior de *P. dengleri* permite subdividir esta zona en dos partes "Inferior" y "Superior". En la sección Compte la base de la Zona Disparilis Inferior se sitúa en la parte superior de la capa 46 y la base de la Zona Disparilis Superior en la capa 51. En La Guàrdia d'Ares estos límites se identifican respectivamente en las capas 214c y 218 (partes medias de esta capa). Los primeros registros de los taxones índice en Villech se dan en las capas Q-1/2 y 34. La última zona del Givetiense, Zona Norrisi, comienza con la entrada de *Skeletognathus norrisi*. En la sección Compte se registra en la capa 58b. En La Guàrdia d'Ares en la parte superior de la capa 220 de la sección LGA y en la capa 1a de la sección auxiliar LGA-I. En Villech, *Sk. norrisi* se registra en la capa 35. La base del Frasnense y consecuentemente el techo del Givetiense, y el límite inferior del Devónico Superior se identifica mediante la aparición de *Ancyrodella*. En la sección Compte se registra en la capa 59; en La Guàrdia d'Ares en la parte superior del tramo 221 (sección LGA) y en la capa 1c de la sección auxiliar LGA-I y en Villech en la capa 36A.

La secuencia de conodontos givetienses de las secciones estudiadas en la Subfacies Compte es muy rica y diversa y permite el reconocimiento de la subdivisión zonal estándar del Givetiense y apoyar la subdivisión en tres subpisos propuesta por la SDS (Becker, 2007; Marshall, 2007). Al mismo tiempo, la subdivisión bio y cronoestratigráfica elaborada en los Pirineos permite la correlación global con secciones contemporáneas.

Todos los límites inferiores de las zonas del Givetiense, excepto la Hemiansatus, se reconocen por sus taxones índice; sin embargo, ninguna

de las secciones estudiadas contiene todos los índices y es preciso establecer correlaciones entre ellas para llegar a la construcción regional de la escala biozonal. La base del Givetiense se reconoce con cierta precisión en La Guàrdia d'Ares. Las bases del Givetiense Medio y del Givetiense Superior se identifican con precisión en la sección Compte. La base del Frasnense se registra con precisión en todas las secciones estudiadas.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos CGL2011-24775 del MINECO y M100131201 de la Academia de Ciencias de la República Checa. Representa una contribución al Proyecto PICG-596. La mayor parte del trabajo de campo inicial fue apoyado por la Alexander von Humboldt-Stiftung (J.I.V-R) y por el DAAD (J-C.L.). Se agradecen los comentarios constructivos de Rodolfo Gozalo que han ayudado a mejorar este trabajo.

Referencias

- Becker, R.Th. 2007. Message from the Chairman. *Subcommission on Devonian Stratigraphy Newsletter*, 22: 1-2.
- Gouwy, S., Liao, J.-C. y Valenzuela-Ríos, J.I. 2013. Eifelian (Middle Devonian) to Lower Frasnian (Upper Devonian) conodont biostratigraphy in the Villech section (Spanish Central Pyrenees). *Bulletin of Geosciences*, 88(2): 315-338.
- Liao, J.-C. y Valenzuela-Ríos, J.I. 2013. The Middle and Upper Devonian conodont sequence from la Guàrdia d'Ares sections (Spanish Central Pyrenees). *Bulletin of Geosciences*, 88(2): 339-368.
- Liao, J.-C. y Valenzuela-Ríos, J.I. 2008. Givetian and early Frasnian conodonts from the Compte Section (Middle-Upper Devonian, Spanish Central Pyrenees). *Geological Quarterly*, 52(1): 37-54.
- Marshall, J.E.A. 2007. Minutes of the SDS Business Meeting. *Subcommission on Devonian Stratigraphy Newsletter*, 22: 7-12.

Corales del tránsito Serpukhoviense-Bashkiriense del área de Adarouch (Meseta Central Marroquí)

Sergio Rodríguez^{1,2}, Ismael Said³, Ian D. Somerville⁴,
Pedro Cózar², Ismael Coronado¹

¹Dpto. de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, José Antonio Novais, 12, 28040-Madrid, Spain.

²Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), José Antonio Novais 12, 28040, Madrid, Spain.

³Division du Patrimoine Géologique (DPG), Direction du Développement Minier (DDM), Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Rue Abou Marouane Essadi BP: Rabat Instituts 6208, Haut Agdal, Rabat, Morocco.

⁴UCD School of Geological Sciences, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.

Introducción

Las sucesiones del Carbonífero de Adarouch presentan tanto materiales siliciclásticos como carbonatados, que son ricos en diversos grupos fósiles entre los que destacan foraminíferos, algas, braquiópodos y corales. Los primeros estudios sobre las mismas indicaban la presencia de materiales marinos del Misisípico seguidos por una sucesión continental del Pensilvánico (Berkhli y Vachard, 2001, 2002). En este contexto se reportaron las asociaciones de corales de las formaciones Tizra, Mouarhaz, Akerchi e Idmarrach. Sin embargo, Cózar *et al.* (2011) demostraron a partir de estudios sobre foraminíferos, algas y conodontos, que los niveles superiores de la Formación Idmarrach y de su equivalente lateral, la Formación Tihela, cuyas asociaciones no habían sido descritas previamente, alcanzaban el Bashkiriense, estando el tránsito marino-continental ya dentro del Pensilvánico. El presente trabajo consiste en una breve descripción de las asociaciones de corales presentes en las mencionadas formaciones y la evaluación de su interés bioestratigráfico y paleogeográfico.

Formación Idmarrach

Las asociaciones de corales de los niveles intermedios de la Formación Idmarrach registrados en las secciones Idmarrach 1 y 2 fueron brevemente descritas por Said *et al.* (2007). Las asociaciones eran características del Misisípico y, dadas las observaciones previas de Berkhli y Vachard (2002), fueron consideradas como del tránsito Viseense - Serpukhoviense. La mayor precisión proporcionada por foraminíferos y conodontos ha permitido datarlas como enteramente serpukhovienses, lo que permite señalar la prolongación del rango de algunas especies consideradas anteriormente como exclusivamente viseenses hasta el piso inmediatamente superior.

Sin embargo las asociaciones de algunos niveles superiores de la sección Idmarrach 2 no habían sido descritas. Esto se debió a que, pese a presentar gran abundancia de corales, su preservación es bastante mala debido a la intercalación de niveles siliciclásticos que marcan el comienzo de la influencia continental en la sucesión. Son estas asociaciones las que se describen aquí y se resumen en la figura 1. La diversidad es bastante grande, habiéndose registrado 6 géneros de corales coloniales y otros 6 géneros de corales solitarios. Es de destacar que presentan unas características especiales, con algunas formas que son todavía típicamente missisípicas, pese a encontrarse ya en la base del Pensilvánico, y otras con claras afinidades con las asociaciones de este subsistema.

Formación Tihela

De idéntica forma, las asociaciones de corales que se han registrado en el tránsito entre las facies carbonatadas y las terrígenas, en la parte alta de la sección de Tihela, son hasta el momento inéditas y se presentan aquí por primera vez (Fig. 2). Los corales de Tihela son abundantes, llegando a formar niveles biostrómicos, pero tienen escasa diversidad, estando representados tan solo 4 géneros de corales coloniales y un género de coral solitario. Pese a encontrarse relativamente cerca de la sección de Idmarrach 2 y representar facies similares y una edad también similar, las asociaciones de Tihela tienen pocos elementos en común con aquellas. Aún así, al igual que las asociaciones de Idmarrach, muestran mezcla de elementos considerados habitualmente como misisípicos con elementos típicamente pensilvánicos.

Figura 1. Distribución de corales del tránsito Serpukhoviense (E2) – Bashkiriense (H) en la sección de Idmarrach 2 (modificado de Cózar *et al.*, 2011).

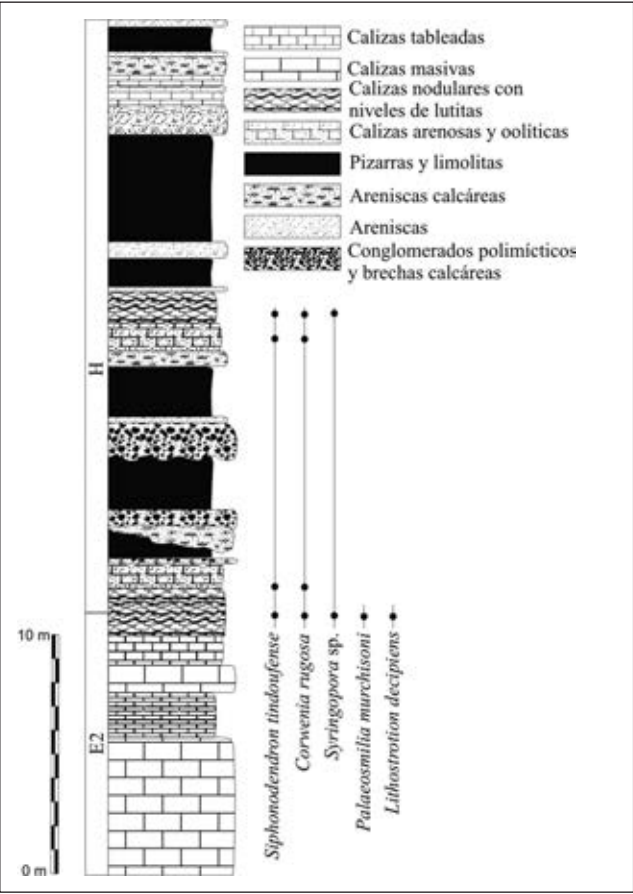
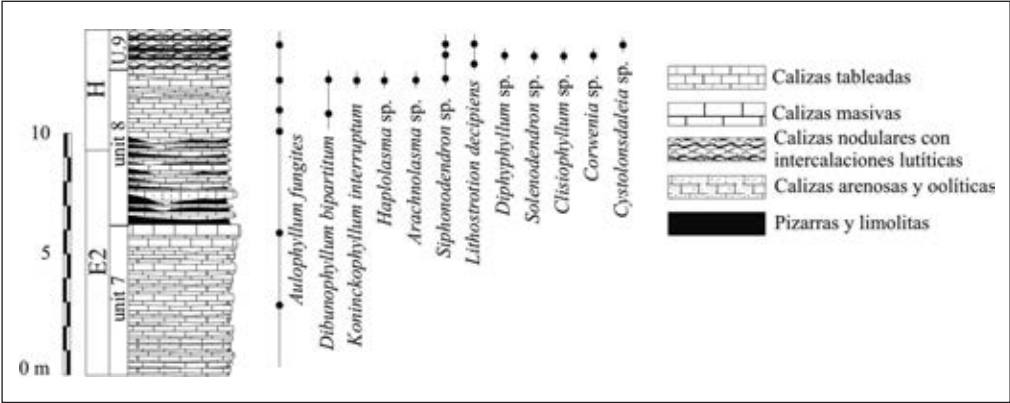


Figura 2. Distribución de corales del tránsito Serpukhoviense (E2) – Bashkiriense (H) en la sección de Tirhela (modificado de Cózar *et al.*, 2011).

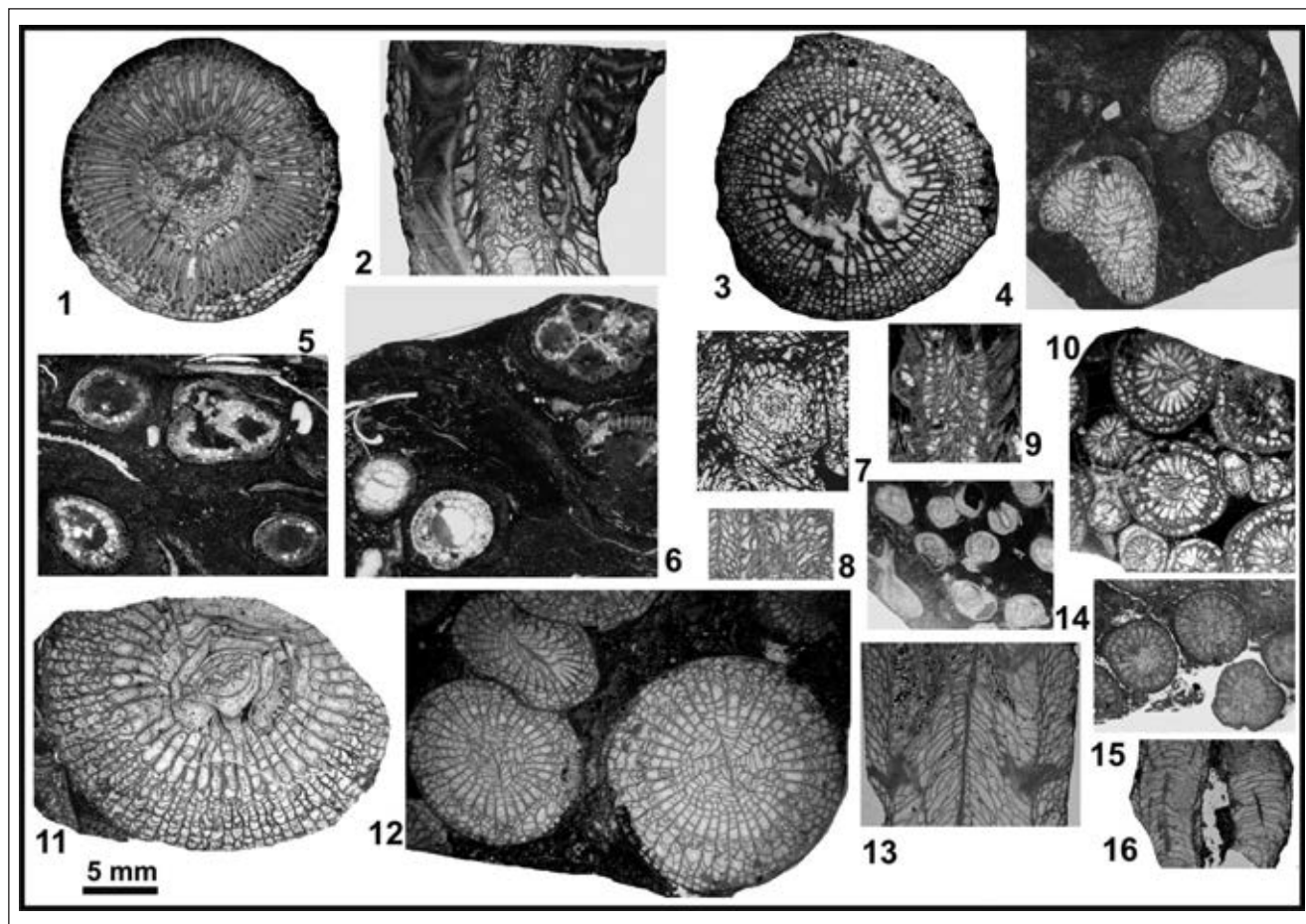


Figura 3. Corales del tránsito Serpukhoviense — Bashkiriense en Idmarrach (1-11) y Tirlhela (12-16). (1-2) *Aulophyllum fungites* (1) Sección transversal (IDM2/8-1), (2) Sección longitudinal (IDM2/8-1). (3) *Haplolasma* sp., sección transversal (IDM2/8-11). (4) *Siphonodendron* sp., vista parcial de la colonia (IDM2/8-25). (5) *Diphyphyllum* sp., Vista de varios coralitos incluyendo una gemación axial (arriba derecha) (IDM2/9-7). (6) *Solenodendron* sp., Vista parcial de una colonia incluyendo una gemación axial (arriba derecha) (IDM2/9-20). (7-8) *Lithostrotion decipiens*, (7) Detalle de un coralito en sección transversal (IDM2/9-32). (8) detalle de un coralito en sección longitudinal (IDM2/9-30). 9-10 *Cystolonsdaleia* sp., (9) Sección longitudinal (IDM2/9-12). (10) Sección transversal (IDM2/9-12). (11) *Koninkophyllum interruptum*, sección transversal (IDM2/8-23). (12-13) *Corwenia rugosa*, (12) Sección transversal de una pequeña porción de la colonia (TIR2/2-21). (13) Sección longitudinal de un coralito (TIR2/2-13). (14) *Syringopora* sp. Sección transversal de una parte de la colonia (TIR2/2-27). (15-16) *Siphonodendron tindoufense*, (15) Sección transversal con tres coralitos (TIR2/2-7). (16) Sección longitudinal de dos coralitos (TIR2/2-8).

Implicaciones bioestratigráficas y biogeográficas

Las asociaciones presentes en la base del Bashkiriense de Tihela e Idmarrach implican la extensión del rango de varias de las especies registradas. Así, *Lithostrotion decipiens*, *Corwenia rugosa*, *Aulophyllum fungites*, *Koninckophyllum interruptum* y el género *Solenodendron* no habían sido registrados hasta la fecha más tarde del Misisípico. Por otra parte la especie *Siphonodendron tindoufense* se encuentra en niveles semejantes en las cuencas de Tindouf y de Taoudenni y posiblemente también en la de Reggane-Ahnet (Semenoff-Tian-Chansky, 1985), por lo que se le puede considerar un fósil guía del Bashkiriense inferior en el norte de África.

La presencia de esta especie en Adarouch indica una cierta comunicación con las cuencas saharianas, únicas donde se había identificado previamente (Semenoff-Tian-Chansky, 1985, Rodríguez *et al.*, 2013). El registro de *Cystolonsdaleia* es el primero de este género en el norte de África y marca una posible comunicación de estas cuencas con las del este de Europa y Norteamérica, donde se ha localizado hasta la fecha.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del Departamento de Desarrollo Minero del Ministerio de Energía y de Minas de Marruecos. El trabajo de campo ha sido costado por el Ministerio de Innovación y Ciencia (Proyecto de investigación CGL2012-30922BTE). Esta investigación es una contribución al proyecto IGCP 596.

Referencias

- Berkhli, M. y Vachard D. 2001. New biostratigraphical data from the Early Carboniferous sequences of the Adarouch area (NE Central Morocco). *Newsletter on Stratigraphy*, 39: 33–54.
- Berkhli, M. y Vachard D. 2002. Le Carbonifère du Maroc central: les formations de Migoumess, de Tihela et d'Idmarrach. Lithologie, biostratigraphie et conséquences géodynamiques. *Comptes Rendus Geoscience*, 334: 67–72.
- Cózar, P., Said, I., Somerville, I.D., Vachard, D., Medina-Varea, P., Rodríguez, S. y Berkhli, M. 2011. Potential foraminiferal markers for the Visean-Serpukhovian and Serpukhovian-Bashkirian boundaries – a case study from Central Morocco. *Journal of Paleontology*, 85: 1105–1127.
- Rodríguez, S., Somerville, I.D., Said, I. y Cózar, P. 2013. Mississippian like rugose corals from a Bashkirian biostrome in the Tindouf Basin, S. Morocco. *Spanish Journal of Palaeontology*, 28(2): 253–282.
- Said, I., Berkhli, M. y Rodríguez, S. 2007. Preliminary data on the coral distribution in the Upper Visean (Mississippian) succession from Adarouch area (NE Central Morocco). En: *Fossil Corals and Sponges. Proceedings of the 9th International Symposium on Fossil Cnidaria and Porifera. Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommission*, 17: 353–364.
- Semenoff-Tian-Chansky, P. 1985. Corals. En: Wagner, R.H., Winkler-Prins, C.F., Granados, L.F. (eds). *The Carboniferous of the World, II, Australia, Indian Subcontinent, South Africa, South America and North Africa*. IUGS Publication, 374–381.

El Devónico Inferior de las secciones de Segre (Pirineo Central Español): conodontos

José Ignacio Valenzuela-Ríos¹, Jau-Chyn Liao^{1,2}, Helena Calvo¹

¹Departamento de Geología, Universidad de Valencia, Dr. Moliner 50; 46100, Burjassot. E-mail: jose.i.valenzuela@uv.es, jau.liao@uv.es, helcasan@alumni.uv.es

²Departamento de Paleontología; Universidad Complutense de Madrid; José Antonio Novais 12; 28040, Madrid.

El conjunto de afloramientos del Devónico Inferior situados en el margen septentrional del río Segre, en las proximidades de La Seu d'Urgell, conocidos como las secciones de Segre, constituye una de las áreas de referencia mundiales para el establecimiento de la bio- y cronoestratigrafía global con conodontos del Lochkoviense. Además los materiales del Praguense contienen algunos de los taxones clave para la subdivisión y correlación del Piso.

En los trabajos previos realizados por Valenzuela-Ríos sólo se había estudiado la sección Segre 1 (Valenzuela-Ríos, 1994a, b, 2002; Valenzuela-Ríos y Murphy, 1997; Murphy y Valenzuela-Ríos, 1999). Pero la realización con posterioridad de trabajos cartográficos en el área, motivados por las obras de acondicionamiento de viales ha facilitado el estudio de otras tres secciones que permiten mejorar los datos presentados en aquéllos trabajos.

El objetivo principal de este trabajo es presentar la bioestratigrafía integrada de estas cuatro secciones con conodontos, mediante un estudio detallado de cada una de ellas y su posterior correlación. Además, se explica la evolución histórica de los estudios paleontológicos en el área.

Las cuatro secciones estudiadas (Se 1-4) se localizan al este de La Seu d'Urgell en el núcleo y ambos flancos de un anticlinal. Los materiales más antiguos corresponden al Lochkoviense inferior y los más modernos, que se sitúan en el flanco este, podrían alcanzar el Emsiense, pero todavía no hay prueba paleontológica definitiva.

El primer autor que trató los materiales carbonáticos en busca de conodontos en las proximidades de estas secciones fue Boersma (1973); quien en la sección Torres, que aproximadamente coincide con nuestra sección Se1, tomó 15 muestras y reconoció unos pocos ejemplares de los géneros *Icriodus*, *Zieglerodina*, *Wurmiella* y *Polygnathus*. Estos escasos registros, como se verá a continuación, contrastan con la gran riqueza y diversidad de los nuestros, y no permitían vislumbrar el gran potencial que esta área ha alcanzado en los trabajos posteriores.

Valenzuela-Ríos (1994a) describe en detalle la sección Se1 y demuestra el alto valor de la misma para la bioestratigrafía con conodontos del Lochkoviense y Praguense. Posteriormente, Valenzuela-Ríos (1994b, 2002) confirma el valor mundial de la misma y, junto con otras secciones pirenaicas y norteamericanas (Valenzuela-Ríos y Murphy, 1997; Murphy y Valenzuela-Ríos, 1999), se plantea una primera revisión parcial de la zonación mundial con conodontos del Lochkoviense. Precisamente estos dos últimos trabajos muestran el gran valor cronoestratigráfico de esta sección para la subdivisión detallada del Lochkoviense medio mediante conodontos. Recientemente, Valenzuela-Ríos y Liao (2012) combinan los estudios bioestratigráficos con los de microfácies y reconocen varias unidades generales en los materiales de la sección Se2 (flanco este). Por último, Calvo y Valenzuela-Ríos (2012) estudian una nueva sección (Se4) en el flanco oeste que expone parte del Lochkoviense medio y superior.

La sección Se3 corresponde aproximadamente al núcleo del anticlinal y se compone de lutitas negras con intercalaciones de bancos delgados de caliza negra. Su edad es Lochkoviense inferior; en las capas de caliza se han registrado los conodontos *Icriodus angustoides bidentatus* y *Ancyrodelloides carlsi*. Esta asociación pertenece a la biozona de *bidentatus-omoalpha* que corresponde a la parte alta del Lochkoviense inferior. Esta sección no estaba originalmente expuesta y gracias a los trabajos de adecuación de la nueva carretera nacional N-260, en las proximidades de La Seu d'Urgell estos materiales estuvieron accesibles durante un tiempo corto. Actualmente el afloramiento está cubierto.

Las secciones Se1 y Se2 son aproximadamente equivalentes y comprenden desde el Lochkoviense medio hasta, posiblemente, el Emsiense inferior. Debido a los trabajos de "acolchamiento" de la antigua carretera N-260, para evitar que el desprendimiento de grandes bloques del talud adyacente a la carretera afectara al tránsito de vehículos y a la seguridad de conductores

y pasajeros se fijó una vaya metálica y se levantó un terraplén arenoso en la antigua carretera. Estas obras han causado un doble efecto. Por un lado, la parte inferior de la sección Se1 ha quedado enterrada e inaccesible. Gracias a la meticulosa descripción de esta sección y a la existencia de varios niveles guía, se ha podido reconstruir gran parte de la sección, a cota más alta, esta nueva sección es la Se2. Los trabajos de acondicionamiento viarios mencionados anteriormente también ocasionaron, por otro lado, un efecto beneficioso para la ciencia: quedaron expuestos materiales del tránsito Lochkoviense superior-Praguiense inferior que antes estaban inaccesibles, lo que refuerza el ya de por sí alto valor bio y cronoestratigráfico de estas secciones.

Los tramos inferiores corresponden al Lochkoviense medio en el sentido de Valenzuela-Ríos y Murphy (1997) y Murphy y Valenzuela-Ríos (1999) con la entrada del taxón *Lanea omoalpha*. Por encima sigue la secuencia de registros de *Ancyrodelloides*, que muestra la mayor diversidad mundial y permite una subdivisión zonal muy detallada del Lochkoviense medio. Asimismo, se registra completa la secuencia conocida de *Lanea* y gran parte de la del género *Flajsella*, al menos sus especies más importantes para la subdivisión bioestratigráfica y correlaciones suprarregionales. Hacia arriba se registra la radiación de *Masaraella*. La entrada de *M. pandora* beta define el comienzo del Lochkoviense superior. Por tanto, en el Lochkoviense medio de las secciones del flanco este del anticlinal (Se1 y Se2) se reconocen las siguientes biozonas: *omoalpha-transitans*, *transitans-trigonicus*, *trigonicus-kutscheri* y *kutscheri-pandora* beta. Dentro de estas biozonas mayores se registran algunos acontecimientos que refinan la subdivisión y mejoran la correlación, como por ejemplo la entrada de *Flajsella* y la secuencia de registros de sus taxones y de las especies de *Lanea*. Además, los registros de varias especies tardías de *Ancyrodelloides* y de *Kimognathus limbacarinatus* permiten subdividir la biozona *kutscheri-pandora* beta en, al menos, dos partes.

Por encima los registros sucesivos de varias especies de *Pedavis* e *Icriodus steinachensis* posibilita la subdivisión del Lochkoviense superior en, al menos, dos biozonas: *pandora* beta-*gilberti* y *gilberti-steinachensis*.

Los registros de conodontos en los materiales praguienses son relativamente escasos en cuanto a la diversidad taxonómica. Sin embargo, la entrada de *Polygnathus pireneae* permite aproximar la base del Praguiense superior según la subdivisión bipartita propuesta por la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Devónico (Uzbekistán, 2008).

En el Praguiense inferior se registran, en numerosas capas, abundantes ejemplares de *I. steinachensis* que hacia la mitad superior está acompañado por *Pelekygnathus brunsvicensis* y *Sannemannia* cf. *furnishi*. También es relevante el registro de *Pedavis mariannae* en la parte alta del Praguiense inferior, poco antes de los primeros registros de *Polygnathus pireneae*. Desde la base del Praguiense superior hasta el final, los registros son muy escasos y solo destaca la presencia de *Wurmiella*, en las capas más altas de la sección, cuya amplia distribución estratigráfica, no permite discernir entre el Praguiense superior y el Emsiense inferior.

La sección Se4, en el flanco oeste del anticlinal, reproduce parte de la secuencia del flanco este, aumentando de este modo la base de datos paleontológica de esta área y reforzando las subdivisiones zonales anteriormente expuestas. En concreto se reconocen las biozonas *trigonicus-kutscheri* y *kutscheri-pandora* beta en el Lochkoviense medio y las biozonas *pandora* beta-*gilberti* y la parte inferior de la *gilberti-steinachensis* en el Lochkoviense superior (Calvo y Valenzuela-Ríos, 2012).

En resumen, los materiales aflorantes en el conjunto de secciones del área de Segre (secciones Se1-4) comprenden desde el Lochkoviense inferior hasta, por lo menos, el Praguiense superior.

La secuencia de conodontos de las secciones de Segre es muy rica y diversa en el Lochkoviense y más escasa, pero relevante en el Praguiense. Esta alta riqueza y diversidad en el Lochkoviense permite el establecimiento de una escala bioestratigráfica muy detallada que facilita las correlaciones intercontinentales a escala zonal. En este sentido, los registros más relevantes corresponden a los de las especies de los géneros *Ancyrodelloides*, *Lanea*, *Flajsella*, *Masaraella* y *Pedavis*.

Los registros praguienses permiten aproximar la base del Praguiense con la entrada de *Icriodus steinachensis* e identificar con precisión la parte alta del Praguiense inferior con la entrada de *Polygnathus pireneae*, por encima de los primeros registros de *Pedavis mariannae*.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos CGL2011-24775 del MINECO y M100131201 de la Academia de Ciencias de la República

Checa. Las partes finales de la misma también se beneficiaron de una beca a J.I.V-R para investigadores seniors del Programa Salvador de Madariaga del Ministerio de Educación. Representa una contribución al Proyecto PICG-596. Los trabajos iniciales de campo de J.I.V.-R. fueron sufragados por la Alexander von Humboldt-Stiftung. Se agradecen los comentarios de Rodolfo Gozalo que han ayudado a mejorar este trabajo.

Referencias

Boersma, Kt.H. 1973. Devonian and Lower Carboniferous conodont biostratigraphy, Spanish Central Pyrenees. *Leidse Geologische Mededelingen*, 49: 303-377.

Calvo, H. y Valenzuela Ríos, J.I. 2012. Conodontos del Lochkoviense medio y superior (Devónico Inferior) de la sección Segre 4 (Pirineos Centrales Españoles). En: *XXVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y Simposios de los Proyectos nº 587 y 596 del PICG*. Valencia y Sóller, 289-290.

Murphy, M.A. y Valenzuela-Ríos, J.I. 1999. *Lanea* new genus, lineage of Early Devonian conodonts. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, 37(2/3): 321-334.

Valenzuela-Ríos, J.I. 1994a. *Conodontos del Lochkoviense y Praguense (Devónico Inferior) del Pirineo Central Español*. Memorias del Museo de Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, 178 pp.

Valenzuela-Ríos, J.I. 1994b. The Lower Devonian conodont *Pedavis pesavis* and the *pesavis* Zone. *Lethaia*, 27(3): 199-207.

Valenzuela-Ríos, J.I. 2002. Lochkovian and Pragian Conodonts from Segre 1 (Central Spanish Pyrenees). En: García-López, S. y Bastida, F. (ed), Palaeozoic conodonts from Northern Spain. *Instituto Geológico y Minero de España, serie Cuadernos del Museo Geominero*, 1: 403-418.

Valenzuela-Ríos, J.I. y Liao, J.-C. 2012. Color change and Global Events, a hoax? A case study from the Lochkovian (Lower Devonian) in the Spanish Central Pyrenees. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 367-368: 219-230.

Valenzuela-Ríos, J.I. y Murphy, M.A. 1997. A new zonation of middle Lochkovian (Lower Devonian) conodonts and evolution of *Flajsella* n. gen. (Conodonta). *Memoir of the Geological Society of America Special Paper*, 321: 131-144.



JORNADAS DE
PALEONTOLOGÍA
TERUEL

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

PONENCIAS

Extinción y no extinción	
Laia Alegret Badiola.....	7
Las extinciones; una gran oportunidad para la vida y para nosotros	
Asier Hilario Orús.....	11
Living! Dinosaurios en la iconosfera	
Francisco Javier Millán-Agudo.....	15
Nuevas claves en el análisis sociocultural de los dinosaurios	
José Luis Sanz.....	19

COMUNICACIONES

New data on the Turolian cervids from the Teruel Graben (Spain)	
Beatriz Azanza, Luca Bellucci, Victoria Quiralte, Jorge Morales, Daniel DelMiguel	25
Iconofacies de <i>Glossifungites</i> en el Mioceno de Alcoy (SE España)	
Zain Belaústegui, Allan A. Ekdale, Rosa Domènech, Jordi Martinell	29
Análisis morfométrico de la asimetría en <i>Cyclothyris</i> aff. <i>difformis</i> (Brachiopoda, Rhynchonellida) del Coniaciense (Cretácico) de la Plataforma Norcastellana: Primeros resultados	
Mélani Berrocal-Casero, Fernando Barroso-Barcenilla, Fernando García Joral	33
Implicaciones sistemáticas de la disparidad morfológica y métrica observada en los topos del yacimiento de la Cueva de Camino (Pleistoceno Superior, Pinilla del Valle, Madrid)	
Patricia Canales Brellenthin, Paloma Sevilla, César Laplana	37
Lucien Cuénot, Richard Goldschmidt y Miquel Crusafont Pairó	
Adrià Casinos.....	41
Aplicación de la morfometría geométrica al estudio de icnitas de terópodo de la Formación Huérteles (Berriasiense, Soria)	
Diego Castanera, Jorge Colmenar, Victor Sauqué, José Ignacio Canudo	43
Nuevos restos fósiles del estegosaurio <i>Dacentrurus</i> en el yacimiento Barrihonda-El Humero de Riodeva (Teruel, España)	
Alberto Cobos, Rafael Royo-Torres, Luis Alcalá.....	47
<i>Praetaberina</i> n. gen. (especie-tipo: <i>Taberina bingistani</i> HENSON 1948): arquitectura, edad y distribución paleobiogeográfica	
Lorenzo Consorti, Mohsen Yazdi-Moghadam, Gianluca Frijia, Vicent Vicedo, Esmeralda Caus	51
Primer registro del género <i>Melissiodon</i> (Mammalia, Cricetidae) en la cuenca de Ribesalbes-Alcora (Castelló, España)	
Vicente D. Crespo, Francisco J. Ruiz-Sánchez, Matthijs Freudenthal, Plinio Montoya	53

Evolutionary trends promoted by internal causes versus orthogenesis—a discussion Miquel De Renzi	57
Adolf Seilacher, <i>in memoriam</i> – la pasión por desentrañar el mensaje contenido en los fósiles Miquel De Renzi, Ana Márquez-Aliaga	61
El ámbar del Cretácico Inferior de España Xavier Delclòs, Antonio Arillo, Eduardo Barrón, Jacopo Dal Corso, Veronique Daviero-Gómez, Rafael López del Valle, André Nel, Jaume Ortega-Blanco, Enrique Peñalver, Ricardo Pérez-de la Fuente, David Peris, Alba Sánchez-García, Mónica M. Solórzano-Kraemer, Guido Roghi, Eric E. Saupe, Paul A. Selden	65
Yen (1966): Los moluscos del “Weald” de la provincia de Santander de las colecciones clásicas del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid) Graciela Delvene, Celia M. Santos-Mazorra	69
Especialización dietética de los hominoideos eurasiáticos del Mioceno: clave de éxito y causa de extinción Daniel DeMiguel, David M. Alba, Salvador Moyà-Solà	71
Palinoestratigrafía triásica del sondeo de Couy SE Cuenca de París (Francia) José B. Díez, Sylvie Bourquin, Laurent Beccaletto, Eric Lasseur, Manuel A. Juncal, Gonzalo Rial	75
La diversidad de dinosaurios titanosaurios en el Cretácico Superior de la Península Ibérica Verónica Díez Díaz, Francisco Ortega, Xabier Pereda Suberbiola, José Luis Sanz	79
Delimitando la costa burdigaliense en el Jura francés mediante la bioerosión sobre acantilados Rosa Domènech, Jérôme Juilleret, Jordi Martinell	83
Tratamiento digital de imágenes en sondeos marinos modernos: una herramienta eficiente para la caracterización de icnofacies marinas profundas Javier Dorador, Francisco J. Rodríguez-Tovar	87
Diversidad y distribución estratigráfica de los iguanodontios del Jurásico Superior de Portugal Fernando Escaso, Francisco Ortega, Elisabete Malafaia, José Miguel Gasulla, Pedro Mocho, Iván Narváez, José Luís Sanz	91
Paleopatologías como evidencia de selección de presas en el yacimiento del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce, Granada, España) M ^a Patrocinio Espígares, Paul Palmqvist, Joshua Miller, Sergio Ros-Montoya, Bienvenido Martínez-Navarro	93
Nuevos aportes a la ultraestructura del género polínico <i>Classopollis</i> mediante FIB-SEM Pablo Estévez-Gallardo, Uxue Villanueva-Amadoz, José B. Díez	97
Serpúlidos sobre macroforaminíferos vivos en el Eoceno (Centelles, SE Cuenca del Ebro) Carles Ferràndez-Cañadell.....	99
Resultados preliminares sobre la endotermia regional de cretoixirínidos y su posible implicación en el gigantismo de los otodóntidos (Lamniiformes, Elasmobranchii) Humberto Ferrón, Carlos Martínez-Pérez, Héctor Botella	103
Resultados de la primera excavación sistemática en el yacimiento de icnitas “El Porquet 1”, Mioceno superior – Plioceno, Alicante (España) Ignacio Fierro, Ainara Aberasturi, Hugo Corbí, José M. Marín, Antonio Estévez, Carlos Lancis, Jesús M. Soria, Pablo Rosser	107

Nuevos datos sobre los foraminíferos del Cuaternario reciente del Mar de Alborán Jordi Guillem, Juan Usera, Ignacio García, Alicia Giner-Baixaui, Carmen Alberola.....	111
Paleontología vs minería Manuel A. Juncal Rosales, José María Lanaja del Busto, Luis Miguel Sender Palomar, Uxue Villanueva Amadoz, José Bienvenido Díez Ferrer	115
<i>Cornudina</i>, an enigmatic Triassic conodont genus and its apparatus and evolution Ali Murat Kiliç, Pablo Plasencia	117
Aplicaciones de la tomografía computarizada en paleontología Sergio Llácer Martos, Albert G. Sellés, Josep Marmi, Alejandro Blanco, Josep Fortuny.....	119
New post-cranial elements assigned to coelurosaurian theropods from the Late Jurassic of Lusitanian Basin, Portugal Elisabete Malafaia, Francisco Ortega, Fernando Escaso	123
Nuevos datos sobre las formas del Mioceno superior–Plioceno inferior del género <i>Apocricetus</i>. <i>Apocricetus alberti</i> (Rodentia, Mammalia) de Venta del Moro (Valencia, España) Samuel Mansino, Francisco J. Ruiz-Sánchez, Matthijs Freudenthal, Plinio Montoya	127
Utilización del papel japonés para la estabilización del holotipo del dinosaurio terópodo <i>Concavenator corcovatus</i> (Cretácico Inferior de Las Hoyas, Cuenca) Fátima Marcos, Paula R. Gómez, Ana Elvira, Fernando Escaso, Iván Narváez, Adrián Páramo, Francisco Ortega	131
Primeros datos sobre herpetofauna fósil del Cuaternario del complejo de las islas Columbretes Rafael Marquina, José V. Escobar, Salvador Bailón, Francisco J. Ruiz-Sánchez	135
El Epivillafranquiense y la llegada de suidos a Europa Bienvenido Martínez-Navarro, Joan Madurell-Malapeira, Sergio Ros-Montoya, M ^a Patrocinio Espigares, Tsegai Medin, Paul Palmqvist	139
La Tipoteca del Museo Geominero (IGME), una nueva instalación para la gestión de las colecciones paleontológicas Silvia Menéndez, Ana María Bravo, Isabel Rábano	141
Dientes atribuidos a sauropterigios del Triásico Superior de El Atance (Guadalajara, España) Carlos de Miguel Chaves, Adán Pérez-García, Juan Quesada, Francisco Ortega	143
El género <i>Nypa</i> Steck, 1757 en el Eoceno del NE de la Península Ibérica: Un nuevo yacimiento en La Formación Arguis (Arguis, Huesca). Contexto paleoecológico Rafael Moreno-Domínguez, José B. Díez, Frédéric M.B. Jacques, Javier Ferrer	145
Nuevos restos de Crocodyliiformes del yacimiento cenomaniense de Algora (Guadalajara, España) Iván Narváez, Adán Pérez-García, Francisco Ortega, Fernando Escaso	147
Ejemplares juveniles de titanosaurio (Sauropoda) del yacimiento de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) Adrián Páramo, Francisco Ortega, Fernando Escaso, Iván Narváez, José Luis Sanz	149
El ámbar de España como fuente de información paleoecológica (Albiense: Cretácico Inferior) Enrique Peñalver, Antonio Arillo, Eduardo Barrón, Xavier Delclòs, Ricardo Pérez-de la Fuente, David Peris, Alba Sánchez-García	153
Efecto tafonómico de la actividad bioturbadora sobre asociaciones de foraminíferos bentónicos José N. Pérez-Asensio, Julio Aguirre, Francisco J. Rodríguez-Tovar	157

Sobre la aplicación de la técnica <i>Two-Blocks Partial Least-Squares</i> al estudio de la integración morfológica entre neurocráneo y esplanocráneo en homínidos extintos y homínidos actuales	
Juan A. Pérez-Claros, Juan M. Jiménez-Arenas, Paul Palmqvist	159
La colección de anfibios fósiles del Museo Nacional de Ciencias Naturales	
Patricia Pérez-Díos, Borja Sanchiz	161
Implicaciones del hallazgo de un ejemplar de gran tamaño de la tortuga <i>Thalassemys</i> en el Jurásico Superior de Reino Unido	
Adán Pérez-García	165
Nuevos datos sobre el registro del quelonio terrestre <i>Paleotestudo</i> en el Aragoniense (Mioceno medio) ibérico	
Adán Pérez-García	167
Reevaluando la sistemática y filogenia del testudínido del Oligoceno europeo "<i>Testudo</i>" <i>gigas</i>	
Adán Pérez-García	169
Los testudínidos terrestres del Eoceno medio de Mazaterón (Soria): Implicaciones sistemáticas y paleobiogeográficas	
Adán Pérez-García, Emiliano Jiménez Fuentes, Francisco Ortega	171
Las tortugas del yacimiento del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Murcia, España)	
Adán Pérez-García, Iratxe Boneta, Xabier Murelaga, Carles Ferràndez-Cañadell, Lluís Gibert	173
José Royo y Gómez y los supuestos estegosáuridos del Cretácico Inferior de Morella	
Adán Pérez-García, Fernando Escaso, José Miguel Gasulla, Carlos de Miguel Chaves, Pedro Mocho, Iván Narváez, Francisco Ortega, Xabier Pereda-Suberbiola, José Ignacio Ruiz-Omeñaca, Begoña Sánchez-Chillón, José Luis Sanz	175
KINECT, de lo lúdico a lo científico: nueva herramienta para captación de imágenes 3D	
Alejandro Pérez-Ramos, Sergio Llácer, Sandra Illobre, Margarita Belinchón, Diego Rasskin-Gutman	179
Estudio paleohistológico preliminar de los restos óseos de posibles sirenios del Mioceno medio de la Cuenca de El Camp de Tarragona (NE España)	
Alejandro Pérez-Ramos, Borja Holgado, Jordi García-Marsà, Isaac Bonilla-Salomón, Josep F. Bisbal-Chinesta, Diego Escanero, José L. Díaz-Arárez, Zain Belaústegui	183
Nuevos rastros de estegosaurios en el Jurásico Superior de Asturias	
Laura Piñuela, José Carlos García-Ramos, Luis Alfonso Fernández, José Ignacio Ruiz-Omeñaca	187
Trace fossils and malacofauna from the enigmatic Santisteban del Puerto outcrop (Triassic, Tabular Cover): new data and interpretation	
Jesús Reolid, Ana Márquez-Alíaga, Matías Reolid	191
Record of <i>Carcharocles megalodon</i> from Upper Miocene diatomites of Eastern Guadalquivir Basin (South Spain)	
Matías Reolid, J. Miguel Molina	195
Fossil assemblages of delta bottomset facies of the Upper Miocene of Eastern Guadalquivir Basin	
Matías Reolid, Fernando García-García, Elvira Martín-Suarez, Jesús Reolid	199
Evolución dental en el género <i>Mammuthus</i>: El registro de las cuencas de Guadix-Baza y Granada	
Sergio Ros-Montoya, Bienvenido Martínez Navarro, María Patrocinio Espigares Ortiz, Paul Palmqvist	203

Los yacimientos del tránsito Jurásico-Cretácico de Las Zabacheras (Galve, Geoparque del Maestrazgo, Teruel)	
Rafael Royo-Torres, Alberto Cobos, Francisco Javier Verdú, José Bienvenido Díez, Uxue Villanueva, Ramón Mas, Graciela Delvene, Luis Alcalá, José Luis Sanz	207
Un modelo para describir el ciclo de locomoción de un trilobites mediante Cinemática Inversa y Generadores Centrales de Patrones	
Pedro J. Rubio Burillo	211
Nuevos datos sobre las faunas fósiles de vertebrados de la zona de Quebrada Seca (Santa Elena, Ecuador)	
Francisco J. Ruiz-Sánchez, Juan Abella José L. Román, Emily Lindsey, Jonathan Santana, Erick López, Rafael Marquina, Vicente D. Crespo, Samuel Mansino, Nardy Díez, Mery Ramírez, Douglas Vera, Kiura M. Escalante, F. Fernando Flores, Jonathan O. Molina, M. Belén Ramos, Ian L. Ronquillo, M. Herminia Cornejo	215
Estructuras de domicilio-equilibrio producidas por Gastrochaenidae (Bivalvia) en el Mioceno medio del sector de Lagos-Albufeira (Algarve, Portugal)	
Ana Santos, Eduardo Mayoral, Gudveig Baarli, Mario Cachão, Carlos Marques da Silva, Markes Johnson	219
Neandertales en el Pleistoceno Superior del valle del Ebro, paleoambiente y evidencias tafonómicas en Aguilón P-7	
Victor Sauqué, Julia Galan, Carmen Nuñez-Lahuerta, Cristina Sola-Almagro, Raquel Rabal-Garcés, Ignacio Martínez, Carlos Mazo, Gloria Cuenca-Bescós	223
Primeros resultados del estudio de restos de cáscaras de huevo de los yacimientos barremienses de las Hoces de Beteta (Cuenca)	
Paloma Sevilla, Fernando Barroso-Barcenilla, Irene Prieto, Raúl San Juan Palacios	227
Los murciélagos del Pleistoceno Inferior de Quibas (Abanilla, Murcia, España)	
Paloma Sevilla, Jordi Agustí, Hugues A. Blain, César Laplana, Gregorio Romero, Miguel Á. Mancheño	229
Nuevas evidencias de dinosaurios saurópodos en el tránsito Jurásico-Cretácico de Alpuente (Los Serranos, Valencia)	
Maite Suñer, Carlos Santisteban, Rafael Royo-Torres	233
Sobre la presencia de un vipérido de gran talla perteneciente al Complejo de Víboras Orientales en el yacimiento de Na Burguesa-1 (Mioceno Superior/Plioceno Inferior, Mallorca)	
Enrique Torres, Salvador Bailon, Pere Bover, Josep Antoni Alcover	237
Taxonomical and morphological analysis of new <i>Hoplitomeryx</i> (Mammalia, Ruminantia) remains from the Late Miocene of Gargano (Apulia, Italy)	
Alessandro Urciuoli, Daniel DeMiguel, Lorenzo Rook	241
Foraminíferos y Tecamébidos del Cuaternario de Closes de la Vila (l'Empordà, Girona)	
Juan Usera, Ignacio García, Jordi Guillem	243
Foraminíferos cuaternarios de Horta Vella (l'Escala, Girona)	
Juan Usera, Ignacio García, Jordi Guillem	247
Osteodermos de titanosaurio del Cretácico Superior de Armuña (Segovia): una reinterpretación a la luz de nuevos hallazgos	
Daniel Vidal, Francisco Ortega, José Luis Sanz	251
Los macroforaminíferos de facies de “lagoon” del Campaniense: Sierra del Montsec (NE España)	
Raquel Villalonga, Esmeralda Caus, Gianluca Frijia, Mariano Parente	255

The echinoderm faunas from the Fombuena Formation (Upper Ordovician, Iberian Chains, Spain)	
Samuel Zamora, Jorge Colmenar, William I. Ausich	257

PIGC 596

Conodontos del Frasnense (Devónico Superior) en paleolatitudes altas (norte de Brasil)	
Cassiane N. Cardoso, Javier Sanz-López, Silvia Blanco-Ferrera	263
Conodontos del Givetense (Devónico Medio) de la Subfacies Compte (Pirineo Central Español)	
Jau-Chyn Liao, José Ignacio Valenzuela-Ríos, Sofie Gouwy	267
Corales del tránsito Serpukhoviense-Bashkiriense del área de Adarouch (Meseta Central Marroquí)	
Sergio Rodríguez, Ismael Said, Ian D. Somerville, Pedro Cózar, Ismael Coronado	269
El Devónico Inferior de las secciones de Segre (Pirineo Central Español): conodontos	
José Ignacio Valenzuela-Ríos, Jau-Chyn Liao, Helena Calvo.....	273



iFundamental! es una serie de publicaciones de difusión paleontológica de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis que consta de subseries temáticas para cuentos (*Fundacuentos paleontológicos*) o para versiones divulgativas de artículos científicos (*Paleonturología*).

Dirección de la serie: Luis Alcalá.



El segundo número, *Dinosaurios de Teruel*, ha sido editado en el marco del III Seminario sobre Paleontología y Desarrollo de la Universidad de Verano de Teruel (Universidad de Zaragoza) y con la colaboración de ésta.



Teoría del Homosaurus (Paleontología imaginaria de Dino y Saura) es un cuento del que es autor Elifio Feliz de Vargas (Teruel, 1964), veterinario. En 1990 obtuvo la "Ayuda a la Creación Literaria" concedida por el Instituto de Estudios Turolenses y en 1991 el Premio "Teruel" de relatos.



XVI Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural contiene los trabajos de investigación presentados en dicha reunión, celebrada en Teruel (septiembre-octubre de 2005).



El octavo número, *Modalidades de ornamentación en bivalvos*, se edita como consecuencia de la adjudicación del Segundo Premio Internacional de Investigación en Paleontología **Paleonturología 04**.



Laboratorios de Paleontología (IV Seminario sobre Paleontología y Desarrollo de la Universidad de Verano de Teruel), ha sido editado en el marco del Año de la Ciencia 2007 con una ayuda de la FECYT y del Ministerio de Educación y Ciencia (proyecto *Paleontología en Teruel: dos libros mejor que uno* CCT005-07-00629).



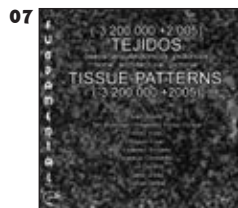
El primer número, *El apasionante mundo de la Paleontología*, se editó en el marco del proyecto *La paleontología al alcance de todos*, desarrollado por la Fundación y financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (DIF2003-10062-E).



El tercer número, *Evolución humana en el valle del río Omo (Etiopía)*, se edita como consecuencia de la adjudicación del Primer Premio Internacional de Investigación en Paleontología **Paleonturología 03**.



El Gigante Europeo: excavando un dinosaurio. Documental y juego interactivo de la excavación del gran dinosaurio de Riodeva (Teruel), *Turiasaurus riodevensis*. Programa Nacional de Fomento de la Cultura Científica y Tecnológica del Ministerio de Educación y Ciencia (492839C1).



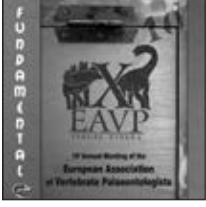
~3.200.000 + 2005 *Tejidos* (óseos, arquitectónicos, pictóricos) es el catálogo de la exposición artística presentada en el Museo de Teruel desde el 4 de noviembre al 11 de diciembre de 2005.



El noveno número, *Los huesos gastrales de los terópodos: insuflando vida a los dinosaurios*, se edita como consecuencia de la adjudicación del Tercer Premio Internacional de Investigación en Paleontología **Paleonturología 05**.



Teruel: territorio paleontológico (Seminario sobre Paleontología y Desarrollo de la Universidad de Verano de Teruel), ha sido editado en el marco del Año de la Ciencia 2007 con ayuda de la FECYT y del Ministerio de Educación y Ciencia (proyecto *Paleontología en Teruel: dos libros mejor que uno* CCT005-07-00629).

- 12**  *Aligerando a los gigantes: los huesos neumáticos de los dinosaurios saurópodos y sus implicaciones para la estimación de la masa corporal* se edita durante el Año de la Ciencia 2007 como consecuencia de la adjudicación del Cuarto Premio de Investigación en Paleontología **Paleonturología 06**.
- 14**  *Mesozoic Terrestrial Ecosystems in Eastern Spain* es una síntesis en inglés de ecosistemas mesozoicos continentales –Pirineos orientales y centrales, Teruel y Cuenca– preparada con motivo de su visita durante el 10th MTE Symposium, celebrado en Teruel (septiembre de 2009).
- 16**  XVI Simposio sobre Enseñanza de la Geología incluye las 34 comunicaciones presentadas en la reunión conmemorativa del vigésimo aniversario de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Teruel, julio de 2010).
- 18**  *Dinojuegos* (serie *Fundajuegos paleontológicos*, de nivel infantil) se ha realizado en colaboración con el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) y en el marco del proyecto **e-dino 10**, financiado por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología – Ministerio de Ciencia e Innovación (FCT-10-980). Incluye un DVD.
- 20**  10th Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists incluye las comunicaciones presentadas en la reunión anual de la EAVP celebrada en Teruel (junio de 2012).
- 22**  *Escuela Taller de Restauración Paleontológica IV* describe trabajos de laboratorio y de campo promovidos para la recuperación de patrimonio y para la formación profesional.
- 13**  *Los ojos de los trilobites: el sistema visual más antiguo conservado* se edita como consecuencia de la adjudicación del Quinto Premio de Investigación en Paleontología **Paleonturología 07**.
- 15**  *El dinosaurio que excavó su madriguera* se edita como consecuencia de la adjudicación del Sexto Premio de Investigación en Paleontología **Paleonturología 08**.
- 17**  *En la Tierra como en el Cielo: Río Tinto como análogo terrestre de Marte* se edita como consecuencia de la adjudicación del Séptimo Premio de Investigación en Paleontología **Paleonturología 09**.
- 19**  *Myotragus: la economía energética en la evolución* se edita como consecuencia de la adjudicación del Octavo Premio de Investigación en Paleontología **Paleonturología 10**.
- 21**  *El Plateosaurus virtual* se edita como consecuencia de la adjudicación del Noveno Premio de Investigación en Paleontología **Paleonturología 11**.
- 23**  *Opiliones fósiles. Los arácnidos actuales de origen más remoto* se edita como consecuencia de la adjudicación del Décimo Premio de Investigación en Paleontología **Paleonturología 12**.

