

Análisis paleoambiental de una sección del Plioceno Inferior en la Cuenca de Águilas (Cordillera Bética oriental)

Paleoenvironmental analysis of an Early Pliocene section in the Águilas Basin (Eastern Betic Cordillera)

Diego A. García-Ramos^{1,3}, Hugo Corbí^{2,3} y Jesús M. Soria^{2,3}

¹ Camino Marín Sutullena nº 16, C.P. 30800, Lorca (Murcia), España. Lacazella@msn.com

² Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Ap. 99-03080, Alicante, España. hugo.corbi@ua.es, jesus.soria@ua.es

³ Alicante Messinian Group. Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante. www.messinianalicante.com

ABSTRACT

The *Barcelón* section, located at the inner sector of the *Águilas Arc* (Eastern Betic Cordillera), records the Pliocene reflooding. This section comprises a basal unit A, made up of conglomerates, overlain by unit B, consisting of silty marls and glauconitic sandstones. Ichnological traits sculptured over blocks of unit A are attributable to the *Entobia* ichnofacies, and suggest a rapid transgression. In unit B three benthic foraminiferal assemblages are recognized: an assemblage I, related to epibathyal settings, followed by a circalittoral one, II, and finally, an infralittoral assemblage, III. Overall features point to eutrophic conditions, environmental stress at the bottom, and events of high energy bottom-currents.

Key-words: Early Pliocene, benthic foraminifera, ichnofacies, paleoenvironmental analysis, *Águilas Arc*.

RESUMEN

La sección de *El Barcelón*, localizada en el sector interno del Arco de *Águilas* (Cordillera Bética oriental), registra la reinundación pliocena. Consta de una unidad basal de conglomerados, A, y una unidad B de margas limosas y areniscas glauconíticas. Los rasgos icnológicos esculpidos sobre los bloques de la unidad A, atribuibles a la icnofacies de *Entobia*, sugieren una transgresión rápida. En la unidad B se han reconocido tres asociaciones de foraminíferos bentónicos: una asociación I propia de ambientes epibatiales, seguida de la II, propia de medios circalitorales, y finalmente, una asociación III, infralitoral. En general, las asociaciones apuntan a condiciones eutróficas, con estrés ambiental, y a episodios de corrientes energéticas en el fondo.

Palabras clave: Plioceno Inferior, foraminíferos bentónicos, icnofacies, análisis paleoambiental, Arco de *Águilas*.

Geogaceta, 56 (2014), 123-126.
 ISSN (versión impresa): 0213-683X
 ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 27 de enero de 2014
 Fecha de revisión: 29 de abril de 2014
 Fecha de aceptación: 30 de mayo de 2014

Introducción

Existe un amplio consenso en que la restauración definitiva de las condiciones marinas normales en el Mediterráneo, que puso fin a la Crisis de Salinidad del Messiniense, se produjo a inicios del Plioceno con la apertura del Estrecho de Gibraltar.

El estudio de las icnofacies, así como la caracterización de los cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos, permite profundizar en los detalles acerca del modo en que se desarrolló este proceso.

En la presente nota se comunican los resultados preliminares sobre la evolución paleoambiental, durante el Plioceno Inferior, de una sección localizada en el Arco de *Águilas* (Cordillera Bética oriental). Éstos permiten la comparación con la información disponible

sobre cuencas adyacentes, así como la de otros puntos del Mediterráneo, y por tanto, nos ayudan a mejorar el conocimiento sobre cuándo y cómo la reinundación del Plioceno alcanzó los relieves costeros perimediterráneos.

Contexto geológico

El Arco de *Águilas* (Fig. 1A) constituye una megaestructura tectónica resultado de un proceso de indentación rígido-plástica de un bloque cortical que pertenece a las Zonas Internas de la Cordillera Bética. Este arco tectónico está formado por un conjunto de sierras distribuidas concéntricamente, y está bordeado lateralmente por los sistemas de falla de salto en dirección de Palomares (sinistrorsa), Moreras y Saladillo (dextrorsas).

En el sector interno del Arco de *Águilas* se hallan cinco pequeñas cuencas de tipo ría (Bardají *et al.*, 1999), siendo una de ellas la Cuenca de *Águilas*, sobre la que se centra este estudio.

Los datos bioestratigráficos más detallados sobre los materiales de edad Plioceno en esta cuenca fueron ofrecidos por Montenat *et al.* (1978), quienes identificaron marcadores bioestratigráficos de la primera y segunda biozonas (MPI1y MPI2). Recientemente, García-Ramos *et al.* (2012) confirman el registro de ambas biozonas en un análisis bioestratigráfico cuantitativo con muestreo de alta resolución en la sección de *El Barcelón*, la cual es objeto de estudio paleoambiental en este trabajo.

En el sector suroccidental de la cuenca se encuentra el área de Cabezo Alto-Cañada

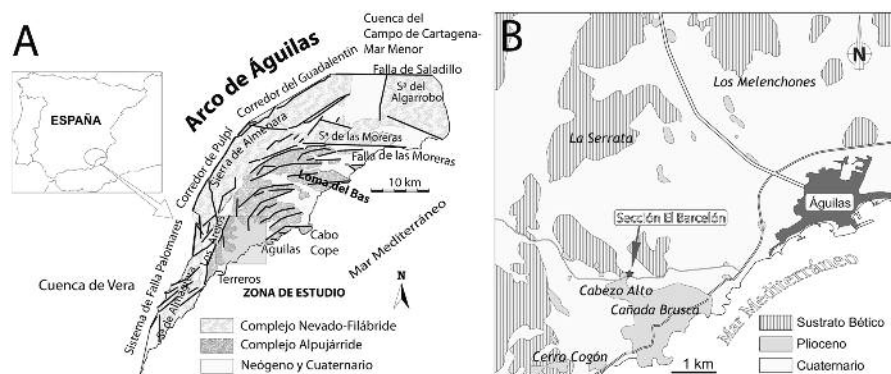


Fig. 1.- A) Mapa geológico del Arco de Águilas (modificado de Bardaji *et al.*, 1999), con indicación de la zona de estudio. B) Cartografía de los afloramientos de edad Plioceno en la Cuenca de Águilas, con la localización de la sección estudiada.

Fig. 1.- A) Geological Map of the Águilas Arc (modified from Bardaji *et al.*, 1999), indicating the study area. B) Cartography of Pliocene outcrops in the Águilas Basin, including the location of the studied section.

Brusca, en la que afloran ampliamente materiales de edad Plioceno. Estos materiales presentan una arquitectura estratigráfica que consiste, en términos generales, en cuerpos de geometría sigmoidal que se imbrican según un dispositivo progradante retractivo (*offlap*). Estos generan una secuencia vertical de carácter somerizante.

La sección de El Barcelón

En el sector septentrional del área de Cabezo Alto-Cañada Brusca (Fig. 1B), aflora el contacto de los materiales pliocenos con el sustrato Bético, constituido principalmente por esquistos y metapelitas violetas de la Unidad de Águilas (García-Tortosa *et al.*, 2000), perteneciente al Complejo Alpujarride de las Zonas Internas. Sobre el sustrato metamórfico, la sucesión estratigráfica correspondiente al Plioceno consta de dos unidades: una conglomerática a la base o Unidad A, y otra de margas y areniscas glauconíticas o Unidad B (Fig. 2).

Unidad A. Esta unidad basal, de 0,5 m de potencia, está constituida litológicamente por un conglomerado polimítico de bloques de rocas metamórficas de tamaño decimétrico dominante, que está sellado localmente por limos de color rojizo. La fábrica interna de este conglomerado heterométrico es clastoportada y desorganizada, con una ligera tendencia granodecreciente. Muchos de los bloques dolomíticos alcanzan un tamaño métrico (hasta más de 2 metros), de forma que sobresalen por encima del techo de los limos rojizos. Estos materiales se interpretan como sedimentos formados por flujos hiperpícnicos en partes proximales de un abanico aluvial/deltaico.

Los rasgos de la transgresión se reconocen desde el punto de vista icnológico. En concreto, se observa que los limos rojizos están bioturbados, registrando madrigueras atribuibles al icnogénero *Thalassinoides*, mientras que en algunos bloques se reconoce una baja densidad de estructuras de bioerosión, a veces de tipo palimpsesto, asignables a la icnofacies de *Entobia* (se han identificado, en orden decreciente de abundancia, los icnogéneros *Gastrochaenolites*, *Entobia*, *Maeandropolydora*, *Caulostrepsis*, y *Rogerella*?). Además, sobre algunos bloques se instalaron biohermos con numerosos individuos del ostreido *Neopycnodonte cochlear*, entre los que hay valvas de todos los estadios ontogénicos, y muchas de las cuales están intensamente perforadas (entre las trazas, abundan *Entobia* *isp.* y *Maeandropolydora sulcans*). Acompañando a los ostreidos, hay muy escasos restos de otros macroinvertebrados marinos (radiolas de equinoideos cidáridos, fragmentos de *Aequipecten* *sp.*, y ejemplares del braquiópodo *Megerlia truncata*).

Unidad B. En contacto conforme, sobre los limos rojizos del techo de la Unidad A se deposita una serie, de unos 14 metros de potencia, constituida por margas limosas de color marrón y arenas glauconíticas que engloban clastos dispersos de rocas metamórficas, angulosos y de talla microconglomerado. La estratificación está marcada por tenues cambios en el contenido de carbonato, lo que se traduce en un total de doce ciclos bipartitos reconocibles por el cambio de color y litificación. La bioturbación es intensa en toda la unidad, excepto en los primeros 50 centímetros. El primer tercio muestra numerosas galerías subverticales a oblicuas, a

veces bifurcadas hacia muro, y de diámetro milimétrico, acompañadas de tubos subhorizontales que se observan como círculos a elipses en sección vertical. Esta traza es atribuible a *Chondrites* *isp.*, y su abundancia disminuye hacia techo. En este tramo también se ha identificado *Teichichnus* *isp.* El tercio central exhibe trazas longitudinales de gran tamaño atribuibles a *Ophiomorpha* *isp.* Por último, el contenido en fósiles de macroinvertebrados marinos es escaso. En el tercio inferior de la sección se observan valvas desarticuladas, dispersas. A veces forman imbricaciones en nido (*nesting*), de *N. cochlear*. En los dos tercios superiores aparece el pectínido *Amusium cristatum*, el cual se presenta como valvas desarticuladas y dispersas. La intensa bioturbación en la mayoría de la unidad, junto con las bajas tasas de sedimentación indicadas por la abundante glauconita, señalan que existe ponderación temporal (*time-averaging*) que limita la resolución temporal y paleobiológica del registro, al darse mezcla de entidades acumuladas de foraminíferos. En conjunto, la Unidad B se interpreta en un contexto de plataforma marina, cuyas condiciones paleoambientales serán detalladas tras el análisis de las asociaciones de foraminíferos bentónicos. La serie de sedimentos marinos está truncada a techo por conglomerados cuaternarios.

Materiales y métodos

Con el objeto de identificar las asociaciones de foraminíferos bentónicos, se han estudiado 38 muestras con un espaciado medio de 50 cm, excepto en pequeños tramos de interés paleoambiental en los que se han analizado muestras a intervalos de 10 cm. Éstas se han levigado según el procedimiento estándar, y se ha analizado la fracción superior a 125 μm semicuantitativamente. En total se han identificado 82 taxones. El estado de preservación de los ejemplares de foraminíferos es, en general, moderado, reconociéndose algunos casos de desconchado por crecimiento de moldes internos de glauconita, disolución y corrosión.

Asociaciones de foraminíferos bentónicos

Un rasgo general de las asociaciones de foraminíferos bentónicos en la sección de El Barcelón es la relativa abundancia, en la mayor parte de los tramos, de *Planulina ari-*

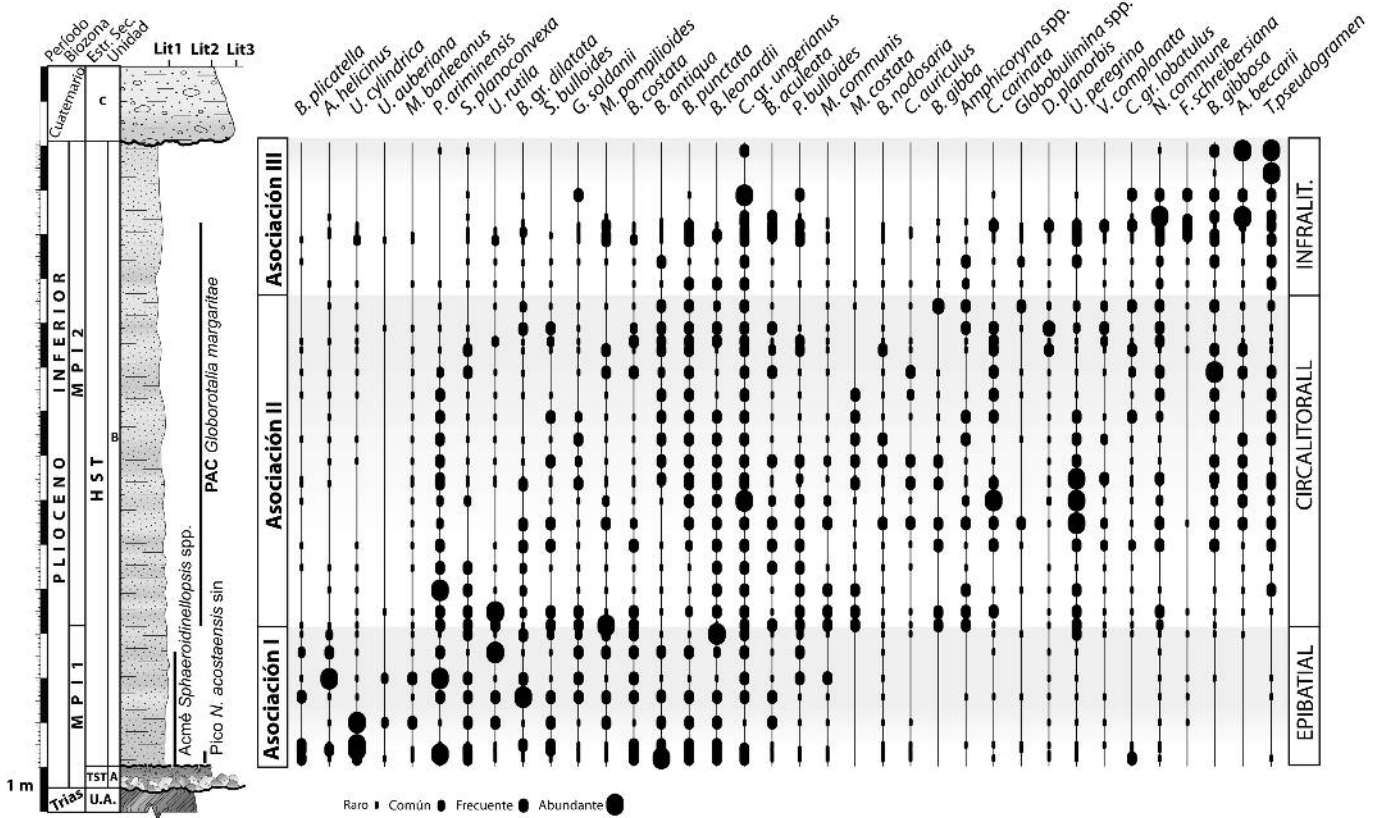


Fig. 2.- Columna estratigráfica de El Barcelón, con indicación de la litología, las unidades diferenciadas, la estratigrafía secuencial, la biozonación, la bioestratigrafía convencional, y la distribución semicuantitativa de una selección de foraminíferos bentónicos. U.A. (Unidad de Águilas); Lit 1 (margas limosas y areniscas glauconíticas); Lit 2 (limos y microconglomerados); Lit 3 (conglomerados polimicticos).

Fig. 2.- Stratigraphic column of the Barcelón section, indicating the recognized units, sequence stratigraphy, the biozonation, conventional biostratigraphy, and the semiquantitative distribution of selected species of benthic foraminifera. U.A. (Águilas Unit); Lit 1 (silty marls and glauconitic sandstones); Lit 2 (silts and conglomerates); Lit 3 (polymictic conglomerates).

minensis, *Bolivina* spp., y *Cibicides* gr. *ungerianus* (Fig. 2).

Por otra parte, se han identificado tres asociaciones de foraminíferos bentónicos.

En la base de la sección se reconoce una asociación I, caracterizada por la particular abundancia de *Bolivina plicatella*, *Anomalinoidea helycinus*, *Uvigerina cylindrica*, *U. auberiana*, *Melonis barleeanus*, y hacia techo de la asociación, queda registrado el reemplazamiento de *U. cylindrica* por *U. rutila*. En este tramo también abundan especies que se han relacionado con fondos relativamente bien oxigenados (óxicos a subóxicos), como *Siphonina planoconvexa*, *P. ariminensis*, *Sphaeroidina bulloides*, *Bolivina leonardii*, *Melonis pompilioides*, *C. gr. ungerianus*, etc (p. ej., Kouwenhoven y van der Zwaan, 2006).

Estos datos indican el predominio de especies epibentónicas propias de fondos relativamente bien oxigenados, en un medio oligotrófico a mesotrófico, posiblemente con entradas estacionales de un contenido moderado a alto de nutrientes (condiciones meso-eutróficas).

En condiciones oligotróficas, la escasa materia orgánica lábil sería consumida rápidamente por taxones oxifílicos que vivirían en la interfaz agua-sedimento, mientras que los endobentónicos permanecerían en posiciones someras a intermedias dentro del sedimento (p. ej., *M. barleeanus*), adonde llegaría materia orgánica más o menos refractaria.

La mezcla de taxones oxifílicos con aquellos, propios de condiciones de estrés ambiental (dixosia) (p. ej. *Bolivina* spp. y *Bulimina aculeata*), también podría deberse a los efectos de la ponderación temporal y a la intensa bioturbación. No obstante, resulta significativa la ausencia de taxones endobentónicos profundos como *Globobulimina* spp., y *Chilostomella* spp., así como de especies oportunistas como *Cassidulina carinata* y *Uvigerina peregrina*, lo que sugiere que no imperaban, con carácter general, condiciones eutróficas. La asociación I es indicativa de un paleoambiente epibatial. Además de varias de las especies ya indicadas, la presencia puntual, en el tercio inferior de la sección, de otros taxones profundos, como *Karrerella*

bradyi y *Sigmoilopsis schlumbergeri*, apoya esta interpretación.

Hacia el tramo intermedio de la sección, se identifica una caída en la abundancia de las especies características de la primera asociación, mientras que empiezan a abundar, de forma más o menos intermitente, especies propias de una asociación II: *Pullenia bulloides*, *B. aculeata*, *Martinottiella communis*, *Marginulina costata*, *Bigenerina nodosaria*, *Cancris aurculus*, *Baggina gibba*, *Amphicoryna* spp. (*A. scalaris* y *A. hirsuta*), *C. carinata*, *U. peregrina* y *Valvulineria complanata*. Puntualmente abunda *Globobulimina* spp.

Un rasgo importante del tramo intermedio de la sección es la aparición y aumento en la abundancia de especies propias de plataforma interna, como *Nonion commune*, *Bannerella gibbosa*, *Ammonia beccarii*, y *Textularia pseudogrömen*.

En la asociación II comienzan a proliferar especies típicas de alta productividad y disponibilidad de materia orgánica lábil, generalmente asociadas a condiciones disóxicas dentro del sedimento, en un medio eutrófico (p. ej., Fontanier et al., 2008). La parte infe-

rior del tramo intermedio de la sección se correspondería con un medio circalitoral con influencia batial, mientras que en la parte superior de la asociación ya abundan especies epifíticas/epilíticas como *Discorbina planorbis* y *Cibicides* gr. *lobatulus* (incluyendo *C. refulgens*), propias de medios más someros en la zona fótica. Ello, junto con la presencia de especies más abundantes en la plataforma interna, como las que se mencionaron anteriormente, nos conduce a interpretar, de modo general, un paleoambiente circalitoral para el tramo medio.

En los últimos 3 metros de la sección se identifica una tercera asociación, III, que, a su vez, se puede dividir en dos subasociaciones. La transición entre ambas coincide con la desaparición, en la sección, de foraminíferos planctónicos. La sub-asociación IIIa es más diversa, y en ella se aprecia la práctica desaparición de taxones más o menos profundos, como *P. ariminensis*, *S. planoconvexa*, *M. communis*, *S. bulloides*, etc. Un rasgo distintivo de esta subasociación es la particular abundancia de *Fursenkoina schreibersiana*, *A. beccarii* y *N. commune*. Esta característica, junto con la relativa abundancia de especies como *C. carinata*, *U. peregrina* y *V. complanata*, nos lleva a interpretar un medio eutrófico, empobrecido en oxígeno, en un paleoambiente infralitoral inferior.

La subasociación, IIIb, se caracteriza por su escasa diversidad, estando dominada por *C. gr. ungerianus*, *B. gibbosa*, *A. beccarii* y *T. pseudogramen*. La asociación de estas especies indica un medio litoral, somero, relativamente bien oxigenado.

Discusión y conclusiones

La unidad A de la sección del Barcelón registra la primera entrada de aportes clásicos a la Cuenca de Águilas durante el Plioceno, cuando el nivel del mar en ascenso alcanzó los relieves perimediterráneos béticos. En este momento de nivel de base alto, la carga sedimentaria derivada de la erosión de la red de drenaje quedó depositada en los ambientes costeros, formando sistemas de abanicos aluviales/deltaicos. Esta etapa inicial de la transgresión pliocena queda registrada por la actividad bioerosiva de organismos marinos someros sobre los clastos de los conglomerados de la Unidad A. Como rasgo principal interesa señalar la baja densidad de trazas bioerosivas, con ejemplos de esculturas de tipo palimpsesto, lo que sugiere una transgresión rápida, en

términos geológicos, que no dejaría tiempo suficiente para la obliteración completa de las primeras generaciones de trazas por las generaciones sucesivas (Bromley y Asgaard, 1993). La composición icnotaxonómica permite la identificación de la icnofacies de Entobia, que representaría un ambiente somero (Gibert *et al.*, 1998), muy bajas tasas de sedimentación y una ventana temporal, para su desarrollo, de varios años (Uchman *et al.*, 2002). En consonancia con lo anterior, la presencia de *Thalassinoides* en los limos rojizos de la unidad A permiten interpretar un medio somero bien oxigenado. Considerando la distribución batimétrica de *N. cochlear* (Saint Martin, 2008), los biohermos se desarrollarían en medios eurihalinos algo más profundos de la plataforma interna (50-100 m).

Desde el punto de vista de la Estratigrafía Secuencial, la Unidad A representa el cortejo transgresivo avanzado, con la superficie transgresiva de erosión a su base. Los depósitos marinos de la unidad B, que registran una somerización de muro a techo, constituirían el cortejo de nivel del mar alto, separado del infrayacente por la superficie de máxima inundación. La abundante glauconita, como la intensa bioturbación, sugerirían bajas tasas de sedimentación, aspecto en consonancia con la situación de nivel alto, cuando la tasa de creación de espacio de acomodación es mínima. Se han reconocido, a grandes rasgos, tres asociaciones de foraminíferos bentónicos. Una asociación I, en la base de la sección, propia de medios epibatiales oligotróficos, estacionalmente meso-eutróficos, con fondos óxicos a subóxicos. La presencia dominante de trazas de *Chondrites* isp. en el tercio inferior de la sección indicaría una zona anóxica algunos centímetros por debajo de la interfaz agua-sedimento. Esta asociación se estableció durante la primera biozona del Plioceno (MPI1). Durante la segunda biozona (MPI2), el retroceso de la línea de costa se reflejó en la somerización del sector, instalándose un medio circalitoral. La asociación II contiene numerosos taxones indicativos de medios con alta productividad y resistentes a condiciones disóxicas del fondo.

La relativa abundancia de *P. ariminensis* (especie epilítica) en los dos tercios inferiores de la sección, podría indicar episodios de alta energía y corrientes de elevada energía sobre el fondo (Fontanier *et al.*, 2008). Esta interpretación sería consistente tanto

con la presencia abundante de clastos terrígenos angulosos, como con los ejemplos de biofábricas de imbricación en nido de valvas de *Neopycnodonte*, probablemente depositados por flujos de alta densidad debidos a descargas episódicas. La presencia de valvas de *A. cristatum* reflejaría las condiciones de fondo de baja energía, en un medio de plataforma externa.

Por último, la asociación III señala la culminación de la somerización de la sección durante la segunda biozona del Plioceno (MPI2), pasando de un medio infralitoral inferior, eutrófico, con escasez de oxígeno en el fondo, a un medio litoral somero bien oxigenado.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del grupo Cambios Paleoambientales de la Universidad de Alicante (VIGROB-167). Agradecemos a Alice Giannetti sus comentarios sobre aspectos icnológicos. Asimismo, agradecemos las sugerencias y correcciones de los Dres. Jordi Martinell y Juan Usera, que han contribuido a mejorar este trabajo.

Referencias

- Bardaji, T., Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Dabrio, C.J. y Civis, J. (1999). *I.G.C.P. 437 Working Group on Coastal Tectonics (Neotectonics Commission)*, INQUA Spanish Committee, Newsletter 21, 21-26.
- Bromley, R.G. y Asgaard, U. (1993). *Geologische Rundschau* 82, 276-280.
- Fontanier, C., Jorissen, F.J., Lansard, B., Mouret, A., Buscail, R., Schmidt, S., Kerhervé, P., Buron, F., Zaragosi, S., Hunault, G., Ernout, E., Artero, C., Anschutz, P. y Rabouille, C. (2008). *Deep-Sea Research* 155, 1532-1553.
- García-Ramos, D.A., Corbí, H., Pina, J.A. y Soria J.M. (2012). En: *XXVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Comunicaciones 1, 67-69.
- García-Tortosa, F.J., López-Garrido, A.C. y Sanz de Galdeano, C. (2000). *Geogaceta* 28, 67-70.
- Gibert de, J.M., Martinell, J. y Domènech, R. (1998). *Palaios* 13, 476-487.
- Kouwenhoven, T.J. y van der Zwaan, G.J. (2006). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 238, 373-385.
- Montenat, C., de Reneville, P. y Bizon, G. (1978). *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, Sciences de la Terre* 68, 37-54.
- Saint Martin, J.-P. (2008). *Geodiversitas* 30, 165-179.
- Uchman, A., Demircan, H., Toker, V., Derman, A.S., Sevim, S. y Szulc, J. (2002). *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 72, 263-270.