

GEOLOGÍA EN LA COSTA: TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS E INTERPRETACIÓN DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Geology on the coast: sediment analysis techniques and sedimentary environment interpretation

Jesús E. Caracuel, Hugo Corbí, José A. Pina y Jesús M. Soria (*)

RESUMEN

El estudio de los componentes, tanto bióticos como abióticos, que forman los sedimentos y rocas sedimentarias posibilita de modo fácil y directo la obtención de información sobre el medio de depósito. En este taller se describe la metodología para el análisis de las microfácies utilizando, como ejemplo, sedimentos costeros y marinos de edad Messiniense y Plioceno de la Cuenca del Bajo Segura (Alicante).

ABSTRACT

The study of the biotic and abiotic components that build up sediments and sedimentary rocks give us an easy and direct way to obtain information about the depositional environment. In this workshop a methodology for the microfacies analysis is described, using as an example the Messinian and Pliocene coastal and marine sediments of the Cuenca del Bajo Segura (Alicante).

Palabras clave: *Costa, ambiente sedimentario, análisis de sedimentos*

Keywords: *Coast, depositional environment, sediment analysis*

INTRODUCCIÓN

El estudio de la microfácies (rasgos que requieren para su observación el uso de técnicas microscópicas) es del máximo interés para la interpretación paleoambiental de medio de depósito donde se formaron los sedimentos y por tanto de la génesis de las rocas sedimentarias derivadas. Estos análisis son un complemento básico a la información aportada por los estudios de facies observables a simple vista, sean estratigráficos (características de los conjuntos de rocas estratificadas), sedimentológicos (procesos sedimentarios y estructuras resultantes) o paleoecológicos (asociación fósil registrada). El estudio de los componentes, tanto bióticos como abióticos, que forman los sedimentos y rocas sedimentarias posibilita de modo fácil y directo la obtención de información sobre el medio de depósito tal como el origen de los aportes, el grado de transporte o la hidrodinámica, batimetría, productividad, temperatura o salinidad de las aguas.

El análisis de la microfácies se puede realizar siguiendo una metodología muy simple, sin grandes requerimientos instrumentales y con resultados utilizables en investigación y docencia. En la versión docente, el nivel de aplicación puede ser tanto básico o elemental (Enseñanzas Medias) como avanzado (Enseñanzas Universitarias). De este modo, se pueden diseñar prácticas muy sencillas y simplificadas sobre estudios de microfácies, en los que solo

se diferencie (sin cuantificar o simplemente estimando visualmente) el componente biótico (fósiles y restos de esqueletos de organismos) del abiótico (fragmentos no esqueléticos heredados de rocas previas), que permitirá obtener ya unas conclusiones sobre la génesis de las rocas. O también llegar más lejos en el análisis de los componentes, caracterizando cuantitativamente sus tipos, tamaños y formas tanto de los elementos bióticos como abióticos, lo que permitirá ahondar en las conclusiones obtenidas.

Existen dos metodologías básicas de estudio de la microfácies de sedimentos y rocas sedimentarias, cada una con sus pros y sus contras: 1) **Realización de láminas delgadas y observación en microscopio óptico de transmisión.** Se realiza sobre rocas bien litificadas (o sedimentos cementados artificialmente con una resina). Posee la ventaja de preservar las relaciones geométricas entre los distintos componentes de la roca, mientras que su inconveniente es la ausencia de visualización tridimensional de los mismos, ya que se observa con luz transmitida una lámina muy fina (en torno a 15 mm) de roca al microscopio (Franco y Gonzalo, 2000). 2) **Realización de levigados y observación bajo lupa binocular.** Es apropiada para sedimentos o rocas poco cohesivas (eventualmente aplicable en rocas bien litificadas tras su disgregación por métodos físicos o químicos). A diferencia del anterior método se pierden las relaciones geométricas entre los componentes,

(*) Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Univ. Alicante. Apdo. 99 San Vicente del Raspeig – 03080 Alicante



pero posibilita el estudio tridimensional de los componentes. En nuestro plan de trabajo hemos optado por esta segunda metodología, ya que permite la realización completa del proceso desde la fase de muestreo en campo, elaboración de los levigados hasta la observación y estudio bajo lupa binocular. Téngase en cuenta que las láminas delgadas son complejas (e incluso peligrosas) de hacer por los alumnos, ya que requieren días de elaboración e instrumental muy específico, costoso y complicado de usar (máquinas de corte, pulidoras etc.).

Este taller se puede realizar, a priori, en cualquier contexto sedimentario, tanto actual como antiguo, bien sea continental o marino, incluso realizando comparaciones entre medios equivalentes en distintas edades o medios distintos adyacentes de la misma edad. Unos ambientes de depósito especialmente favorables son los costeros y marinos someros, como son los casos que se ilustrarán en este taller (borde norte de la cuenca del Bajo Segura, provincia de Alicante), ya que ofrecen microfácies muy diversas (continentales y marinas) relacionadas espacialmente.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

El taller se realizará sobre sedimentos costeros y marinos someros de edad Messiniense y Plioceno que afloran en el borde norte de la cuenca del Bajo Segura, en las proximidades del pantano de Crevillente (Alicante). Se remite a Montenat et al. (1990), Alfaro (1995) y Soria et al. (2002) para una extensa descripción del contexto deposicional del Neógeno reciente del borde norte de la cuenca del Bajo Segura y del afloramiento seleccionado en particular.

Serán analizadas tres muestras, que corresponden a diferentes medios de depósito: 1) laguna y pantanos costeros, 2) plataforma marina terrígena-playa, y 3) cuenca marina pelágica (ver Caracul et al. 2004; Itinerario geológico del XIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Alicante 2004, complementario a este taller).

- Muestra 1. (Unidad Messiniense I): Margas y arcillas con fósiles de ostreidos y roedores, calizas margosas con fósiles de gasterópodos y niveles ocasionales de ostracoditas, interpretadas como depósitos de lagunas y pantanos costeros.
- Muestra 2. (Unidad Plioceno, conjunto P2): Areniscas amarillas con bioturbaciones de *Thalassinoides* y estratificación cruzada de gran escala originada por dunas subacuáticas, interpretado como medio de plataforma terrígena marina somera que evoluciona verticalmente hacia medios de playa.
- Muestra 3. (Unidad Plioceno, conjunto P1): Margas ricas en foraminíferos planctónicos y bentónicos, espículas de esponjas y fósiles de lamelibranquios y equinodermos intensamente ferruginizados que se interpretan de medio marino abierto (pelágico).

MATERIAL

Para la recogida de muestras en campo, martillo, bolsas estancas (mejor con auto-cierre), rotuladores permanentes (o etiquetas auto-adhesivas).

Para la elaboración del levigado en laboratorio, vasos de precipitado (o botes de plástico/vidrio), agua oxigenada (110 volúmenes), azul de metileno (opcional), un disgregante tipo hexametafosfato sódico (alternativamente un lavavajillas común), juego de tamices (luz de malla 500, 125 y 63 mm), baño de ultrasonidos (opcional), cuenco refractario (opcional), estufa de secado (opcional) y botes o cajas pequeñas para guardar muestras.

Para la observación y análisis en gabinete, lupa binocular, microbateas, celdillas, punzones y pinces pequeños.

METODOLOGÍA

El proceso será descrito considerando tres fases (Figura 1); muestreo en campo, elaboración de los levigados en laboratorio y observación y análisis de la muestra en gabinete.

La *recogida de material en campo* se realiza extrayendo 200-500 gramos de roca (o sedimento) no alterada en superficie, que sea representativa del nivel estratigráfico elegido. Se seleccionarán aquellos niveles más margosos, sin excesiva cementación. El material se transportará en bolsas estancas, convenientemente cerradas y etiquetadas.

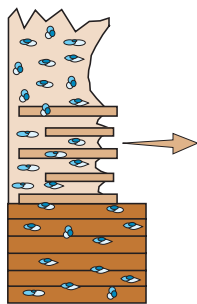
Para la *realización de los levigados* se procede a macerar una fracción de cada muestra (siempre igual cantidad; 100-200 gr.), sumergiéndola en agua (o disolución de H₂O₂ de 110 volúmenes, al 15%) un tiempo variable que depende de su cohesión (varias horas o días). Durante la maceración, o al inicio de ella, conviene añadir unas gotas de alguna sustancia disgregante (un lavavajillas común es válido) para ayudar a separar los componentes del sedimento.

Una vez disgregada la muestra está preparada para proceder a su tamizado utilizando tres tamices (malla de 500, 125 y 63 mm) colocados en orden de luz de malla decreciente hacia debajo. El lavado se realizará por medio de un chorro de agua a presión por el tamiz superior, hasta que la escorrentía por el inferior no contenga partículas en suspensión. De este modo se evacua por el tamiz inferior la fracción más fina (arcillas y limos finos <63 mm) y se recoge en el superior la fracción más gruesa si la hubiera (arena muy gruesa y grava > 500 mm), ya que ambas serán desechadas. La fracción de mayor interés será la retenida en el tamiz intermedio (entre 500 mm y 125 mm), mientras que la recogida en el tamiz inferior (entre 125 mm y 63 mm) se utilizará sólo para comprobar que no exista un sesgo composicional importante respecto a la primera.

Si el sedimento contiene numerosos agregados de partículas o abundante fracción arcilla es conveniente realizar un baño de ultrasonidos (si se dispone del equipo) antes o durante el tamizado. De este modo se favorece la disgregación y puesta en sus-



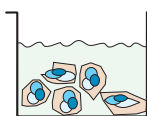
FASE DE MUESTREO EN CAMPO



MUESTREO

200-500 gr. muestra no alterada

FASE DE LEVIGADO EN LABORATORIO



MACERACIÓN

Agua (+H₂O₂)
1-24 hora



TAMIZADO

Agua a presión
Tamices (500, 125, 63 μm)
Baño ultrasónicos opcional

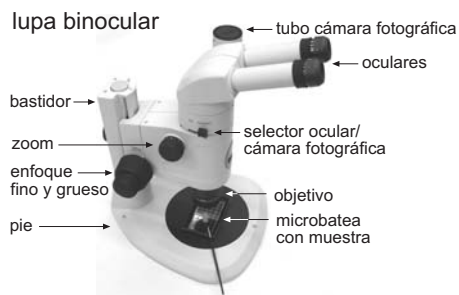


DESECACIÓN

1/2 hora en estufa
50-90 °C

FASE DE OBSERVACIÓN E INTERPRETACIÓN EN GABINETE

lupa binocular



material empleado



Fracción <125μm = Peso Inicial-Peso Levigado = arcillas + ortoquímicos (micritas y esparitas)

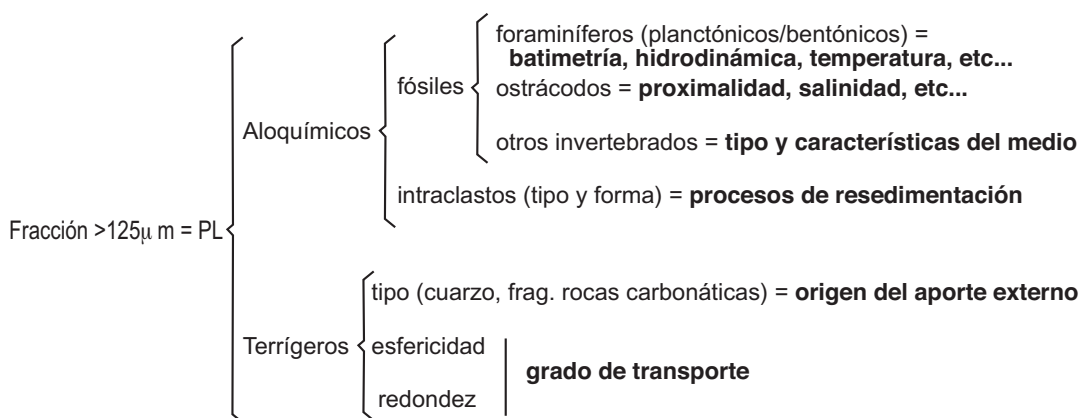


Fig. 1. Síntesis de la metodología de trabajo durante las fases de recogida de muestras en campo, levigado en laboratorio y observación bajo lupa binocular.



pensión de las partículas agilizándolo su tamizado. Una vez tamizada una muestra y antes de proceder con la siguiente se deben de limpiar minuciosamente los tamices con agua limpia a presión para evitar contaminaciones. Opcionalmente se pueden sumergir en una solución de 5% de azul de metileno que teñirá las posibles partículas retenidas en la malla, posibilitando su reconocimiento si contaminasen futuros levigados.

Los residuos retenidos en el tamiz intermedio (500-125 mm) e inferior (125-63 mm) se deben de secar antes de recuperarlos. Esta labor se puede realizar en condiciones atmosféricas (esperar un día) o agilizar utilizando un cuenco refractario para desecar el sedimento en la estufa eléctrica durante unos minutos a 50-90 °C (si se dispone de ésta). El residuo seco final se guardará convenientemente etiquetado en un pequeño bote o cajita hermética.

En la fase de *observación y análisis de la muestra en gabinete* el material obtenido del proceso de levigado se vierte en una pequeña bandeja de color negro (microbatea) para su observación bajo lupa binocular. En esta fase son útiles los pequeños punzones y pinceles para manipular las partículas durante su observación. Eventualmente aquellas de mayor interés (p.e. microfósiles) pueden ser salvadas en celdillas mediante un pincel o punzón muy fino humedecido en agua. Si las celdillas son abiertas las partículas han de ser fijadas con algún tipo de goma o de masilla adhesiva (plastilina).

RESULTADOS

En el ejemplo seleccionado para este taller sobre medios costeros y marinos someros de edad Messiniense y Plioceno, analizaremos rocas carbonatadas mixtas (margas) y rocas detríticas (areniscas). Las rocas carbonatadas están formadas por tres componentes principales: 1) *Aloquímicos*, que son partículas carbonatadas generadas en la propia cuenca, como los fósiles o restos de esqueletos de organismos, ooides, pellets, pisolitos, oncolitos o intraclastos diversos. 2) *Ortoquímicos*, que corresponden a precipitados directos del agua del mar como la micrita (constituye la matriz; calcita microcristalina <5mm) y esparita (cementos que rellena poros; cristales de calcita >10-20 mm). 3) *Terrígenos*, partículas incorporadas desde fuera de la cuenca, como fragmentos de rocas, cuarzos, feldspatos, micas y arcillas. Las rocas detríticas están formadas por los mismos componentes antes señalados, si bien en contenido en carbonatos ortoquímicos (especialmente la micrita precipitada) es muy bajo o despreciable respecto a los terrígenos. Son, por lo tanto, rocas compuestas predominantemente por fragmentos de rocas que proceden de fuera de cuenca. Éstas se suelen clasificar por su granulometría (tamaño de grano) y morfología de partículas (redondez y esfericidad), con indicación adicional del porcentaje entre los terrígenos y los aloquímicos (en el caso de que estos últimos estuviesen representados).

Se ha de tener en cuenta que con la realización

del levigado se ha eliminado el componente ortoquímico (matriz micrítica y cemento esparítico) y parte de los aloquímicos y terrígenos (aquellos de tamaños < de 63 mm como las arcillas). De este modo, para las margas, básicamente tendremos componentes aloquímicos, representados por fósiles e intraclastos carbonatados generados en la propia cuenca, además de material terrígeno de procedencia externa a la cuenca. Si se desea, esta componente ortoquímica junto con el material terrígeno fino (fundamentalmente arcillas) se puede calcular restando el peso de material tras ser levigado (PL) al peso inicial de muestra (PI). Cuando se levigan areniscas se perderá la fracción inferior a 63 mm, obteniendo un residuo compuesto por terrígenos (fragmentos de rocas) y aloquímicos (fósiles) en porcentajes variables.

La abundancia de cada uno de estos tres componentes básicos (fósiles, intraclastos y terrígenos) se puede cuantificar separándolos en varias fracciones de peso conocido y posteriormente pesando cada una de ellas. Este método tiene el inconveniente derivado del gran consumo de tiempo que requiere la separación de las fracciones y de la necesidad de empleo de balanza de precisión. Otras alternativas, más operativas y suficientemente precisas consisten en el conteo de granos al azar de cada tipo (que se expresará en % en peso teniendo en cuenta que los granos son muy semejantes en tamaño y densidad) o la estimación visual directa del porcentaje utilizando tablas de referencia (Corrales et al. 1977, Franco y Gonzalo 2000).

En nuestro ejemplo, la fracción terrígena se interpreta procedente de fuera de la cuenca, aportada por los cursos fluviales y acumulada en ambientes costeros (deltas y playas) (Figura 2). Está formada casi exclusivamente por cuarzo y fragmentos de rocas carbonáticas que provienen de la erosión de los relieves circundantes (Zonas Externas Béticas). Tanto el cuarzo como los fragmentos de rocas carbonáticas pueden ser caracterizados morfológicamente en base a la determinación de dos parámetros: redondez y esfericidad. El primero expresa el grado de suavidad de los contornos de la partícula, con dos extremos: muy redondeados y muy angulosos; el segundo, la esfericidad, define la forma de la partícula en comparación con una esfera, con extremos correspondientes a partículas de muy poca esfericidad (fusiformes o discoidales) y de muy alta esfericidad (equidimensionales). Estos parámetros se obtienen por comparación visual, usando tablas de tipos morfológicos estandarizados (Corrales et al. 1977). Ambos parámetros informan tanto sobre el grado de transporte como de la proximidad del área fuente del sedimento. Sirvan de ejemplo dos casos supuestos: 1) sedimentos con predominio de partículas duras con altos valores de esfericidad y redondeamiento indicarían un acusado desgaste, como consecuencia de un transporte prolongado y de una gran distancia del área de origen; y 2) sedimentos dominados por partículas blandas, angulosas y poco esféricas, reflejarían un escaso desgaste, un transporte corto y una gran cercanía del área fuente.



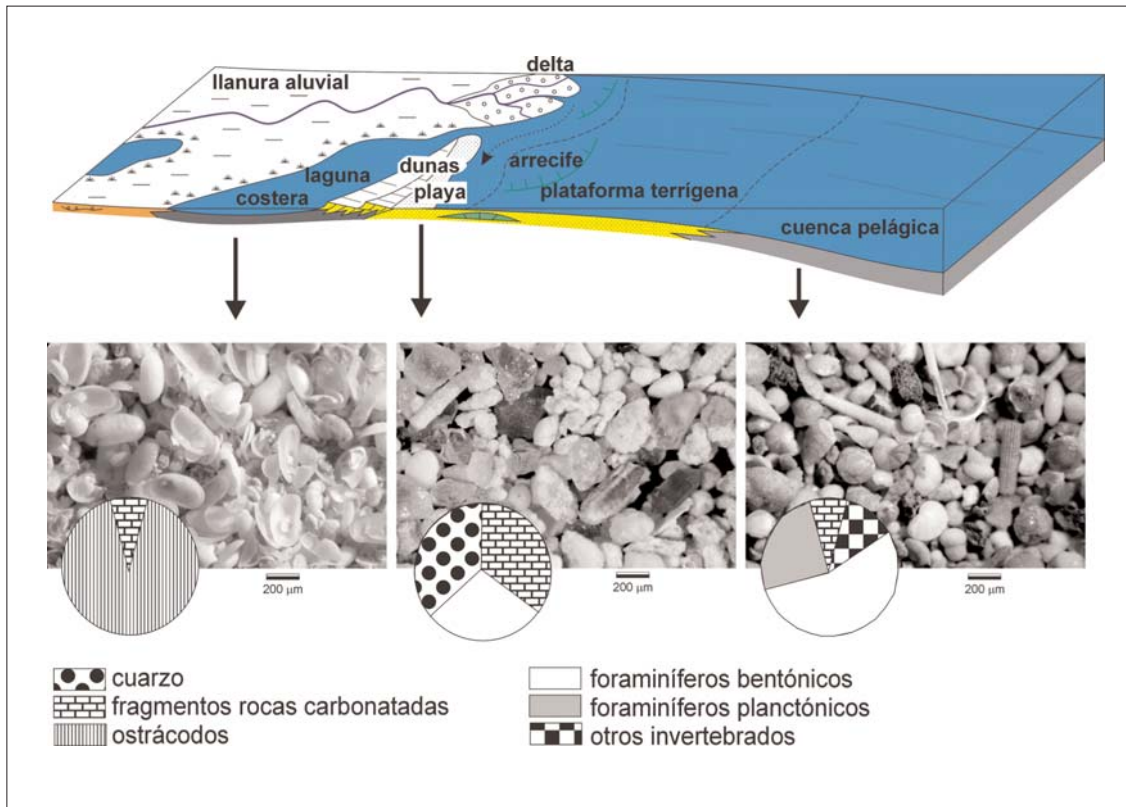


Figura 2. Esquema de un margen de cuenca sedimentaria marina (superior) y ubicación de las muestras estudiadas en medios de laguna costera (izquierda), playas (centro) y marino abierto (derecha). Los diagramas de sectores reflejan las proporciones promedio de los tipos de clastos más importante en las microfacies de los tres ambientes analizados.

Aparte de estos parámetros morfológicos descritos, la litología de los terrígenos informa sobre los dominios geológicos que suministraron el sedimento; así, para el caso de las muestras que serán analizadas, la presencia de fragmentos de rocas carbonáticas y de cristales de cuarzo bipiramidados indica una fuente de alimentación ubicada en las Zonas Externas Béticas, donde dominan calizas jurásico-cretácicas y arcillas con cuarzos de edad triásica (Trías de facies Keuper).

A diferencia de los terrígenos que provienen de fuera de la cuenca, el componente aloquímico en su conjunto se interpreta originado en la propia cuenca. Por tanto la relación aloquímicos / terrígenos informa de la procedencia interna o externa a la cuenca de la sedimentación. Los intraclastos carbonatados son relativamente escasos, únicamente representados por grandes pellets, ooides y agregados de micrita muy cohesivos que no fueron disgregados durante el levigado. Están presentes sobre todo en los medios de playas y su abundancia informa sobre los procesos de sedimentación no inducidos directamente por los organismos en la plataforma, así como los procesos de resedimentación.

Los fósiles son el componente aloquímico más abundante y su porcentaje frente al resto informa sobre el grado de actividad biogénica y localización de las zonas de máxima productividad orgánica en

el medio. A excepción de los foraminíferos planctónicos (y rarísimos radiolarios), la asociación fósil está dominada por organismos bentónicos, como foraminíferos bentónicos, ostrácodos, bivalvos, esponjas y equinodermos. En las zonas de mayor influencia continental (lagunas costeras) son características las asociaciones muy ricas, o exclusivas, de ostrácodos (ostracoditas), típicas de estos medios de transición con salinidad anómala. En cambio, en las zonas de influencia marina (playas y medios marinos abiertos) dominan los foraminíferos, además del resto de organismos presentes.

En general, los foraminíferos planctónicos y bentónicos caracterizan, respectivamente, los ambientes más profundo y distales frente a los más someros y proximales. En consecuencia su relación es indicativa de la batimetría de las aguas. Como se observa en la figura 2, el porcentaje de foraminíferos bentónicos es máximo en las playas, mientras que tiende a compensarse con los planctónicos hacia los medios marinos abiertos. Más en detalle, la proporción de ciertos grupos morfológicos de foraminíferos bentónicos, fácilmente reconocibles como espiralados (cámaras dispuestas en espiral) frente a seriados (cámaras dispuestas en línea), sus tipos de conchas, como calcítica hialina (clara), aporcelanada (blanca) o aglutinada (agregados de partículas), o bien la cantidad de orna-



mentación (espinas, tubérculos o carenas) se puede relacionar con las condiciones hidrodinámicas, de nutrientes o de temperatura, etc., del medio (Molina 2002). Un último análisis más profundo de la asociación de foraminíferos implicaría su clasificación, al menos a nivel de género, que sólo se recomienda para talleres diseñados para estudios avanzados (universitarios). Numerosos géneros y especies de foraminíferos son excelentes marcadores ambientales de condiciones particulares de batimetría, temperatura, salinidad, luminosidad, turbulencia, nutrientes, quimismo, etc., de las aguas marinas (Murray, 1991).

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, P. (1995). Neotectónica en la Cuenca del Bajo Segura (extremo oriental de la Cordillera Bética). Tesis Doctoral, Univ. Alicante, 219 p.
- Corrales, I., Rosell, J., Sanches de la Torre, L., Vera J.A. y Vilas, L. (1977). *Estratigrafía*. Ed. Rueda, 718pp.
- Franco, M.P. y Gonzalo, J.C. (2000). Taller de Petrología: Enseñanza de la petrología con el microscopio petrográfico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8.1, 38-47.
- Molina, E. (Editor) (2002). *Paleontología*. Prensas Universitarias de Zaragoza. 634pp.
- Montenat, C., Ott d'Estevou, P. y Coppier, G. (1990). Les bassins néogènes entre Alicante et Cartagena. *Doc. et Trav. I.G.A.L.* 12-13: 313-368.
- Murray J.W. (1991). *Ecology and Paleoecology of benthic foraminifera*. 397pp.
- Soria, J.M., Yébenes, A. y Caracuel, J.E. (2002). La sección Messiniense – Plioceno de Crevillente (Cordillera Bética oriental): expresión de la crisis de salinidad del Mediterráneo. *Geogaceta*, 31: 167-170. ■

