

# Registro del evento anóxico oceánico OAE1a (Aptiense inferior) en un contexto de plataforma. Prebético (provincia de Alicante)

*Record of the oceanic anoxic event OAE1a (Lower Aptian) in a platform setting. Prebetic (Alicante province)*

J.M. Castro <sup>(1)</sup>, G.A. de Gea <sup>(1)</sup> y M.L. Quijano <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus Universitario, 23071-JAÉN, España. jmcastro@ujaen.es, gadegea@ujaen.es

<sup>(2)</sup> Departamento de Química Inorgánica y Orgánica, Universidad de Jaén, Campus Universitario, 23071-JAÉN, España. lquijano@ujaen.es

## ABSTRACT

*The Early Aptian was a time of major global events, being probably the most notable the Oceanic Anoxic Event 1a. In this paper, we present the study of the record of the OAE1a in a platform setting, the Prebetic Zone of the Betic Cordillera, which represents the shallow platform environments of the Southern Iberian Palaeomargin during the Mesozoic. In this context, several events of global and regional character are recorded, whose timing and relationships are extremely interesting to be clarified. The correlation between the studied sections has permitted the establishment of the timing of the main sedimentary events. The transgressive general context recorded in the studied units, linked to the tectonic subsidence, resulted in several retrogradational pulses, leading finally to the drowning of the shallow platform, which was postdated by the OAE1a event. The record of the OAE1a in a platform setting is explained as related to a local combination of factors, as a transgressive general context, strong local subsidence rate, and important input of terrestrial organic matter in the platform, as has been supported by the data provided from the analysis of the organic matter contained in the sediments.*

**Key words:** *Aptian, Prebetic, OAE 1a, Platform, Biomarkers.*

*Geogaceta, 40 (2006), 251-254*

*ISSN: 0213683X*

## Introducción

Durante el Aptiense inferior tuvieron lugar importantes eventos sedimentarios de escala global, entre los que destaca el Evento Anóxico Oceánico 1a (OAE1a, Jenkyns, 1980), registrado en sedimentos marinos pelágicos ricos en materia orgánica. Este evento global ha sido intensamente estudiado en los últimos años (Coccioni *et al.*, 1992; Weissert *et al.*, 1998; Erba *et al.*, 1999; Gea *et al.*, 2003; entre otros), y ha sido caracterizado desde el punto de vista litológico, sedimentológico, bioestratigráfico y geoquímico, con la finalidad de interpretarlo en términos de paleogeografía, paleoceanografía y estratigrafía de eventos. Los modelos propuestos para explicar este evento se basan principalmente en una elevada productividad orgánica en las aguas oceánicas, y en unas condiciones del fondo marino favorables a la preservación de la misma (p. ej. Wignall, 1994; Jenkyns, 1999). La mayoría de las secciones en las que se ha detectado y estudiado el registro de este evento se encuentran en contextos paleogeográficos pelágicos. En este trabajo se presenta una nueva sección con registro

del OAE 1a, que pertenece a un dominio paleogeográfico de plataforma carbonatada somera (el dominio Prebético de las Zonas Externas de la Cordillera Bética). La ubicación de esta sección permite discutir la relación entre el evento anóxico y la evolución sedimentaria de la plataforma somera, cuyo registro aparece expuesto en una misma sección estratigráfica, la de Agres en la Sierra de Mariola (NO de la provincia de Alicante), que pertenece al Prebético de la provincia de Alicante, bien caracterizado en numerosos trabajos previos (p.ej. Castro, 1998; Ruiz-Ortiz y Castro, 1998; Castro *et al.*, 2001).

## Contexto geológico

La Zona Prebética de la Cordillera Bética está constituida por las rocas depositadas en el dominio de plataforma somera del Paleomargen Sudibérico durante el Mesozoico. El Aptiense inferior está muy bien representado, especialmente en los afloramientos de la parte oriental del Prebético en la provincia de Alicante (Ruiz-Ortiz y Castro, 1998) (Fig. 1). Dos formaciones constituyen el Aptiense inferior de este sector (Castro, 1998) (Fig. 2):

Formación Llopis: esta unidad es de edad Barremiense superior-Aptiense inferior, y solamente sus miembros medio y superior son de edad Aptiense inferior. El miembro medio está constituido por una potente sucesión de calizas con rudistas y corales depositadas en ambientes de plataforma carbonatada somera, divididas en una sucesión de parasecuencias. Cada parasecuencia, con una evolución vertical somerizante hacia techo, está constituida por calizas de plataforma interna con rudistas, y pasa lateralmente hacia el sur, a través de un conjunto de clinofomas progredientes, a calcarenitas de plataforma abierta. El apilamiento de parasecuencias define en conjunto una evolución vertical regresiva-transgresiva. El miembro superior de esta formación es retrogradante respecto del inferior, y aflora en los sectores más septentrionales del Prebético de la provincia de Alicante (sección de Agres en la Sierra de Mariola y sección de Planes, Fig. 1); está constituido por arenas, areniscas y rudistas arenosas con rudistas (caprínidos), con estructuras sedimentarias de corrientes de alta energía, en algunos casos interpretadas como tempestitas. Tanto el miembro medio como el superior pasan lateralmen-

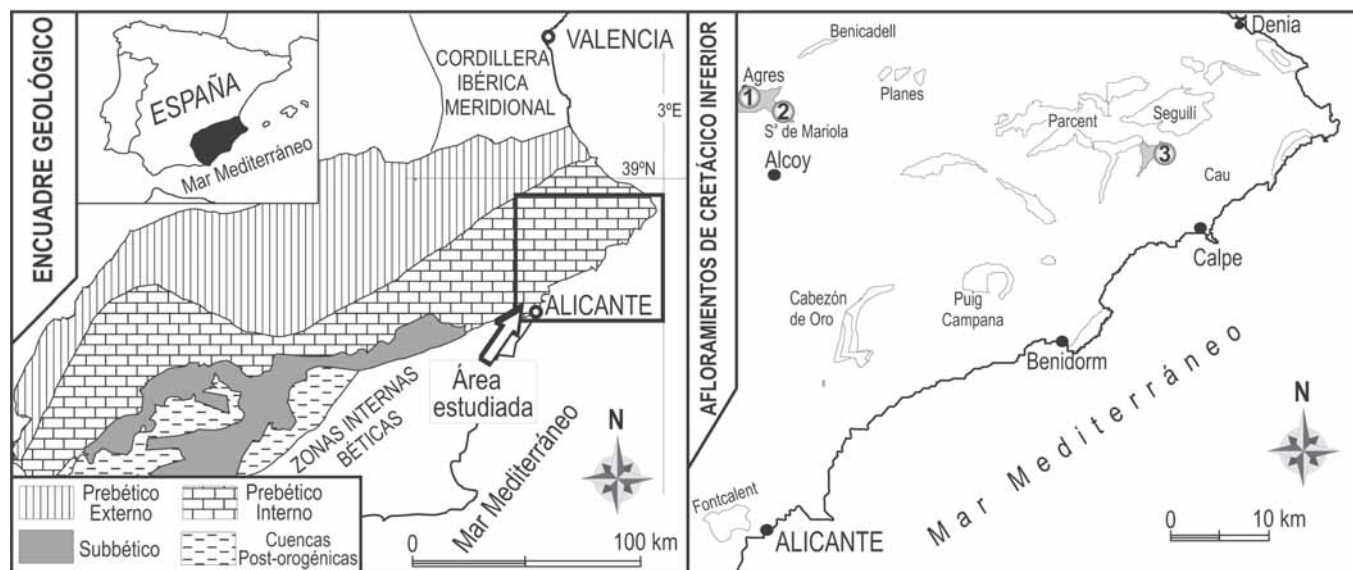


Fig. 1.- Localización geográfica y geológica del área estudiada.

Fig. 1.- Geographical and geological location of the studied area.

te hacia el sur-sureste mediante un cambio lateral de facies a la Formación Almadich.

**Formación Almadich:** esta unidad es de edad Aptiense p.p.; en la sección de Mariola abarca el Beduliense superior-Gargasiense inferior, mientras que hacia el sur comprende un intervalo de tiempo mayor, desde la base del Beduliense hasta el Clansayense inferior (Castro *et al.*, 2001; Gea, 2004). Está constituida por una ritmita de margocalizas y margas con ammonites, foraminíferos planctónicos y nanofósiles que han permitido una datación precisa de la misma. En general los materiales son de tonos amarillentos, aunque localmente se detectan niveles de margas oscuras enriquecidas en materia orgánica. El estudio de la sección del Cau, localizada en una posición relativamente distal dentro de la plataforma (Figs. 2 y 3), caracterizada por la ausencia de las facies someras de la Formación Llopis, permitió identificar el evento anóxico OAE 1a en los niveles oscuros, tanto por la estratigrafía de isótopos de carbono como por su bioestratigrafía (Aguado *et al.*, 1999; Gea *et al.*, 2003). El estudio detallado de la sección de Agres, en la Sierra de Mariola (Fig. 2), ha puesto de manifiesto la presencia de un tramo rico en materia orgánica dentro de la Formación Almadich, que se ha estudiado en detalle.

#### La sección de Agres

En la sección de Agres se suceden en la vertical los miembros medio y superior de la Formación Llopis, y sobre estos se dispone en continuidad la Formación

Almadich, que contiene en su parte inferior un tramo de 1,8 metros de espesor de margas beige-ocres, sobre las que sigue un intervalo de 5,8 metros de espesor de margas oscuras; la sección termina con 50 metros de una ritmita de margas y margocalizas beige de la parte superior de la Formación Almadich.

El análisis bioestratigráfico realizado en esta sección se ha basado en el estudio de foraminíferos planctónicos y nanofósiles. Este estudio ha permitido reconocer la Zona de *Schackoina cabri* de foraminíferos planctónicos, caracterizada por la presencia de *Schackoina cabri*, *Praehedbergella sigali*, *Praehedbergella aptiana*, *Praehedbergella infracretacea*, *Globigerinelloides blowi*, *Praehedbergella sp. cf. P. convexa*, *Praehedbergella gorbachikae*, *Praehedbergella tuschepsensis*, y *Globigerinelloides duboisi*. El estudio de los nanofósiles ha permitido identificar la Zona de *Hayesites irregularis*, que contiene como taxones característicos *Hayesites irregularis*, *Nannoconus truitii* y *Braarudosphaera africana*. Estos datos permiten asignar una edad Aptiense inferior a estos materiales (Fig. 2). Además, la presencia de especímenes de *Nannoconus truitii*, junto con la escasez de *Nannoconus* de canal estrecho, indica que estas margas se depositaron durante la «crisis de los nannoconus» (Aguado *et al.*, 1999), que se reconoce en la sección de Agres desde la base de la Formación Almadich (Fig. 2).

Los datos expuestos permiten correlacionar el intervalo de margas oscuras de la sección de Agres con el intervalo de arcillas oscuras de la sección del

Cau (Gea *et al.*, 2003) correspondiente al evento anóxico OAE1a (Fig. 2).

#### Análisis de la materia orgánica

Se ha realizado un estudio de la materia orgánica presente en las margas oscuras; en concreto se ha realizado un análisis elemental de  $C_{org}$  y N con un Analizador Elemental Thermo Finnigan FlashEA1112 CHNS-O, sobre muestras tratadas previamente con HCl 1M para eliminar el C inorgánico. Además se ha realizado una caracterización preliminar de la composición molecular (biomarcadores). Para estos análisis, se ha realizado un procedimiento de extracción de la materia orgánica mediante el uso de una mezcla de diclorometano-metanol (2:1) durante 24 horas en un soxhlet. El extracto obtenido se ha analizado mediante cromatografía de gases (CG)-espectrometría de masas (EM). Para el análisis se ha empleado un espectrómetro de masas HEWLET-PACKARD mod. HP 5989B GC/LC/MS unido a cromatógrafo de gases HEWLET-PACKARD mod. HP 5890A serie II.

El análisis elemental indica un contenido máximo de C orgánico de 0,8 % en los niveles oscuros de la sección de Agres, mientras que la relación C/N elemental oscila entre 10,4 y 16,6. Los valores de la relación C/N, según Meyers (1994), indicarían una mezcla de materia orgánica de procedencias continental y marina.

El estudio de biomarcadores ha puesto de manifiesto que la serie principal de compuestos identificados en los extractos corresponde a n-alcenos, como indica la

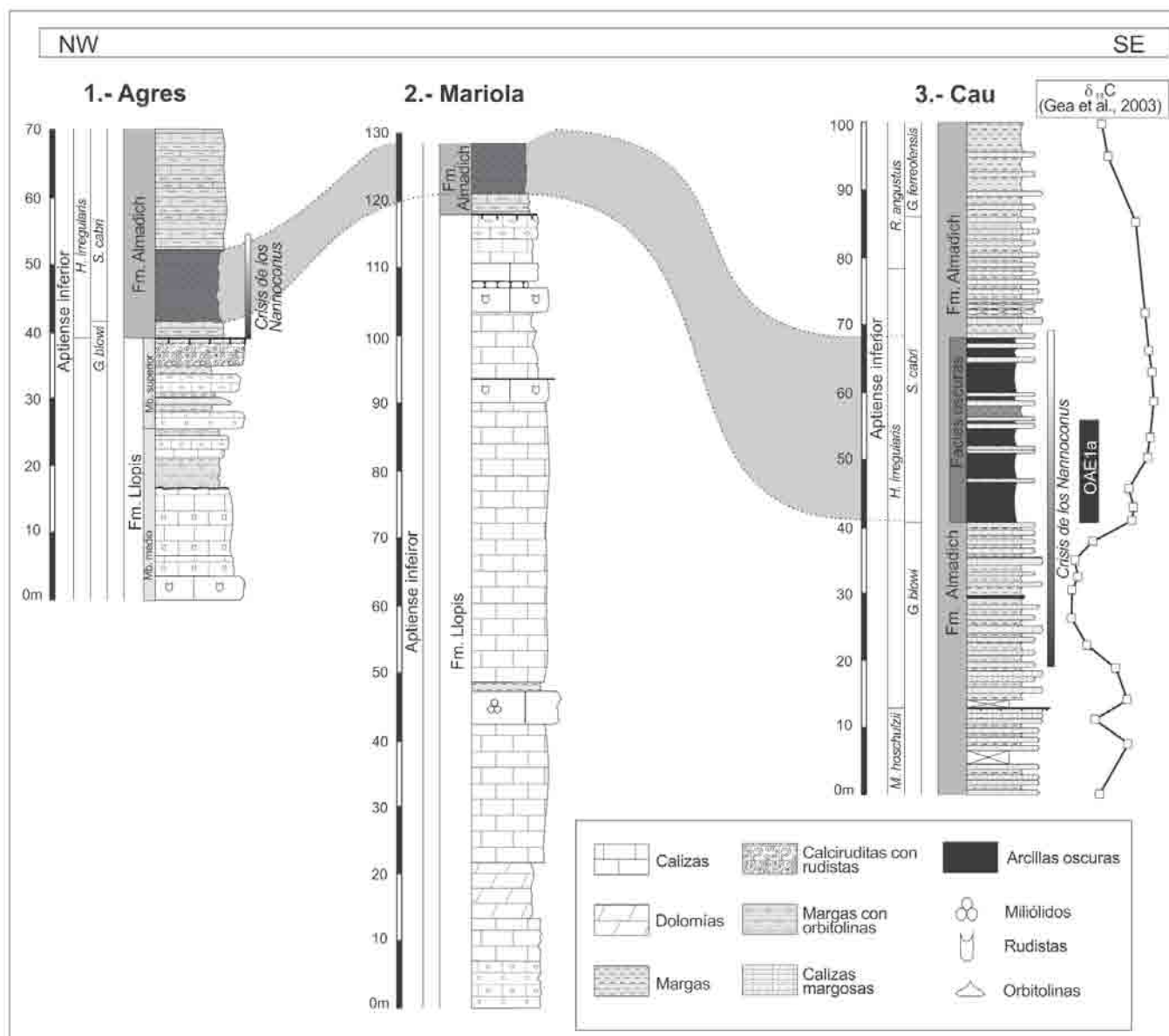


Fig. 2.- Sección de Agres y correlación con las secciones de Mariola y Cau.

Fig. 2.- Agres section and correlation with Mariola and Cau sections.

monitorización del ión  $m/z = 85$  específico. La distribución de las moléculas orgánicas identificadas indica una contribución de plantas superiores (moléculas con más de 20 átomos de C, con máximos a  $C_{28}$ ,  $C_{29}$  y  $C_{30}$ ).

### Discusión

El análisis y correlación de las secciones estratigráficas de Mariola-Agres y el Cau permite establecer la sucesión de procesos y eventos sedimentarios que tuvieron lugar en la plataforma prebética durante el Aptiense inferior en el sector de Alicante. El apilamiento de las parasecuencias del miembro medio de la Formación Llopis indica una evolución inicialmente regresiva que cambia a

transgresiva. Esta transgresión se produce mediante varios pulsos de retrogradación, marcados por la base de las sucesivas parasecuencias, y culmina con dos pulsos mayores, correspondientes al depósito de los niveles arenosos del miembro superior, y finalmente la instalación de los ambientes hemipelágicos de la Formación Almadich. Esta evolución se correlaciona con una clara transgresión en los sectores litorales del Prebético (García-Hernández *et al.*, 2001; Vilas *et al.*, 1993). En el sector de Alicante, los dos principales eventos sedimentarios registrados durante el episodio transgresivo del Aptiense inferior fueron el hundimiento (*drowning*) de la plataforma carbonatada, reflejada en el inicio

del depósito de las margas de la Formación Almadich, y el posterior evento anóxico (OAE1a). La sección de Agres pone claramente de manifiesto la relación temporal de estos dos eventos, de modo que el hundimiento de la plataforma fue anterior al evento anóxico.

El contexto paleogeográfico de la plataforma Prebética durante el Aptiense inferior estuvo marcado por un importante episodio tectónico extensional. En esta situación, la actuación de fallas ístricas en sucesivos pulsos dio lugar a la compartimentación de la plataforma en bloques con subsidencia diferencial (Vilas, 2001). En concreto, la región de Alicante se comportó como un área altamente subsidente, especialmente en el sector de la Sierra de Mariola (Fig. 3).

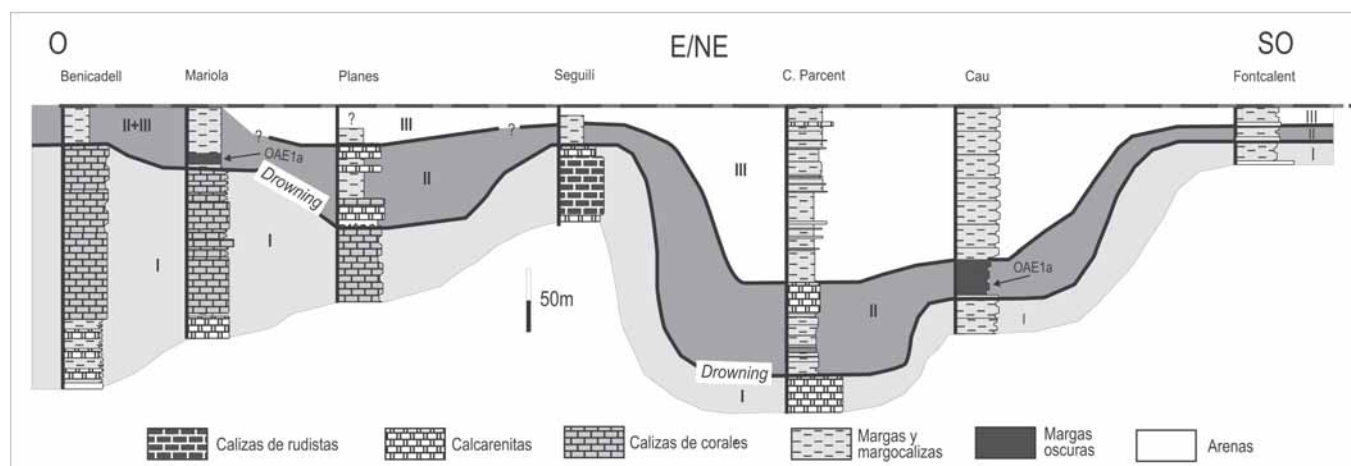


Fig.3.- Panel de correlación del Aptiense inferior del Prebético de Alicante. (Modificado a partir de Castro y Ruiz-Ortiz, 1998).

Fig. 3.- Correlation panel of the lower Aptian of the Prebetic of Alicante. (Modified from Castro and Ruiz-Ortiz, 1998).

Esta actividad tectónica fue en parte responsable de los dos principales eventos registrados. Por un lado el hundimiento de la plataforma se debió a la combinación de un evento tectónico que provocó un aumento brusco en la tasa de subsidencia y la entrada de los terrígenos del miembro superior de la Formación Llopis, que contribuyeron al deterioro en las condiciones ambientales, lo que llevó, en un contexto transgresivo, a la implantación de los ambientes hemipelágicos de la Formación Almadich. El depósito de las margas oscuras correspondientes al evento anóxico está relacionado con un cambio oceanográfico global (Jenkyns, 1999), si bien el hecho de que quedaran registradas en un ambiente de plataforma podría estar ligado con la tectónica local, que provocó la generación de un sector subsidente dentro de la misma, en la que las condiciones favorables para la preservación de la materia orgánica dieron lugar al enriquecimiento en carbono de los sedimentos que, a diferencia de los ejemplos de ambientes pelágicos, en este caso tuvo una importante fuente en los aportes continentales, como ha puesto de manifiesto el análisis realizado sobre la materia orgánica.

Aunque ha sido establecido que el hundimiento de la plataforma fue previo al evento anóxico, ambos eventos pudieron estar relacionados genéticamente, como ya ha sido propuesto a partir de otros ejemplos (Weissert *et al.*, 1998). Según estos autores, tanto el deterioro ambiental como la tectónica que dieron lugar al hundimiento de la plataforma pudieron estar ligados a una activación de la tectónica global, también causante de un

rápido aumento del contenido en CO<sub>2</sub> atmosférico, en último término responsable del evento anóxico global (p.ej. Larson y Erba, 1999).

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido co-financiado por el Proyecto de Investigación CGL2005-06636-C02-01 y por el Grupo de Investigación RNM-200 de la Junta de Andalucía. Agradecemos al Dr. R. Aguado (Universidad de Jaén) la determinación de los foraminíferos planctónicos y a D<sup>a</sup> Amparo Carrillo, D. Baltasar Deutor y D. Oscar del Pico el tratamiento de las muestras.

#### Referencias

- Aguado, R., Castro, J.M., Company, M. y Gea, G.A. de (1999). *Cretaceous Research*, 20, 663-683.
- Castro, J.M., Company, M. Gea, G.A. de y Aguado, R. (2001). *Cretaceous Research*, 22, 145-156.
- Castro, J.M. (1998). *Las plataformas carbonatadas del Valanginiense superior-Albiense superior en el Prebético de Alicante*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 464 pp.
- Coccioni, R., Erba, E. y Premoli-Silva, I. (1992). *Cretaceous Research*, 13, 517-537.
- Erba, E., Channell, J.E.T., Claps, M., Jones, C., Larson, R., Opdyke, B., Premoli-Silva, I., Riva, A., Salvini, G. y Torricelli, S. (1999). *Journal of Foraminiferal Research*, 29, 371-391.
- García-Hernández, M., Castro, J.M. y Nieto, L.M. (2001). En: *Itinerarios geológicos por el mesozoico de la pro-*

*vincia*. Departamento de Geología (P.A. Ruiz-Ortiz, J.M. Molina, L.M. Nieto, J.M. Castro y G.A. de Gea, Eds.), Univ. de Jaén, 63-91.

- Gea, G.A. de (2004). *Bioestratigrafía y eventos del Cretácico Inferior en las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Servicio de Publicaciones de la Univ. de Jaén, Jaén, 658 pp.
- Gea, G.A. de, Castro, J.M., Aguado, R., Company, M. y Ruiz-Ortiz, P.A. (2003). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 200, 207-219.
- Jenkyns, H.C. (1980). *Journal of the Geological Society, London*, 137, 171-188.
- Jenkyns, H.C. (1999). *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 1997, 943-949.
- Larson, R.L. y Erba, E. (1999). *Paleoceanography* 14, 663-678.
- Meyers, P.A. (1994). *Chemical Geology*, 114, 289-302.
- Ruiz-Ortiz, P.A. y Castro, J.M. (1998). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 169, 21-33.
- Vilas, L., Masse, J.P. y Arias, C. (1993). En: *Cretaceous carbonate platforms* (J.A. Simo, R.W. Scott, y J.P. Masse, Eds.). American Association of Petroleum Geologists Memoir, 56, 243-253.
- Vilas, L. (2001). *Geotemas*, 3, 1-6.
- Weissert, H., Lini, A., Föllmi, K.B. y Kuhn, O. (1998). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 137, 189-203.
- Wignall, P.B. (1994). *Black Shales*. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 30, Oxford Science Publications, 124 pp.