

El Valanginiense superior de la sección de Oliva (Zona Prebética, Valencia): análisis de facies, bioestratigrafía, isótopos de carbono y geoquímica orgánica

The upper Valanginian of the Oliva section (Prebetic Zone, Valencia): facies analysis, biostratigraphy, C-isotope stratigraphy and organic geochemistry

Ginés A. de Gea¹, Consuelo Arias², Lorenzo Vilas², José Manuel Castro¹, Miguel Company³, María Luisa Quijano⁴ y Sagrario García-Zafra¹

¹ Departamento de Geología, Universidad de Jaén. 23071 Jaén, España. gadegea@ujaen.es, jmcastro@ujaen.es, sgz00002@ies.ujaen.es

² Departamento de Estratigrafía. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid, España. ariasc@geo.ucm.es, vilasl@geo.ucm.es

³ Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Universidad de Granada. 18071 Granada, España. mcompany@ugr.es

⁴ Departamento de Química Inorgánica y Orgánica, Universidad de Jaén. 23071 Jaén, España. lquijano@ujaen.es

ABSTRACT

The Upper Valanginian stratigraphic section of the sierra de la Oliva (Prebetic, Valencia province) records a significant sedimentary episode which has been named as "Weissert Event". This event is characterized by a positive excursion in the $\delta^{13}\text{C}$ profile, which have been considered to be linked to a global perturbation in the carbon cycle, with environmental consequences that have been the object of debate, especially the degree of oxygenation of the sea bottom waters. We studied the sedimentary evolution during the late Valanginian in a shallow platform setting, beginning with the drowning of the early Valanginian carbonate platform, followed by a succession of shallowing-upwards sequences, which define a general deepening-upward evolution. The $\delta^{13}\text{C}$ profile records a positive excursion during the late Valanginian, and the biomarker study has revealed the episodic development of anoxia, coeval to the deposition of organic rich facies, occurred during the episode of maximum deepening of the platform. This study has demonstrated that the "Weissert Event" has been recorded in the Prebetic platform, and that the environmental perturbations gave place to the occasional development of anoxia in a context of high organic productivity.

Key-words: Upper Valanginian, Weissert event, Prebetic, platform, geochemistry.

RESUMEN

La sección estratigráfica del Valanginiense superior de la sierra de la Oliva (Prebético, provincia de Valencia) registra un interesante episodio sedimentario que ha sido denominado "Evento Weissert". Este evento está caracterizado por una excursión positiva en los valores del $\delta^{13}\text{C}$, que se considera ligada a una perturbación global en el ciclo del carbono, cuyas consecuencias ambientales son objeto de discusión, especialmente las condiciones de oxigenación en los fondos marinos. El estudio presentado aquí muestra la evolución sedimentaria del Valanginiense superior en un ámbito de plataforma somera, que comienza con el drowning de la plataforma carbonatada del Valanginiense inferior, y continúa con una sucesión de secuencias de somerización, que en conjunto definen una evolución general de profundización. El perfil de $\delta^{13}\text{C}$ registra una excursión positiva durante el Valanginiense superior, y el estudio de los biomarcadores ha puesto de manifiesto el desarrollo puntual de anoxia, simultáneo al depósito de facies ricas en materia orgánica, ocurrido en el momento de mayor profundización de la plataforma. Este estudio demuestra que el denominado "Evento Weissert" quedó reflejado en la plataforma Prebética, y que las perturbaciones ambientales locales dieron lugar al desarrollo puntual de anoxia en un contexto de elevada productividad orgánica.

Palabras clave: Valanginiense superior, evento Weissert, Prebético, plataforma, geoquímica.

Geogaceta, 56 (2014), 51-54.
 ISSN (versión impresa): 0213-683X
 ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31 de enero 2014
 Fecha de revisión: 29 de abril de 2014
 Fecha de aceptación: 30 de mayo de 2014

Introducción

Durante el Valanginiense superior tuvo lugar una importante perturbación del ciclo del carbono, registrada como una excursión positiva en los valores del $\delta^{13}\text{C}$ en sedimentos marinos y continentales. Algunos autores han considerado esta excursión como el resultado de un evento anóxico oceánico que denominaron "evento Weissert" (Erba *et al.*,

2004), si bien otros estudios posteriores ponen en cuestión el carácter anóxico del mismo y su relación con depósitos generalizados ricos en materia orgánica (p.ej., Westermann *et al.*, 2010; Greselle *et al.*, 2011).

En este trabajo se analizan las características estratigráficas, sedimentarias y geoquímicas de un excepcional afloramiento de edad Valanginiense, que registra el evento Weissert: la cantera del barranco de Elca, situada inmediatamente al Oeste de la locali-

dad de Oliva en la Provincia de Valencia, actualmente abandonada (Fig. 1A). Geológicamente forma parte del flanco meridional de la gran antiforma del Serpis situada en el límite septentrional del Prebético interno (Fig. 1B), en contacto directo, por falla, con los materiales pertenecientes a la cuenca Ibérica. Esta localidad ya fue citada por Darder-Pericás en 1945 y posteriormente estudiada por Champetier (1967, 1972), Pulido (1979), Company *et al.* (1982), Company (1987),

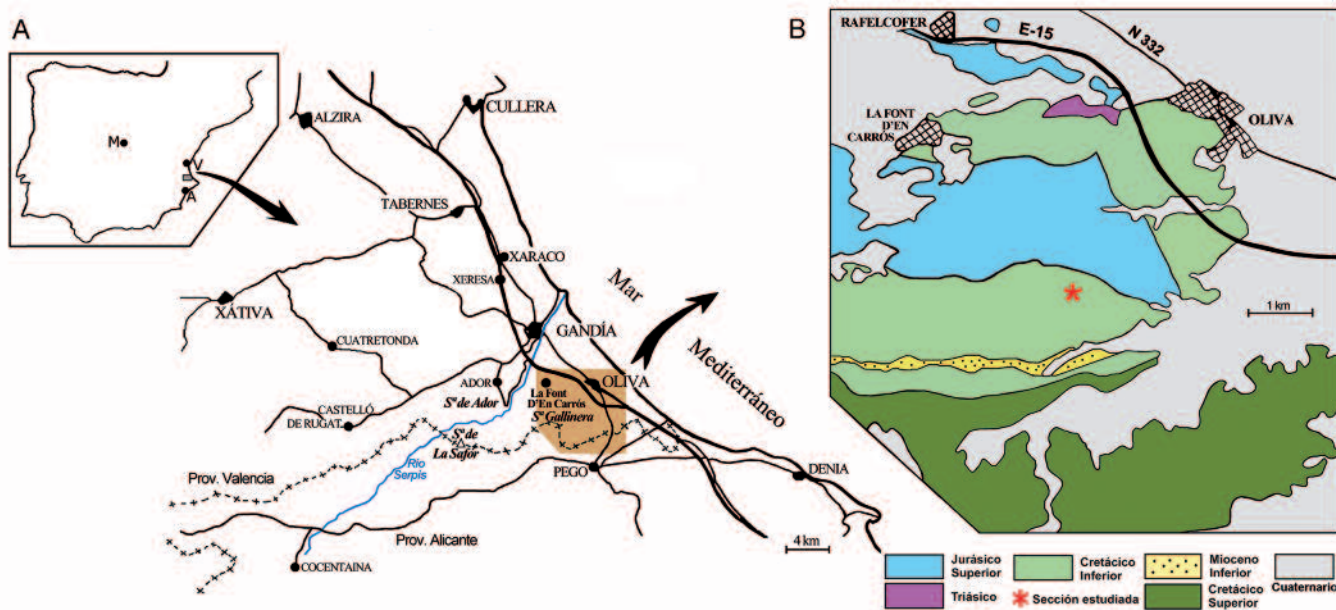


Fig. 1.- A) Localización geográfica del afloramiento estudiado. B) Mapa geológico simplificado del área de estudio (modificado de Arias et al., 2001)
 Fig. 1.- A) Geographic location of the studied outcrop. B) Simplified geologic map of the study area (modified after Arias et al., 2001).

Arias et al. (2001), y más recientemente por Gea et al. (2011).

A partir del estudio de la sección estratigráfica y el análisis de más de 150 muestras se ha realizado un análisis de facies y secuencial, así como la caracterización bioestratigráfica (ammonites y nannofósiles) y geoquímica (isótopos de carbono y biomarcadores). Este estudio aporta nuevos datos sobre la evolución sedimentaria y ambiental del Valanginiense superior en el Prebético, en una sección donde se registra el denominado "evento Weissert".

Análisis de facies y secuencial

Los materiales que forman el episodio sedimentario del Valanginiense superior–Hauteriviense se generan en un momento muy especial en el que el registro sedimentario presenta un carácter dominante de plataforma externa en la totalidad de los afloramientos del Prebético oriental.

Los materiales de plataforma externa correspondientes al Valanginiense superior están apoyados de forma brusca sobre las calizas someras, proximales, que contienen abundantes niveles de corales constructores del Valanginiense inferior. Este contacto, marcado por una importante costra ferruginosa, es el registro del *drowning* que sufrió todo el Tethys occidental en este momento.

Se distinguen claramente seis secuencias sedimentarias que pueden agruparse por sus características litológicas, su conte-

nido faunístico y su evolución vertical, en tres grupos de secuencias (Fig. 2).

Las dos primeras forman el primer grupo y muestran la gran agitación que siguió en esta zona por efecto del *drowning*. La primera secuencia está formada por arcillas y calizas arenosas con abundantes concentraciones de fósiles: ammonites, braquiópodos, lamelibranchios (*Aetostreon* y *Arctostrea* principalmente). La falta de continuidad lateral de los niveles más calcáreos, la abundancia de costras ferruginosas junto a las señales de erosión y retrabajamiento impiden una interpretación clara de su evolución vertical. La segunda secuencia muestra ya un mejor ordenamiento del registro sedimentario formando una clara secuencia de somerización con dominio de las arcillas hacia la base y la presencia de niveles de calizas margoarenosas hacia el techo con un claro ordenamiento estratocreciente. La fauna presente es similar a la de la secuencia anterior pero no existen ya señales de gran agitación. Los grandes ostreoides son la fauna dominante en los niveles calcáreos de la parte alta de la secuencia. Ambas secuencias presentan tonos rojizos dominantes.

El segundo set de secuencias está compuesto por las secuencias tres y cuatro. Son dos secuencias de somerización con un claro predominio de las arcillas margosas de tonos ocre, más oscuras que las anteriores. En la parte superior alternan con calizas arenosas con abundantes *Aetostreon* y braquiópodos. En el techo de ambas se-

cuencias se encuentra un tramo calcáreo de hasta dos metros de espesor, que en la secuencia superior (4) muestra una importante concentración de fósiles, especialmente ammonites, braquiópodos y *Aetostreon*, terminando con una costra ferruginosa. En la base se reconocen *Thalassinoides*.

El tercer set de secuencias (5 y 6) presenta un brusco cambio de coloración respecto a las anteriores, pasando a tonos gris oscuro e incluso negro. En estas secuencias son muy abundantes los ammonites piritosos, braquiópodos y belemnites. El predominio litológico es el de las arcillas algo margosas con niveles endurecidos, ligeramente carbonáticos. En la secuencia superior se intercalan dos niveles de arcillas marrones que presentan una gran continuidad lateral. En el techo de estos materiales se encuentra una importante capa de arcillas marrones que marcan el cambio de las condiciones sedimentarias, ya que sobre ellas dominan las capas de calizas gris oscuro alternando con arcillas de iguales tonos, pertenecientes ya al Hauteriviense inferior, mostrando en la base un importante hiato que abarca dos biozonas de ammonites.

Bioestratigrafía

A partir del estudio de las asociaciones de ammonites se han datado los materiales como Valanginiense superior *p.p.* (biozonas de *Verrucosum* y *Peregrinus*) (Fig. 2). En la Biozona de *Verrucosum* se han identi-

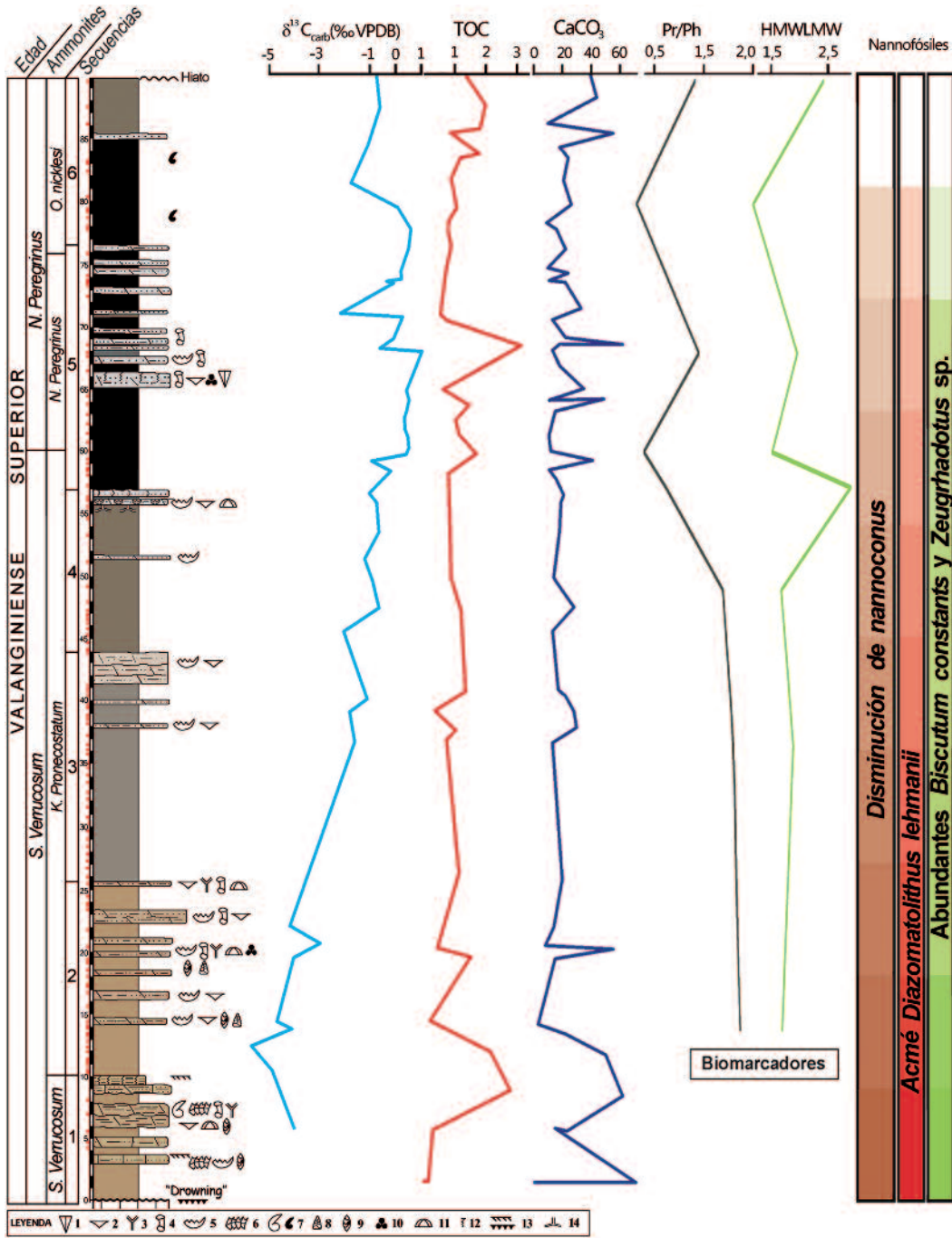


Fig. 2.- Columna estratigráfica del Valanginiense superior de Oliva, y principales datos bioestratigráficos y geoquímicos. Pr/Ph: relación pristano/fitano. HMW/LMW: relación *n*-alcanos de alto peso molecular (origen terrestre)/ *n*-alcanos de bajo peso molecular (origen marino). Leyenda de símbolos: 1) belemnites, 2) braquiópodos, 3) briozoos, 4) serpulidos, 5) Aetostreon, 6) Arctostrea, 7) ammonites/a. piritosos, 8) lituólidos, 9) Lenticulina, 10) foraminíferos pirritizados, 11) equínidos, 12) bioturbación, 13) costra ferruginosa, 14) Thalassinoides.

Fig. 2.- Stratigraphic section of the upper Valanginian of Oliva. Biostratigraphy and geochemistry. Pr/Ph: pristane/phytane ratio. HMW/LMW: high molecular weight *n*-alkanes (terrestrial)/ low molecular weight *n*-alkanes (marine) ratio. Symbols: 1) belemnites, 2) brachiopods, 3) bryozoans, 4) serpulids, 5) Aetostreon, 6) Arctostrea, 7) ammonites/pyritized 8) lituolidae, 9) Lenticulina, 10) pyritized foraminifera, 11) equinidae, 12) bioturbation, 13) ferruginous crust, 14) Thalassinoides.

ficado las subzonas de *S. verrucosum* (secuencia 1) y *K. pronecostatum* (secuencias 2 a parte inferior de la 5), y en la biozona de *Peregrinus* se han reconocido las subzonas de *N. peregrinus* (secuencia 5 *p.p.*), y la de *O. nicklesi* (secuencia 6). El techo de la secuencia 6 viene marcado por un hiato que afecta al Valanginiense terminal, sobre el que se disponen materiales del Hauteriviense inferior.

Los nannofósiles son relativamente abundantes y presentan un grado de preservación de moderado a bueno, lo que ha permitido la identificación de varios bio-

ventos. La mayoría de las muestras estudiadas pertenecen a la subzona NK3B (Bralower *et al.*, 1995) del Valanginiense superior. El análisis cuantitativo preliminar ha permitido constatar un incremento en la abundancia relativa de algunas especies de nannofósiles calcáreos, lo cual se relaciona con un cambio en el sistema trófico. En el intervalo estudiado se han observado cambios en la abundancia de tres taxones, *Biscutum constans*, *Discorhabdus ignotus* y pequeños *Zeughradotus* (Fig. 2), lo cual ha sido interpretado como reflejo de niveles altos de nutrientes, y un incremento de la

productividad (Duchamp-Alphonse *et al.*, 2007). Además, hemos advertido una disminución general en la abundancia del grupo de los *Nannoconus* (Fig. 2), que ha sido relacionada con una crisis de biocalcificación de los productores de carbonato (Erba y Tremolada, 2004).

Geoquímica

Se presenta la curva de isótopos estables del carbono ($\delta^{13}C$ del carbonato), con valores que oscilan entre -5,60‰ y 1,03‰ (PDB) (Fig. 2). Se han distinguido tres inter-

valores isotópicos: 1) la parte inferior de la sección (secuencias 1 y 2), está caracterizada por los valores más bajos, comprendidos entre $-5,62\%$ y $-2,94\%$; 2) la parte media de la sección (secuencias 2 a 5) registra una excursión positiva muy marcada del $\delta^{13}\text{C}$, con una amplitud de 5% (de $-4,13\%$ a $+1,03\%$), que coincide con una reducción en la abundancia de los nannocónidos; y 3) la parte superior (mitad superior de la secuencia 5 y secuencia 6) muestra un decrecimiento en los valores isotópicos (hasta -1% con picos de -2%).

El contenido en carbono orgánico (TOC) varía entre $0,3\text{-}3\%$, con valores máximos coincidentes con las facies arenosas de la secuencia 1, y las facies oscuras de la secuencia 5, coincidiendo con la excursión positiva en el $\delta^{13}\text{C}$.

El estudio de biomarcadores ha puesto de manifiesto que la materia orgánica es inmadura, y está dominada por *n*-alcanos e isoprenoides. Otros compuestos presentes son hopanos y esteranos. La distribución de los *n*-alcanos indica una contribución de materia orgánica mixta, procedente de plantas marinas y continentales, con interesantes variaciones verticales ligadas a las secuencias de facies. Los hopanos revelan una contribución de origen bacteriano, y los esteranos indican una fuente de organismos eucariotas. Se ha estudiado la relación pristano/fitano como indicador de las condiciones de oxigenación en la interfase agua-sedimento. Si bien hay que tomarlos con reservas dada la baja madurez térmica de las muestras, los datos obtenidos indicarían que se desarrolló anoxia al menos episódicamente durante las secuencias 5 y 6, como indican los valores de $\text{Pr/Ph} < 1$ de dos muestras pertenecientes a estas secuencias (Fig. 2). Estas muestras, que presentan contenidos elevados en materia orgánica de origen marino (valores mínimos de HMW/LMW, Fig. 2), se registran en el intervalo de valores más positivos del $\delta^{13}\text{C}$.

Discusión y conclusiones

La sección estudiada se depositó en ámbitos de plataforma somera, después del evento de *drowning* de la plataforma del Valanginiense inferior. Las secuencias 1 y 2 se depositaron en un contexto general transgresivo, con importantes aportes terrígenos, incluyendo restos vegetales. Las secuencias 3 a 6 se depositaron en ambientes marinos más abiertos, probablemente ligados a una profundización del medio. En general, la es-

casez de carbonatos se considera ligada a la reducida producción de carbonatos provocada por la crisis biótica que se relaciona con el *drowning* (Weissert *et al.*, 1998; Greselle *et al.*, 2011). La localización del ambiente de depósito, en un sector muy proximal y somero de la plataforma prebética, determinó que la sedimentación estuviera condicionada por los cambios relativos del nivel del mar, dando como resultado una clara organización en secuencias de somerización de diferente rango. Las secuencias se inician con el depósito de sedimentos terrígenos finos y culminan con delgados niveles calizos que se interpretan como el resultado de episodios de progradación de sedimentos carbonatados. En este contexto se generaría un moderado aporte de materia orgánica, de una parte procedente del continente principalmente durante los episodios transgresivos ocurridos al inicio de las secuencias, y por otro de origen marino, dominante en la parte media de las secuencias, coincidiendo con la máxima profundización. El desarrollo puntual de anoxia estaría ligado a la elevada productividad orgánica relacionada con la entrada de nutrientes. Los episodios carbonatados marcarían la última fase de desarrollo de las secuencias, ocurrida en un contexto regresivo, con menor contenido en nutrientes, menor productividad orgánica, y una mejor oxigenación.

Si bien la evolución sedimentaria de la sección estudiada estuvo condicionada por factores locales, los registros geoquímicos reflejan claramente la excursión positiva en los valores del $\delta^{13}\text{C}$ que se considera como el registro del "evento Weissert", reconocido a escala global (Greselle *et al.*, 2011). El carácter anóxico de este evento ha sido muy discutido, ya que la anoxia o los depósitos de materia orgánica no fueron generalizados (Westermann *et al.*, 2010; Kujau *et al.*, 2012).

Los resultados de este trabajo respaldan el modelo de desarrollo localizado de anoxia ligada a una elevada productividad orgánica durante el Valanginiense superior. Estas condiciones se implantarían en determinados ámbitos como el sector estudiado de la plataforma prebética, en relación con la entrada de nutrientes, lo que favorecería el depósito de facies ricas en materia orgánica. Por otro lado, en los ámbitos marinos pelágicos con una buena circulación oceánica se habrían mantenido las condiciones de buena oxigenación (Westermann *et al.*, 2012).

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los resultados de los Proyectos de Investigación CGL2011-23759 y CGL2009-10329 (MINECO), UJA-07-16-41 (Univ. Jaén), IEG2009-617-028019 y IEG2012-0617-028027 (Instituto de Estudios Giennenses) y Grupos de Investigación (Junta de Andalucía) RNM-178 y RNM-200. Agradecemos los comentarios de Javier Gil e Idoia Rosales que han contribuido a mejorar la calidad de este trabajo.

Referencias

- Arias, C., Company, M. y Vilas, L. (2001). *Geotemas* 3(2), 143-146.
- Bralower, T.J., Leckie, M.R., Sliter, W.V. y Thierstein, H.R. (1995). *SEPM Special Publication* 54, 65-79.
- Champetier, Y. (1967). *Notas y Comunicaciones IGME* 99-100, 135-176.
- Champetier, Y. (1972). *Sciences de la Terre, Mémoire* 24, 170 p.
- Company, M. (1987). *Los Ammonites del Valanginiense del sector oriental de las Cordilleras Béticas (SE de España)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 294 p.
- Company, M., García-Hernández, M., López-Garrido, A.C., Vera, J.A. y Wilke, H.G. (1982). *Cuadernos de Geología Ibérica* 8, 563-578.
- Darder-Pericás, B. (1945). *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, LVII, Madrid.
- Duchamp-Alphonse, S., Gardin, S., Fiet, N., Bartolini, A., Blamart, D. y Pagel, M. (2007). *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 243, 132-151.
- Erba, E., Bartolini, A. y Larson, R.L. (2004). *Geology* 32, 149-152.
- Erba, E. y Tremolada, F. (2004). *Paleoceanography* 19, PA1008, doi:10.1029/2003PA000884.
- Gea, G.A., Castro, J.M., Vilas, L., Arias, C., Company, M. y Quijano, M.L. (2011). En: *28th IAS Meeting of Sedimentology*, 348.
- Greselle, B., Pittet, B., Mattioli, E., Joachimski, M., Barbarin, N., Riquier, L., Reboulet, S. y Puécat, E. (2011). *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 306, 41-57.
- Kujau, A., Heimhofer, U., Ostertag-Henning, C., Gréselle, B. y Mutterlose, J. (2012). *Global and Planetary Change* 92-93, 92-104.
- Pulido, A. (1979). *Memoria del Instituto Geológico y Minero de España* 95, 410 p.
- Weissert, H., Lini, A., Föllmi, K.P. y Kuhn, O. (1998). *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 137, 189-203.
- Westermann, S., Föllmi, K.B., Adatte, T., Matera, V., Schnyder, J., Fleitmann, D., Fiet, N., Ploch, I. y Duchamp-Alphonse, S. (2010). *Earth and Planetary Science Letters* 290, 118-131.