

# Proliferación de *Microcodium* durante el tránsito Cenomaniense-Turonense en el Sur de Iberia: ¿consecuencia del OAE2 en zonas emergidas?

*Microcodium proliferation during Cenomanian-Turonian transition in southern Iberia: a consequence of OAE-2 in emerged areas?*

Alejandro Muñoz-Moreno<sup>1,2</sup>, Javier Martín-Chivelet<sup>2,3</sup> e Idoia Rosales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España. a.moreno@igme.es, i.rosales@igme.es

<sup>2</sup> Departamento de Estratigrafía, Fac. CC. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España. j.m.chivelet@geo.ucm.es

<sup>3</sup> Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), C/ José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid, España

## ABSTRACT

In southern Iberia (southern Iberian chain and Prebetic Zone) the Cenomanian to Turonian transition is characterized by a sedimentary succession of very shallow marine carbonates with abundant evidences of subaerial exposure and paleosols (Alarcón Fm.). That succession records the oldest known *Microcodium* in Iberia. Its first appearance is abrupt and probably related to the environmental changes associated to the global perturbation in the C cycle that trigger the oceanic anoxic event OAE2.

**Key-words:** Iberian ranges, Prebetic, Cretaceous, Alarcón Formation, paleosols.

## RESUMEN

En el sur de Iberia (Cordillera Ibérica meridional y Prebético) el tránsito Cenomaniense-Turonense está definido por una sucesión de carbonatos marinos muy someros que presentan abundantes evidencias de exposición subaérea y paleosuelos (Fm. Alarcón). En esta sucesión se registra la primera aparición conocida en Iberia de *Microcodium*. Esta aparición es abrupta y podría estar relacionada con los cambios ambientales asociados a la perturbación global del ciclo del carbono que indujo el evento de anoxia oceánica OAE2.

**Palabras clave:** clave: Cordillera Ibérica, Prebético, Cretácico, Formación Alarcón, paleosuelos.

*Geogaceta*, 57 (2015), 83-86.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 7 de julio de 2014  
Fecha de revisión: 22 de octubre de 2014  
Fecha de aceptación: 28 de noviembre de 2014

## Introducción

En amplias zonas de las cuencas sedimentarias del sureste de Iberia (Cuenca Ibérica Meridional y Prebético) el Cenomaniense terminal y el conjunto del Turonense están conformados por la Formación Alarcón (Vilas *et al.*, 1982; Martín-Chivelet, 1994). Esta unidad está definida por una sucesión de carbonatos marinos muy someros que presentan abundantes evidencias de exposición subaérea y paleosuelos, los cuales destacan por un notable desarrollo de *Microcodium*, posiblemente el más antiguo registrado en Iberia.

En este trabajo se estudia esta presencia de *Microcodium* desde un punto de vista estratigráfico y paleoambiental, y se discute

su posible relación con los cambios ambientales que se producen durante el tránsito Cenomaniense-Turonense a escala global y que se asocian al evento anóxico oceánico OAE2 (*sensu* Schlanger y Jenkyns, 1976).

El evento anóxico oceánico OAE2 se asocia a una de las mayores perturbaciones globales del ciclo del carbono de los últimos 100 millones de años, que fue inducida por la inyección durante el Cenomaniense superior de grandes cantidades de CO<sub>2</sub> de origen volcánico en la atmósfera (p.ej., Turgeon y Creaser, 2008; Jarvis *et al.*, 2011). Esta perturbación, que tuvo dramáticas consecuencias en los océanos (cambios térmicos, anoxia en los fondos oceánicos, crisis biótica), ha sido poco explorada en los am-

bientes continentales y costeros, dónde los cambios ambientales (rápido incremento de las temperaturas, cambios en los patrones de las precipitaciones, lluvia ácida, etc) debieron de tener importantes consecuencias.

El trabajo se basa en el análisis sedimentológico y petrográfico detallado de la Formación Alarcón en cuatro localidades de la Cordillera Ibérica y una del Prebético (Fig. 1A).

## Formación Alarcón

Se trata de una unidad litoestratigráfica muy característica del Cretácico superior de la Cordillera Ibérica Meridional y del Prebético (Fig. 1B), compuesta por niveles calizos de espesor decimétrico, aunque aparecen

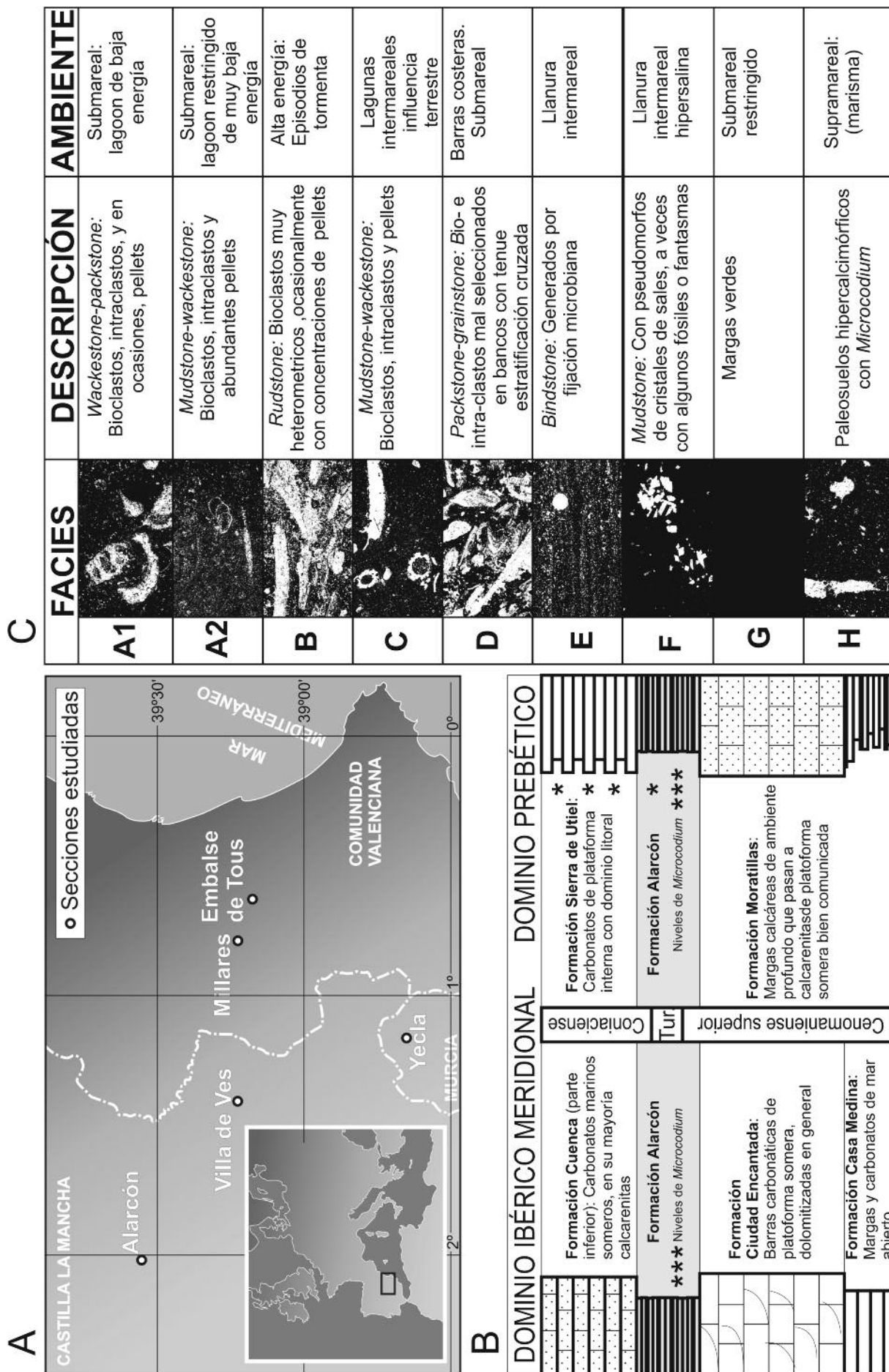


Fig. 1.- A) Situación geográfica de los afloramientos estudiados. B) Posición estratigráfica de la Formación Alarcón en el Dominio Ibérico y Prebético. C) Principales facies de la Formación Alarcón.  
 Fig. 1.- A) Geographic location of the Alarcón Fm. studied outcrops. B) Stratigraphic position of Geographic location of the Alarcón Fm. in Iberian and Prebetic Domain. C) Main sedimentary facies of the Alarcón Formation.

también calizas margosas, dolomías y margas verdosas. Tiene un espesor relativamente pequeño, de tan solo unas decenas de metros, hecho que viene determinado por las bajas tasas de subsidencia que existieron durante la sedimentación (Martín-Chivelet y Giménez, 1993).

Aunque en la cartografía regional y en los trabajos estratigráficos pioneros la Formación Alarcón se ubicó de forma tentativa en función de su posición relativa entre el Turoniense inferior y el Santoniense (Vilas *et al.*, 1982), trabajos posteriores, basados en la bioestratigrafía de foraminíferos y rudistas, permitieron afinar la edad de su base, que debe adscribirse al Cenomaniense terminal tanto en la Cordillera Ibérica como en el Prebético (Giménez, 1989; Martín-Chivelet, 1995; Martín-Chivelet y Giménez, 1993). Esta precisión cronoestratigráfica, confirmada por nuevos datos (Muñoz-Moreno, tesis doctoral en curso), tiene importancia ya que permite situar la aparición de *Microcodium* en la parte más reciente del Cenomaniense.

Desde el punto de vista sedimentológico, las facies de la Fm. Alarcón caracterizan extensas zonas litorales de topografía muy plana y con un mosaico de subambientes que van desde submareales someros (con asociaciones fósiles típicas de pequeños rudistas radiolíticos, gasterópodos, algas calcáreas y foraminíferos bentónicos) a supramareales (áreas de marisma con vegetación herbácea y pequeñas charcas de salinidad muy variable). En la Figura 1C se resumen las facies sedimentarias más representativas así como los paleosuelos que caracterizan las zonas supramareales.

En esas zonas con exposición subaérea, sobre el sedimento sólo parcialmente litificado, se producía un importante desarrollo edáfico que hoy se reconoce en los niveles de paleosuelos (facies H). Estos suelos son de tipo hipercalcimórfico (*sensu* Freydet y Plaziat, 1982) y se desarrollaron sobre diferentes facies sedimentarias, enmascarando con distintos grados la textura original. Las estructuras edáficas se presentan con frecuencia tanto a macroescala (huellas de raíces, estructura prismática, nodulización, marmorización, etc.) como a microescala (micronodulización, micritización, grietas de retracción, etc.). En ellos se encuentra además *Microcodium*, que es especialmente abundante en la parte media de la unidad, donde se sitúa el intervalo del tránsito entre el Cenomaniense y Turoniense.

## Microcodium

El *Microcodium* se encuentra en los paleosuelos de la Formación Alarcón y se desarrolla sobre cualquiera de las otras facies descritas. En muchos casos, su desarrollo parece favorecido por la presencia de huellas de raíces, aunque la relación genética con las raíces no está clara (como se discute más adelante). Se han reconocido dos tipologías de *Microcodium*, que describimos a continuación, pero cuyas implicaciones genéticas no están claras.

(a) *Microcodium* Tipo "A": Lo componen agregados en forma de roseta o, menos frecuentemente, de mazorca de maíz, compuestos por prismas de calcita cuyo tamaño es generalmente de 0,2-0,4 mm (Fig. 2A). Esos prismas son regulares, transparentes bajo el microscopio y con morfología en grano de maíz. Es comparable a los descritos por Bodergat (1974) y Freydet y Plaziat (1982).

(b) *Microcodium* Tipo "B": Son colonias de tipo roseta o mazorca de maíz con tamaños que con frecuencia sobrepasan el milímetro, con prismas más grandes que los de Tipo "A" (Fig. 2B). Los prismas tienen límites mal definidos, son irregulares y muestran vacuolas internas. Típicamente tienen color marrón bajo luz transmitida y son poco transparentes. El canal central en las colonias es muy prominente. Formas similares se ilustran en Kabanov *et al.* (2008).

El *Microcodium* se genera desde las primeras fases de la pedogénesis, poco después de que el sedimento carbonático aun sin consolidar quede expuesto. Esto hace al *Microcodium* susceptible de ser alterado y destruido por otros procesos edáficos y de diagénesis temprana posteriores (Fig. 2C).

Así, aparecen en las facies edáficas abundantes prismas aislados de *Microcodium* que resultan de la destrucción de agregados previos por retrabajamiento sedimentario o edáfico. También es común encontrar agregados desarrollándose en sedimentos con acumulaciones de *Microcodium* retrabajado más antiguo, lo que indica sucesivos episodios de formación y destrucción de *Microcodium* dentro de determinados perfiles edáficos (Fig. 2D).

## Discusión

El *Microcodium* es considerado como una mineralización de calcita biológicamente inducida, generada mediante proce-

sos de disolución y precipitación de carbonato en ambientes aeróbicos ricos en Ca, usualmente edáficos o diagenéticos vadosos (p.ej., Kabanov *et al.*, 2008). Aunque existe un acuerdo general sobre su origen biogénico, existen dudas sobre los organismos responsables de su génesis. Con frecuencia se ha argumentado su estrecha relación con la actividad de raíces, ya sea directa o a través de micorrizas (p.ej., Klappa, 1978; Calvet *et al.*, 1991; Arribas *et al.*, 1996; Košir, 2004). Sin embargo, en una revisión reciente, Kabanov *et al.* (2008) apuntan hacia un posible origen microbiano no rizogénico. En este caso la formación del *Microcodium* estaría relacionada con la actividad de microorganismos saprotróficos (actinobacterias o alternativamente hongos) que inicialmente generarían la corrosión del sustrato asociados a bacterias capaces de reprecipitar carbonato cálcico de los prismas de *Microcodium*.

En el caso de la Fm. Alarcón, la génesis del *Microcodium* estuvo favorecida por las condiciones paleogeográficas, sedimentológicas y edáficas reinantes: baja tasa de sedimentación, carbonatos marinos someros parcialmente litificados que quedan expuestos a la diagénesis meteórica y al desarrollo de suelos, y condiciones climáticas cálidas y al menos estacionalmente húmedas. Sin embargo, esas condiciones son relativamente habituales en la historia geológica de las cuencas estudiadas, y nunca hasta ese tiempo se produce una proliferación tan rápida y extensa de esas estructuras (las citas del *Microcodium* más antiguo en la Península Ibérica corresponden a esta unidad; Gimenez, 1989; Martín-Chivelet y Giménez, 1993). Probablemente, unas condiciones ambientales inusuales debieron de favorecer la actividad de microorganismos sobre los depósitos marinos recién emergidos y expuestos a la atmósfera. Esas condiciones ambientales especiales pudieron estar relacionadas con el cambio global que, de forma abrupta, acaeció al final del Cenomaniense, y que finalmente desencadenaron el OAE2. Dicho evento tuvo su origen en una inyección abrupta y masiva de CO<sub>2</sub> (y otros gases) de origen magmático a la atmósfera (p.ej., Turgeon y Creaser, 2008). La perturbación global inducida por el magmatismo determinó, además de un incremento de la temperatura, una acidificación de las precipitaciones y una modificación de sus patrones que pudieron tener efectos muy



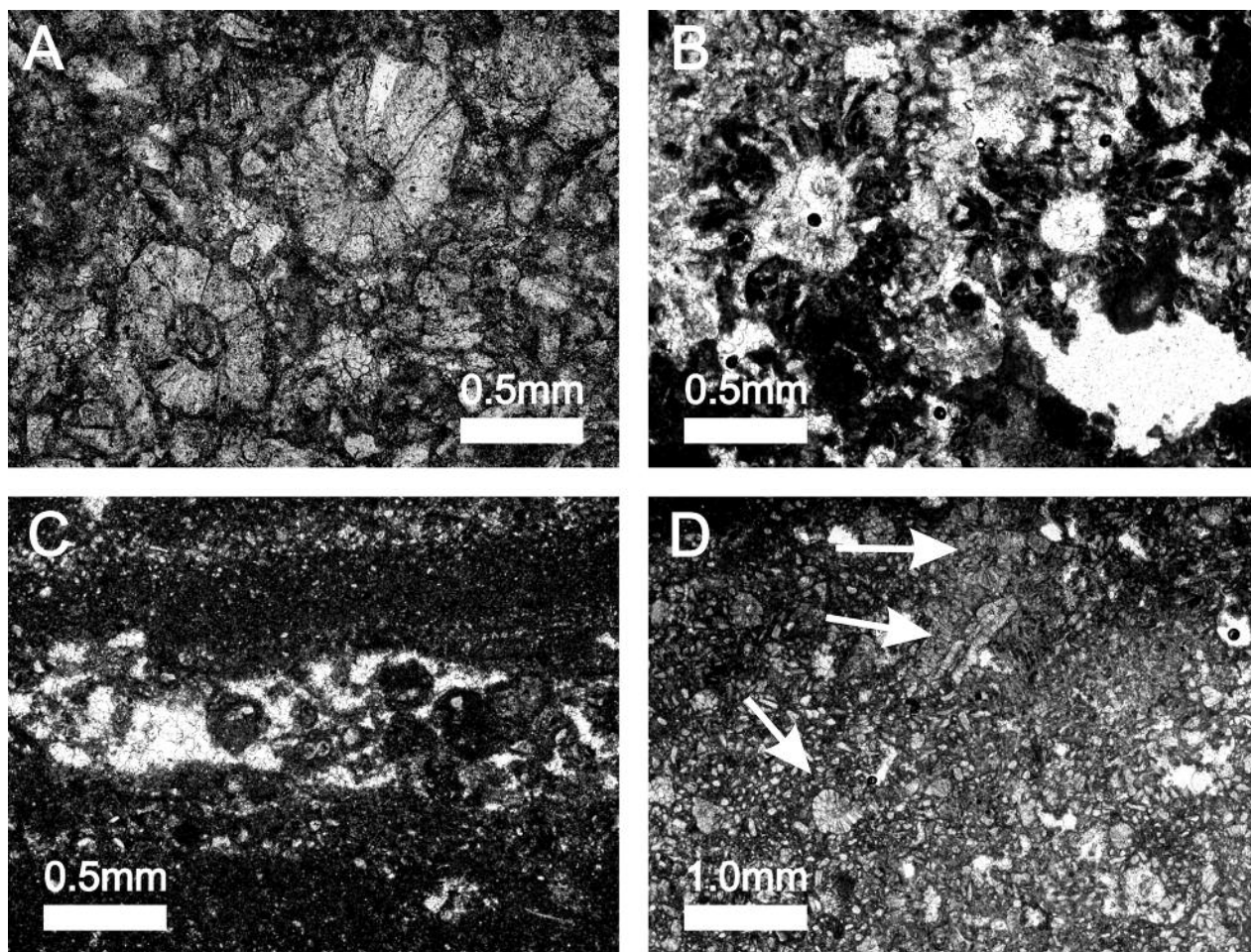


Fig. 2.- A) *Microcodium* Tipo "A". B) *Microcodium* Tipo "B". C) Procesos de micritización y disolución afectando una agregados de *Microcodium*. D) Agregados de *Microcodium* (flechas) que crecieron sobre prismas aislados reabajados.

Fig. 2.- A) *Microcodium* type "A" B) *Microcodium*. type "B". C) *Micritization and dissolution affecting Microcodium aggregates*. D) *Microcodium aggregates (arrows) that grew beside reworked isolated prisms*.

relevantes en los continentes, especialmente sobre sustratos carbonáticos y sobre los suelos juveniles que se desarrollaban sobre ellos.

## Conclusiones

La rápida y generalizada proliferación de *Microcodium* en el sur de Iberia durante el tránsito Cenomaniense-Turonense, sin precedentes en la historia geológica de esa área, apunta a la existencia de unas condiciones ambientales muy específicas que posiblemente resultaron de la conjunción de una paleogeografía regional favorable y de los cambios ambientales globales asociados al OAE2.

## Agradecimientos

Los autores agradecen las revisiones constructivas del manuscrito original realizadas por los doctores M.E. Arribas y J.M.

Castro. Contribución al proyecto CGL2011-24546 del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) del Gobierno de España, y al Grupo de Investigación "Paleoclimatología y Cambio Global – 910198" de la UCM-CM.

## Referencias

- Arribas, M.E., Estrada, R., Obrador, A. y Rampone, G. (1996). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 9, 9-18.
- Bodergat, A.M. (1974). *Les Microcodiums. Milieux et medes de développement*. Thèse, Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon 62, 137-235.
- Calvet, F., Wright, V.P. y Giménez, J. (1991). En: *I Congreso del grupo español del Terciario, Vic*. Comunicaciones, 50-51.
- Freytet, P. y Plaziat, J.C. (1982). *Continental carbonate soclimentacion and pedogenesis, Late Cretaceous and Carly Tertiary of Southern France*. Contributions to Sedimentology 12, 213 p.
- Giménez, R. (1989). *Geobios*, Memoire Special 22 (Suplemento), 59-67.
- Jarvis, I., Lignum, J.S., Gröcke, D.R., Jenkyns, H.C. y Pearce, M.A. (2011). *Paleoceanography* 26, PA3201.
- Kabanov, P., Anadón, P. y Krumbein, W.E. (2008). *Sedimentary Geology* 205, 79-99.
- Klappa, C.F. (1978). *Sedimentology* 25, 489-522
- Košir, A. (2004). *Journal of Sedimentary Research* 74, 845-857.
- Martín-Chivelet, J. (1994). *Cuadernos de Geología Ibérica* 18, 117-173.
- Martín-Chivelet, J. (1995). *Journal Sediment. Research* 65, 235-254.
- Martín-Chivelet, J. y Giménez, R. (1993). *Cretaceous Research* 14, 509-518.
- Schlanger, S.O. y Jenkyns, H.C. (1976). *Geologie en Mijnbouw* 55, 179-184.
- Turgeon, S. y Creaser, R.A. (2008). *Nature* 454, 323-326
- Vilas, L., Mas, J.R., García, A., Arias, C., Alonso, A., Meléndez, N. y Rincón, R. (1982). *El Cretácico de España* (A. García, Ed.), Univ. Complutense, Madrid, 457-514.