

Disoluciones e incrustaciones ferruginosas asociadas al OAE 1a en la plataforma carbonatada de La Florida (NO de Cantabria)

Dissolutions and Fe-crusts related to the OAE 1a in La Florida carbonate platform (NW Cantabria)

M. Najarro y I. Rosales

Dpto. de Investigación y Prospectiva Geocientífica. IGME. c/ Calera 1. Tres Cantos. 28760. Madrid.
m.najarro@igme.es ; i.rosales@igme.es

ABSTRACT

The early Aptian succession of La Florida platform in northwestern Cantabria exhibits two stages of platform carbonates separated by a dissolution surface preceding the drowning of the platform. The dissolution surface was draped by a thin Fe-crust and the cavities subsequently filled with calcarenites of the second platform stage before being sealed by open marine marls formed as a consequence of the platform drowning. The marls correlate in age with the Early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE 1a). The aim of this work is to provide new data that may help to know the causal link between the karst surface, the Fe-crust and the drowning of the platform during the OAE.

Key words: Aptian, Basque-Cantabrian basin, Fe-crust, palaeokarst, OAE 1 a.

Geogaceta, 44 (2008), 199-202
ISSN: 0213683X

Introducción

Durante el Aptiense Inferior, la sedimentación en el área de La Florida (NO de Cantabria) tuvo lugar en un medio de plataforma carbonatada somera epicontinental desarrollada en un contexto tectónico distensivo (*rifting* del Cretácico Inferior) ligado a la apertura del Golfo de Vizcaya. La plataforma carbonatada de La Florida se depositó sobre un bloque de falla basculado hacia el S y E, probablemente en relación con la actividad sinsedimentaria de la falla del Escudo de Cabuérniga y otras fallas asociadas (ej. falla de Bustriguado). Su evolución sedimentaria estuvo controlada tanto por los cambios eustáticos ocurridos durante el Aptiense (ej. Inmenhauser, 2005), como por la actividad tectónica sinsedimentaria local (Najarro *et al.*, 2007).

Durante este periodo, se registraron dos sistemas de plataforma carbonatada separados por una marcada superficie de disolución, sobre la que se desarrollaron costras ferruginosas (*hardground* incipiente), todo ello precediendo a un episodio de hundimiento (*drowning*) cuya edad coincide con la del Evento Anóxico Oceánico del Aptiense Inferior (OAE 1a). La relación existente entre el desarrollo de este tipo de superficies de disolución y *hardground* con depósitos ricos en materia orgánica, condiciones climáticas extremas y con importan-

tes cambios paleoambientales, ha sido discutida ampliamente en la literatura para diferentes épocas del registro geológico (Föllmi *et al.*, 1994, 2006; Caplan *et al.*, 1996; Weissert *et al.*, 1998; Mutti *et al.*, 1997; Jenkyns, 2003), llegándose a producir un controvertido debate acerca del posible origen submarino o subaéreo tanto de las disoluciones como de la costra ferruginosa en sí (Winterer y Sarti, 1994; Di Stefano y Mindszenty, 2000). El principal objetivo de este trabajo es aportar nuevos datos sobre la posible naturaleza, tanto de las disoluciones como de la costra ferruginosa, que aparecen precediendo al hundimiento de la plataforma de La Florida durante del Aptiense Inferior. Para ello se ha llevado a cabo un análisis sedimentológico, quimioestratigráfico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$) y petrográfico (microscopía de luz transmitida y catodoluminiscencia -CL-) en uno de sus mejores afloramientos, localizado unos 2 km al oeste del antiguo pueblo minero de La Florida (Fig. 1).

Estadios evolutivos de la plataforma de La Florida durante el Aptiense Inferior

Descripción de los estadios evolutivos

La distribución vertical y lateral de las facies sedimentarias, establecida a partir de una transversal E-O (Figs. 1 y

2A), ha permitido diferenciar los siguientes estadios evolutivos en la plataforma carbonatada durante el Aptiense Inferior.

1- Primer sistema de plataforma carbonatada:

(Bedouliense basal; Ramírez del Pozo, 1972). Presenta una potencia máxima de 17 m (Fig. 2A) y representa el primer pulso transgresivo con sedimentación marina en el área. La sucesión comienza con un tramo basal, de entre 30 cm y 3 m de potencia, de areniscas y limos con orbitolinas y restos vegetales que evolucionan rápidamente a calcarenitas *packstone-grainstone* nodulosas con abundantes orbitolinas, gasterópodos y pequeños ostreidos. Éstas pasan rápidamente a calizas *wackestone-packstone* con miliólidos, orbitolinas, gasterópodos nerineidos, rudistas, corales ramosos y algas dasicladáceas hacia la parte alta de la unidad.

2- Superficie de disolución:

El techo del primer sistema de plataforma carbonatada aparece truncado por una marcada superficie de disolución. A nivel macroscópico, se observa una intensa disolución con formación de oquedades irregulares de tamaño decimétrico, fisuras y un meso y micro relieve con depresiones irregulares topográficas decimétricas (*kamenitzas*), llegando, en ocasiones, a formarse brechas

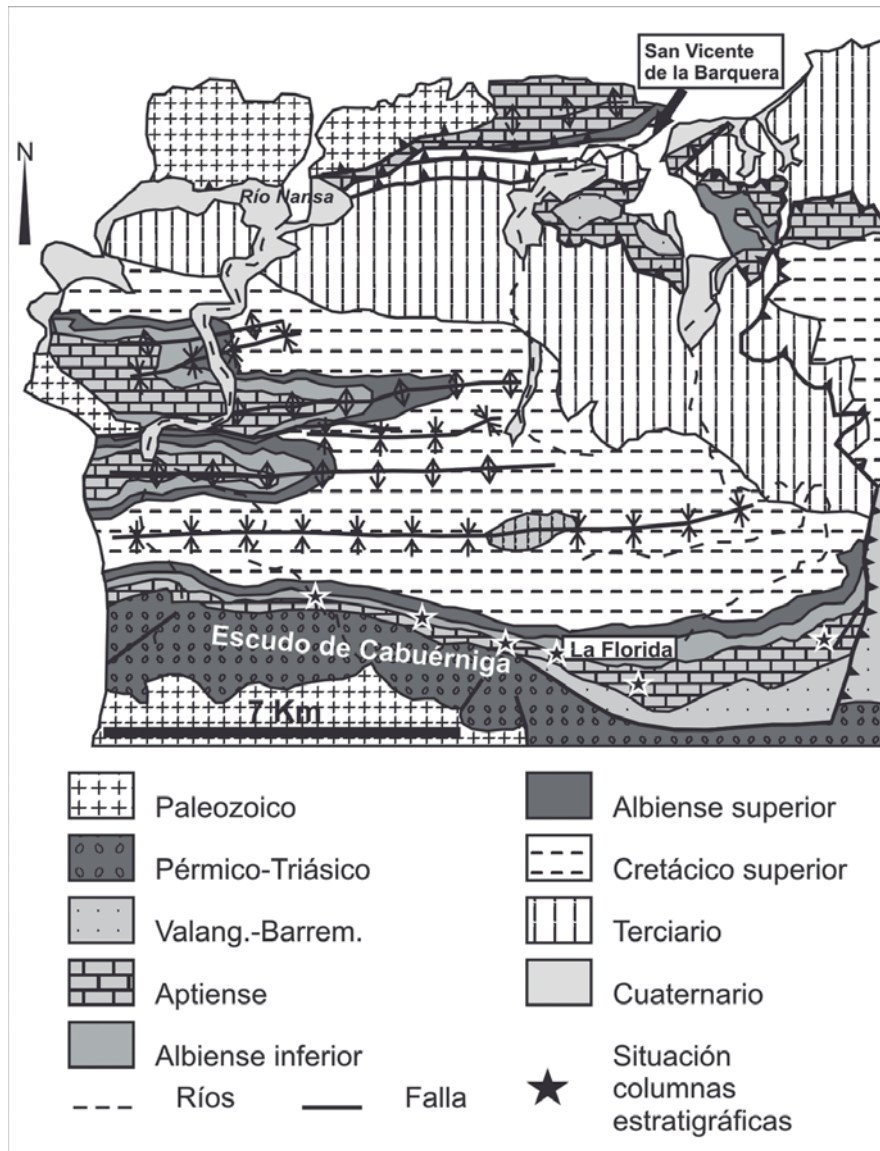


Fig. 1.- Mapa geológico de la zona de estudio y situación de las secciones estratigráficas levantadas

Fig. 1.- Geological map of the studied area and location of the stratigraphic sections.

intraformacionales englobadas en calizas autóctonas (Fig 2B). A nivel microscópico, se han observado procesos de disolución en corales y partículas esqueléticas de composición original de aragonito, creando porosidad móldica. Tanto la porosidad móldica de disolución, como la porosidad intragranular asociada a cámaras de foraminíferos aparecen rellenas parcialmente por un primer cemento de calcita baja en Mg de tipo *equant* y en mosaico drúsico. En CL este cemento presentan la siguiente secuencia de zonas hacia el centro de poro: Z₁ no luminiscente; Z₂ luminiscente naranja brillante simple o multizonada; y Z₃ luminiscente apagada o *dull* (Fig. 2B). Esta secuencia de zonas de cementos se asocia típicamente con fluctuaciones en las condiciones *redox*, en relación con la evolución y recarga de paleoacuíferos meteóricos (ej. Moore, 1989).

3- Superficie de inundación y segundo sistema de plataforma carbonatada:

(Bedouliense inferior; Ramírez del Pozo, 1972). Sobre la superficie de disolución y localmente relleno de las cavidades formadas, se depositó una nueva unidad carbonatada calcarenítica en forma de cuña que solapa de forma expansiva (*onlap*) la superficie de discontinuidad. En la zona occidental no hubo depósito de calcarenitas y su equivalente lateral está constituido por una costra ferruginosa que aparece tapizando la superficie de disolución y sobre la que van solapando progresivamente las calcarenitas. Ésta está formada por micro-perforaciones microbianas (bacterias y fungi) y por la asociación de laminaciones submilimétricas de óxidos de Fe de posible origen bacteriano (*biofilms*), que alternan

con costras de foraminíferos incrustantes aglutinantes (Fig 2B).

Hacia las zonas orientales de la plataforma, el sistema está formado por barras de calcarenitas *grainstone-rudstone* con estratificación cruzada en surco, compuestas principalmente por foraminíferos bentónicos, moluscos, equinodermos, briozoos, crinoides, ooides, granos de cuarzo detrítico, clastos de la costra ferruginosa lateral e infrayacente y litoclastos retrabajados. La unidad alcanza un espesor máximo de 52 m en la zona más oriental (sección de Bustriguado, Fig. 2A), acuniándose progresivamente hacia el oeste hasta llegar a desaparecer completamente en la sección de Puentenansa (Fig. 2A). A nivel microscópico, se distingue disolución de partículas esqueléticas aragoníticas y relleno de la nueva porosidad móldica creada y de la porosidad intergranular con calcita en diente de perro (*dog-tooth*), *drusy* y sintaxial en placas de equinodermo. Estos cementos son bajos en Mg y Fe y se disponen tanto bordeando los poros (*pore-lining*) como relleno completamente la porosidad (*pore-filling*). En CL se diferencia la misma secuencia de cementación (Z₁, Z₂ y Z₃) que en el estadio anterior (Fig. 2B). En este caso, estos cementos precipitaron antes o durante las primeras fases de compactación mecánica de granos, lo que implica condiciones de precipitación bajo enterramiento muy somero.

4- Inundación final de la plataforma (*drowning*):

El techo del segundo estadio de producción carbonatada está marcado por un cambio brusco en el tipo de sedimentación. Este cambio viene definido por una unidad (~30 m) de margas oscuras y limos ricos en materia orgánica con belemnites y ammonites (Bedouliense inferior-superior, Zonas de *fissicostatus-bowerbanki*; Collignon *et al.*, 1979). No se reconocen restos de fauna bentónica en la parte baja de la unidad, mientras que la parte superior presenta abundantes orbitolinas e intercalaciones de niveles milimétricos a centimétricos de limo y arena fina de cuarzo.

El estudio de las variaciones estratigráficas en los valores de δ¹³C y δ¹⁸O para el Aptiense Inferior en el área revela una brusca desviación isotópica en ambos valores a través del intervalo margoso de inundación de la plataforma (Najarro y Rosales, 2008; Fig. 2C). Los valores de δ¹³C pasan de presentar valores positivos en los dos estadios de plataforma carbonatada que preceden la inundación (media de ~ +2.2‰), a presentar valores negativos (hasta -4.53‰) a través del intervalo margoso, para volver a recuperar

los valores positivos (media +2.8‰) coincidiendo con la instauración de un nuevo sistema de plataforma carbonatada más joven. La señal isotópica de $\delta^{18}\text{O}$ muestra un gran paralelismo con la señal de $\delta^{13}\text{C}$ (Fig. 2C). Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ varían desde una media de -2.75‰ en los estadios de sedimentación carbonatada previos a la inundación, hasta -13.76‰ coincidiendo con la sedimentación de las margas ricas en materia orgánica y, de nuevo, recupera va-

lores más positivos, coincidiendo con la instauración del nuevo sistema de plataforma carbonatada más joven a techo del nivel margoso (Fig. 2C).

Interpretación y discusión de los estadios evolutivos

La sucesión descrita para el primer estadio de producción carbonatada puede

ser interpretada como una secuencia de somerización y carbonatación desde ambientes de plataforma siliciclástica submareal en la base, a ambientes restringidos de plataforma submareal somera y lagoon, con un dominio de comunidades tropicales de tipo *photozoan* (Föllmi *et al.*, 1994) y una progresiva disminución de los aportes terrígenos hacia techo. El crecimiento de la plataforma se vio interrumpido por un periodo de exposición

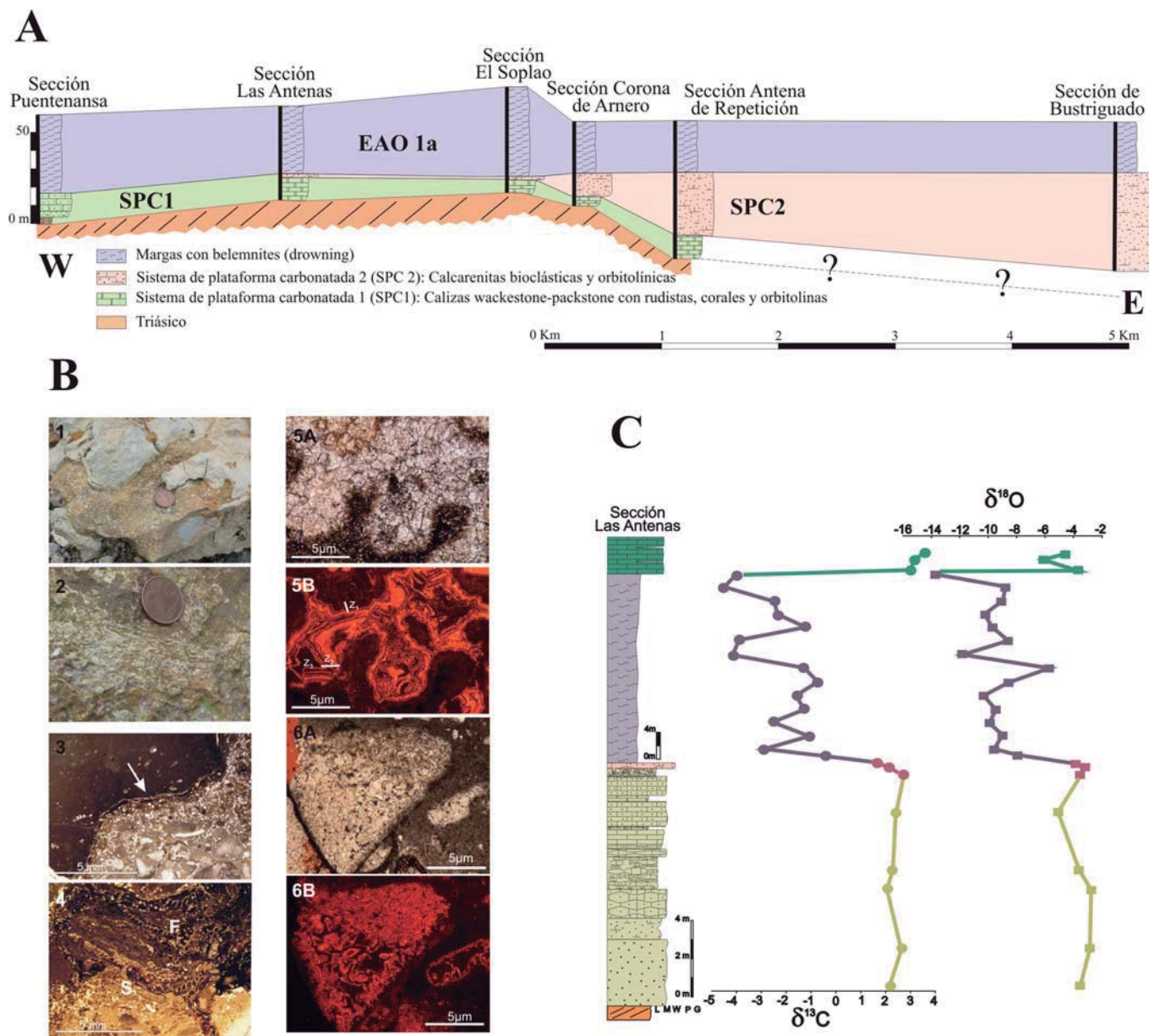


Fig. 2.- A: Correlación estratigráfica en una transversal E-O. B: Fotografías de campo e imágenes de microscopio y CL. 1) Superficie de disolución rellena de calcarenitas y brecha intraformacional. 2) Costra ferruginosa a techo de la superficie de disolución. 3) Superficie de disolución entre el primer sistema de plataforma carbonatada y el segundo (flecha). 4) Detalle de la costra ferruginosa. (F) Foraminíferos aglutinantes y (S) serpúlidos. 5A y 5B) Secuencia de cementos meteóricos (Z_1 - Z_2 - Z_3) en el primer sistema de plataforma, relleno de porosidad móldica de un coral en el primer sistema de plataforma. 6A y 6B) Secuencia de cementos meteóricos zonados relleno de porosidad móldica en el segundo sistema de plataforma. C: Sección de las Antenas con sus correspondientes señales isotópicas del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$.

Fig. 2.- A: Stratigraphic correlation in a E-W cross-section. B: Field photos and images of microscopy and CL. 1) Dissolution surface filled by calcarenites and intraformational breccias. 2) Fe-crust at the top of dissolution surface. 3) Irregular dissolution surface between the first platform stage and the second (arrow). 4) Detail of the Fe-crust, (F) encrusting foraminifera and (S) serpulids. 5A and 5B) Mouldic porosity filled by a sequence of meteoric cements (Z_1 - Z_2 - Z_3) in the first platform stage. 6A and 6B) Sequence of meteoric cements in enlarged secondary mouldic porosity in the second platform stage. C: Las Antenas stratigraphic section with its related isotopic signatures of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$.

subaérea que acompañó a una fase de basculamiento tectónico hacia el E (Najarro *et al.*, 2007), a favor del cual se produjo el desarrollo inicial de la superficie de disolución kárstica.

Durante el siguiente episodio transgresivo se depositaron en las zonas más orientales y subsidentes, las calcarenitas bioclásticas del segundo sistema carbonatado. Estas calcarenitas se sedimentaron en un ambiente de rampa carbonatada externa, relativamente somera y de alta energía, con predominio de asociación de partículas de tipo *heterozoan* (Föllmi *et al.*, 1994). A medida que estas calcarenitas se depositaron, fueron rellenando la parte baja del bloque basculado, solapando de forma expansiva (*onlap*) hacia el O la superficie de discontinuidad. La tipología de los cementos rellenando tanto la porosidad intergranular como la porosidad móldica de las calcarenitas (Z_1 , Z_2 y Z_3) indica que la circulación de lentes de aguas meteóricas siguió siendo efectiva durante su depósito y durante su enterramiento somero. Esto sugiere que las calcarenitas pudieron actuar como acuíferos por los que circularon flujos de aguas meteóricas, aflorando en otras áreas de la plataforma, pudiendo provocar también disoluciones en el medio marino somero por procesos similares a los descritos en otros ejemplos de la literatura (ej. Manheim, 1967; Enos, 1988; Di Stefano y Mindszently, 2000). Contemporáneamente, al menos en parte, al depósito de las calcarenitas en las zonas orientales, en las zonas más occidentales (menos subsidentes) tuvo lugar la formación de la costra de óxidos de Fe por actividad microbiana sobre la superficie de disolución. Esta costra se interpreta como una superficie de omisión con rasgos de *hardground*. El hecho de que finalmente se depositaran calcarenitas muy adelgazadas sobre esta superficie, hace pensar que la profundidad a la que se originó la costra no debió de ser muy grande. Su formación pudo estar favorecida por alguno o por la combinación de varios de estos factores: (i) cambios en las condiciones tróficas del medio asociadas con cambios en el sistema regional de circulación oceánica y *upwelling*; (ii) eutrofización del medio en relación con exceso de nutrientes y de Fe aportados a través de ríos durante las primeras fases transgresivas; (iii) aporte de aguas subterráneas pobres en oxígeno y ricas en Fe reducido por descarga directa en el mar; (iv) hidrotermalismo submarino asociado con la actividad del *rifting* y (v) condiciones parcialmente anóxicas o disaeróbicas en el fondo marino, donde el Fe pudo estar en su estado soluble reducido, quizás como preludio al Evento Anóxico Oceánico del Aptiense Inferior.

La coincidencia en el tiempo entre el hundimiento de la plataforma, el depósito de margas ricas en materia orgánica y la presencia de excursiones negativas bruscas en los valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ (Figs. 2C) sugiere también la existencia de variaciones paleoambientales importantes coincidiendo con el *drowning* de la plataforma. La excursión negativa en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ es correlacionable con excursiones similares en otras regiones del mundo (Föllmi *et al.*, 1994; Burla *et al.*, 2008), coincidiendo con el comienzo del Evento Anóxico Oceánico del Aptiense inferior (OAE 1a). El incremento en la tasa de precipitación y la aceleración del ciclo hidrológico en una plataforma con influencia de aporte fluvial podrían haber producido cierta disminución de la salinidad del medio que, junto con el aumento global de la temperatura durante este periodo (Jenkyns, 2003), podría explicar, al menos parte, los bajos valores del $\delta^{18}\text{O}$ registrados durante el hundimiento de la plataforma.

Conclusiones

Los cambios composicionales que se observan en la plataforma de La Florida durante el Aptiense Inferior en las fases previas al hundimiento, pueden explicarse por un deterioro ambiental relacionado con un cambio rápido en las condiciones tróficas del medio. La evolución de facies de tipo *photozoan* a tipo *heterozoan* bajo la superficie de hundimiento, podría reflejar la eutrofización del medio por un incremento rápido en el aporte de nutrientes, favorecido por el incremento de la actividad de los ríos y de los procesos de meteorización. La posición paleogeográfica de la plataforma de La Florida en el borde de cuenca, junto con un endurecimiento de las condiciones climáticas de *greenhouse* favorecieron, muy probablemente, que la plataforma se viese afectada por un ciclo hidrológico más activo. Esto se refleja tanto en el aumento de contaminación terrígena registrada durante el segundo estadio de plataforma carbonatada, como en las evidencias de circulación de lentes de aguas continentales a través de los carbonatos de plataforma, que produjeron una intensificación de los procesos de diagénesis meteórica. La superficie de disolución que separa el primer y el segundo estadio de producción carbonatada podría ser el resultado de la combinación de procesos de disolución, tanto durante la exposición subaérea de la plataforma, como por fases de disolución posterior en un ambiente marino poco profundo originadas por la circulación de lentes de aguas meteóricas que pudieron descargar en la plataforma. La formación de la costra ferruginosa sobre esta superficie pudo estar

favorecida por un aumento relativo en la concentración de Fe en el medio, y/o una fuerte reducción en la producción de sedimento carbonatado o de su disolución eventual. Finalmente, los efectos combinados de una profundización rápida del medio deposicional, junto con un aumento del aporte de terrígenos finos, favoreció el hundimiento final (*drowning*) de la plataforma y el depósito de la unidad margosa en un ambiente marino abierto de baja energía, que representa el OAE 1a en nuestra zona de estudio.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con ayuda de una beca predoctoral del IGME dentro del proyecto 2005/062 financiado por el IGME.

Referencias

- Burla, S., Heimhofer, U., Hochuli, P.A., Weissert, H. y Skelton, P. (2008). *Palaeo-geography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 257, 38-57.
- Caplan, M. L., Bustin, R. M. y Grimm, K. A. (1996). *Geology*, 24, 715-718.
- Collignon, M., Pascal, A., Peybernès, B. y Rey, J. (1979). *Annales de Paléontologie (Invertébrés)*, 6, 139-156.
- Di Stefano, P. y Mindszently, A. (2000). *Sedimentary Geology*, 132, 37-68.
- Enos, P. (1988). *Sedimentology*, 35, 287-325.
- Föllmi, K. B., Weissert, H., Bisping, M. y Funk, H. (1994). *Geological Society of American Bulletin*, 106, 729-746.
- Föllmi, K. B., Godet, A., Bodin, S. y Linder, P. (2006). *Paleoceanography*, 21, 4211-4227.
- Immenhauser, A. (2005). *Sedimentary Geology*, 175, 277-296.
- Jenkyns, H. (2003). *Royal Society of London*, 361, 1885-1916.
- Manheim, F. T. (1967). *New York Academic Sciences*, 29, 839-853.
- Moore, C.H. (1989). *Developments in sedimentology*, 46. Elsevier. 338 p.
- Mutti, M., Bernoulli, D. y Stille, P. (1997). *Terra Nova*, 9, 122-125.
- Najarro, M., Rosales, I. y Martín Chivelet, J. (2007). *Volumen Monográfico de la II Semana de Jóvenes Investigadores del IGME*. IGME. 123-128.
- Najarro, M. y Rosales, I. (2008). *Geotemas*, VII Congreso Geológico Nacional de España (en prensa).
- Ramírez del Pozo, J. (1972). *Revista Española de Micropaleontología*, 59-97.
- Weissert, H., Lini, A., Föllmi, K. B. y Kuhn, O. (1998). *Palaeoecology, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 137, 189-203.
- Winterer, E. L. y Sarti, M. (1994). *Sedimentology*, 41, 1109-1132.