

# Cambios laterales de facies en ciclos perimareales carbonatados de alta frecuencia (Sinemuriense, Cordillera Ibérica)

*Lateral facies changes in high-frequency, peritidal carbonate cycles (Sinemurian, Iberian Chain)*

B. Bádenas y M. Aurell

Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Zaragoza, 50.009 Zaragoza, bbadenas@unizar.es, maurell@unizar.es

## ABSTRACT

*The sedimentary record of the high-frequency Sinemurian cycles originated in the shallow carbonate platform of the northern Iberian basin (NE Spain) show marked differences depending on the environment in which they developed. Vertical facies distribution in shallowing upward cycles with intertidal laminated caps has a great lateral homogeneity (more than 12 km across) with no significant variation. However, the cycles dominated by grainy facies, mostly formed in the open marine wave-agitated areas, show rapid lateral facies changes and irregular record of discontinuity surfaces. In this case, the number and distribution of the cycles defined in a single log cannot be representative of the entire platform area. Accordingly, the definition of cycles originated in these high-energy open platform areas should be based in the analysis of laterally continuous outcrops.*

**Key words:** Cyclostratigraphy, carbonate platform, Iberian Chain, Sinemurian

*Geogaceta*, 44 (2008), 183-186

ISSN: 0213683X

## Introducción

El registro sedimentario en los dominios perimareales de las plataformas carbonatadas se organiza, generalmente, en secuencias o ciclos de alta frecuencia de espesor métrico que tienen una evolución vertical somerizante. El origen de estos ciclos se ha relacionado tanto con factores alocíclicos (cambios eustáticos debidos a ciclos orbitales de alta frecuencia o pulsos tectónicos) como autocíclicos, caso de los rellenos de la acomodación a partir de la migración lateral de los cinturones de facies (e.g., Pratt y James, 1986; Strasser, 1991).

La definición de los ciclos de alta frecuencia se realiza a partir del análisis de discontinuidades y de las evoluciones verticales de las facies. En análisis de cicloestratigrafía, a la secuencia así definida se le confiere una elevada representatividad, de manera que se utiliza, por ejemplo, como técnica de correlación entre diferentes secciones alejadas entre sí o para realizar determinados tratamientos estadísticos.

Hasta la fecha, no existen muchos estudios encaminados a analizar las posibles variaciones laterales de facies dentro de los ciclos perimareales (e.g., Adams y Grotzinger, 1996). El objeto de este trabajo es documentar las variaciones laterales y verticales de secuencias y facies en dos

subambientes diferentes, localizados en la zona somera de la plataforma del Sinemuriense (Jurásico Inferior) de la Cuenca Ibérica: un dominio más interno, con desarrollo importante de facies con laminación algal y un dominio más externo, dominado por el desarrollo de bajíos arenosos carbonatados. La comparación entre los resultados obtenidos en uno y otro sector permite enunciar una serie de conclusiones que pueden ser relevantes para la aplicación de la cicloestratigrafía en plataformas de carbonatos.

## Material y métodos

Los materiales analizados corresponden a una unidad de calizas bien estratificadas de edad Sinemuriense, con amplia extensión a lo largo de toda la Cordillera Ibérica (Fm. Cuevas Labradas). En concreto, se han realizado 12 perfiles a lo largo de un afloramiento continuo (12 km), localizado en las proximidades de Almonacid de la Cuba, al sur de la provincia de Zaragoza (Fig. 1). Los materiales estudiados se depositaron en la parte media y superior del Sinemuriense (Boudagher-Fadel y Bosence, 2007) y están limitados a techo por la superficie de transgresión del final del Sinemuriense (Zona *Raricostatium*, Comás Rengifo *et al.*, 1999; Aurell *et al.*, 2003).

Dentro de la Fm. Cuevas Labradas, se han seleccionado dos intervalos para su caracterización sedimentológica detallada, localizados, respectivamente, en su parte media y superior: un intervalo basal de hasta 4 m de espesor, que incluye dos ciclos de somerización (Ciclos 1.1 y 1.2) con amplio desarrollo de facies con laminación de origen algal y otro intervalo de espesor variable (de 5 a 7 m), en el que dominan las facies granosostenidas con componentes arenosos carbonatados de naturaleza variada (Ciclos 2.1 y 2.2).

La identificación de las facies está basada en la observación en el campo nivel a nivel y a partir de láminas delgadas. La correlación entre los perfiles propuesta (Fig. 2), en las que se muestra la distribución lateral de las facies en los cuatro ciclos analizados, está basada en el seguimiento sobre el terreno de las superficies de discontinuidad que limitan estos ciclos.

## Descripción de facies y reconstrucción paleoambiental

Los materiales estudiados presentan diferentes tipos de facies que representan sendos ambientes de depósito de la zona interior de la plataforma (Fig. 3). Las facies se han agrupado en cuatro asociaciones:

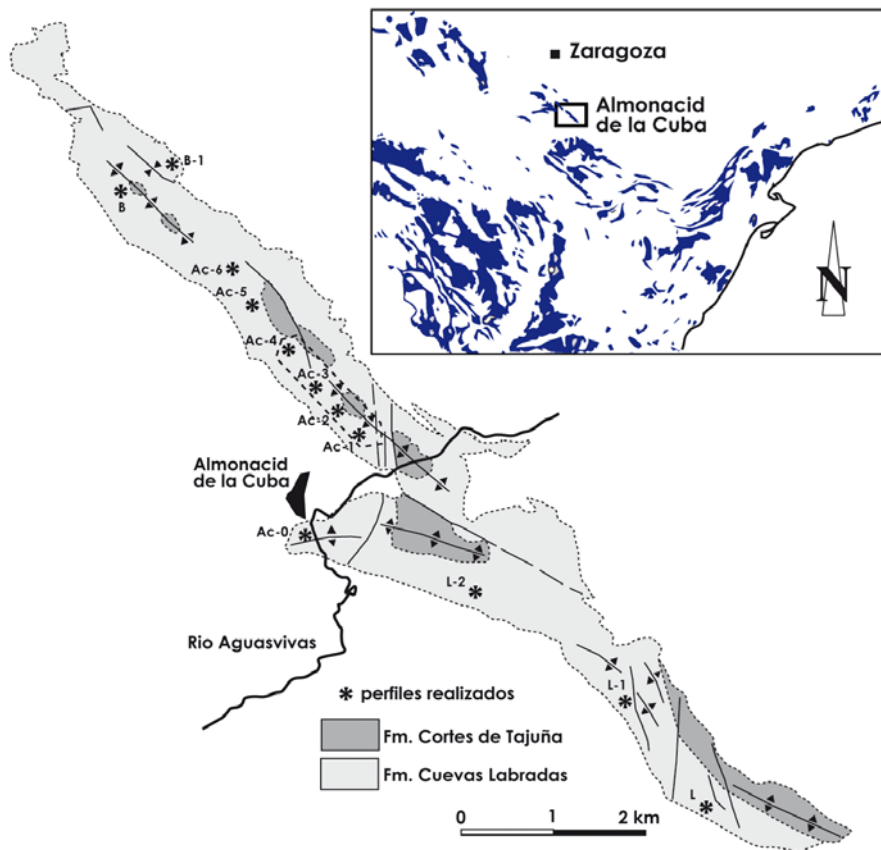


Fig. 1.- Situación de los 12 perfiles estudiados en el afloramiento de Almonacid de la Cuba (Zaragoza).

Fig. 1.- Location of the 12 analysed logs around the Almonacid de la Cuba (Zaragoza).

- (1) Facies de llanura de mareas, que incluyen niveles con laminación de origen algal, que pueden ser plano paralela (facies 1b) u ondulada, con frecuentes estructuras antiformes (*tepees*), que indican etapas de exposición subaérea más prolongadas (facies 1a).
- (2) Facies de lagoon protegido, que incluyen facies micríticas bioturbadas (mudstone a wackestone) con escasos restos de bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, algas dasicladáceas, miliólidos, textuláridos, equinodermos y braquiópodos (Facies 2a). Se identifican también facies granosostenidas (packstone-grainstone) dominadas por peloides de hasta 0.3 mm de diámetro, junto con ooides con un número escaso de láminas (ooides de tipo 4 de Strasser, 1986), y restos bioclastos entre los que dominan las algas dasicladáceas, bivalvos y gasterópodos (Facies 2b). La facies 2b tiene geometría tabular y gran continuidad lateral, y se interpreta como formada a partir de depósitos de *washover* (Fig. 3).
- (3) Facies de bajíos de plataforma abierta, localizadas sobre el nivel de

base de oleaje de buen tiempo, caracterizadas por facies granosostenidas (packstone-grainstone), que forman niveles tabulares con estratificación cruzada ocasional y continuidad lateral limitada. En función del carácter dominante de sus componentes se han diferenciado facies oolíticas u oolítico-peloidales (Facies 3a); facies peloidales-biolásticas (Facies 3b), con hasta un 20% de restos de crinoides, equinoides, bivalvos, gasterópodos y foraminíferos; facies intraclásticas-peloidales-oolíticas (Facies 3c), con intraclastos micríticos redondeados y peloides mal calcificados de hasta 2 mm de diámetro; facies intraclásticas-peloidales-biolásticas (Facies 3d), con hasta un 35% de bioclastos mal clasificados, generalmente micritizados; y facies bioturbadas oncolíticas-intraclásticas (Facies 3e), con restos de equinodermos, gasterópodos y bivalvos.

- (4) Facies fangosas de plataforma abierta, depositadas por debajo del nivel de oleaje de buen tiempo, escasamente representadas en la parte

inferior de las secuencias 2.1 y 2.2, formadas por mudstones a wackestones bioturbados con restos generalmente micritizados y fragmentados de crinoides, gasterópodos, bivalvos, braquiópodos, corales solitarios, algas solenoporáceas y foraminíferos.

### Los ciclos de alta frecuencia

Los ciclos de alta frecuencia se han definido en función de la existencia de discontinuidades que se pueden trazar a lo largo de los 12 km de afloramiento estudiados. Se trata de superficies de estratificación planas bien marcadas, asociadas a cambios bruscos en la evolución vertical de las facies. La continuidad lateral de estas discontinuidades permite descartar un mecanismo autocíclico para su origen.

- (1) Ciclos 1.1 y 1.2: Su espesor (2.5–3.5 m y 1.4–1.8 m, respectivamente) y su distribución de facies se mantiene constante a lo largo de todo el afloramiento analizado, con una evolución somerizante, con el paso gradual de las facies de *lagoon* protegido a las facies de llanura de mareas. Están formado por 2 o 3 estratos (véase líneas de puntos en la Fig. 2), que muestran importantes variaciones laterales de facies. La existencia local de facies laminadas en la base del ciclo 1.1 (perfiles Ac-4 y L-2) se explica por el registro discontinuo durante las etapas iniciales de inundación de la plataforma. Las facies granosostenidas de *washover* (Facies 2b) se extienden, prácticamente, a lo largo de todo el afloramiento estudiado sin una variación significativa en sus componentes dominantes (ooides, peloides y algas dasicladáceas). En la parte superior de los ciclos existe un paso lateral entre las facies laminadas 1a y 1b, que indican episodios de exposición subaérea más prolongados hacia el sureste.
- (2) Ciclos 2.1 y 2.2: Tienen una distribución de espesores irregular (2.5–5.5 m y 1.5–3 m, respectivamente) y una evolución general somerizante, con desarrollo local de facies fangosas de plataforma abierta (Facies 4) en su parte inferior. Los componentes de las facies granosostenidas tienen gran variación lateral y forman por tanto cuerpos de extensión lateral limitada. Existe una diferencia significativa entre ambos ciclos. En el ciclo 2.1 se

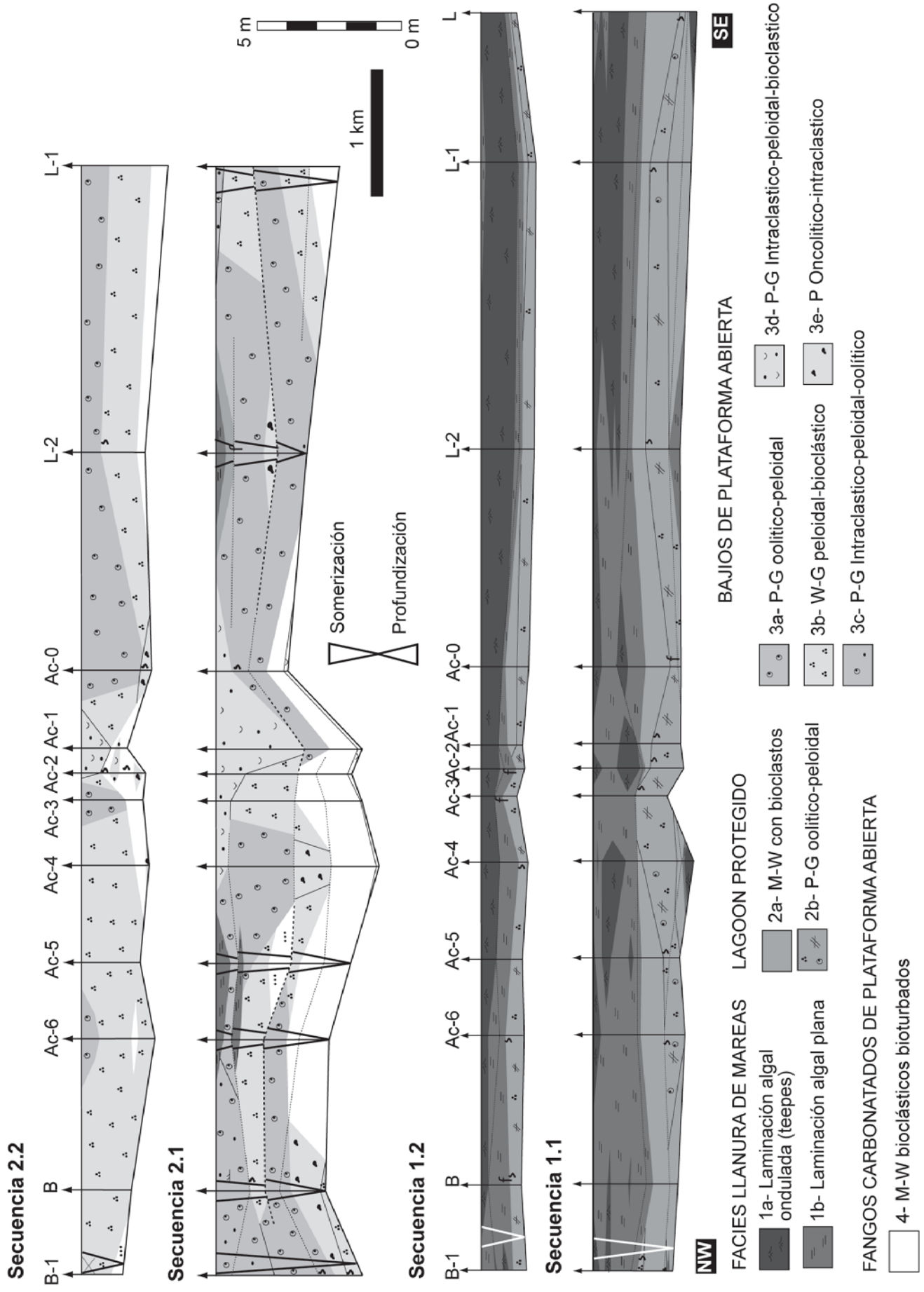


Fig. 2.- Esquema de correlación, en el que se muestra la distribución lateral de las facies en los cuatro ciclos caracterizados.

Fig. 2.- Correlation of logs, showing the facies distribution in the four studied high-frequency cycles.

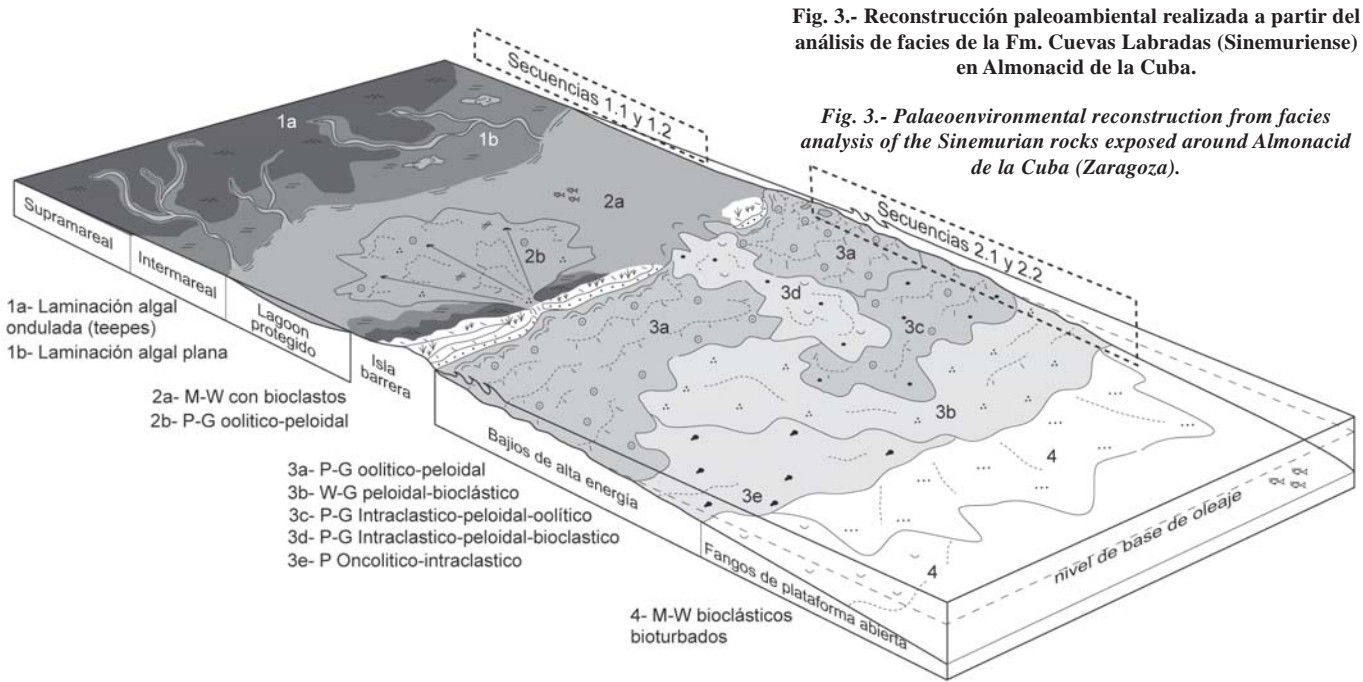


Fig. 3.- Reconstrucción paleoambiental realizada a partir del análisis de facies de la Fm. Cuevas Labradas (Sinemuriense) en Almonacid de la Cuba.

Fig. 3.- Palaeoenvironmental reconstruction from facies analysis of the Sinemurian rocks exposed around Almonacid de la Cuba (Zaragoza).

observan 2–3 subciclos, limitados por superficies de discontinuidad con una extensión limitada a escala de afloramiento (véase líneas discontinuas en la Fig. 2). Su génesis puede ser relacionada, por tanto, con fenómenos autocíclicos de carácter local. En estos casos, el relleno de la acomodación por facies granosostenidas implicaría, por ejemplo, el desarrollo local de facies laminadas en la parte superior del ciclo (secciones Ac-5 y Ac-6). En el ciclo 2.2 no se observan superficies de discontinuidad intermedias, aunque si cambios laterales entre las facies granosostenidas oolíticas y peloidales.

**Discusión y conclusión**

La caracterización de los ciclos de alta frecuencia en dos intervalos estratigráficos de la Fm. Cuevas Labradas (Sinemuriense, Cordillera Ibérica), permiten obtener una serie de conclusiones que pueden ser relevantes para el análisis de cicloestratigrafía aplicado a plataformas carbonatadas someras:

(1) Los ciclos somerizantes desarrollados en las zonas más internas de la plataforma involucran a facies fangosas y granosostenidas de lagoon restringido y a facies con laminación de origen algal. Estos tres tipos de facies tienen una gran continuidad lateral (al menos 12 km), aunque puede haber cambios laterales de las mismas dentro de un único estrato. En consecuencia, de cara a la

definición de ciclos, el análisis de una única sección hubiera ofrecido unos resultados sobre aspectos como el espesor o la distribución vertical de facies, bastante representativos de todo el afloramiento analizado.

(2) Los ciclos dominados por facies granosostenidas, originados en bajíos de plataforma abierta, muestran frecuentes cambios laterales de facies (diferentes componentes que permiten la definición de cinco tipos de facies granosostenidas diferentes). Además, se observan frecuentes discontinuidades intermedias, que permiten definir un número diferente de sub-ciclos (de 1 a 3) en función de la serie analizada. Por lo tanto, en este caso, el número de ciclos obtenidos a partir del análisis de una única serie podría no ser representativo del conjunto de la plataforma. Por ello, la definición de los ciclos debería estar basada en el levantamiento y correlación de diversos perfiles estratigráficos, aún cuando su correlación pueda resultar problemática debido a los rápidos cambios de facies entre los diferentes tipos de facies granosostenidas.

Las diferencias observadas en el registro de los ciclos de alta frecuencia entre uno y otro dominio de sedimentación se explican satisfactoriamente por la geometría y extensión del medio de sedimentación (Fig. 3). En el dominio más interno de la plataforma, con una pendiente y energía muy baja, los cinturones de facies tienen gran continuidad lateral; en las zonas abiertas de alta energía, los bajíos areno-

sos forman cuerpos de extensión mucho más limitada, con frecuentes interdigitaciones. En estas zonas, de elevada producción y acumulación de carbonato, los fenómenos autocíclicos pueden operar con más eficacia y generar ciclos de carácter local, poco representativos a escala de la plataforma en su conjunto.

**Agradecimientos**

Este trabajo es una contribución al proyecto del MEC, CGL2005-07455-C0-03/BTE y ha sido también subvencionado por el Gobierno de Aragón (Grupos Consolidados).

**Referencias**

Adams, R. y Grotzinger, J. (1996). *Journal Sedimentary Research*, 66, 1079–1090  
 Aurell, M., Robles, S., Bádenas, B., Quesada, S., Rosales, I., Meléndez, G. y García-Ramos, J.C., (2003). *Sedimentary Geology*, 162, 239–271.  
 Boudagher-Fadel, M. y Bosence, D. (2007). *Senckenbergiana lethaea*, 87, 1–39  
 Comas-Rengifo, M.J. Gómez, J.J., Goy, A., Herrero, C., Perilli, N., Rodrigo, A. (1999). *Cuadernos Geología Ibérica*, 25, 27–58.  
 Pratt, B. y James, N. (1986). *Sedimentology*, 33, 313–343.  
 Strasser, A. (1986). *Sedimentology*, 33, 711–727.  
 Strasser, A. (1991). En: *Cyclic and Event Stratification* (G. Einsele, W. Ricken y A. Seilacher, Eds.). Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 709–721.