

# Parasecuencias transgresivo-regresivas: ejemplos de afloramiento en el Eoceno de la sierra de Entzia (provincia de Araba)

*Transgressive-regressive parasequences: a case-study in the Eocene outcrops of the Entzia ridge (Araba province)*

A. Payros y V. Pujalte

Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Fac. Ciencias, Universidad del País Vasco, Apdo. 644, 48080 Bilbao; e-mail: gpppaaga@lg.ehu.es

## ABSTRACT

Two main facies associations coexist in the Middle Eocene limestones of the Entzia ridge (Araba province), one representative of a tidal flat environment, the other of a marine ramp setting. Analysis of their sequential arrangement has made it evident the existence of two orders of parasequence organization. Each of the parasequences of the lower (4th?) order was built during a progressive transgression and ended with a rapid regression. Parasequences of the higher (5th?) order began with minor transgressions and continued with minor regressions. Parasequences have often been thought to represent simple upward-shoaling successions bounded by flooding surfaces. Our findings indicate a greater complexity and diversity in parasequence development. The significance of such variability, however, still needs further studies.

**Key words:** parasequence, transgression, regression, Eocene, western Pyrenees.

Geogaceta, 24 (1998), 243-246  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Durante los últimos años el análisis secuencial se ha constituido como una de las herramientas más utilizadas en la estratigrafía. El objetivo explícito de la estratigrafía secuencial es la división del registro estratigráfico en conjuntos de estratos genéticamente relacionados, utilizando para ello superficies de significado cronoestratigráfico. En la actualidad se reconoce una variada gama de unidades secuenciales integradas unas en otras y caracterizadas por su orden o duración temporal (Vail *et al.*, 1991). En este contexto, las piezas fundamentales más utilizadas en la estratigrafía secuencial son las secuencias deposicionales de tercer orden y, en menor medida, los ciclos transgresivo-regresivos de segundo orden. Comparativamente, a las parasecuencias (unidades secuenciales de orden menor) se les ha prestado poca atención, dadas su modesta entidad y aparente simplicidad.

Las parasecuencias son grupos de capas genéticamente ligadas y limitados por superficies de inundación (Vail *et al.*, 1991), manifestándose típicamente

por secuencias somerizantes hacia arriba de espesores métricos y decimétricos. El intervalo temporal que representan es siempre inferior a 500.000 años, y en función del tiempo involucrado se subdividen en diferentes categorías (parasecuencias de cuarto orden, quinto orden, etc.; ver Vail *et al.*, 1991).

En las calizas eocenas del este de Araba y oeste de Navarra son frecuentes las secuencias que presentan características típicas de parasecuencias (Payros, 1997). Sin embargo, en la sierra de Entzia (provincia de Araba) se han identificado ciclos sedimentarios de orden menor cuya organización interna no se corresponde estrictamente con la definición formal de parasecuencia. La descripción e interpretación de estas parasecuencias anómalas es el objetivo de esta nota.

## Contexto estratigráfico

En las sierras del este de Araba y oeste de Navarra existen amplios afloramientos de calizas del Eoceno Inferior y Medio (Fig. 1). Recientemente, Payros *et al.* (1996) diferenciaron tres unidades estratigráficas principales li-

mitadas por discordancias mayores. Las calizas de la unidad más moderna ocupan la mayor superficie de las sierras de Urbasa y Andia, lo que ha motivado su definición como Formación de Calizas de Urbasa y Andia (Payros, 1997). Según el contenido en macroforaminíferos bentónicos, su depósito ocurrió durante el Eoceno Medio, concretamente desde el Luteciense medio-II hasta el Bartonense inferior.

Las Calizas de Urbasa y Andia se acumularon en rampas bioclásticas de alta energía. A lo largo de su formación experimentaron sucesivas progradaciones y retrogradaciones. En base a esta evolución pulsante se han delimitado cinco secuencias deposicionales de tercer orden (Payros, 1997). En conjunto, dichas secuencias presentan un carácter expansivo, de forma que solapan sobre la discordancia basal de la Formación en posiciones sucesivamente más meridionales. Así, se ha deducido que entre el Luteciense medio-II y el Bartonense inferior la parte occidental de Navarra estuvo dominada por condiciones generales transgresivas.

Los materiales objeto de este estudio afloran en la parte nororiental de la

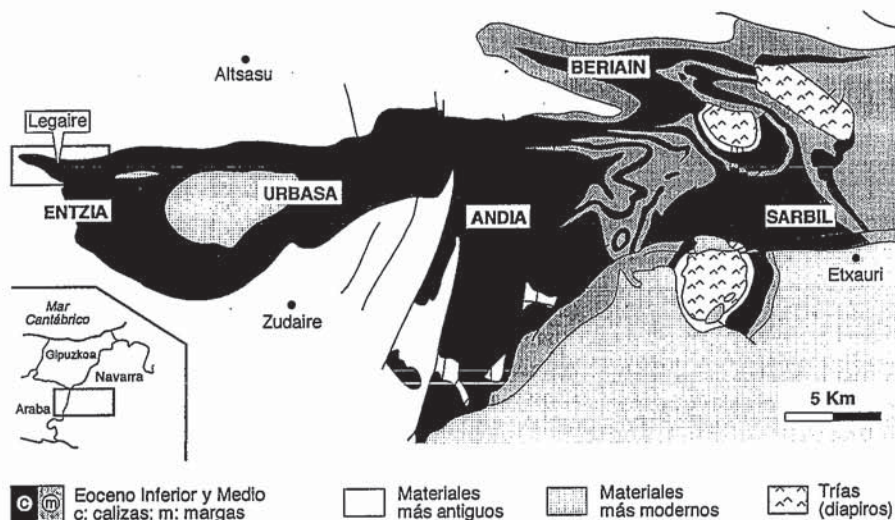


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado de las sierras del oeste de Navarra y este de Araba (ver recuadro inferior). La zona de estudio (área de Legaire) se sitúa en la sierra de Entzia, en la terminación occidental de los afloramientos eocenos.

Fig. 1.- Simplified geological map of the ridges in western Navarra and eastern Araba provinces (see lower inset). The study area (Legaire) is located in the Entzia ridge, in the western termination of the eocene outcrops.

sierra de Entzia, concretamente en las inmediaciones de las campas de Legaire (Fig. 1). En esta zona las facies de las Calizas de Urbasa y Andia difieren notablemente de las del resto de afloramientos de la Formación. Por ello es necesario en primer lugar una descripción e interpretación sedimentológica de los materiales considerados.

### Análisis de facies

En el área de Legaire las Calizas de Urbasa y Andia constan de dos grandes conjuntos de facies bien diferenciados, que se han denominado asociación A y asociación B.

**Asociación A:** Consiste en calizas mudstone, margas y margocalizas grises con fábrica fenestral laminar microscópica. La fauna es escasa: predominan las conchas finas de ostrácodos, pero en algunos niveles se han encontrado también algunos foraminíferos marinos (miliólidos, alveolínidos, pequeños rotálidos y otros microbentónicos indeterminados). A nivel macroscópico se han observado estructuras subcilíndricas de al menos 30 cm de longitud y hasta 5 cm de diámetro, dispuestas perpendicularmente a la estratificación. En sección transversal estas estructuras presentan habitualmente una zonación concéntrica: la banda externa está compuesta por micrita limosa y contiene abundantes microporos re-

lentos por calcita esparítica y con rasgos similares a los de la estructura alveolar septal (Wright, 1986); la banda intermedia es de calcita esparítica radial y sus cristales aumentan de tamaño hacia el interior de la estructura; por último, el eje central es de micrita pura o microesparita, más clara que la de la banda periférica. Estas estructuras son relativamente abundantes y, con toda probabilidad, corresponden a rizolitos creados por concentración y precipitación de material calcáreo alrededor de raíces y de sus pelillos absorbentes (Hernández *et al.*, 1997). Otros rasgos de pedogénesis son visibles también a nivel microscópico. Además, de manera muy localizada se encuentran intercalaciones decimétricas de conglomerados desorganizados, con mucha matriz margosa de color gris y clastos centimétricos de calizas micríticas similares a aquellas entre las que se intercalan, sugiriendo una procedencia a partir de las mismas.

Algunas de las calizas de esta asociación presentan laminaciones milimétricas onduladas o ligeramente domales, marcadas por alternancias de colores claros y oscuros. Se consideran como estructuras creadas por fijación de sedimento sobre mallas de algas verde-azules, pudiendo, por lo tanto, clasificarse como construcciones orgánicas ("bindstones") de tipo estromatolítico. Constituyen cuerpos de hasta 1 m de

espesor y se presentan en pequeños parches aislados con morfologías internas de suaves domos lateralmente continuos, incluyéndose en el tipo LLH-S de Logan *et al.* (1964).

A la vista de los rasgos paleontológicos y texturales de esta asociación de facies, las calizas y margocalizas grises se interpretan como depósitos de una estrecha llanura mareal de baja energía con índices de exposición del 60-90% (Ginsburg *et al.*, 1977; Hardie, 1977).

**Asociación B:** Esta asociación de facies es similar a la que caracteriza la Formación Calizas de Urbasa y Andia en posiciones más orientales. Consiste mayoritariamente en packstones y grainstones arenosos donde predominan las partículas peloidales, *Alveolinas*, *Orbitolites* y fragmentos de algas y de *Nummulites*. Asimismo, son frecuentes las intercalaciones de niveles de conglomerados con cantos calizos bien redondeados de hasta 10 cm de diámetro y matriz bioclástica. Estos materiales son sucedidos verticalmente por packstones con grandes *Nummulites*.

Las asociaciones de macroforaminíferos bentónicos señalan un medio de rampa interna abierta, no restringida, sobre la que posteriormente se instauraon facies propias de ambientes de rampa media.

### Organización secuencial

La superposición de la asociación B sobre la asociación A indica la implantación de condiciones francamente marinas sobre ambientes transicionales previos. De este modo se evidencia un carácter general transgresivo para los materiales estudiados. Sin embargo, el paso de una asociación a la otra no es brusco, sino que existe un intervalo transicional en el que se alternan. Ello sugiere una relación genética entre ambos tipos de facies. La correlación de diversos perfiles estratigráficos ha permitido reconstruir la arquitectura deposicional de dichos materiales (Fig. 2). Así, se hace evidente la interdigitación lateral entre las asociaciones A y B y el carácter diacrónico de la transición entre ambas. Asimismo, la interpretación a nivel secuencial ha permitido establecer la siguiente jerarquía.

En base a la citada arquitectura deposicional se reconocen seis secuencias mayores que presentan espesores de 5-7 m (S1 a S6 en Fig. 2b). Dichas secuencias comienzan con un intervalo basal de margocalizas de llanura mareal (asociación A) y culminan con un inter-

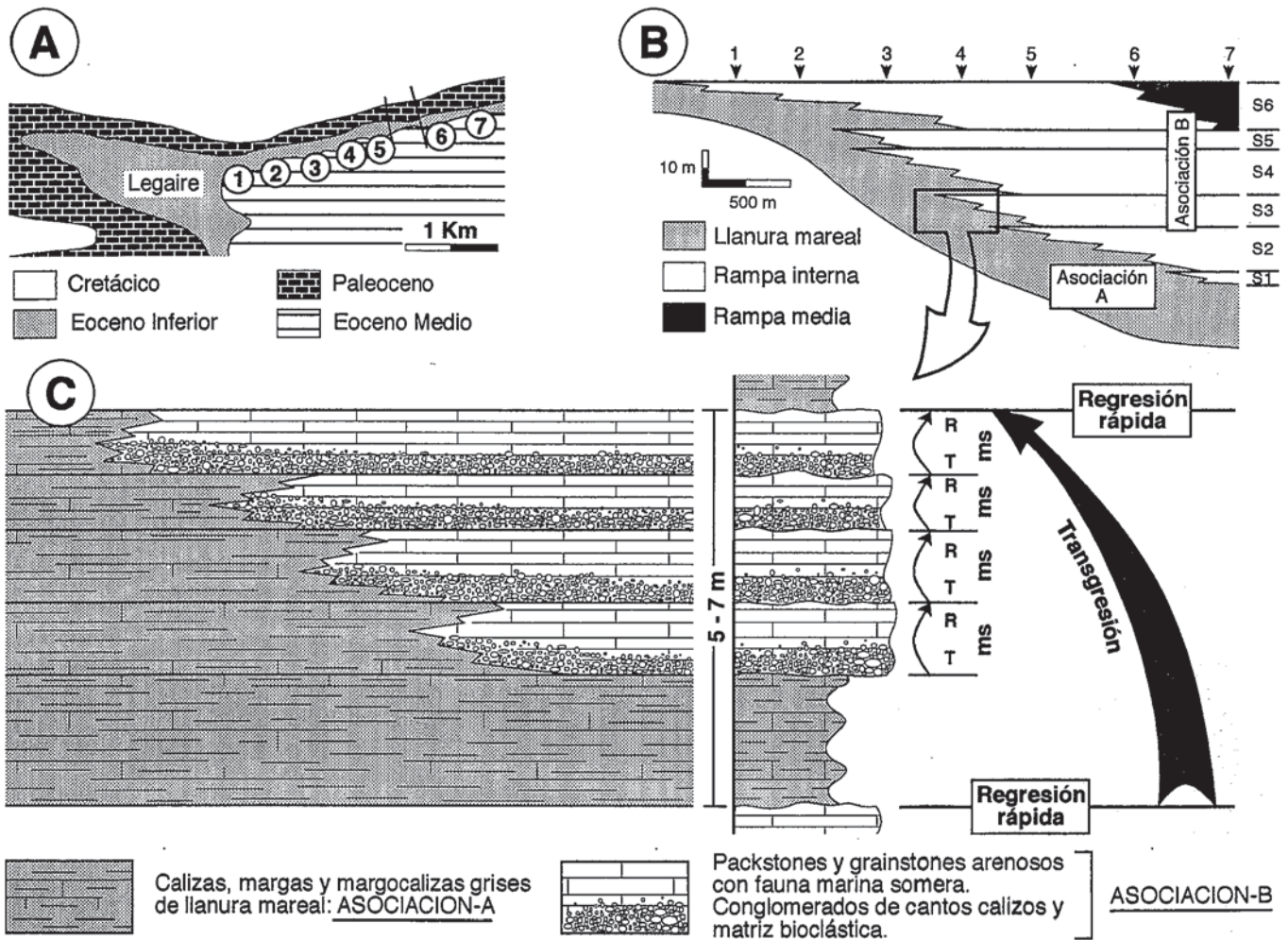


Fig. 2.- (A) Situación de las columnas estratigráficas analizadas (números 1 a 7 en círculos). (B) Arquitectura deposicional de las calizas del Eoceno Medio, reconstruida a partir de la correlación de los siete perfiles. Se diferencian dos asociaciones de facies principales, cuyas relaciones delimitan seis parasecuencias mayores (S1 a S6). (C) Organización interna de una de las parasecuencias mayores. Nótese que en su parte superior se reconocen parasecuencias menores (ms). Las parasecuencias de ambos órdenes registran evoluciones transgresivo-regresivas. Explicación en el texto.

Fig. 2.- (A) Location of the studied sections (encircled numbers from 1 to 7). (B) Depositional architecture of the Middle Eocene limestones, based on the correlation of the seven sections. Two main facies associations have been differentiated. Their relationships define six major parasequences (S1 to S6). (C) Internal organization of one of the major parasequences. Note that minor parasequences (ms) can be delimited in its upper part. Parasequences of both orders record transgressive-regressive evolutions. Explanation within the text.

valo superior de calcarenitas y conglomerados submareales (asociación B), mostrando una pauta vertical de progresiva profundización y transgresión (Fig. 2c). Los límites de las sucesivas secuencias registran episodios de rápidas recepciones marinas. Así, las seis secuencias señaladas constituyen el registro estratigráfico de ciclos transgresivo-regresivos.

Según dicha ordenación, las secuencias de Legaire podrían ser asimiladas a secuencias deposicionales de tercer orden desarrolladas en áreas de plataforma somera. Sin embargo, consideraciones regionales indican que en la sierra de Entzia el Luteciense medio-II/Bartoniense inferior está representado únicamente por tres secuencias deposiciona-

les (Payros, 1997). Por ello, las seis secuencias descritas deben incluirse en la categoría de parasecuencias. Mitchum y Van Wagoner (1991) también han descrito conjuntos estratigráficos ordenados internamente como secuencias de tercer orden, pero que por duración temporal deben atribuirse a la categoría de parasecuencias. La pauta de apilamiento vertical de las seis parasecuencias aquí descritas es profundizante, mientras que en la horizontal las sucesivas parasecuencias presentan un carácter expansivo (Fig. 2b). Todo ello refleja su formación en condiciones generales transgresivas, por lo que el conjunto de materiales aquí descrito podría considerarse propio del cortejo transgresivo

(TST) de un solo ciclo de tercer orden.

Por otro lado, el análisis detallado de los intervalos superiores de las seis parasecuencias de Legaire revela que éstos se componen, a su vez, de tres o cuatro minisecuencias (espesores de 50-80 cm) en las que se pasa de un tramo inferior conglomerático a otro superior calcarenítico (Fig. 2c). La pauta de apilamiento de las sucesivas minisecuencias confirma el carácter transgresivo ya señalado para las parasecuencias mayores. Así, la evolución lateral muestra que las sucesivas minisecuencias son progresivamente más expansivas. Por ello es posible atribuir la formación de las minisecuencias a distintos pulsos de inundación marina: el tramo

conglomerático representa la erosión y el retrabajamiento provocado por la transgresión marina, mientras que el tramo calcarenítico representa la instauración de comunidades bentónicas estables.

De este modo, las miniseuencias reflejan ciclos transgresivo-regresivos limitados por superficies de inundación marina y erosión. Dada su aparición en el interior de conjuntos ya atribuidos a parasecuencias, el rango de las miniseuencias debe relegarse, al menos, a parasecuencias de quinto orden (30-80 K.a. de duración según Vail *et al.*, 1991). Parasecuencias con una ordenación similar a la de nuestras miniseuencias han sido documentadas, entre otros, por Arnott (1995) y Ruffell y Wach (1998).

**Conclusiones**

En este trabajo se han dado a conocer parasecuencias de dos órdenes diferentes con una organización interna transgresivo-regresiva. Esta organización difiere del carácter somerizante (i.e., regresivo) asignado previamente a las parasecuencias. En uno de los casos estudiados las parasecuencias están limitadas por superficies de inundación marina, tal y como propone la definición original del término. Por el contra-

rio, en el otro caso analizado los límites de parasecuencias corresponden a superficies que registran retiradas del mar, reflejando una organización radicalmente opuesta a la señalada en trabajos previos para ciclos de orden menor.

Todo ello revela que las parasecuencias no son tan sencillas como se creía, pudiendo ser variadas en su organización y reflejar, por tanto, evoluciones complejas. De esta forma, se abren puertas a un campo más amplio para las unidades secuenciales de orden menor. Al igual que ocurrió con unidades secuenciales de rango superior, trabajos futuros podrán aclarar el significado de esta variabilidad y complejidad.

**Agradecimientos**

Contribución a los proyectos UPV 121310-EB223/93 y DGICYT PB95-0500.

**Referencias**

Arnott, R.W.C. (1995): *Jour. Sedim. Research*, B65(1), 1-6.  
 Ginsburg, R.N., Hardie, L.A., Bricker, O.P., Garrett, P. y Wanless, H.R. (1977): In: L.A. Hardie (Ed.), *Sedimentation on the modern carbonate tidal flats of northwest Andros Island, Bahamas*. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore. 7-11.

Hardie, L.A. (1977): In: L.A. Hardie (Ed.), *Sedimentation on the modern carbonate tidal flats of northwest Andros Island, Bahamas*. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore. 1-3.  
 Hernández, J.M., Pujalte, V. y Robles, S. (1997): *Geogaceta*, 22, 93-96.  
 Logan, B.W., Rezaki, R. y Ginsburg, R.W. (1964): *Jour. Geol.*, 72, 68-83.  
 Mitchum, R.M. y Van Wagoner, J.C. (1991). *Sedim. Geol.*, 70, 131-160.  
 Payros, A. (1997). *Tesis Doctoral*, Univ. País Vasco, 403 pp.  
 Payros, A., Pujalte, V., Baceta, J.I., Orue-Etxebarria, X., Serrá-Kiel, J. y Trave, A. (1996). *Príncipe de Viana, Suplemento de Ciencias*, 14-15, 137-153.  
 Ruffell, A. y Wach, G. (1998): *Sedimentology*, 45, 91-107.  
 Vail, P.R., Audemard, F., Bowman, S.A., Eisner, P.N. y Perez-Cruz, G. (1991): In: G. Einsele, W. Ricken y A. Seilacher (Eds.), *Cycles and events in stratigraphy*. Springer-Verlag, Berlin. 617-659.  
 Wright, V.P. (1986): *Sedimentology*, 33, 831-838.