

Organización secuencial del sector occidental del abanico costero de Sant Llorenç del Munt (Eoceno, cuenca de antepaís surpirenaica)

*Sequential arrangement of the NW part of the Sant Llorenç del Munt fan delta
(Eocene, South-Pyrenean foreland basin)*

M. López-Blanco y M. Marzo

Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia. Universitat de Barcelona, 08071, Barcelona.

ABSTRACT

The study of the relationships among facies belts in the Eocene Sant Llorenç del Munt fan-delta complex allows us to differentiate three orders of transgressive-regressive cyclicity. The basic building blocks are the "fundamental sequences". The study of the stacking pattern of these "fundamental sequences" lead us to the definition of "transgressive units", "regressive units" and "composite sequences". A comparative analysis between these concepts and those currently used in sequence stratigraphy models is developed.

Key words: fan delta, sequence stratigraphy, Eocene.

Geogaceta, 14 (1993), 87-90
ISSN: 0213683X

Subdivisión secuencial propuesta

Los depósitos del abanico de Sant Llorenç del Munt están constituidos por una constante alternancia entre facies detríticas de abanicos aluvial y costero, y carbonáticas de plataforma (ver López Blanco y Marzo, este volumen).

En dichos depósitos se han distinguido tres ordenes principales de ciclicidad que se reflejan en secuencias de tipo transgresivo-regresivo de diferentes magnitudes. Este trabajo se centrará en las secuencias denominadas "secuencias fundamentales" (López Blanco y Marzo, 1991) y "secuencias compuestas" (López Blanco, 1991) respectivamente.

Las "secuencias fundamentales" han sido definidas como las secuencias transgresivo-regresivas de mayor frecuencia y menor escala, cartografiables y trazables lateralmente durante varios kilómetros. Su potencia oscila entre 1,5 y 60 metros. Estas "secuencias fundamentales" comprenden tres términos ideales (figura 1):

1) **Término transgresivo** ("a" en la figura 1), situado sobre una superficie transgresiva y bajo una superficie de máxima inundación. Se caracteriza por la presencia de depósitos carbonáticos de plataforma que pueden pasar lateralmente, hacia las zonas más proximales,

a facies siliciclásticas costeras y subaereas.

2) **Término regresivo** ("b" en la figura 1), situado sobre una superficie de máxima inundación y bajo una superficie de máxima regresión o límite de secuencia fundamental. Está constituido por facies de abanico costero claramente progradantes, que presentan secuencias de tipo somerizante.

3) **Término de bajo nivel**, que se presenta como un *lag* de cantos y más ocasionalmente como cuñas de facies costeras y depósitos de relleno de canal aluvial y turbidítico (c3, c1 y c2 en la figura 1, respectivamente) presuntamente relacionados con la deposición durante períodos de bajo nivel relativo del mar. Estos depósitos se sitúan sobre el tramo regresivo y bajo el tramo transgresivo, justo sobre el límite de la secuencia fundamental y bajo la superficie transgresiva.

Los límites que separan las diferentes secuencias fundamentales son superficies de máxima regresión, presumiblemente generadas durante las bajadas relativas del nivel del mar. Estos límites suelen coincidir con la superficie transgresiva. Cuando existen los canales aluviales, los depósitos "turbidíticos" canalizados o las cuñas progradantes de bajo nivel anteriormente

citados (c1, c2 y c3, respectivamente en la figura 1), el límite de secuencia se situaría (salvo excepciones) bajo éstos.

El tipo de apilamiento de estas secuencias fundamentales se ha estudiado a lo largo de un corte de ocho kilómetros de longitud, localizado en la zona occidental del abanico de Sant Llorenç del Munt (figura 2 A) y orientado paralelamente a la dirección principal de progradación (SE-NW). En base a este corte se han definido:

1) **Unidades transgresivas**, que son grupos de secuencias fundamentales consecutivas cuyo apilamiento presenta tendencias de tipo retrogradacional. Éstas están limitadas en la base por una superficie de máxima regresión y a techo por una superficie de máxima inundación. La potencia máxima de las unidades transgresivas oscila entre los treinta y los sesenta metros, aproximadamente (figura 2 B).

2) **Unidades regresivas**, que son grupos de secuencias fundamentales consecutivas cuyo apilamiento presenta tendencias de tipo progradacional y que están limitadas en su base por una superficie de máxima inundación y a techo por una superficie de máxima regresión. La potencia máxima de estas unidades oscila entre los sesenta y los doscientos metros (figura 2 B).

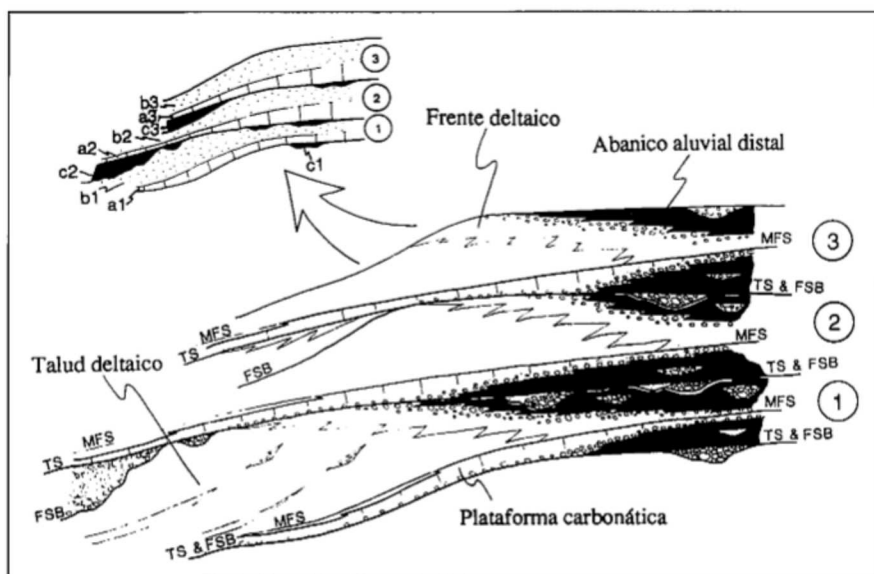


Fig. 1.— Tres tipos diferentes de secuencias fundamentales con sus superficies principales (TS=superficie transgresiva, FSB=límite de secuencia fundamental, MFS=superficie de máxima inundación) y distribución interna de facies.

Fig. 1.— Three different types of fundamental sequences, their key surfaces (TS=transgressive surface, FSB=fundamental sequence boundary, MFS=maximum flooding surface) and facies distribution.

A partir de estas unidades transgresivas y regresivas se han definido cuatro **secuencias compuestas** en el corte (figura 2 B) y seis en toda la zona estudiada (Sant Llorenç del Munt y Montserrat). Las secuencias compuestas están formadas por pares de unidades consecutivas, situándose sobre la base de la secuencia una unidad transgresiva y sobre ésta una unidad regresiva. Así, estas secuencias compuestas (secuencias transgresivo-regresivas de tercer orden definidas por el apilamiento de las secuencias fundamentales o de cuarto orden) están limitadas por superficies de máxima regresión que, a esta escala, vienen determinadas por el paso de un apilamiento progradacional a un apilamiento de tipo retrogradacional. Las Unidades transgresivas y regresivas aquí definidas serían comparables a los cortejos sedimentarios o *systems tracts*: las transgresivas a los cortejos transgresivos y las regresivas a los cortejos de nivel alto del mar (y quizás de borde de plataforma). La potencia máxima de estas secuencias compuestas oscila entre los cien y los doscientos cincuenta metros.

Discusión

A continuación, las secuencias fundamentales y compuestas definidas en

nuestra subdivisión estratigráfica serán comparadas con las secuencias deposicionales de Mitchum *et al.*, (1977), las parasecuencias de Van Wagoner *et al.*, (1987) y las secuencias compuestas de Mitchum y Van Wagoner (1990).

Secuencias fundamentales / Secuencias deposicionales

En la mayor parte de las secuencias fundamentales se diferencian con claridad dos términos esenciales: el término "carbonático" transgresivo basal y el término de abanico costero regresivo.

El **tramo transgresivo** está limitado por una superficie de inundación marina en la base (superficie transgresiva) y otra en el techo (superficie de máxima inundación). Estas superficies limitantes son fácilmente reconocibles en el campo cuando están relacionadas con facies costeras. Hacia zonas más profundas y más someras (subaereas) del sistema, a veces son difíciles de reconocer porque pueden no separar tipos de facies diferentes. El término transgresivo suele mostrar un carácter o tendencia de tipo profundizante y cuando está formado por varias capas carbonáticas se puede apreciar una disposición de solapamiento expansivo y *backstepping* sobre la superficie transgresiva.

Estas características sugieren que los tramos transgresivos de las secuencias

fundamentales son comparables a los cortejos transgresivos o *transgressive systems tract* (Brown y Fisher, 1977 y Vail, 1987) de las secuencias deposicionales.

El **tramo regresivo** de las secuencias fundamentales está formado por depósitos de abanico costero progradante cuyas cliniformas indican una disposición de "downlap" sobre la superficie de máxima inundación.

Estas características coinciden con las atribuidas a los cortejos de nivel del mar alto o *highstand systems tract* (Brown y Fisher, 1977; Vail, 1987) de las secuencias deposicionales.

El **límite de las secuencias fundamentales** viene marcado por una superficie-tiempo que se sitúa sobre el término regresivo y bajo el transgresivo (figura 1), marcando la superficie de máxima regresión (que en la mayoría de los casos coincide con la superficie transgresiva). Este límite de secuencia suele venir marcado por un pavimento de material detrítico grueso (arenas, *pebbles* y *cobbles*) que interpretamos como producto del *bypass* y erosión generados durante períodos de máxima regresión (en ocasiones relacionados con períodos de descenso relativo del nivel del mar) en áreas con posible exposición subaerea pero sin importantes incisiones o abarrancamientos. Asimismo este *lag* sería bioturbado y re TRABAJADO por el oleaje durante el posterior período de ascenso relativo del nivel del mar dando lugar a depósitos arenoso-conglomeráticos muy bioturbados que típicamente se localizan en la base de las sucesiones carbonáticas.

La mayor parte de las superficies que limitan las secuencias fundamentales reflejan un salto brusco de los cinturones de facies (y por tanto de las granulometrías) hacia cuenca, son superficies reconocibles regionalmente e indican períodos de erosión presuntamente asociados con caídas relativas del nivel de base. De esta manera, estas superficies se pueden considerar similares a las discontinuidades o límites de secuencia de tipo I (Vail, 1987).

Las secuencias deposicionales de tipo I incluyen un cortejo de nivel bajo o *lowstand systems tract* (Brown y Fisher, 1977; Vail, 1987) que normalmente no se observa en nuestras secuencias fundamentales. Estos depósitos se localizarían entre la discontinuidad de tipo I y la superficie transgresiva, pero como en nuestro caso ambas superficies suelen coincidir, creemos que los depó-

sitos del cortejo de bajo nivel se podrían, por lo general, relacionar con el depósito de los pavimentos de cantos ya mencionados, aunque estos posteriormente sufrirían un retrabajamiento durante la etapa subsiguiente de ascenso relativo del nivel del mar.

Sólo en unos pocos casos excepcionales se han reconocido depósitos atribuibles a cortejos de bajo nivel. Estos estarían representados por: (1) depósitos aluviales canalizados (c1 en la figura 1), de gran continuidad lateral y situados en posiciones estratigráficas coincidentes con los máximos de progradación. Estos depósitos son comparables con los de relleno de valle incidido (*incised valley fill* de Van Wagoner *et al.*, 1987) aunque también podrían haber sido depositados durante períodos de *stillstand* sin necesidad de descenso relativo del nivel del mar; (2) cuñas de facies de frente deltaico progradante (c3 en la figura 1), separadas, hacia cuenca, del cuerpo principal del frente deltaico progradante (término regresivo). Su base es una superficie que marca un salto brusco hacia el interior de la cuenca de los cinturones de facies. A techo pueden estar limitados por una superficie transgresiva o por una superficie de máxima regresión. Tanto por su localización en las secuencias, como por su aislamiento lateral respecto al cuerpo arenoso principal progradante, se pueden considerar como depósitos de cuña progradante de bajo nivel (o *lowstand prograding wedge*) depositados durante un *stillstand* en un período de nivel bajo relativo (Van Wagoner *et al.*, 1987; Posamentier y Chamberlain, 1990); (3) depósitos canalizados de flujos gravitativos de sedimento submarinos (c2 en la figura 1), situados sobre importantes superficies erosivas y bajo superficies transgresivas. Debido a su potencia y escala de incisión (deca-métrica) podrían corresponder a canales alimentadores de algún tipo de abanico submarino (Van Wagoner *et al.*, 1987) desarrollado durante un período de nivel del mar bajo.

Si existieran depósitos atribuibles al cortejo de borde de plataforma o *shelf margin systems tract* (Brown y Fisher, 1977; Vail, 1987) éstos se situarían sobre discontinuidades de tipo II y bajo la superficie transgresiva. Las superficies de tipo II, por definición, no marcan ningún tipo de erosión ligado al rejuvenecimiento de los sistemas fluviales, ni erosiones submarinas, ni saltos bruscos hacia cuenca de los cinturones de fa-

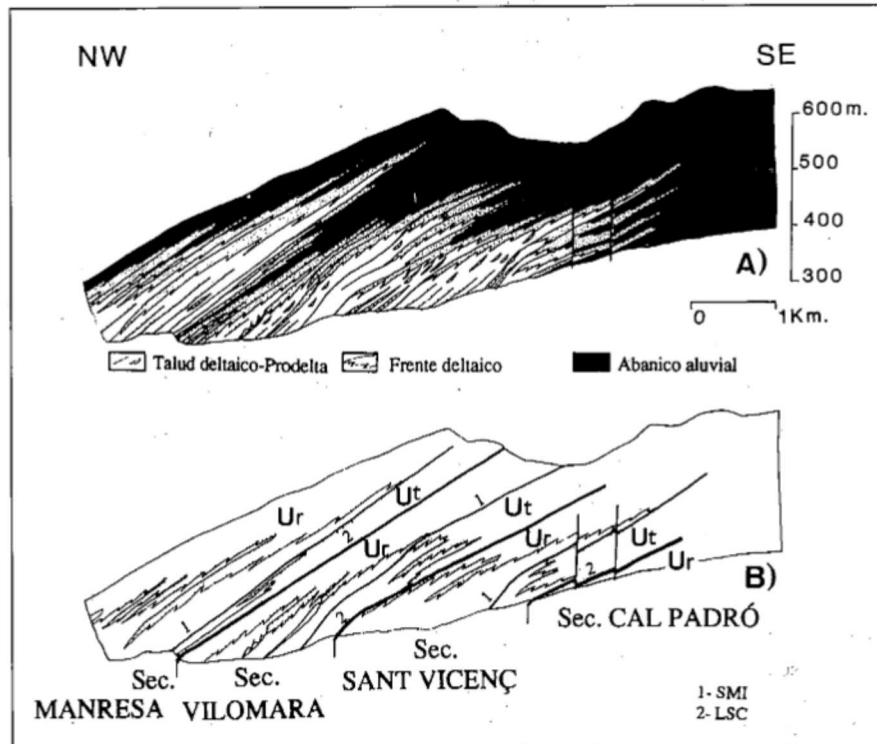


Fig. 2.— Corte geológico del complejo de abanico costero de Sant Llorenç del Munt. B) Subdivisión estratigráfica en secuencias compuestas (smi=superficie de máxima inundación, lsc=límite de secuencia compuesta, Ur=unidad regresiva, Ut=unidad transgresiva).

Fig. 2.— A) Geological cross-section of the Sant Llorenç del Munt fan-delta complex. B) Stratigraphic subdivision in composite sequences (smi=maximum flooding surface, lsc=composite sequence boundary, Ur=regressive unit, Ut=transgressive unit).

cias. Por ello, la diferenciación entre los depósitos del cortejo de nivel del mar alto y los de borde de plataforma (si los hubiera) dentro del término regresivo de nuestras secuencias fundamentales resulta problemático. Si existieran en algunas secuencias fundamentales se corresponderían con algunos de los últimos episodios de progradación del abanico costero. Así mismo, si los depósitos de cortejo de borde de plataforma estuvieran presentes, los pavimentos de cantos atribuidos a las discontinuidades de tipo I tendrían un origen o bien sólo ligado al retrabajamiento durante la transgresión, o serían realmente discontinuidades de tipo I generadas tras la deposición del cortejo de borde de plataforma.

De esta manera parece que, al margen de la escala, las secuencias fundamentales son, en parte, comparables a las secuencias deposicionales. Una de las principales diferencias consiste en que resulta difícil subdividir las secuencias fundamentales en parasecuencias (Van Wagoner *et al.*, 1987). Dentro de las secuencias fundamentales se pueden distinguir ciclos de mayor frecuencia,

pero éstos no tienen las características de las parasecuencias.

Las secuencias fundamentales se pueden considerar similares a las secuencias de alta frecuencia definidas por Mitchum y Van Wagoner (1990) y en parte, a las secuencias deposicionales de Mitchum *et al.* (1977) y Van Wagoner *et al.* (1987).

Secuencias fundamentales / Parasecuencias

Las secuencias fundamentales, de orden métrico-decamétrico, podrían corresponder por su escala a las parasecuencias definidas por Vail *et al.* (1977), Van Wagoner *et al.* (1987) y Haq *et al.* (1988). Sin embargo entre las secuencias fundamentales y las parasecuencias existen notables diferencias conceptuales: (1) las parasecuencias son sucesiones de capas genéticamente ligadas, continuas, somerizantes y limitadas por superficies de inundación, mientras que las secuencias fundamentales incluyen términos (depósitos) tanto regresivos como transgresivos. Es decir, que las superficies de inundación

de las parasecuencias se corresponden, en las secuencias fundamentales, con una sucesión transgresiva limitada por una superficie transgresiva en la base y una superficie de inundación a techo; (2) las secuencias fundamentales contienen términos asimilables a los cortejos sedimentarios, mientras que las parasecuencias no son subdividibles; (3) las parasecuencias están limitadas por superficies de máxima inundación, mientras que, por el contrario, nuestras secuencias fundamentales vienen limitadas por superficies que generalmente separan depósitos regresivos de transgresivos (superficies de máxima regresión).

Los puntos comunes entre las parasecuencias y las secuencias fundamentales son la escala y la utilidad de ambas (tras el estudio de las tendencias de apilamiento) para definir secuencias de mayor escala.

Secuencias compuestas

En el complejo de Sant Llorenç del Munt se han definido las secuencias compuestas analizando el modelo de apilamiento de las secuencias fundamentales.

Las secuencias deposicionales y compuestas de Mitchum *et al.* (1977), Van Wagoner *et al.* (1987) y Mitchum y Van Wagoner (1990) también se definen agrupando unidades elementales como las parasecuencias (Van Wagoner *et al.*, 1987) o secuencias deposicionales (Mitchum y Van Wagoner, 1990) en *sets* con tendencias de apilamiento similares, denominados cortejos sedimentarios por Brown y Fisher, (1977) y Vail, (1987) y *sets* de secuencias por Mitchum y Van Wagoner (1990).

Así, nuestras unidades transgresivas son equivalentes conceptualmente a los cortejos transgresivos de Brown y Fisher, (1977) y Vail, (1987) y a los *sets* de secuencias transgresivos de Mitchum y Van Wagoner (1990), mientras que las unidades regresivas son principalmente equivalentes a los cortejos y *sets* de secuencias de nivel alto.

Los depósitos de bajo nivel (*lowstand systems tract* y *lowstand sequence*

set), no han sido reconocidos y quizás existan en el subsuelo. Los depósitos del cortejo de borde de plataforma tampoco se han reconocido. Si existieran se corresponderían con los últimos depósitos progradantes de las unidades regresivas.

La superficie que marca el cambio de tendencias regresivas a tendencias de tipo transgresivo en el apilamiento de las secuencias fundamentales, constituye el límite de las secuencias compuestas en el complejo de Sant Llorenç del Munt. Esta superficie se correspondería en el modelo de EXXON con la superficie transgresiva. Si las secuencias en Sant Llorenç fueran de tipo I (Vail, 1987; Mitchum y Van Wagoner, 1990), las superficies transgresivas se corresponderían con el límite de secuencia. Si hubiera secuencias de tipo II, el límite de las secuencias se localizaría en el interior de nuestras unidades regresivas, de forma que éstas pertenecerían a dos secuencias diferentes.

Conclusiones

Existen, como mínimo, tres ordenes de ciclicidad de tipo transgresivo/regresivo, relacionados con la interacción entre los cambios relativos del nivel del mar, variaciones en el volumen de aportes sedimentarios, y cambios en la posición de los diferentes lóbulos deposicionales deltaicos o cauces fluviales. Estos procesos pueden estar ligados a mecanismos tanto autocíclicos como alocíclicos (actividad tectónica o variaciones climáticas).

La metodología desarrollada por el grupo EXXON es aplicable a nuestro caso, pero no directamente. Por esta razón, se ha desarrollado una metodología de subdivisión estratigráfica basada en la definición de: (1) secuencias fundamentales, equivalentes en su organización interna a las secuencias deposicionales y secuencias de alta frecuencia y asimilables, en escala y utilidad para construir secuencias mayores, a las parasecuencias; (2) unidades transgresivas y regresivas, equivalentes en parte a los cortejos sedimentarios y *sets* de secuencias, aunque, por el momento, en

nuestro caso los depósitos equivalentes a los cortejos sedimentarios y *sets* de secuencias de bajo nivel y borde de plataforma no han sido reconocidos; (3) secuencias compuestas, análogas conceptualmente a las secuencias compuestas de Mitchum y Van Wagoner (1990).

En el complejo de Sant Llorenç del Munt, las parasecuencias tal y como han sido definidas por Van Wagoner *et al.*, (1987) no existen.

El reconocimiento de las superficies clave a escala de secuencia fundamental no es siempre fácil, porque éstas no siempre van acompañadas de cambios litológicos apreciables. En detalle los límites de las secuencias fundamentales y compuestas tienen la misma expresión a escala de afloramiento, siendo necesario un estudio regional para saber si el límite de una secuencia fundamental, se corresponde además con el de una secuencia compuesta.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por los proyectos DGICYT PB91-0805 y DGICYT PB91-0801.

Bibliografía

- Brown, L. F. y Fisher, W. L. (1977): A.A.P.G., Mem. 26, 213-248.
 Haq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P.R. (1988): SEPM., Spec. Publ., 42, 71-108.
 López Blanco, M. (1991): Tesis de Licenciatura Univ. Barcelona, 135 pp.
 López Blanco, M. y Marzo, M. (1991): I Congreso del Grupo Español del Terciario. Resumen de Comun., 182-187.
 López Blanco, M. y Marzo, M. (1993): *Geogaceta*, 14
 Mitchum, R. M., Vail, P. R., y Thompson, S. (1977): A.A.P.G., Mem. 26, 53-62.
 Mitchum, R. M. y Van Wagoner, J.C. (1990): G.C.S./S.E.P.M. Foundation, Eleventh Annual Research Conference, Program and Abstracts, 257-267.
 Posamentier, H. W. y Chamberlain C.J. (1990): Abstracts 13th Int. Sedim. Congress, 433.
 Vail, P. R. (1987): A.A.P.G., Stud. Geol., 27 (1), 1-10.
 Van Wagoner, J. C.; Mitchum, R. M.; Posamentier, H. W.; y Vail, P.R. (1987): AAPG., Stud. Geol., 27 (1), 11-14.