

Tesis doctoral

## **Estratigrafía secuencial de sistemas deltaicos en cuencas de antepaís: ejemplos de Sant Llorenç del Munt, Montserrat y Roda (Paleógeno, cuenca de Antepaís surpirenaica).**

**Sequence stratigraphy of deltaic systems in foreland basins: Sant Llorenç del Munt,  
Montserrat and Roda Examples (Paleogene, South-Pyrenean Foreland Basin, NE Spain).**

MIGUEL LÓPEZ BLANCO

Departament d'Estratigrafia i Paleontologia.. Universitat de Barcelona. Zona Universitaria. 08028, Barcelona, Spain.

E mail miguel@natura.geo.ub.es

### ABSTRACT

After the sedimentological study of the Sant Llorenç del Munt, Montserrat and Roda deltaic systems, a stratigraphic subdivision based on three different scale transgressive-regressive sequences has been developed. This subdivision has been established on the coastal facies belts from the deduced shoreline (and associated facies belts) migration. These transgressive-regressive sequences are formed by a lower transgressive part with a deepening-upwards trend and a retrogradational stacking pattern and an upper regressive part, with shallowing-upwards trend and a progradational stacking pattern. The lowest scale sequences (metrical) have been named "fundamental sequences". A series of "composite sequences", intermediate scale (decametric to hectometric), have been defined after the study of the stacking pattern of the fundamental sequences. After the study of the stacking pattern of composite sequences there have been defined a series of large-scale (decametric to kilometric) "composite megasequences".

A sequential subdivision based on non interpretative models (which does not imply the recognition of a controlling factor or set of factors) can be effective. However, to reach some predictive results is necessary to estimate (qualitative and quantitatively) the greater number of controlling parameters on the cyclicity.

After the analysis of the field examples, there has been demonstrated that there are three main controlling factors of the cyclicity (eustacy, subsidence and sediment supply) working in a combined way. In foreland basins the rates of action of the non-global controlling factors (subsidence and sediment supply) are variable in time and space. That variability makes sequences local for correlation purposes. Sequences will only be correlatable for those areas where the controlling-parameters have operated with a similar magnitude and a similar periodicity. Most of the changes on controlling parameters have not a determined periodicity, so, the resulting sequences will not either have a determined periodicity (or duration).

### SECUENCIALIDAD DE LOS COMPLEJOS ESTUDIADOS

En este trabajo han sido estudiados dos ejemplos de campo pertenecientes al Paleógeno de la cuenca de antepaís surpirenaica. El primero de ellos es el complejo formado por los abanicos de Sant Llorenç del Munt y Montserrat, de edad Bartonense, situado en el margen SE de la cuenca del Ebro. El segundo, es el complejo de la arenisca de Roda, de edad Ilerdiense-Cuisiense, situado en la cuenca de Graus-Tremp (Fig. 1).

## Sant Llorenç del Munt-Montserrat

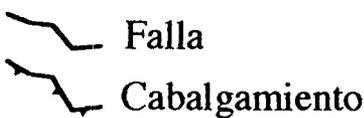
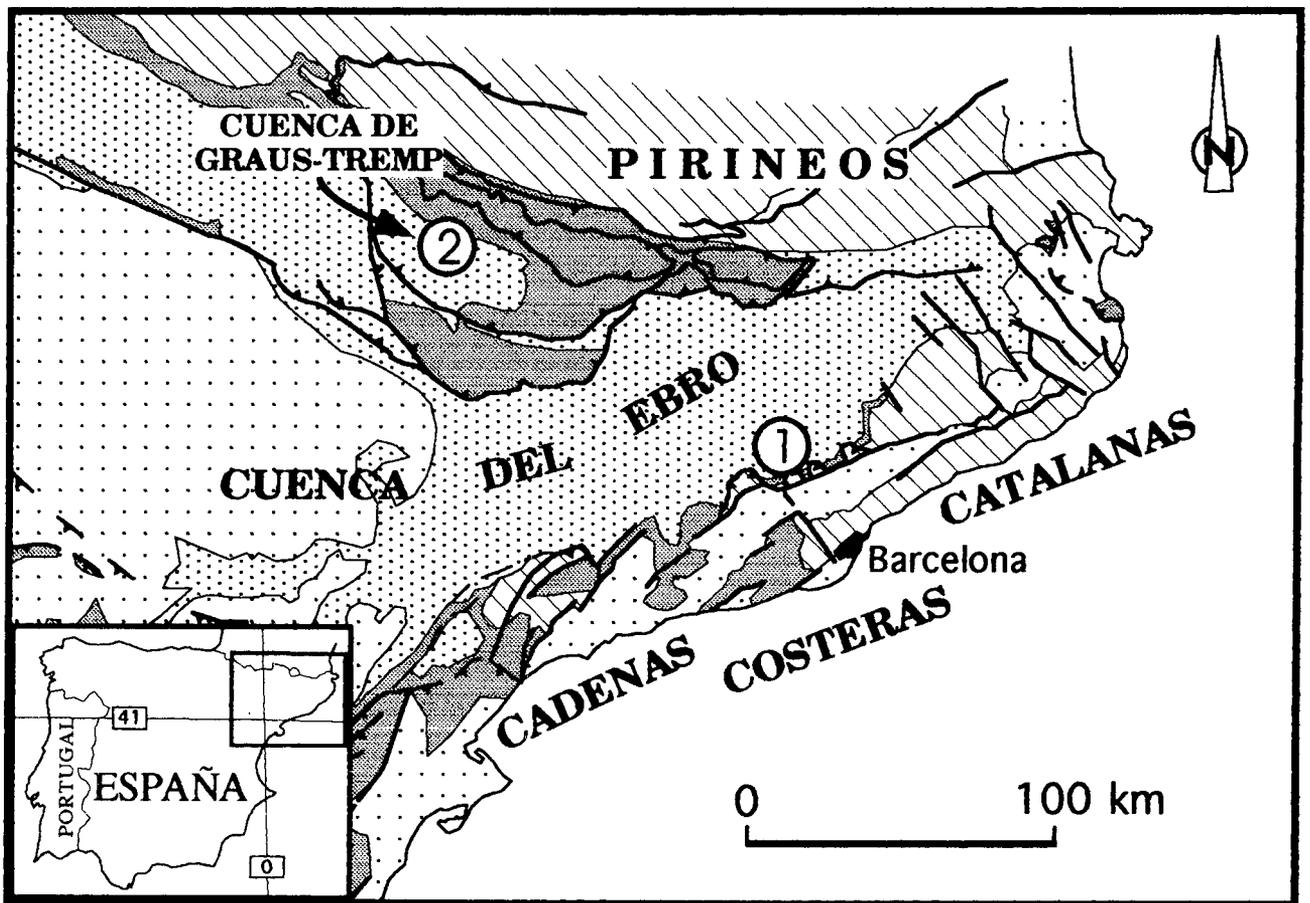
Las sucesiones de Sant Llorenç del Munt y Montserrat están asociadas a la estructuración del margen SE de la cuenca del Ebro mediante pliegues y cabalgamientos. En ellas se reconocen dos sistemas sedimentarios alternantes en el tiempo (abanicos aluviales y costeros, y plataformas carbonáticas) que muestran una profundización de la cuenca hacia el NW. Las facies terrígenas, mucho más importantes volumétricamente que las de plataforma carbonática, se componen de cuatro asociaciones o cinturones de facies principales: abanico aluvial, llanura de abanico costero, frente de abanico costero y talud de abanico costero.

En estos sistemas existen, por lo menos, cuatro órdenes diferentes de ciclicidad de tipo transgresivo-regresivo. Estos ciclos están representados por una serie de secuencias transgresivo-regresivas (secuencias de alta frecuencia, secuencias fundamentales, secuencias compuestas y megasecuencias compuestas). Estas secuencias transgresivo-regresivas son de naturaleza descriptiva y han sido definidas en base a las relaciones entre diferentes facies, geometrías y trayectorias de la línea de costa. Las secuencias transgresivo-regresivas constituyen en nuestro caso la opción más adecuada para subdividir las sucesiones estudiadas en unidades aloestratigráficas. La opción de una subdivisión basada en la estratigrafía secuencial clásica (escuela EXXON) se ha descartado, por la dificultad existente en el reconocimiento de los tres tipos de límites de secuencia posibles. La dificultad para reconocer superficies de máxima inundación en depósitos aluviales, junto con la complicación resultante de la posible existencia de discontinuidades importantes asociadas a momentos de máxima regresión, que se localizarían dentro de las secuencias, nos ha inclinado a desechar la opción de las secuencias estratigráficas genéticas. Las secuencias fundamentales son secuencias transgresivo-regresivas de orden intermedio, lateralmente persistentes y cartografiables. Éstas se subdividen en dos partes o tramos principales: una parte transgresiva basal y una regresiva superior. Sus límites son superficies basales de transgresión, generalmente coincidentes con superficies de máxima regresión. Estas secuencias transgresivo-regresivas son identificables a la escala de afloramiento y sus superficies clave están marcadas por cambios litológicos y de facies claros. Las superficies de máxima inundación también son fácilmente reconocibles. Las secuencias fundamentales reflejan variaciones en el aporte de sedimento, probablemente producto de una combinación entre factores de tipo alocíclico (variaciones relativas del nivel del mar) y autocíclicos (migraciones de canales, lóbulos,

etc...). Las secuencias compuestas han sido definidas a partir del tipo de apilamiento de las secuencias fundamentales. Estas secuencias también se componen de una parte transgresiva (unidad transgresiva) y otra regresiva (unidad regresiva) separadas por una superficie de máxima inundación. Las secuencias compuestas pueden haberse generado en respuesta a varios factores. La actividad tectónica y los aportes sedimentarios podrían ser, en ocasiones, los factores dominantes de control en la sedimentación de algunas de las secuencias compuestas, o al menos, de algunas de las tendencias que muestran sus unidades o sus superficies claves. De la comparación con áreas vecinas, se desprende que las superficies de máxima inundación de las secuencias compuestas de Monistrol y Manresa tienen un carácter regional, no local, que podría coincidir con los máximos transgresivos de los ciclos eustáticos 3.6 y 3.5 de Haq et al., (1987). La megasecuencia compuesta se ha definido a partir del análisis de la modalidad de apilamiento de las diferentes secuencias compuestas. Se compone de una sucesión transgresiva en la parte inferior (megaunidad transgresiva) y una regresiva (megaunidad regresiva) en la parte alta. El origen de la megasecuencia compuesta parece estar relacionado con diferentes factores de control, así como con posibles respuestas diferentes del sistema a determinados factores en diferentes períodos de tiempo. Los cambios eustáticos globales podrían haber favorecido la regresión al final del depósito de la megasecuencia compuesta. La actividad tectónica es uno de los factores de control más importantes, produciendo variaciones en las tasas de acomodación y subsidencia, que probablemente favorecieron la primera incursión marina registrada al inicio de la megasecuencia. La actividad tectónica también parece haber controlado el aporte sedimentario, que resulta ser un factor principal, determinante de la tendencia agradacional-retrogradacional de la megaunidad transgresiva y de la tendencia progradacional de la megaunidad regresiva. Las variaciones climáticas constituyen otro posible factor de control.

## Arenisca de Roda

En la sucesión de la Arenisca de Roda, situada en la cuenca de Graus-Tremp, generada en relación con los cabalgamientos de cobertera de la unidad surpirenaica central, se ha determinado la presencia de dos sistemas sedimentarios: uno clástico, muy desarrollado, y otro carbonático, de menor importancia volumétrica. El sistema clástico es un complejo de abanico costero con influencia mareal que consta de cinco asociaciones de facies diferentes (llanura deltaica-abanico aluvial, "lagoon"-bahía, frente deltaico-"nearshore", sandwaves, prodelta-"off-



Sant Llorenç del Munt y Montserrat ①

Arenisca de Roda ②

Figura 1. Situación de los complejos estudiados en el NE de la Península Ibérica.

Figure 1. Location of the studied complexes, NE Iberian Peninsula

shore”), no necesariamente coetáneas durante toda la evolución del sistema y que marcan una polaridad proximal-distal de NE a SW.

El complejo de la Arenisca de Roda se caracteriza por una arquitectura deposicional compleja que comprende tres órdenes principales de ciclicidad de tipo transgresivo-regresivo (secuencias fundamentales, secuencias compuestas y megasecuencias compuestas). Se han diferenciado 19 secuencias fundamentales, que son las secuencias de tipo transgresivo-regresivo de menor escala diferen-

ciadas. Estas secuencias constan de un tramo transgresivo inferior y de un tramo regresivo superior. Debido a la variedad de facies y de características según el nivel estratigráfico, se han diferenciado cuatro tipos de secuencias fundamentales (Codoñeras, X, Y y Z). El indicador paleobatimétrico principal utilizado en los tres últimos tipos ha sido el paso de facies de “topset” a facies de “foreset”. Se han diferenciado 4 secuencias compuestas, que son secuencias de tipo transgresivo-regresivo, definidas a partir del apilamiento de las secuencias fundamentales según el corte del río Isábena. Estas

secuencias constan de una unidad transgresiva basal con un apilamiento retrogradante, y una unidad regresiva superior, con un apilamiento progradante. Estas secuencias sólo son válidas para la sección mencionada, ya que en otras secciones el apilamiento de las sucesivas secuencias fundamentales es diferente. En la Arenisca de Roda se han diferenciado dos megasecuencias compuestas, que son secuencias de tipo transgresivo-regresivo definidas a partir del apilamiento de las sucesivas secuencias compuestas, y que consta de una megaunidad transgresiva basal y una megaunidad regresiva superior. Concretamente, la Arenisca de Roda incluye, de base a techo, la megaunidad regresiva de una megasecuencia compuesta y la megaunidad transgresiva de la siguiente. Estas megasecuencias compuestas son diácronas: las tendencias de apilamiento son similares, pero los cambios de tendencia no se producen simultáneamente en las diferentes secciones.

Existe cierta incertidumbre sobre la importancia relativa de los factores que controlaron el origen y desarrollo de los tres órdenes de ciclicidad definidos. Ello se debe a la ausencia de datos precisos sobre la evolución de la cuenca (datación, evolución tectónica, evolución climática, subsidencia...).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Existen dos grupos de modelos de subdivisión estratigráfica: unos basados más en la interpretación y otros en la descripción. Los modelos más interpretativos son los del grupo Exxon (secuencias deposicionales), mientras que los más "descriptivos" son los relativos a las secuencias estratigráficas genéticas y secuencias transgresivo-regresivas.

Se puede realizar una subdivisión secuencial más o menos correcta utilizando modelos no interpretativos útiles para subdividir el relleno sedimentario de la cuenca, y que no implican el reconocimiento de uno o varios factores de control de dicha secuencialidad. Sin embargo, para intentar llegar a resultados de tipo predictivo, es necesario controlar (cualitativa y cuantitativamente), el mayor número posible de los factores que controlan la ciclicidad.

El análisis secuencial de los sistemas deltaicos ha de basarse en una metodología de trabajo que incluye: la estratigrafía física, el análisis de facies y la datación precisa de los depósitos a estudiar. Además, se deben buscar y utilizar indicadores paleobatimétricos lo más precisos posible y reconocibles en la mayor parte de la

sucesión. Sin datos sobre los dos últimos puntos anteriormente mencionados, resulta imposible cualquier intento de interpretación y discusión del valor de las secuencias como instrumentos de correlación.

La organización secuencial de las sucesiones deltaicas está controlada por las variaciones en el tiempo y el espacio de las tasas de actuación de una serie de factores que influyen de manera combinada. Entre estos factores se incluyen: el eustatismo, la subsidencia, el clima, la fisiografía de la cuenca, la tectónica en la cuenca, la tectónica en el área fuente, los aportes sedimentarios, la producción de sedimento, y la geometría y topografía de la cuenca. Dichas variaciones pueden ser lineales, oscilatorias periódicas u oscilatorias no periódicas.

En contextos de cuencas de antepaís, los factores que influyen en la secuencialidad son muy variables tanto en el tiempo como en el espacio, en particular las tasas de subsidencia y aportes sedimentarios, por lo que las secuencias diferenciables en este tipo de cuencas tienen un origen complejo, resultando muy difícil discriminar qué parámetros de control son los principales y cuáles los accesorios. Las secuencias pueden haberse originado en respuesta a cambios de gran magnitud de uno de los factores de control, pero secuencias de idéntica apariencia pueden haberse originado en respuesta a variaciones de parámetros diferentes.

Muchos de los cambios en los parámetros de control no tienen una periodicidad determinada, por lo que las secuencias resultantes tampoco tienen una periodicidad (o duración) determinada.

Variaciones locales de subsidencia, aportes, etc., pueden hacer heterócronos los límites de secuencia a diferentes escalas. Por ello, es necesario precisar el grado de utilidad para la correlación de las secuencias diferenciadas. En general, éstas son únicamente correlacionables en aquellos sectores en los que los parámetros de control han operado con una magnitud similar y/o presentan una periodicidad de cambio en el tiempo similar.

A pesar de que los diversos modelos o metodologías de la estratigrafía secuencial presentan sus pros y sus contras, en este trabajo se ha optado por la opción de las secuencias transgresivo-regresivas, por dos motivos principales: 1) son de origen descriptivo y no interpretativo; 2) no incluyen discontinuidades mayores en su interior.

## BIBLIOGRAFÍA

HAQ, B.U., HARDENBOL, J. y VAIL, P.,1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235, 1156-1167.

### **Fecha de lectura:**

10 de Julio de 1996

### **Tesis Doctoral original:**

*López Blanco, M. (1996): Estratigrafía secuencial de sistemas deltaicos en cuencas de antepaís: ejemplos de Sant Llorenç del Munt, Montserrat y Roda (Paleógeno, cuenca de Antepaís surpirenaica). Tesis doctoral, Universidad de Barcelona (238 p.).*

### **Directores:**

Mariano Marzo Carpio  
(Universitat de Barcelona)

Lluís Pomar Gomà  
(Universitat de les Illes Balears)