

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

Miguel López Blanco

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

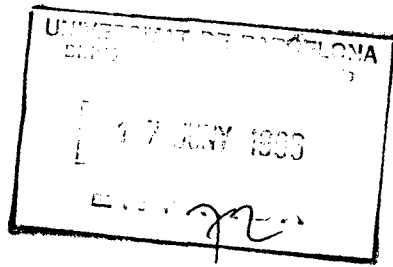
**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Departament de Geologia Dinàmica,  
Geofísica i Paleontologia



Facultat de Geologia  
Zona Universitària de Pedralbes  
Tel. 402 13 76  
Fax 402 13 40  
08071 Barcelona

## ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL DE SISTEMAS DELTAICOS EN CUENCAS DE ANTEPAIS: EJEMPLOS DE SANT LLORENÇ DEL MUNT, MONTSERRAT Y RODA (Paleógeno, cuenca de antepaís surpirenaica)

Memoria ralaizada por Miguel LÓPEZ BLANCO en el  
Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia de la  
Facultad de Geologia de la Universidad de Barcelona, dirigida por los  
doctores Mariano Marzo Carpio, del mencionado departamento y  
Luís Pomar Goma del Departament de Ciencies de la Terra de la  
Universitat de les Illes Balears, para optar al grado de Doctor en  
Geología.

Barcelona, Junio de 1996

Los directores:

Mariano Marzo Carpio

Luis Pomar Goma

El doctorando, Miguel López Blanco

### 3) La dificultad de reconocimiento de las superficies de máxima inundación en las porciones subaereas del sistema

Las superficies de máxima inundación son fácilmente reconocibles en las sucesiones transicionales y marinas. Cuando nos desplazamos a sucesiones de facies subaereas (por ejemplo, en el caso de Sant Llorenç del Munt) su distinción es problemática, independientemente de su frecuencia, siendo casi imposible trazarlas si no han sido seguidas desde los depósitos transicionales.

### 4) La posible inclusión de importantes discontinuidades dentro de la secuencia.

La utilización de superficies de máxima inundación como límites de secuencia conlleva que las discontinuidades erosivas producidas durante las bajadas del nivel relativo del mar se encuentren dentro de las secuencias. De esta manera, en algunas sucesiones aluviales nos encontraremos que las discontinuidades erosivas importantes (las superficies más evidentes y con más significado), a pesar de separar importantes paquetes sedimentarios, no son límites de secuencia, sino que se encuentran dentro de las secuencias estratigráficas genéticas (limitadas por superficies difíciles de encontrar en las sucesiones aluviales).

## 4.2.4) PROBLEMATICA DE LA UTILIZACION DE LOS MODELOS DE SECUENCIAS TRANSGRESIVO-REGRESIVAS

Aparte de los inconvenientes mencionados en el apartado 4.6.1 existen otros problemas de cara a la aplicación del modelo de las secuencias transgresivo-regresivas tales como: 1) la existencia de situaciones en las que nose generan superficies de máxima regresión; 2) la preservación de las superficies limitantes; o 3) la dificultad existente en continuar los límites de secuencia hacia las porciones subaereas del sistema.

### 1) La existencia de situaciones en las que nose generan superficies de máxima regresión.

Como se ha comentado al anotar los inconvenientes de la utilización de las secuencias estratigráficas genéticas, existen casos en los que por la existencia de grandes tasas de aporte de sedimentos o por que las tasas de acomodación (eustatismo + subsidencia) son bajas, toda las sucesión es de tipo regresivo, no se generan depósitos transgresivos y por lo tanto tampoco superficies de máxima regresión (figura D.11a). En estos casos no se pueden definir secuencias transgresivo-regresivas, aunque los mismos ciclos en otras areas con una

#### 4) Los diferentes modelos de estratigrafía secuencial: ventajas e inconvenientes.

mayor subsidencia (figura D.11b) o un menor volumen de aportes, sí que pueden llegar a generarse.

#### 2) La preservación de las superficies limitantes

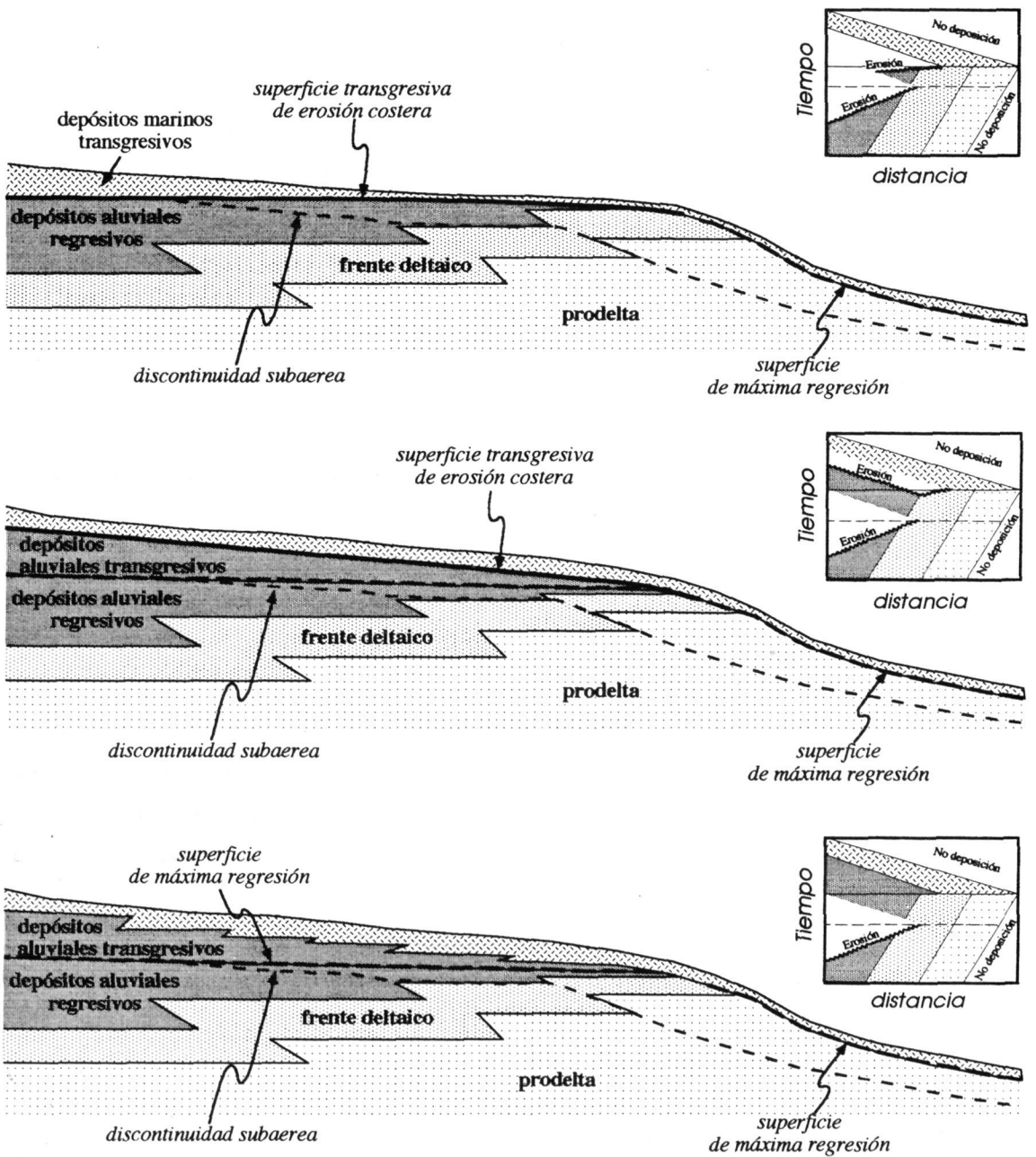
Las superficies limitantes de las secuencias transgresivo-regresivas tienen un potencial de preservación menor que las que limitan las secuencias estratigráficas genéticas. Las superficies de máxima regresión y sus correlativas discontinuidades subaereas (una vez generadas) pueden sufrir modificaciones a posteriori.

En la figura D.12a se muestra un caso en el que la transgresión es "no acrecionaria" (Helland-Hansen y Martinsen, en prensa). En esta situación, parte de la superficie de máxima regresión (y la posible discontinuidad subaerea asociada) han sido modificadas y erosionadas por la superficie transgresiva de erosión costera.

En la figura D.12b la transgresión es acrecionaria, siendo la superficie transgresiva de erosión costera una superficie de erosión diacrónica que separa los depósitos aluviales transgresivos de los marinos transgresivos (ver apartado 4.2.1.1 del capítulo de Sant Llorenç del Munt y Montserrat). En este caso la mayor parte de la superficie de máxima regresión queda preservada. El único problema, como apuntan Helland-Hansen y Martinsen (en prensa), es la dificultad para distinguir o seguir esta superficie dentro de las sucesiones aluviales, sobre todo si no ha habido una bajada relativa del nivel de base y no se ha generado una discontinuidad subaerea.

#### 3) La dificultad existente en continuar los límites de secuencia hacia las porciones subaereas del sistema.

El seguimiento de los límites de secuencia hacia porciones subaereas del sistema suele ser complicado. En situaciones en las que no hay caídas del nivel del mar relativo no se generan superficies de discontinuidad subaereas y en las situaciones en las que éstas se generan, el tramo de no coincidencia entre la superficie de máxima regresión y la discontinuidad puede ser muy variable. Así, en la mayoría de los casos la continuidad de las superficies limitantes hacia los depósitos subaereos no es directa y se tiene que basar en un seguimiento (físico de las mismas). A partir de una serie en el aluvial no se puede decir nada.



**Figura D.12)** Preservación de las superficies de máxima regresión en corte y en diagramas temporales. **a)** No preservación por ser erosionada por la superficie transgresiva de erosión costera durante una transgresión no acrecionaria. **b)** Preservada durante una transgresión acrecionaria con superficie transgresiva de erosión costera. **c)** Preservada durante una transgresión acrecionaria sin superficie transgresiva de erosión costera.

*Preservation of maximum regression surfaces in cross-sections and time-diagrams. a) No preservation during a non accretionary transgression, as a consequence of erosion by a development of the transgressive surface of coastal erosion. b) Preserved during an accretionary transgression with transgressive surface of coastal erosion. c) Preserved during an accretionary transgression without development of a transgressive surface of coastal erosion.*

## 5) CONSIDERACIONES FINALES

Como se ha ido viendo en diferentes apartados de esta Tesis, la estratigrafía secuencial es una metodología útil e interesante para la subdivisión de series sedimentarias.

Existen diferentes escuelas que se basan en unos principios comunes de subdivisión a partir de presuntas "superficies-tiempo", correspondientes a un evento geológico recurrente y con un significado determinado (nivel relativo del mar más alto, nivel relativo del mar más bajo, máximo transgresivo, máximo regresivo...). Los diferentes modelos presentan sus ventajas e inconvenientes. La aplicabilidad de un modelo u otro puede depender de las condiciones o las características propias del sistema que se estudie. Según el caso, un tipo de superficies serán más fácilmente distinguibles que otras.

Existen toda una serie de factores que influyen de manera combinada en la organización secuencial de las sucesiones deltaicas, como pueden ser: el eustatismo, la subsidencia, el clima, la fisiografía de la cuenca, la tectónica en la cuenca, la tectónica en el area fuente, los aportes sedimentarios, la geometría y topografía de la cuenca, así como las variaciones en el tiempo y el espacio de las tasas de actuación de estos parámetros de control. Dependiendo de la escala de trabajo, la variación de estos factores puede ser lineal, oscilatoria periódica (cíclica) u oscilatoria no periodica.

Existe una gran diversidad de contextos geológicos (márgenes pasivos, cuencas extensionales, cuencas de antepaís...) en los que se acumulan sedimentos susceptibles de ser analizados secuencialmente. En cada situación, los factores de control de la secuencialidad tendrán un comportamiento diferente (lineal, cíclico..). Cuantos más factores presenten un comportamiento lineal (o puedan ser descartados), más sencilla será la interpretación de la secuencialidad.

En contextos de cuencas de antepaís, los factores que influyen en la secuencialidad son muy variables tanto en el tiempo como en el espacio, sobre todo por lo que respecta a las variaciones en las tasas de subsidencia y de los aportes sedimentarios. Por ello, en dicho contexto, las secuencias tienen un origen complejo, resultando muy difícil discriminar qué parámetros de control son los principales y cuales los accesorios, si es que puede realizarse esta diferenciación.

Las secuencias pueden haberse originado en respuesta a cambios de gran magnitud de uno de los factores de control (por ejemplo, el eustatismo), pero en otros casos, secuencias de idéntica apariencia pueden haberse originado en

respuesta a variaciones de otro (u otros) parámetros diferentes (por ejemplo, subsidencia, aportes sedimentarios...). De la misma manera, 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.

Una cosa es la subdivisión secuencial y otra su interpretación. Se puede realizar una subdivisión secuencial más o menos correcta utilizando modelos no interpretativos (secuencias estratigráficas genéticas o secuencias transgresivo-regresivas), que son útiles para subdividir el relleno sedimentario de la cuenca y no implican el reconocimiento de cuales han sido los factores de control de dicha secuencialidad. Sin embargo, aunque se utilice una metodología de tipo descriptivo, para intentar llegar a resultados de tipo predictivo (que constituyen uno de los fines últimos de la estratigrafía secuencial) es necesario controlar, tanto cualitativa como, si es posible, cuantitativamente, el mayor número posible de los factores que controlan la ciclicidad.

Desde el punto de vista de la correlación, 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 únicamente serán correlacionables en aquellos sectores en los que los parámetros operen con igual magnitud y/o presenten una periodicidad de cambio en el tiempo similar.

En los casos estudiados (Arenisca de Roda, Sant Lloreç del Munt, Montserrat, Panther Tongue) se han tratado sistemas deposicionales de corta duración (menos de 5 millones de años), definiéndose secuencias que tienen duraciones que se engloban dentro de la "banda de alta frecuencia", cuya correlacionabilidad o persistencia lateral está muy controlada por factores locales, haciéndolas poco útiles de cara a una correlación a gran escala.

## 6) CONCLUSIONES

•En contextos de cuencas de antepaís como los estudiados, debido a que la secuencialidad está controlada, además de por posibles variaciones eustáticas, por variaciones en las tasas subsidencia y de aporte (o producción) de sedimentos, la mayor parte de las secuencias muestran un carácter marcadamente local y no son útiles de cara a correlaciones globales.

•En los casos estudiados se han tratado sistemas deposicionales de corta duración, definiéndose secuencias que tienen duraciones que se engloban dentro de la banda de "alta frecuencia", cuya correlacionabilidad o persistencia lateral está muy controlada por factores locales, lo que las hace poco útiles de cara a una correlación a gran escala.

•Las subdivisiones estratigráficas basadas en la estratigrafía secuencial son eficaces de cara a la correlación dentro de una cuenca o porciones de ésta. Dependiendo de la escala u orden (no necesariamente determinado por su duración) de la secuencia, ésta podrá ser correlacionable a lo largo de zonas más o menos extensas de dicha cuenca o en todo el globo.

•Los factores más locales (generalmente de mayor frecuencia) serán más influyentes en la formación de secuencias de menor envergadura; mientras que los factores más regionales o globales (de menor frecuencia) controlarán la formación de secuencias de mayor escala.

•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 más precisa posible 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 decorrelación.

•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 propugnados por Galloway (1989a) (secuencias estratigráficas genéticas), Embry y Johannessen (1992), López Blanco (1993) (secuencias transgresivo-regresivas) o Helland-Hansen y Martinsen (en prensa).

•La utilización del modelo del grupo Exxon tiene, teóricamente, cinco ventajas principales: 1) es el modelo más extendido, aceptado y utilizado por la



comunidad científica; 2) subdivide cada secuencia en tres (o cuatro) cortejos o "systems tracts", generados en períodos o tramos concretos de los ciclos de variación relativa del nivel de base; 3) la utilización de superficies con presunto significado cronoestratigráfico a escala global como límites de secuencia; 4) las discontinuidades que limitan las secuencias deposicionales son reconocibles fácilmente en las zonas costeras y, sobre todo, en las partes subaereas del sistema; 5) la existencia de tres tipos diferentes de secuencias, aplicables en diferentes contextos o circunstancias.

•La utilización de las secuencias estratigráficas genéticas, en teoría, presenta las siguientes ventajas: 1) constituye un modelo simple sin demasiadas complicaciones conceptuales; 2) se utiliza un criterio de subdivisión similar para las diferentes escalas de trabajo; 3) son útiles en areas donde no se generan discontinuidades subaereas, ya que sus límites son fácilmente reconocibles; 4) las secuencias se subdividen sólo en dos partes fácilmente reconocibles en el campo, ya que se basan en la evolución de la trayectoria de la línea de costa; 5) las superficies limitantes (superficies de máxima inundación) son fácilmente reconocibles, tanto en el campo como en perfiles sísmicos, su datación no es muy difícil, tienen un gran potencial de preservación y son las más evidentes en contextos con altas tasa de acomodación; 6) se implica tanto al eustatismo, como a la subsidencia y al aporte sedimentario en la generación de las secuencias, y se determina y especifica una jerarquía basada en la extensión de las secuencias.

•La utilización de las secuencias de tipo transgresivo-regresivo tiene, a priori, bastantes ventajas a su favor: 1) no tienen un origen interpretativo, sino descriptivo, ya que se basan en los cambios de tendencia (transgresiva o regresiva) de la sucesión; 2) son simples ya que, en principio, sólo constan de dos partes bien diferenciadas (una transgresiva y otra regresiva), aunque, en casos como las secuencias fundamentales, la parte regresiva puede dividirse incluso en tres fases según la trayectoria de los depósitos costeros; 3) el reconocimiento de estas secuencias en el campo es relativamente sencillo; 4) se utiliza un criterio similar para las diferentes escalas de trabajo, de forma que todas las secuencias, sea cual sea su escala, están limitadas por superficies de máxima regresión, y constan de un tramo transgresivo basal y de un tramo regresivo final; 5) las superficies limitantes de este tipo de secuencias son fácilmente reconocibles, tanto en el campo como en perfiles sísmicos; 6) estas secuencias son útiles tanto en areas donde se generan discontinuidades subaereas como en las que no, ya que el límite viene marcado por la superficie de máxima regresión, que es independiente de que haya discontinuidad subaerea, o no (es decir, que haya o no descenso relativo del nivel de base); 7)

los límites de secuencia muestran una heterocronía muy baja en relación con la duración de los ciclos de subida-bajada del nivel de base; 8) en la generación de las secuencias se implica tanto al eustatismo, como a la subsidencia, como y al aporte sedimentario; 9) se establecen unas jerarquías dependientes de la escala relativa (vertical y/o lateral) de las secuencias, sin basarse directamente en la duración de las mismas.

•En los tres modelos comentados, el análisis secuencial presenta una serie de dificultades y problemática de carácter general que podemos resumir en tres puntos: 1) la no globalidad de las secuencias, dependiendo de la influencia de procesos no globales (subsidencia, aporte sedimentario...); 2) la influencia de las variaciones en los aportes sedimentarios y 3) de las variaciones en la posición y geometría de los sucesivos lóbulos en la duración de los diferentes cortejos y en la localización temporal de las superficies clave.

•A parte de los inconvenientes mencionados en el punto anterior, la utilización del modelo del grupo Exxon presenta problemas como son: 1) la utilización del concepto de "parasecuencia"; 2) la dificultad a la hora de reconocer algunas de las superficies clave; 3) el uso, para limitar las secuencias, de superficies generadas en diferentes momentos del ciclo de ascenso-descenso del nivel de base relativo; 4) la no existencia de secuencias en contextos en los que no hay caídas del nivel de base; 5) el cambio de criterio para las diferentes escalas de trabajo; 6) la jerarquía existente.

•Aparte de los inconvenientes generales, existen otros problemas de cara a la aplicación del modelo de las secuencias estratigráficas genéticas, tales como: 1) la excesiva sencillez del modelo, que no profundiza en la expresión de las secuencias a diferentes escalas o en la expresión de las superficies de máxima regresión; 2) la no contemplación de casos en los que no se generan superficies de máxima inundación; 3) la dificultad de reconocimiento de las superficies de máxima inundación en las porciones subaereas del sistema, y 4) la posible inclusión de importantes discontinuidades dentro de las secuencias.

•Aparte de los inconvenientes generales, la aplicación de los modelos de subdivisión secuencial a partir de secuencias transgresivo-regresivas presentan tres problemas añadidos: 1) la existencia de situaciones en las que no se generan superficies de máxima regresión; 2) la preservación de las superficies limitantes; o 3) la dificultad existente en continuar los límites de secuencia hacia las porciones subaereas del sistema.

•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.

- Existen diferentes escuelas de estratigrafía secuencial, basadas en unos principios comunes, que esencialmente propugnan una subdivisión del relleno sedimentario de una cuenca o porción de la misma a partir de presuntas "superficies-tiempo", originadas en respuesta a un evento geológico recurrente en el tiempo y con un significado determinado. La mayor o menor aplicabilidad de un modelo u otro puede depender de las condiciones o las características propias del sistema deposicional.

- 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 area 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.

- Existen toda una serie de factores que influyen de manera combinada en la organización secuencial de las sucesiones deltaicas (eustatismo, subsidencia, clima, fisiografía de la cuenca, tectónica en la cuenca, tectónica en el area fuente, aportes sedimentarios, producción de sedimento, geometría y topografía de la cuenca), así como las variaciones en el tiempo y el espacio de las tasas de actuación de estos parámetros. La variación de estos factores puede ser lineal, oscilatoria periódica u oscilatoria no periodica.

- Existe una gran diversidad de contextos geológicos y en cada situación, los factores de control de la secuencialidad tendrán un comportamiento diferente. Cuantos más factores presenten un comportamiento lineal (o puedan ser descartados), más sencilla será la interpretación de la secuencialidad.

- 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 cuales 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.

• 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.

• 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.

## 7) SUMMARY

•In foreland basin settings, like the studied examples, most of the sequences show a local character (so that they are not useful for global correlation) because cyclicity is not only controlled by eustatic variations but also by changes in the rates of subsidence and sediment supply (or production).

•Stratigraphic subdivisions based in sequence stratigraphy are effective just in order to establish a correlation within a basin or a portion of the basin. Depending on the scale of the sequence, it will be correlated to wider or narrower areas of the planet.

•Local factors (usually operating with a higher frequency) will be more influent in the generation of high-frequency (minor-scale) sequences. More regional or global factors (at a lower frequency) will control the formation of higher-scale sequences.

•In our case-studies, short-duration depositional systems have been analyzed, and "high-frequency" sequences have been defined. The correlatability or lateral extent of these sequences is strongly controlled by local factors, so, they will not be useful for large-scale correlations.

•Sequential analysis of deltaic systems must be based in a working-methodology including: physical stratigraphy, facies analysis and the accurate dating of the studied deposits. Accurate widespread and easily recognizable paleobathymetric indicators must be used. Without data on age-control and paleobathymetry it is impossible to try any kind of interpretation or discussion about the correlation value of the defined sequences.

•There are two main groups of models of sequence stratigraphic subdivision: interpretative and descriptive. Interpretative models are exemplified by the Exxon model (depositional sequences). Descriptive models are those of Galloway (1989a) (genetic stratigraphic sequences), Embry & Johannessen (1992), López Blanco (1993) (transgressive-regressive sequences) and Helland-Hansen & Martinsen (in press).

•The use of depositional sequences (Exxon model), has five main theoretical advantages: 1) it is the most extended, accepted and used by the scientific community; 2) it subdivides each sequence in three (or four) systems tracts generated in fixed periods or phases of relative base-level variation; 3) it uses surfaces with a presumed global chronostratigraphic meaning as sequence boundaries; 4) sequence-bounding discontinuities are easily recognizable in coastal and subaerial parts of the system; and 5) there are different types of sequence to be used in different contexts and circumstances.

•The use of genetic stratigraphic sequences shows, in theory, the following advantages: 1) it is a simple model without conceptual complexity; 2) the same criteria of subdivision are used for the different working-scales; 3) they are useful in areas where subaerial unconformities are not generated because in that case maximum flooding surfaces are the easiest recognizable surfaces; 4) sequences are only divided in two parts easily recognizable in the field, because are based in the evolution of the shoreline trajectory; 5) the bounding surfaces (maximum flooding surfaces) are easily recognizable in the field, as well as in seismic profiles, their datation is easy because their faunal content, they have a very high preservation potential, and they are the most evident in successions with high accommodation rates; 6) in the generation of these sequences, eustasy, subsidence and sediment supply are implied. And, in addition, the hierarchy is based not in the timing but in the extent of the sequences.

•The use of transgressive-regressive sequences has several advantages: 1) they do not have an interpretative origin because they are based in changes of transgressive and regressive trends through succession; 2) they are simple because they only consist of two well-differentiated parts (transgressive and regressive) although, sometimes, regressive part can be subdivided in three different phases, depending on the trajectory of the coastal deposits; 3) the recognition in the field of these sequences is relatively simple; 4) the same criteria of subdivision are used for the different working-scales; sequences are bounded by maximum regression surfaces and formed by a basal transgressive and an upper regressive part; 5) bounding surfaces are easily recognizable both in the field and in seismic profiles; 6) these sequences are useful both in areas where subaerial unconformities were developed and in areas where these unconformities are absent, because the sequence boundary is marked by a maximum regression surface, which is independent of the existence of relative base-level falls; 7) sequence boundaries show a very low diachroneity in relation with the relative base-level cycles; 8) in the generation of these sequences eustasy, subsidence and sediment supply are implied; 9) the hierarchy is established by the relative scale (vertical and lateral), not by the timing of the sequences.

• In the three discussed models, sequential analysis shows a series of difficulties and general problems: 1) the non-global character of sequences, depending on the influence of non global parameters (subsidence, sediment supply...); 2) the influence of the sediment supply variations and 3) the position and geometry of the successive deltaic lobes in the duration of the different systems tracts and the temporal localization of key surfaces.

•Apart from the general disadvantages, the use of the Exxon group model shows problems as: 1) the use of the "parasequence" concept; 2) the occasional difficulty to recognize key surfaces; 3) the use of surfaces generated in different moments of a relative base-level cycle in order to bound sequences; 4) the non-existence of sequences in settings without relative base-level falls; 5) the changing criteria in different-scale studies; 6) the established hierarchy.

•Apart from the general disadvantages, there are other problems in the applicability of the genetic stratigraphic sequence model: 1) the excessive simplicity of the model, which does not go deeply into the expression of sequences at different scales and into the expression of maximum regression surfaces; 2) the non-existence of sequences in settings without generation of maximum flooding surface; 3) the difficulty of recognition of maximum flooding surfaces in subaerial parts of the system; and 4) the probable inclusion of important unconformities within sequences.

•Apart from the general disadvantages, the application of the transgressive-regressive model presents three added problems: 1) the existence of settings where maximum regression surface are not generated; 2) the preservation potential of the bounding surfaces; or 3) the difficulty to trace the sequence boundaries into the subaerial parts of the system.

•Despite the fact that all three models have advantages and disadvantages, in this work, transgressive-regressive sequences have been considered as the most useful approach by two main causes: 1) they are descriptive; and 2) they do not include internal major unconformities.

•There are different sequence-stratigraphy schools. Nevertheless, these different schools have a common perception, based on that sedimentary successions can be subdivided by "time-surfaces", related to time-recurrent geologic events. The applicability of the different models depends on the particular conditions or characteristics of the depositional system.

•The sequential arrangement of deltaic successions is controlled by the variations through time and space of the rates of geological processes such as eustacy, subsidence, climate, tectonics, sediment supply, sediment production, and basin geometry), as well as actuation of these factors. These variations can be linear, oscillatory periodical or oscillatory non periodical.

•There is a great diversity of geological settings and in each situation the controlling factors of the sequential arrangement will show a different behaviour. If the number of lineal (or not influential) factors is high, more simple will be the interpretation of the sequential arrangement.

•In foreland basins, the controlling factors are very variable in time and space (specially sediment supply and subsidence rates). Due to this fact,

sequences have a complex origin, being rather difficult to know which controlling parameters are the most important.

- Sequences may have been originated in response to changes of one of the controlling factors, but, similar sequences may have been originated in response to variations in completely different factors.

- 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).

- 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, in order to reach some predictive results is necessary to estimate (qualitative and quantitatively) the greater number of controlling parameters on the cyclicity.

- Local variations in subsidence, sediment supply, etc... make sequence boundaries heterochronous at different working-scales. It is necessary to state the accuracy for the correlation purposes of the differentiated sequences. Sequences will only be correlatables for those areas where the controlling-parameters have operated with a similar magnitude and a similar periodicity.





## BIBLIOGRAFIA



- Aigner, T. (1982): Event stratification in nummulites accumulations and in shell beds from the Eocene of Egypt. En: Seilacher, A. y Einsele, G. (Eds.), *Cyclic and event stratification*. Springer, Berlín, pp. 248-262.
- Allen, G.P. y Mercier, F. (1987): Les deltas: sédimentologie et exploration pétrolière. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 8: 7, 1247-1269.
- Alonso, A., Floquet, M., Meléndez, A. y Salomón, J. (1982): 7. Cameros-Castilla. En: El Cretácico de España. Madrid, pp. 345-356.
- Alvarez Ramis, C. (1982): Sobre la presencia de una flora de paleomanglar en el Paleógeno de la depresión central catalana (curso medio del llobregat). *Acta Geologica Hispánica*, 17: pp. 5-9.
- Alvaro, M., Capote, R. y Vegas, R. (1979): Un modelo de evolución tectónica para la cadena celtibérica. *Acta Geologica Hispánica*, 14: pp. 172- 181.
- Anadón, P. (1978a): El Paleógeno continental anterior a la transgresión Biarritziense (Eoceno medio) entre los ríos Gaià y Ripoll (prov. de Tarragona y Barcelona). *Estudios Geológicos*, 34: 5, pp. 341-440.
- Anadón, P., Colombo, F., Esteban, M., Marzo, M., Robles, S., Santanach, P. y Solé Sugrañes, L. (1979): Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. *Acta Geologica Hispánica*, 14: pp. 242-270.
- Anadón, P. y Feist, M. (1981): Charophytes et biostratigraphie du Paléogène inférieur du bassin de l'Ebre Oriental. *Palaeontographica*, 178: pp. 143-168.
- Anadón, P. y Zammarreño, I. (1981): Paleogene Nonmarine Algal deposits of the Ebro Basin, northeast Spain. En: Monty, C. (Ed.), *Phanerozoic Stromatolites*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 140-154.
- Anadón, P., Feist, M., Hartenberger, J.L., Muller, C. y Villalta, J. (1983): Un exemple de corrélation biostratigraphique entre échelles marines et continentales dans l'Eocène: la coupe de Pontils (bassin de l'Ebre, Espagne). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7: pp. 747-755.
- Anadón, P., Cabrera, L., Guimerà, J. y Santanach, P. (1985a): Paleogene strike-slip tectonics and sedimentation along the southeastern margin of the Ebro basin. En: Biddle, K.T. y Christie-Blick, N. (Eds.), *Strike-slip Tectonics and sedimentation*. pp. 303-318.
- \* Anadón, P., Marzo, M. y Puigdefàbregas, C. (1985b): The Eocene Fan-delta of Montserrat (Southeastern Ebro basin, Spain). In: *I.A.S. 6th European Regional Meeting, Lérida, Spain., Excursion Guidebook.*: pp. 108-146.

- Anadón, P. y Marzo, M. (1986): Sistemas deposicionales eocenos del margen oriental de la Cuenca del Ebro: Sector Igualada-Montserrat. In: Reguant, S. (Ed.), *XI Congreso Español de Sedimentología*, Barcelona., Libro-Guía Excursiones, nº 3.: pp. 4.1-4.59.
- Armentrout, J.M., Malececk, S.J., Feam, L.B., Sheppard, C.E., Naylor, P.H., Miles, A.W., Desmarais, R.J. y Dunay, R.E. (1993): Log-motif analysis of Paleogene depositional systems tracts, central and northern North sea: defined by sequence stratigraphic analysis. En: Parker, R.J. (Eds.), *Petroleum geology of northwest Europe*, pp. 45-57.
- Atkinson, C.D. (1984): Comparative sequences of ancient fluvial deposits in the Tertiary South Pyrenean basin; Northern Spain. *Tesis doctoral*, University of Wales.
- Barberà, X. (1995): Estratigrafia del'Ilerdià de la Conca de Tremp. *Tesis de licenciatura*, Universitat de Barcelona. 108 pp.
- Bartrina, M.T., Cabrera, L., Jurado, M.J., Guimerà, J. y Roca, E. (1992): Evolution of the central Catalan margin of the Valencia trough (western mediterranean). En: Banda, E. y Santanach, P. (Eds.), *Geology and Geophysics of the Valencia Trough, Western Mediterranean*. Elsevier, Amsterdam, pp. 219-247.
- Bentham, P. y Burbank, D.W. (1996): Chronology of Eocene foreland basin evolution along the western oblique margin of the South-Central Pyrenees. En: Friend, P.F. y Dabrio, C.J. (Eds.), *Tertiary basins of Spain. The stratigraphic record of crustal kinematics*. Cambridge University Press, pp. 144-152.
- Berggren, W.A., Kent, D.V. y Swisher, C. (en prensa): A revised Cenozoic geochronology and Chronostratigraphy. En: *Geochronology, time scale and global stratigraphic correlations: A unified temporal framework for an historical geology*.
- Biosca, J. y Vía, L. (1988): El género *Nypa* (Palmae) en el Eoceno de la Depresión Central Catalana. *Batalleria*, 1: pp. 7-23.
- Bombita, G. (1984): Le Napocien, vingt ans apres sa definition. *Revue de Paléobiologie*, 3: 2, pp. 209-217.
- Bouma, A.H. (1962): *Sedimentology of some Flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation*. Elsevier, Amsterdam, 168 pp.
- Brown, L.F. y Fisher, W.L. (1977): Seismic-Stratigraphic interpretation of depositional systems: examples from Brasil rift and pull-apart basins. En: Payton, C.E. (Ed.), *Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration*. pp. 213-248.



- Burbank, D.W., Puigdefàbregas, C. y Muñoz, J.A. (1992): The chronology of the Eocene tectonic and stratigraphic development of the eastern Pyrenean foreland basin, northeast Spain. *Geological Society of America Bulletin*, 104: pp. 1101-1120.
- Burns, B. (1992): The stratigraphic response of alluvial depositional systems to changes in base level-an example from the Ebro basin of Spain. *Tesis doctoral*, University of Wyoming. 259 pp.
- Camara, P. y Klimowitz, J. (1985): Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica (cuencas de Jaca-Tremp). *Estudios Geológicos*, 41: pp. 391-404.
- Cande, S.C. y Kent, D.V. (1992): A New Geomagnetic Polarity Time Scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, 97: B10, pp. 13917-13951.
- Cavagnetto, C. y Anadón, P. (1995): Une mangrove complexe dans le Bartonien du Bassin de l'Ebre (NE de l'Espagne). *Palaeontographica*, 236: pp. 147-165.
- Cavagnetto, C. y Anadón, P. (1996): Preliminary palynological data on floristic and climatic changes during the Middle Eocene-Early Oligocene of the eastern Ebro Basin, northeast Spain. *Rev. Palaeobot. Palynology*.
- Choukroune, P. (1976): Structure et évolution tectonique de la zone nord-pyrénéenne (analyse de la déformation dans une portion de chaîne à schistosité subverticale). *Mémoires de la société Géologique de France*, 127: pp. 1-116.
- Cuevas-Goñal, M., M.E., D. y Nio, S.D. (1985): Eocene clastic tidal deposits in the Tremp-Graus basin (provs. of Lérida and Huesca). En: Mil, M.D. y Rosell, J. (Eds.), *6th European Regional Meeting. IAS*, Lérida, pp. 215-286.
- Curry, J.R. (1964): Transgressions and regressions. En: Miller, R.L. (Ed.), *Papers in Marine Geology*. Macmillan, New York, pp. 175-203.
- Dinarès, J. (1992): Paleomagnetisme a les unitats sudpirinenques superiors. Implicacions estructurals. *Tesis doctoral*, Universitat de Barcelona. 461 pp.
- Eichenseer, H. (1988): Facies geology of late Maestrichtian to early Eocene coastal and shallow marine sediments, Tremp-Graus basin, northeastern Spain. *Tesis Doctoral*, University of Tubingen. 237 pp.

- Embry, A.F. y Johannessen, E.P. (1992): T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-lower Jurassic succession, western Sverdup Basin, Arctic Canada. En: T.O Vorren, E. Bergsager, Ø.A. Dahl-Stamnes, E Holter, B. Johansen, E. Lie y Lund, T.B. (Eds.), *Arctic Geology and Petroleum Potential*. Norwegian Petroleum Society, Amsterdam, pp. 121-146.
- Embry, A.F. (1993): Transgressive-regressive (T-R) sequence analysis of the Jurassic succession of the Sverdup Basin, Canadian Arctic Archipelago. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30: pp.301-320.
- Embry, A.F. (1994a): Evaluation of sequence types. In: *AAPG Hedberg Research Conference. Applications of Sequence Stratigraphy to Oil Field Development*, París,
- Embry, A.F. (1994b): Sequence boundaries and sequence hierarchies: Problems and proposals. En: *Sequence stratigraphy: Advances and applications for exploration and production in North West Europe*. Norwegian Petroleum Society.
- Epstein, S., Buchsbaum, R., Lowenstam, H.A. y Urey, H.C.B. (1951): Carbonate-water isotopic temperature scale. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 62: pp. 417-426.
- Esteban, M. y Robles, S. (1976): Sobre la paleogeografía del Cretácico inferior de los Catalánides entre Barcelona y Tortosa. *Acta Geologica Hispánica*, 11: 3, pp. 73-78.
- Farrell, S.G. (1984): Slope processes and tectonism in Eocene marine sediments of the Ainsa basin; Spanish Pyrenees. *Tesis doctoral*, University of Wales.
- Farrell, S.G., Williams, G.D. y Atkinson, C.D. (1987): Constraints on the age of movement of the Montsech and Cotiella thrusts, south central Pyrenes, Spain. *Journal of the Geological Society of London*, 114: pp. 907-914.
- Ferrer (1971): El Paleoceno y Eoceno del borde sur-oriental de la depresión del Ebro (Cataluña). *Mém. Suisses de Paléontol.*, 90: pp. 1-70.
- Fonnesu, F. (1983): Estratigrafía física y análisis de facies de la Secuencia de Figols entre el Rio Noguera Pallaresa e Iscles. (Provs. de Lérida y Huesca). *Tesis Doctoral*, Universitat Autònoma de Barcelona. 317 pp.
- Fontboté, J.M. (1954): Las relaciones tectónicas de la depresión del Vallés-Penedés con la cordillera prelitoral y con la depresión del Ebro, *R. Soc. Esp. Hist. Nat. Tomo homenaje Prof. E. Hernández Pacheco*. Madrid, pp. 281-310.

- Frazier, D.E. (1974): Depositional episodes: their relationship to the quaternary stratigraphic framework in the northwestern portion of the Gulf basin". *Bur. Econ. Geol., Geologic Circular*, 74-1: 28 pp.
- Galloway, W.E. (1989a): Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis I: Architecture and Genesis of Flooding-Surface Bounded Depositional Units. *The American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 73: 2, pp. 125-142.
- Galloway, W.E. (1989b): Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis II: Application to Northwest Gulf of Mexico Cenozoic Basin. *The American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 73: 2, pp. 143-154.
- Garrido Megías, A. (1973): Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (prov. de Huesca y Lérida). *Tesis doctoral*, Universidad de Granada.
- Guimerà, J. (1984): Palaeogene evolution of deformation in the northeastern Iberian Peninsula. *Geological Magazine*, 121: 5, pp. 413-420.
- Guimerà, J. (1988): Estudi estructural de l'enllaç entre la Serralada Ibèrica i la Serralada Costanera Catalana. *Tesis doctoral*, Universitat de Barcelona. 600 pp.
- Guiraud, M. y Séguret, M. (1985): A releasing solitary overstep model for the late Jurassic-early Cretaceous (Wealdian) Soria strike-slip basin (northern Spain). En: Christie-Blick, K.T.B. (Ed.), *Strike-Slip Tectonics and sedimentation*. pp. 159-175.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235: pp. 1156-1167.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P. (1988): Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and Eustatic cycles. En: C. K. Wilgus, B.S.H., C. G. Kendall, H. Posamentier, C. A. Ross y J. C. Van Wagoner (Eds.), *Sea-Level changes: an integrated approach*. *Soc. Econ. Paleont. Mineral*, pp. 71-108.
- Haq, B.U. (1991): Sequence stratigraphy, sea-level change, and significance for the deep sea. En: Macdonald, D.I.M. (Ed.), *Sedimentation, Tectonics and Eustasy*. pp. 3-39.
- Hardenbol, J., Vail, P.R. y Ferrer, J. (1981): Interpreting paleoenvironments, subsidence history and sea-level changes of passive margins from seismics and biostratigraphy. En: R. Blanchert y Montadert, I. (Eds.), *Geology of continental margins: International Geological Congress proceedings*. pp. 33-44.



- Harland, W.B., Armstrong, R.L., Cox, A.V., Craig, L.E., Smith, A.G. y Smith, D.G. (1990): A geologic time scale 1989. Cambridge University Press, Cambridge, 263 pp.
- Haseldonckx, P. (1972): The presence of *Nypa* palms in Europe: a solved problem. *Geologie en Mijnbouw*, 51: pp. 645-650.
- Haseldonckx, P. (1973): The palynology of some Paleogene deposits between the Río Esera and the Río Segre, Southern Pyrenees, Spain. *Leidsche Geologische Mededelingen*, 49: pp. 145-165.
- Hedberg, H.D. (1976): International Stratigraphic Guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. 207 pp.
- Helland-Hansen, W. (1994): Sequence stratigraphy theory: remarks and recommendations. En: Steel, R.J., Falt, V., Johannessen, E.P. y Mathieu, C. (Eds.), *Sequence Stratigraphy: Advances and Applications for Exploration and Production in North West Europe*. Norwegian Petroleum Society Special Publication, pp. 13-21.
- Helland-Hansen, W. y Martinsen, O. (en Prensa): Shoreline trajectories and sequences: a description of variable depositional-dip scenarios. *Journal of Sedimentary research*. Section B,
- Hottinger, L. (1960): Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène. *Mém. Suisses Paleontol.*, 75-76: 243 pp.
- Hunt, D. y Tucker, M.E. (1992): Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base level fall. *Sedimentary Geology*, 81: pp. 1-9.
- Inglès, M. y Anadón, P. (1991): Relationship of clay minerals to depositional environments in the non-marine Eocene Pontils Group, SE Ebro basin (Spain). *Journal of Sedimentary Petrology*, 61: pp. 926-939.
- Jervey, M.T. (1988): Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. En: C.K. Wilgus, B.S.H., C.G.St.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross and J.C. Van Wagoner. (Eds.), *Sea-level changes: An Integrated approach*. pp. 47-70.
- Jervey, M.T. (1993): Siliciclastic sequence development in Foreland Basins, with examples from the Western Canada Foreland Basin. En: Leckie, R.W. (Ed.), *Foreland Basins and Fold Belts*. pp. 47-80.
- Johnson, J.G., Klapper, G. y Sandberg, C.A. (1985): Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geological Society of America Bulletin*, 96: pp. 567-587.

- Julià, R. y Santanach, P. (1984): Estructuras en la salbanda de falla paleógena de la falla del Vallés-Penedés (Cadenas Costeras Catalanas): su relación con el deslizamiento de la falla. En: *I Congreso Español de Geología*, III: pp. 47-59.
- Krumbein, W.C. y Sloss, L.L. (1963): *Stratigraphy and sedimentation*. W.H. Freeman (Ed.). 660 pp.
- Livermore, R.A. y Smith, A.G. (1985): Some boundary conditions for the evolution of the Mediterranean Region. En: Stanley, D.J. y Wezel, J.C. (Eds.), *Geological evolution of the Mediterranean Basin*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 83-100.
- Losantos, M., Berastegui, X., Muñoz, J.A. y Puigdefàbregas, C. (1988): Corte geológico cortical del Pirineo central (Perfil ECORS): Evolución geodinámica de la cordillera pirenaica. In: *II Congreso geológico de España*, Granada, Simposios: pp. 7-16.
- Loutit, T.S., Hardenbol, J., Vail, P.R. y Baum, G.R. (1988): Condensed sections: The key to age determination and correlation in continental margin sequences. En: Wilgus, C.K. et al. (Eds.), *Sea-level Changes: An integrated approach*. pp. 183-213.
- Lowe, D.R. (1982): Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52: pp. 279-297.
- López-Blanco, M., Marzo, M., Santaaulària, T. y Chassard, A. (1990): Étude géologique sur le Grès de Roda: données préliminaires. Universitat de Barcelona-Elf Aquitaine. Informe confidencial.
- López-Blanco, M. (1991): Estratigrafía y sedimentología del sector occidental del abanico costero de San Llorenç del Munt al Este de Sant Vicenç de Castellet (Eoceno, Cuenca de Antepaís surpirenaica). *Tesis de licenciatura*, Universitat de Barcelona. 135pp.
- López-Blanco, M., Marzo, M., Santaaulària, T., Chassard, A. y Puigdefàbregas, C. (1991): Étude géologique sur le Grès de Roda. Universitat de Barcelona-Elf Aquitaine. Informe confidencial.
- López-Blanco, M. (1993): Stratigraphy and sedimentary development of the Sant Llorenç del Munt fan-delta complex (Eocene, southern pyrenean foreland basin, northeast Spain). En: R.J. Steel, y L. Frostick (Eds.), *Tectonic Controls and Signatures in Sedimentary successions*. IAS Special Publication (20). pp. 67-88.

- López-Blanco, M. y Solé de Porta, N. (1993): Palinomorfos del Triásico Superior resedimentados en los materiales marinos eocenos de Sant Llorenç del Munt (cuena del Ebro, NE de España). *Acta Geologica Hispánica*, 28: 4, pp. 5-13.
- López-Blanco, M. (1994): Estructuras contractivas de la Cordillera Prelitoral Catalana entre las sierra de Les Pedritxes y el río Ripoll, evolución y relación con los depósitos del margen de la cuena del Ebro. *Geogaceta*, 16: pp. 43-46.
- ↳ López-Blanco, M., Piña, J. y Marzo, M. (1994): Diferentes estilos de organización secuencial en depósitos de abanico aluvial y abanico costero lateralmente relacionados (Sant Llorenç del Munt, Eoceno, cuena de antepaís surpirenaica). *Geogaceta*, 15: pp. 49-51.
- ↳ López-Blanco, M. y Piña, J. (1995): Análisis de tres órdenes de ciclicidad transgresivo-regresiva sobreimpuestos a un complejo de abanico costero (Sant Llorenç el Munt, Eoceno, Cuenc del Ebro, NE de España). En: M. Aurell y A.Meléndez (Eds.), *Comunicaciones XIII Congreso Español de Sedimentología*, Teruel, Universidad de Zaragoza, : pp. 69-70.
- López-Blanco, M., Marzo, M., Burbank, D.W., Vergés, J., Roca, E., Anadón, P. y Piña, J. (en Prensa): Tectonic and climatic controls on the development of large, foreland fan-deltas: Montserrat and Sant Llorenç del Munt Systems (Middle Eocene, Ebro basin, NE Spain). *Sedimentary Geology*,
- Martinius, A.W. (1991): Growth rates and population dynamics in *Crassostrea cf. rarilamella* from the Lower Eocene Roda Formation (southern Pyrenees, Spain). *Geologie en Mijnbouw*, 70: pp. 59-73.
- Martinsen, O.J. y Helland-Hansen, W. (1995): Strike variability of clastic depositional systems: Does it matter for sequence-stratigraphic analysis? *Geology*, 23: 5, pp. 439-442.
- Martínez, A., Vergés, J. y Muñoz, J.A. (1986): Secuencias de propagación del sistema de cabalgamientos de la terminación oriental del manto del Pedraforca y relación con los conglomerados sinorogénicos. *Acta Geologica Hispánica*, 23: 2, pp. 119-128.
- ↳ Marzo, M. y Anadón, P. (1988): Anatomy of a conglomeratic fan-delta complex: the Eocene Montserrat conglomerate, Ebro Basin, northeastern Spain. En: R.J. Steel y W. Nemeč (Eds.), *Fan deltas and Related systems. Sedimentology and Tectonic Settings*. Blackie Publishing Group, pp. 318-340.

- Mattauer, M. y Séguret, M. (1971): Les relations entre la chaîne des Pyrénées et le golfe de Gascogne. En: Histoire structurale du Golfe de Gascogne. Ed. Technip, Paris, pp. 1-24.
- Mattauer, M. y Henry, J. (1974): The Pyrenees. En: Spencer, A.M. (Eds.), Mesozoic and Cenozoic orogenic belts, data for orogenic studies. *Spec. Publs. Geol. Soc. London*, pp. 3-21.
- Mc Rae, L.E. (1990): Paleomagnetic isochrons, unsteadiness, and non-uniformity of sedimentation in Miocene fluvial strata of the Siwalik Group, northern Pakistan. *Journal of Geology*, 98: pp. 433-456.
- Mey, P.H.W., Nagtegaal, P.J.C., Roberti, K.J. y Hartevelt, J.A. (1968): Lithostratigraphic subdivision of post-Hercinian deposits in the south-central Pyrenees, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41: pp. 221-228.
- Miall, A.D. (1991): Stratigraphic sequences and their chronostratigraphic correlation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61: pp. 497-505.
- Miall, A.D. (1992): Exxon global cycle chart: an event for every occasion? *Geology*, 20: pp. 787-790.
- Mitchum, R.M. (1977): Glossary of terms used in seismic stratigraphy. En: Payton, C.E. (Eds.), *Seismic stratigraphy: Application to Hydrocarbon Exploration*. pp. 205-212.
- Mitchum, R.M. y Van Wagoner, J.C. (1991): High-Frequency sequences and their stacking patterns: sequence stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. *Sedimentary Geology*, 70: pp. 131-160.
- Muñoz, J.A., Martínez, A. y Vergés, J. (1986): Thrust sequences in the eastern Spanish Pyrenees. *Journal of Structural Geology*, 8: pp. 399-405.
- Muñoz, J.A. (1992): Evolution of a continental collision belt. ECORS-Pyrenees crustal balanced cross-section. En: McClay, R.K. (Ed.), *Thrust tectonics*. Chapman & Hall, Londres, pp. 235-246.
- Mutti, E., Rosell, J., Allen, G.P., Fonnesu, F. y Sgavetti, M. (1985): The Eocene Baronia tide dominated delta-shelf system in the Ager basin. En: *IAS 6th European regional meeting Excursion guide-book*, Lérida, pp. 579-600.
- Mutti, E., Séguret, M. y Sgavetti, M. (1988): Sedimentation and deformation in the Tertiary sequences of the southern Pyrenees. *Inst. Geol. Univ. Parma, Special Public.*, 157 pp.
- Nemec, W. y Steel, R.J. (1987): What is a fan delta and how to recognize it? En: Nemec, W. y Steel, R.J. (Eds.), *Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings*.

- Nijman, W. y Nio, S.D. (1975): The Eocene Montañana delta. En: (Eds.), *Sedimentary Evolution of the Paleogene South Pyrenean Basin. IXth Congr. Int. Assoc. Sedimentol., Excursion Guide* 19.
- Nio, S.D. (1976): Marine transgression as a factor in the formation of sandwave complexes. *Geol. Mijnbouw*, 55: 1-2, pp. 18-40.
- Nio, S.D. y Yang, C.S. (1991): Sea-level fluctuations and the geometric variability of tide-dominated sandbodies. *Sedimentary Geology*, 70, pp. 161-193.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (1983): North American Stratigraphic Code. *A.A.P.G. Bulletin*, 67: 841, 875.
- Nummedal, D. y D.J.P., S. (1987): Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. En: D. Nummedal, O.H. et al. (Eds.), *Sea-level fluctuation and coastal evolution*. pp. 241-260.
- Olivet, J.L., Bonin, J., Beuzart, P. y Auzende, J.M. (1984): Cinématique de l'Atlantique nord et central. Informe interno del Centre National pour l'exploration des océans.
- Palli, L. (1972): Estratigrafía del Paleógeno del Empordà y zonas limítrofes. *Publ. Geol. Univ. Autón. Barcelona*, 1: 338 pp.
- Payton, C.E.(editor) (1977): Seismic Stratigraphy: Applications to Hydrocarbon Exploration. *American Association of Petroleum Geologists memoir*. (26). 516 pp.
- Platt, N.H. y Wright, V.P. (1992): Palustrine carbonates and the Florida Everglades: towards an exposure index for the fresh-water environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52: pp. 1058-1071.
- Pocoví, A. (1978): Estudio geológico de las Sierras Marginales Catalanas (Prepirineo de Lérida). *Tesis doctoral*, Universitat de Barcelona.
- Pomar, L. (1991): Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea level-changes, Upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38: 243-269.
- Pomar, L. (1993): High-Resolution Sequence Stratigraphy in Prograding Miocene Carbonates: Application to Seismic Interpretation. En: Loucks, R. y Sarg, R. (Eds.), *Recent advances and applications of carbonate sequence stratigraphy*.
- Pomar, L. y Ward, W.C. (1994): Response of a late Miocene Mediterranean reef platform to high-frequency eustasy. *Geology*, 22: pp. 131-134.

- Posamentier, H.W., Jervey, M.T. y Vail, P.R. (1988): Eustatic controls on clastic deposition I- Conceptual framework. En: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross y Van Wagoner., J.C. (Eds.), *Sea-level changes: An Integrated approach*. pp. 110-124.
- Posamentier, H.W. y Vail, P.R. (1988): Eustatic controls on clastic deposition II- Sequence and Systems tract models. En: C.K. Wilgus, B.S. Hastings, C.G.St.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross y Van Wagoner, J.C.. (Eds.), *Sea-level changes: An Integrated approach*. pp. 125-154.
- Posamentier, H.W., Allen, G.P. y James, D.P. (1992a): High resolution sequence stratigraphy-the East Coulee Delta, Alberta. *Journal of Sedimentary Geology*, 62: 2, pp. 310-317.
- Posamentier, H.W., Allen, G.P., James, D.P. y Tesson, M. (1992b): Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples and exploration significance. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin.*, 76: pp. 1687-1707.
- Posamentier, H.W. y Weimer, P. (1993): Siliciclastic Sequence Stratigraphy and Petroleum Geology-Where from here? *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. 77: 5, pp. 731-742.
- Posamentier, H.W. y James, D. (1993): An overview of sequence-stratigraphic concepts: uses and abuses. En: H.W. Posamentier, C.P. Summerhayes, B.U. Haq y Allen, G.P. (Eds.), *Sequence Stratigraphy and Facies Associations*. Blackwell scientific publications, pp. 3-18.
- Posamentier, H.W., Morris, W.R., Bhattacharya, J.P., Kupecz, J.A., Loomis, K.B., López-Blanco, M., Wu, C., Kendall, B., Landis, C.R., Spear, D.B. y Thompson, P.R. (1995): Panther Tongue Sandstone Outcrop Case Study I: Regional Sequence Stratigraphic Analysis. En: *1995 Annual Convention of the American Association of Petroleum Geologists*, Houston, Texas, EEUU, pp. 77A.
- Puigdefàbregas, C., Rupke, N. y Solé-Sedó, J. (1975): The sedimentary evolution of the Jaca basin. In: Rosell, J. y Puigdefàbregas, C. (Eds.), *IAS 9th International congress, Nice, Sedimentary evolution of the Paleogene South Pyrenean basin*: pp. 1-33.
- Puigdefàbregas, C. y Souquet, P. (1986): Tectosedimentary cycles and depositional sequences of the Mesozoic and Tertiary from the Pyrenees. *Tectonophysics*, 129: pp. 173-203.
- Puigdefàbregas, C., Muñoz, J.A. y Marzo, M. (1986): Thrust belt development in the eastern pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin. *IAS Special Publication (8)*, pp. 229-246.

- Puigdefàbregas, C., Nijman, W., Muñoz, J.A., Collison, J., Cuevas, J.L., Dreyer, T., Marzo, M., Mellere, D., Mercadé, L. y Vergés, J. (1989): Alluvial deposits of the successive foreland basin stages and their relation to the pyrenean thrust sequences. Guidebook of the 4th *International Conference on Fluvial Sedimentology*, Servei Geològic de Catalunya, Barcelona, 176 pp.
- Rasmussen, H. (1993): Sedimentology and high-frequency sequence stratigraphy of transgressive fan-delta deposits: Sant Llorenç del Munt fan-delta complex, SE Ebro Basin, NE Spain. *Tesis de licenciatura*, Universitet i Bergen. 136 pp.
- Riba, O. (1976): Syntectonic unconformities of the Alto Cardener, Spanish Pyrenees: a genetic interpretation. *Sedimentary Geology*, 15: pp. 213-233.
- Riba, O. (1992): Las secuencias oblicuas en el borde Norte de la Depresión del Ebro en Navarra y la Discordancia de Barbarin. En: Colombo, F. (Ed.), *Acta Geológica Hispánica* (27) Homenaje a Oriol Riba. Barcelona, pp. 55-68.
- Roca, E. y Guimerà, J. (1992): The Neogene structure of the eastern Iberian margin: structural constraints on the crustal evolution of the Valencia trough (western Mediterranean). En: Santanach, P. (Ed.), *Geology and Geophysics of the Valencia Trough, Western Mediterranean*. Elsevier, Amsterdam, pp. 203-218.
- Roca, E. (1992): L'estructura de la conca catalano-balear: paper de la compressió i de la distensió en la seva gènesi. *Tesis Doctoral*, Universitat de Barcelona. 330 pp.
- Roest, W.R. y S.P., S. (1991): Kinematics of the plate boundaries between Eurasia, Iberia and Africa in the Late Cretaceous to the present. *Geology*, 19: pp. 613-616
- Rosell, J., Ferrer, J. y Luterbacher, H.P. (1973): El Paleógeno marino del NE de España. In: (Eds.), *XIII Col. Europ, Micropaleontología*, ENADIMSA, pp. 29-62.
- Salas, R. (1979): El sistema arrecifal del Eoceno superior de la cuenca de Igualada, Barcelona. *Tesis de licenciatura*, Universitat de Barcelona. 196 pp.
- Salas, R. (1987): "El Malm i el Cretaci inferior entre el Massís del Garraf i la Serra d'Espadà. *Tesis doctoral*, Universitat de Barcelona. 345 pp.
- Samsó, J.M. (1988): Estudi sedimentològic i biostratigràfic de la Formació St. Esteve del Mall. (Eocé, conca Tremp-Graus). *Tesis de Licenciatura*, Universitat de Barcelona. 540 pp.

- Santisteban, C. y Taberner, C. (1983): Shallow marine and continental conglomerates derived from coral reef complexes after desiccation of a deep marine basin: the Tortonian-Messinian deposits of the Fortuna Basin, south east Spain. *Journ. Geol. Soc. London*, 140: pp. 401-411.
- Schaub, H. (1973): La sección de Campo (prov. de Huesca). *XII Coloquio Eur. Micropal. España*, pp. 151-158.
- Schaub, H. (1981): Nummulites et Assilines de la Tethys Paléogène. Taxinomie, phylogénèse et biostratigraphie. *Mém. Suisses Paleontol.*, 104-106:236.
- Seguret, M. (1972): Etude tectonique des nappes et séries decollées de la partie centrale du versant Sud des Pyrenees. Publ. USTELA, Montpellier, Ser. Geol. Struct, 1: pp. 1-155.
- Serra-Kiel, J. (1981): Estudi sobre la sistemàtica, filogènia, biostratigrafia i paleobiologia dels Nummulites del grup N.Pernotus-N.Perforatus (Conca Aquitania, Catalana i Balear). Tesis doctoral, Universitat de Barcelona. 416 pp.
- Serra-Kiel, J. (1982): Contribució a la paleobiologia dels Nummulites. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 48: pp. 19-29.
- Serra-Kiel, J., Canudo, J.I., Dinarès, J., Molina, E., Ortiz, N., Pascual, J.O., Samsó, J.M. y Tosquella, J. (1994): Cronoestratigrafia de los sedimentos marinos del Terciario inferior de la Cuenca de Graus-Tremp (Zona Central Surpirenaica). *Revista de la Sociedad Geológica de España.*, 7: 3-4, pp. 273-297.
- Serra-Kiel, J. y Travé, A. (1995): Lithostratigraphic and chronostratigraphic framework of the Bartonian sediments in the Vic and Igualada areas. En: A. Perejón y Busquets, P. (Eds.), VII International symposium on fossil cnidaria and porifera Field trip C: Bioconstructions of the Eocene South pyrenean foreland basin (Vic and Igualada areas) and the upper Cretaceous south central pyrenees (Tremp area).
- Serra-Kiel, J., Hottinger, L., Drobne, K., Ferrández, C., Less, G., Jauhri, A.K., Pignatti, J., Samsó, J.M., Schaub, H., Sirel, E., Tambareau, Y., Tosquella, J. y Zakrevskaya, E. (en prensa): Benthic Foraminifera from Paleocene and Eocene. En: (Eds.), Mesozoic-Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins.
- Shackleton, N.J. y Kennett, J.P. (1975): Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analyses in DSDP Sites 277, 279, and 281. Deep Sea Drilling Project.



- Simó, A. (1985): Secuencias deposicionales del Cretácico superior de la Unidad del Montsec (Pirineo central). *Tesis doctoral*, Universitat de Barcelona.
- Souquet, P. (1967): Le Crétacé supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragón et Navarre. *Tesis doctoral*, Toulouse.
- Souquet, P. y Déramond, J. (1989): Séquence de chevauchements et séquences de dépôt dans un bassin d'avant-fosse. Exemple du sillon crétacé du versant sud des Pyrénées (Espagne). *C. R. Ac. Sc. Paris*, 309: Sér. II, pp. 137-144.
- Spetch, M., Déramond, J. y Souquet, P. (1991): Relations tectonique-sédimentation dans les bassins d'avant-pays: utilisation des surfaces isochrones comme marqueurs de la déformation. *Bull. Soc. Géol. France*, 162: 3, pp. 553-562.
- Steel, R.J. (1988): Coarsening-upward and skewed fan bodies: symptoms of strike-slip and transfer fault movement in sedimentary basins. En: R.J. Steel, W. Nemeč (Eds.), *Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic settings*. Blackie and son, Glasgow y Londres, pp. 75-83.
- Swift, D.J.P. (1968): Coastal erosion and transgressive stratigraphy. *Journal of Geology*, 76: 444-456.
- Tosquella, J. (1988): Estudi sedimentològic i biostratigràfic de la Formació Gresos de Roda (Eocè, conca Tremp-Graus). *Tesis de licenciatura*, Universitat de Barcelona. 540 pp.
- Tosquella, J. (1995): Els Nummulitinae del Paleocè-Eocè inferior de la conca sudpirinenca. *Tesis doctoral*, Universitat de Barcelona. 581 pp.
- Travé, A. (1988): Estratigrafia i sedimentologia dels dipòsits deltaics de l'Eocè mitjà-superior al sector de Manresa. *Tesis de licenciatura*, Universitat de Barcelona. 85 pp.
- Ubach, J. (1990): Geología de los materiales Paleozoicos de las Escamas de la Cordillera prelitoral catalana al Este del río Llobregat. *Acta Geologica Hispánica*, 25: 1-2, pp. 113-121.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M.J., Todd, R.G., Widmier, J.M., Thompson, S., Sangree, J.P. y Bubb, J.N. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level. En: Payton, C.E. (Ed.), *Seismic Stratigraphy-Applications to hydrocarbon Exploration*. pp. 49-212.
- Vail, P.R., Hardenbol, J. y Todd, R.G. (1984): Jurassic unconformities, chronostratigraphy, and sea level changes from seismic stratigraphy and biostratigraphy. En: Schlee, J.S. (Ed.), *Interregional unconformities and hydrocarbon accumulation*. pp. 129-144.

- Vail, P.R. (1987): Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure. En: Bally, A.W. (Ed.), *Atlas of Seismic Stratigraphy*. pp. 1-10.
- Vail, P.R., Audemard, F., Bowman, S.A., Eisner, P.N. y Pérez-Cruz, C. (1991): The stratigraphic signatures of tectonic, eustasy and sedimentology- an overview. En: G. Einsele. (Ed.), *Cycles and events in stratigraphy*. Springer-Verlag, New York, pp. 611-659.
- Van Eden, J.G. (1970): A reconnaissance of deltaic environment in the Middle Eocene of the south-central Pyrenees, Spain. *Geol. Mijnbouw*, 49: 2, pp. 145-157.
- Van Hinte, J.E. (1978): Geohistory analysis: Application of micropaleontology in exploration geology. 62: pp. 201-222.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M.J., Posamentier, H.W. y Vail, P.R. (1987): Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 2: Key definitions of sequence stratigraphy. En: Bally, A.W. (Ed.), *Atlas of Seismic Stratigraphy*. Am.Assoc.Petrol. Geol, pp. 11-14.
- Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M.J., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S. y Hardenbol, J. (1988): An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. En: Ch. K. Wilgus, B.S. Hastings, Ch. G. St. C. Kendall, H.W. Posamentier, Ross, C.A. y Van Wagoner, J.C. (Eds.), *Sea-level changes: an integrated approach*. *Soc. Econ. Paleont. and Mineral*, pp. 39-45.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M.J., Campion, K.M. y Rahmanian, V.D. (1990): Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrop. *A.A.P.G., Methods in exploration*, 7:
- Velasque, P.C. y Ducasse, L. (1986): Tectonique et sédimentation dans la couverture crétacé des Pyrénées occidentales. Arguments en faveur de la subduction de la plaque ibérique sous la plaque européenne. *C. R. Ac. Sc. Paris, Sér. II*: 302, pp. 1477-1482.
- Vergés, J. y Martínez, A. (1988): Corte compensado del Pirineo Oriental: Geometría de las cuencas de antepaís y edades de emplazamiento de los mantos de corrimiento. *Acta Geologica Hispánica*, 23: 2, pp. 95-105.
- Vergés, J. y Muñoz, J.A. (1990): Thrust sequences in the southern central Pyrenees. *Bull. Soc. Geol. France.*, 8: IV, 2, pp. 265-271.
- Vergés, J. (1993): Estudi tectònic del vessant sud del Pirineu oriental i central. Evolució cinemàtica en 3-D. *Tesis doctoral*, Universitat de Barcelona. 203 pp.

- Vergés, J. y Burbank, D.W. (1996): Eocene-Oligocene thrusting and basin configuration in the eastern and central Pyrenees (Spain). En: C.J. Dabrio y P. Friend. (Eds.), Tertiary basins of Spain. Cambridge Press., Cambridge, pp. 120-133.
- Walker, R.G. (1990): Facies modeling and sequence stratigraphy. *Journal of Sedimentary Petrology*, 60: pp. 777-786.
- Williams, G.D. y Fisher, M.W. (1984): A balanced section across the pyrenean orogenic belt. *Tectonics*, 3: 7, pp. 773-780.
- Wright, V.P. y Platt, N.H. (1995): Seasonal wetland sequences and dynamic catenas: a re-appraisal of palustrine limestones. *Sedimentary Geology*, 99: pp. 65-71.
- Yang, C.S. y Nio, S.D. (1989): An ebb-tide delta depositional model - a comparison between the modern Eastern Scheldt tidal basin (southwest Netherlands) and the Lower Eocene Roda Sandstone in the southern Pyrenees (Spain). *Sedimentary Geology*, 64: pp. 175-196.
- Yapaudjian, L. (1984): Dunes sous-marines (sandwaves) de base de la transgression Tertiaire de Roda. ENSPM. Formation Industrie,
- Zachos, J.C., Lohmann, K.C., Walker, J.C.G. y Wise, S.W. (1993): Abrupt Climate Change and Transient Climates During the Paleogene: A Marine Perspective. *The Journal of Geology*, 101: pp. 191-213.
- Zachos, J.C., Lowell, D.S. y Kyger, C.L. (1994): Evolution of early Cenozoic marine temperatures. *Paleoceanography*, 9: 2, pp. 353-387.
- Zamarreño, I., Anadón, P. y Utrilla, R. (Submitted): Sedimentology and isotopic composition of Lower Paleogene non-marine microbialites, Eastern Ebro Basin, NE Spain.

