

## Secuencias deposicionales y eventos tectónicos en el Bartonense - Priabonense de la Cuenca de Jaca (España)

M.J. TOLEDO

TOTAL AUSTRAL, San Martín 323, 1004 Buenos Aires, Argentina

### RESUMEN

La cuenca de antepaís de Jaca, con orientación Este-Oeste, corresponde a un surco subsidente generado en un contexto de compresión sinsedimentaria con orientación preferente N-S, que ha posibilitado su desarrollo en función de las rampas laterales de los cabalgamientos principales. El relleno sedimentario se realiza a partir del Luteciense superior y se continúa hasta el Mioceno inferior. El tramo marino correspondiente al período Bartonense-Priabonense, se ha denominado «Secuencia de Jaca» y constituye el objetivo de este trabajo. Esta megasecuencia corresponde a un ciclo tectónico transgresivo-regresivo de segundo orden, con duración de 5 a 7 M.a., que empieza a partir de la reactivación del apilamiento antiformal del basamento e induce el desplazamiento hacia el S del depocentro de la cuenca sedimentaria que se generaba en ese momento (Luteciense superior). El relleno de la cuenca se realiza durante el estadio subsidente de flexura y relajación. El final del ciclo (Priabonense) queda marcado por el desarrollo de un cabalgamiento plano (inducido por las cuñas del basamento) y el desplazamiento de la cuenca hacia el S (cuenca de «piggy back»). Eso implica una reducción progresiva de las tasas de subsidencia y acomodación, un incremento de la tendencia regresiva y el retroceso definitivo del mar. Esta megasecuencia se puede dividir en tres secuencias deposicionales que han sido datadas mediante nannofósiles, son correlacionables con los ciclos TA 3.5, TA 3.6 y TA 4.1 (Haq et al., 1987) y tienen una duración media de 1,5 millones de años.

En el borde meridional de la cuenca se puede apreciar como estas tres secuencias se desarrollan sincrónicamente a la formación de los anticlinales de rampa lateral. Las relaciones geométricas de cada secuencia permiten establecer una cronología de las deformaciones a partir de las relaciones de: onlap, onlap progresivo, divergencia, expansión estratigráfica y variaciones significativas de potencia. En esas secuencias, la evolución lateral de los cuerpos de areniscas y la persistencia de su discordancia basal (ciclos de cuarto orden), permiten localizar la posición relativa del punto de equilibrio (Mutti, 1989) entre los flancos de los anticlinales y sinclinales

En el borde N la subsidencia es mayor y la Secuencia de Jaca se halla constituida por lóbulos turbidíticos, cuña terrígena progradante de bajo nivel (Areniscas de Sabiñánigo), margas de plataforma y conglomerados de abanico deltaico (Fan Delta). En este contexto altamente subsidente, como que la tasa de acomodación es muy

importante, los depósitos transgresivos son muy delgados. Por el contrario, los depósitos regresivos principalmente lutíticos de los períodos de alto nivel son potentes y constituyen una gran parte de la secuencia. Durante la deformación continuada, los períodos de no sedimentación en la plataforma interna (bajo nivel e inicio de la subida del nivel marino) corresponden a episodios de basculamiento del ciclo precedente (desarrollo de los flancos de los anticlinales). Los períodos relativos de alto nivel favorecen el desarrollo de «pinch outs» hacia los sinclinales.

La Secuencia de Jaca corresponde a un evento tectónico de segundo orden (5-7 M.a.) puntuado por discordancias eustáticas de tercer orden (1.5 M.a.).

La subsidencia y la tectónica controlan: la geometría de la cuenca, la migración de los depocentros, la potencia relativa de los tratos sedimentarios, la fuente de los sedimentos y la formación de megaciclos transgresivos-regresivos en los que se pueden encontrar evidencias de implicaciones eustáticas.

*Palabras clave:* Secuencias deposicionales. Eventos tectónicos. Bartonense-Priabonense. Cuenca de Jaca. España.

### ABSTRACT

The foreland basin of Jaca corresponds to an East-West subsident trough. It is developed in a North-South synsedimentary compressive context, locally Est-West along lateral ramps. The filling starts during the upper Lutetian and continues up to the lower Miocene. The Bartonian-Priabonian marine stage subject of this study constitutes the Jaca Sequence. This megasequence corresponds to a transgressive-regressive 2nd order tectonic cycle of 5 to 7 My., starting with a reactivation of basement antiformal stack inducing a displacement of the depocenters southwards and basin formation (Upper Lutetian). The filling of the basin takes place during the subsidence stage of flexure and relaxation. The end of the cycle (Priabonian) is marked by the development of a flat thrust (basement wedging induced) and displacement of the basin southwards (piggy back basin). This implicates a progressive reduction of subsidence and accommodation rates, an increasing regressive tendency and the definitive retreat of the sea. Within this megasequence, three depositional sequences have been defined, they have been dated by nannofossils and are

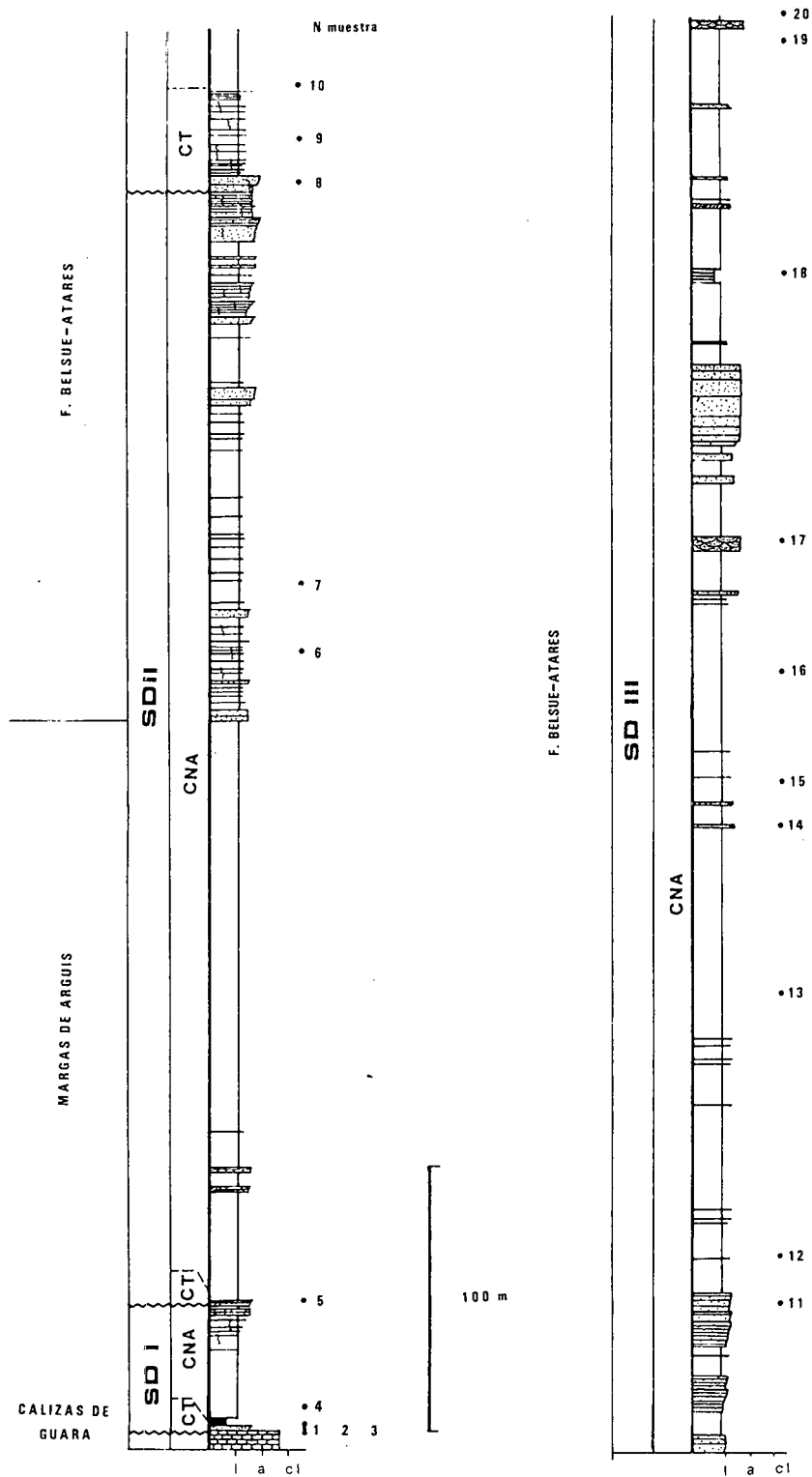


Figura 4: Corte de Arguís. SD: Secuencia deposicional. CNB: cortejo de nivel bajo CNA: cortejo de nivel alto. CT: cortejo transgresivo.  
 Figure 4.- Arguís section. SD: Depositional sequence. CNB: Lowstand. CNA: Highstand. CT: Transgressive.

*Facies A:* Areniscas de «fan-delta front» distal

*Facies B:* Areniscas y conglomerados de «fan-delta front» proximal

*Facies C:* Conglomerados masivos de abanico aluvial proximal

*Facies D:* Conglomerados, areniscas y limos con paleosuelos de abanico aluvial distal.

Debe destacarse que la arquitectura interna de este cortejo es consecuencia de dos factores fundamentales: alta subsidencia y alto aporte detrítico. Este cortejo representa la colmatación de la cuenca y registra una clara interferencia de sistemas deposicionales deltaicos provenientes del norte, sur y sureste.

#### *Significación del "fan-delta" de Sta. Orosia:*

Como sistema deposicional tiene sus primeras expresiones en la parte superior de la SD II y conforma enteramente la SD III. Constituye la expresión sin-sedimentaria de los movimientos tectónicos (reactivación del «antiformal stack» en la zona axial) que darán lugar a la continentalización definitiva de la cuenca. La composición litológica, la distribución de facies y las paleocorrientes indican proveniencia desde el norte. Las nannofósiles resedimentados indican que el frente orogénico incluía terrenos cretácicos y paleocenos. Hacia el fin de la secuencia el Eoceno inferior también es erosionado. La reiteración en la localización de los sistemas deposicionales de "fan delta" y de delta de nivel bajo indican un control tectónico sobre los sistemas de dispersión, activo durante el Bartoniense y Priaboniense temprano. Esta localización podría estar en relación con una zona de debilidad tectónica producto de la interferencia de fallas hercínicas (N 40) y el frente de cabalgamiento aquí llamado paleooccidente de Sta. Orosia.

#### **Flanco Sur:**

En el área de estudio la Secuencia de Jaca constituye el relleno de sinclinales de rumbo N-S, donde puede alcanzar los 1000 m. de espesor para disminuir a 300 m. sobre las crestas anticlinales.

#### *Secuencia deposicional I:*

La superficie de transgresión se caracteriza por la presencia de una brecha polimíctica (caliza, cuarzo y rocas ultrabásicas) producto de la dispersión de ele-

mentos detríticos sobre la plataforma carbonática, expuesta luego de la caída relativa del nivel del mar. El cortejo transgresivo aflora en el sinclinal de Lusera (25 m.) donde se presenta como una sucesión retrogradante de parasecuencias compuestas por calcarenitas fosilíferas bioturbadas y arcillas glauconíticas. El carácter local del depósito es atribuido al desarrollo del sinclinal de Lusera, que actuó como trampa de sedimentos. Representa la transgresión de la SD I y también la de la Secuencia de Jaca, llamada clásicamente «Biarritzense». La magnitud del evento de inundación es atribuido a la combinación de la ampliación de la cuenca (inicio de la fase tectónica regional) y el ascenso eustático de 41, 5 Ma. (Haq *et al.* 1987).

El pasaje de arcillas glauconíticas a limos margosos oscuros señala el comienzo del cortejo de nivel alto. Este cortejo se compone de cuatro secuencias de cuarto orden progradantes (área del sinclinal de Lusera-Belsué con relación de "onlap" sobre la «Caliza de Guara»). Se interpretan como arenas de frente deltaico con influencia mareal, (Hehuwat, 1970). Según sea la base del miembro arenoso neto o transicional pueden describirse como parasecuencias, (Wan Wagoner, 1988), o «simple sequences», (Vail, 1989). Entre ambas se encontraría el punto de equilibrio, (Mutti, 1989). En el sinclinal de Arguís se compone, prácticamente en su totalidad, de margas y limos con "onlap" progresivo sobre el anticlinal homónimo. Recubre isopáquicamente el anticlinal de Bentué de Rasal.

#### *Secuencia Depositional II:*

La superficie de inundación sobre la SD I, es físicamente continua desde Gabardiella a Bentué de Rasal. Limita ambas secuencias y suprayace al cortejo transgresivo extremadamente delgado compuesto por parasecuencias pelítico-arenosas retrogradantes y confundible con las margas de nivel alto. Estas forman el 90% de la secuencia. Esta arquitectura es interpretada como una consecuencia de la alta tasa de subsidencia local, que amplificó el efecto de las transgresiones y limitó la migración del punto de equilibrio hacia la cuenca.

#### *Secuencia Depositional III:*

La expresión más significativa del cortejo transgresivo se encuentra en el sinclinal de Bentué de Rasal, donde está representado por una barra bioclástica con estratificación sigmoidal (barra submareal transgresiva). En el sinclinal de Arguís se presenta como un intervalo métrico de parasecuencias retrogradantes en facies margosas de plataforma.

El cortejo de nivel alto se caracteriza por una sección cuspidal («late highstand») compuesta por secuencias amalgamadas de cuarto orden, en las que el término arenoso es predominante, llegando a constituir bancos tabulares de 5 a 6 m. de espesor. Se interpreta a este conjunto como un depósito de barras de desembocadura deltaicas con influencia fluvial (sinclinal de Arguís) y como complejos de barrera-lagoon con dominio mareal (sinclinal de Belsué), Puigdefábregas (1975), Núñez del Prado (1986), Toledo (1990). Este amalgamamiento de secuencias es producto de la reducción creciente de la tasa de subsidencia (fin del ciclo tectónico) y desplazamiento del tren de facies hacia el oeste. El límite superior se ubica en el pasaje a facies fluviales atribuidas al «Sanoisiense», Puigdefábregas (1975).

### CORRELACION NORTE SUR

La definición de la «Arenisca de Sabiñanigo» como delta de nivel bajo y de las areniscas que reposan sobre la «Caliza de Guara» como cortejo transgresivo impide que estas unidades puedan ser correlacionadas. Asimismo, tampoco serían correlacionables las «Margas de Arro-Fiscal» con la sección basal de Arguís según las correlaciones propuestas por Soler (1970) y San Julián (1979). Por nuestra parte seguimos como elemento

fundamental de correlación la transgresión de 41,5 Ma. («Biarriztiense») que se presenta en el tope de la «Arenisca de Sabiñanigo» y de la «Caliza de Guara». Los datos bioestratigráficos y el mapeo fotogeológico permiten la correlación de las SD I, SD II, y SD III de los flancos norte y sur respectivamente (Fig. 5).

### ASIGNACION CRONOLOGICA

La utilización de faunas de poca resolución y a menudo el uso abusivo del término «Biarriztiense», condujo a atribuciones cronoestratigráficas de difícil comparación. En general el conjunto «Arenisca de Sabiñanigo»-»Margas de Pamplona»-»Conglomerado de Sta. Orosia» fue atribuido al Biarriztiense-Priaboniense o al Biarriztiense-Bartoniense, Puigdefábregas y Soler (1970), Mutti *et al.* (1972), Enrique de San Julián (1979), Núñez del Prado (1986), Puigdefábregas y Souquet (1986). El análisis de nannoplacton (Dr C. Muller, en Toledo 1990) permitió determinar que en el flanco norte el límite entre las zonas NP 16-NP 17 se encuentra en la base de las margas de nivel alto de la SD I y en el flanco sur al techo del intervalo transgresivo de la SD I. La SD II y la sección basal de la SD III se encuentra en la zona NP 17. El límite NP 17-NP 18 no ha sido posible de determinar definitivamente dado el carácter continental de las facies. Estas

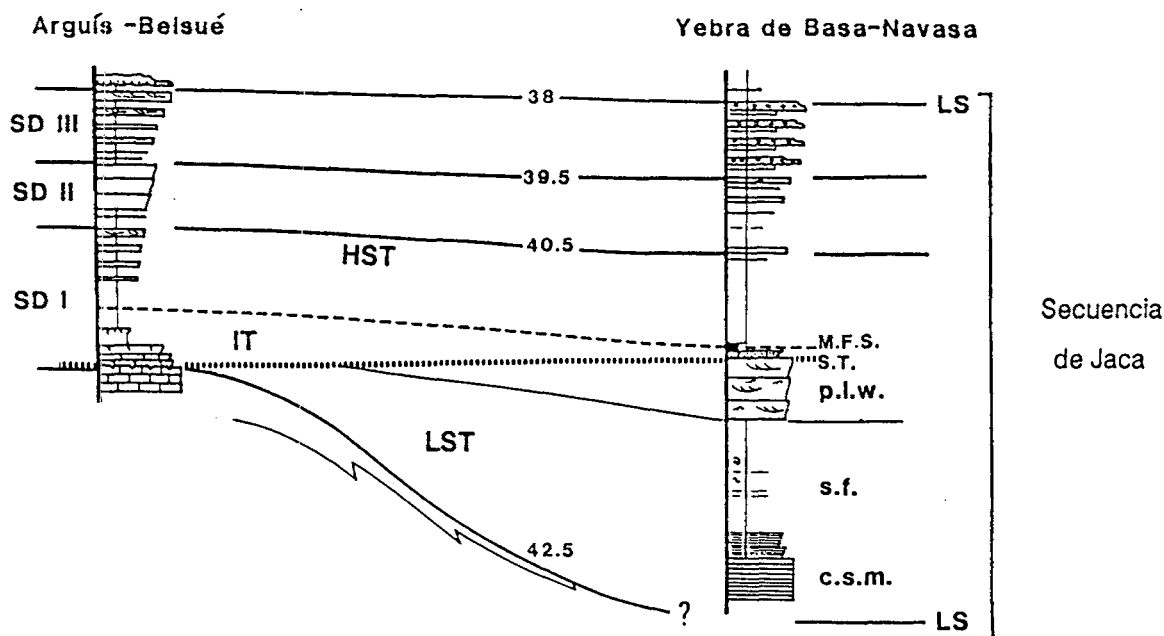


Figura 5. - Correlación Norte-Sur. MFS: Maximum flooding surface. ST: Transgressive surface. p.l.w: prograding lowstand wedge. s.f.: slopefan. c.s.m: cone submarine. HST: Highstand system tract. LST: Lowstand system tract. L.S.: Límite de Secuencia.

Figure 5.- North-South correlation. LS: Sequence boundary.

asignaciones cronoestratigráficas confirman aquellas establecidas para la zona de Arguís por Canudo *et al.* (1988).

En conclusión la comparación de estos resultados con la escala de Haq *et al.* (1987) indicaría que la serie analizada representa el intervalo de 42,5 Ma a 38 ó 37 Ma. con reservas sobre el límite superior que podría extenderse aún hasta 36 Ma. Las secuencias SD I, SD II y SD III son por lo tanto, correlacionadas con los ciclos TA 3.5, TA 3.6 y TA 4.1 de los mencionados autores (Fig. 6).

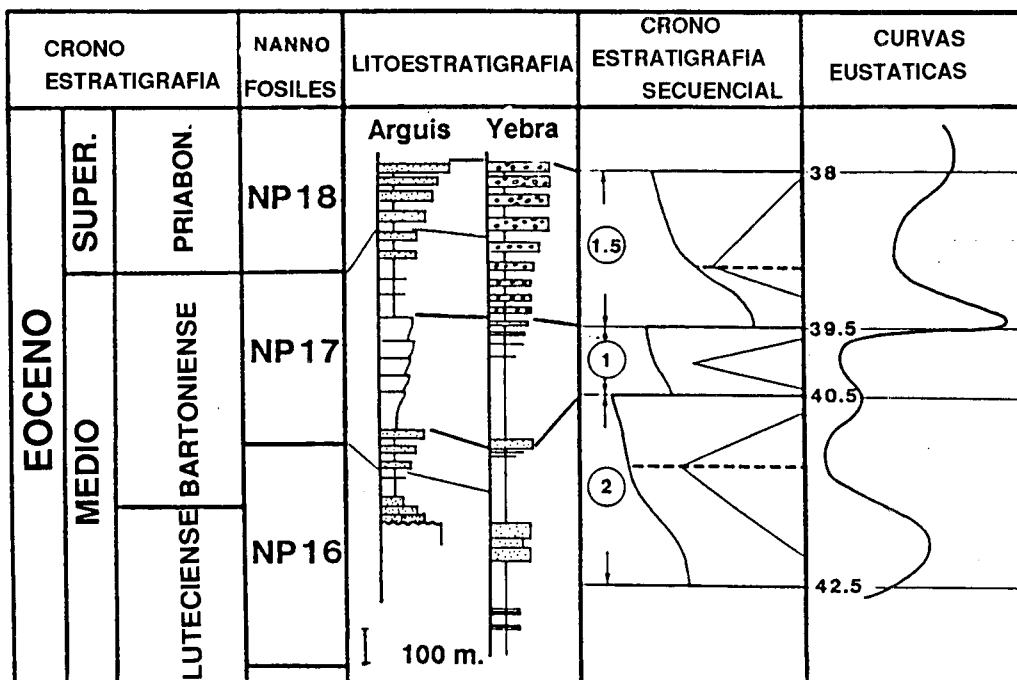


Figura 6.- Relación con las curvas globales de Haq et al., (1987).

Figure 6.- Relationships with the Haq et al., (1987) global curves.

### Corte de Arguís:

Se estudiaron 10 muestras. La muestra 3 presenta una asociación típica de la zona NP 16: *Dictyococcites dictyodus*, *Reticulofenestra umbilica*, *Coccolithus pelagicus*, *Cyclococcolithus formosus*, *Chiasmolithus solitus*, *Discoaster barbadiensis* y raramente *Cribo-centrum reticulatum*, que indica la parte superior de la zona NP 16. Desde la muestra 4 a la muestra 12 la serie pertenece a la zona NP 17.

Se encontraron las siguientes especies:

muestra 4: *Lanternithus minutus*, *R. umbilica*, *C. formosus*, *C. pelagicus*, *Discoaster binodosus*, *Zygrhablithus bijugatus*, *Cyclicargolithus floridanus*.

### Corte de Yebra de Basa:

Se estudiaron 25 muestras que pertenecen en su mayoría a la zona NP 17. En las muestras 1, 2 y 3 los nannofósiles son raros o ausentes. Las asociaciones consisten en las siguientes especies: *S. radians*, *C. pelagicus*, *R. umbilica*, *C. reticulatum*, *D. taninodifer*, *C. formosus*, *H. compacta*, *Pemma basquensis*, *S. obtusus*. Especies cretácicas recicladas son muy frecuentes. Las nannofósiles son abundantes en las muestras 10 y 11 y muy raros en las 12 a 19.

muestra 6: *L. minutus*, *C. reticulatum*, *D. dictyodus*, *C. pelagicus*, *R. umbilica*, *C. formosus*, *Discoaster saipanensis*, *D. barbadiensis*, *Z. bijugatus*, *Heliosphaera compacta*.

muestra 7: *C. reticulatum*, *Chiasmolithus grandis*, *C. formosus*, *L. minutus*, *D. dictyodus*, *R. umbilica*, *D. barbadiensis*, *Sphenolithus obtusus*, *D. saipanensis*, *Sphenolithus radians*.

muestra 12: *C. grandis*, *C. reticulatum*, *C. pelagicus*, *C. formosus*, *R. umbilica*, *S. radians*, *D. barbadiensis*.

Es posible que las muestras 13 y 15 pertenezcan a la zona NP 18, pero la determinación de *Chiesmoes-*

*tios oamaruensis* no es segura, En la muestra 16 los nannofósiles son raros con la presencia de *D. dictyoidus*, *C. formosus*, *D. saspaneusis*, *R. umbilica*, *Z. bifugatus*. Las muestras 18 y 19 contienen especies cretácicas recicladas.

## RELACION TECTONICA-SEDIMENTACION

Esta relación puede establecerse a dos escalas: a nivel de la Secuencia de Jaca y en el interior de la misma. En el primer caso la Secuencia de Jaca se asimila a un evento de flexura-relajación (Quinlan Beaumont 1984), con la particularidad que el fin de

dicho evento corresponde al desarrollo de una rampa que desplaza lateralmente y eleva a toda la cuenca disminuyendo así la tasa de subsidencia (Figs. 7, 9, 10).

En el interior de la Secuencia de Jaca el control tectónico es muy marcado en el flanco Sur, donde las secuencias definidas evolucionan en un contexto de deformación sinsedimentaria local en un ámbito compresivo de rampas que se propagaban lateralmente de Este a Oeste durante el Eoceno y Mioceno inferior, Seguret (1979), Puigdefábregas (1975), Cámara y Klimowitz (1988).

La datación de secuencias y la relación geométrica de las mismas con respecto de las estructuras (anticlinales y sinclinales) permitieron formular una hipótesis sobre la cronología de la deformación (Fig. 8).

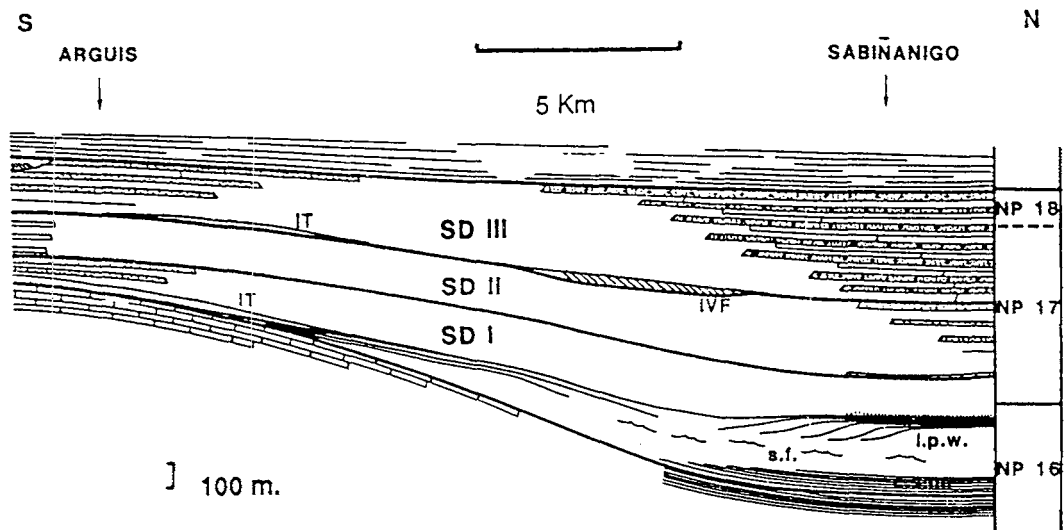


Figura 7.- Secuencia de Jaca. Distribución de sistemas deposicionales.

Figure 7.- Jaca sequence. Depositional systems distribution.

## MODELOS DE LA INTERACCION TECTONICA-SEDIMENTACION

Las observaciones realizadas en el flanco sur se han conceptualizado en los siguientes modelos. La figura 11 muestra la modalidad de relleno de sinclinales según relaciones geométricas y evolución del punto de equilibrio, sensu Mutti (1989). En la figura 12 se explica la angularidad y expansión de secuencias de orden N en un contexto de deformación continua. Las discontinuidades son atribuidas a un efecto eustático y exageradas por la actividad tectónica, es decir que angularidad y expansión estratigráfica no constituyen, por sí solas, pruebas de un origen tectónico de las

discontinuidades. El período de nivel bajo constituye un momento clave, durante el que la secuencia precedente es basculada y sometida a erosión en su área proximal, El período de nivel alto subsiguiente recubre a la misma y registra la expansión estratigráfica.

## CONCLUSION

Para el intervalo de tiempo considerado (38 a 42,5 Ma.) la deformación parece haber sido continua y progresiva, dando origen a depocentros locales (sinclinales). En esas condiciones, los límites secuencia-

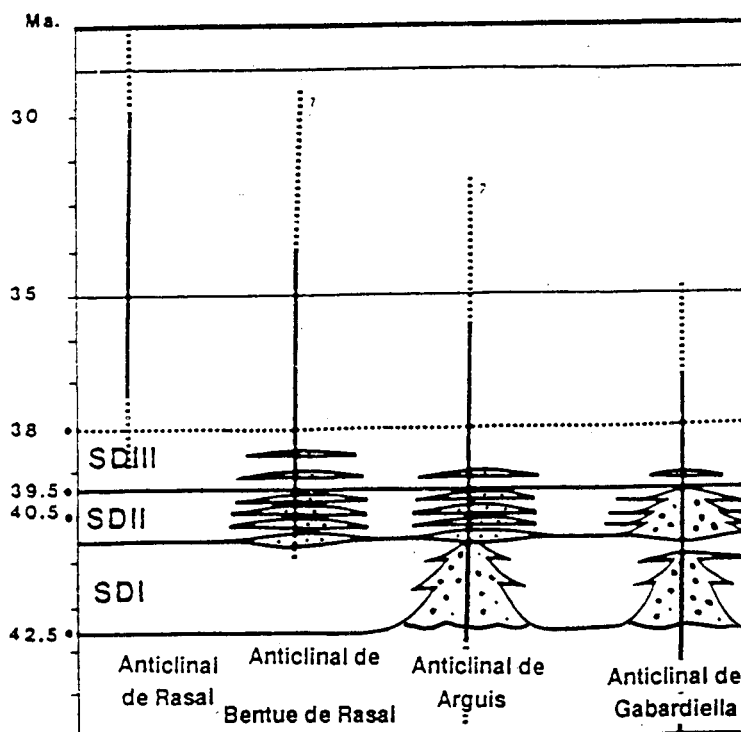


Figura 8.- Cronología de la deformación. Flanco Sur. (•••) Hiatos entre secuencias de cuarto orden. (—) Duración de la deformación.

Figure 8.- South margin. Deformation chronology. (•••) Hiatuses between 4th order sequences. (—) Deformation time span.

les definidos serían independientes de la deformación, no así su geometría interna y la arquitectura de los cortejos sedimentarios. En este último aspecto, es característico el desarrollo predominante de los depósitos de nivel alto y cortejos transgresivos muy subordinados.

Los cambios relativos del nivel del mar, puestos en evidencia por las discontinuidades internas ocurrieron con una frecuencia promedio de 1,5 Ma., inscribiéndose así en el evento tectónico que da origen a la Secuencia de Jaca. Recientemente diversos trabajos realizados en contextos compresivos arriban a conclusiones similares, Crumeyrolle *et al.* (1989, 1990), Souquet *et al.* (1989), Devlin *et al.* (1990).

Se concluye que la tectónica controla la geometría de la cuenca, la migración de depocentros, el espesor relativo de los cortejos sedimentarios, el área de aporte de los sedimentos y la distribución de los sistemas deposicionales. Estos elementos caracterizan a eventos tectosedimentarios comparables a los conceptos de «basin modifying tectonics» de Kingston *et al.* (1983); «Depositional sequences» sensu

Puigdefábregas y Souquet (1986), «evento tectosedimentario» sensu Garrido-Megías (1973) y al concepto de «Allogrupo» de Mutti *et al.* (1988). En el interior de los depósitos correspondientes a estos episodios se encuentran las discontinuidades de tercer orden de probable origen global, Mutti *et al.* (1988), Crumeyrolle *et al.* (1989), Souquet *et al.* (1989), Devlin *et al.* (1989).

El eustatismo controla las discontinuidades al interior de dichos eventos, las cuales pueden ser acentuadas por la actividad tectónica.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Dra. C. Muller el análisis de nannoplacton, al Dr. E. Mutti el apoyo recibido y al Dr. M. Uliana la lectura crítica del manuscrito. Estudio financiado por TOTAL C.F.P. - ENSPM (IFP).

Los comentarios de tres revisores anónimos han contribuido a mejorar este trabajo.

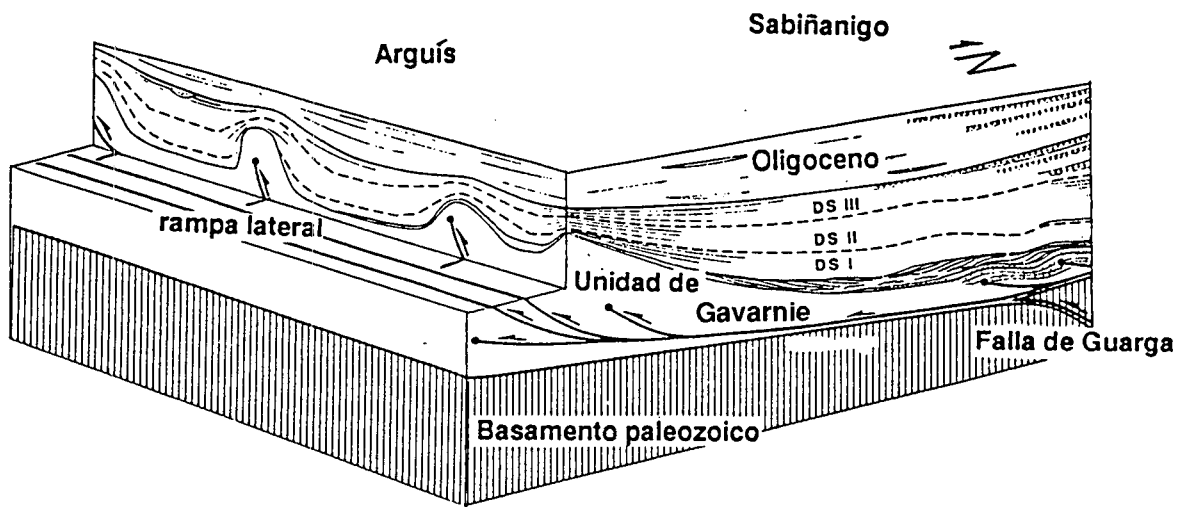


Figura 9.- Cuenca de Jaca. Bloque Diagrama del Sector Sabiñanigo-Arguís.

Figure 9.- Jaca basin. Sabiñanigo-Arguís schematic diagram.

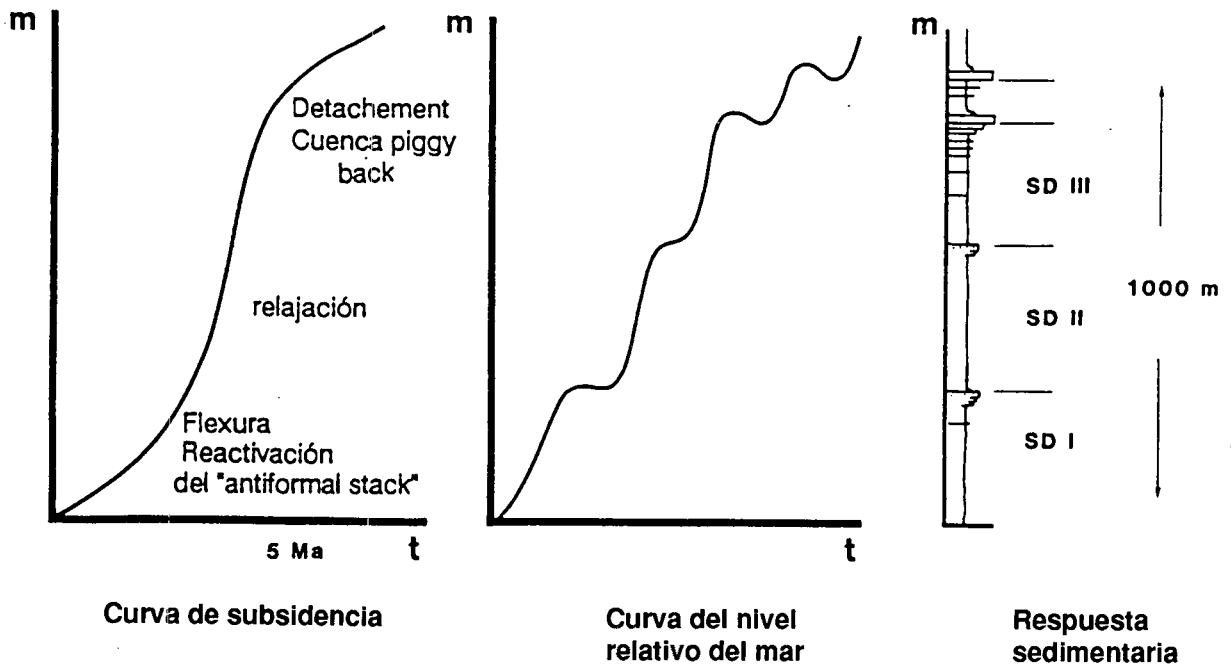


Figura 10.- Relación entre eventos tectónicos y ciclos eustáticos.

Figure 10.- Eustatic cycles and tectonic events relationships.



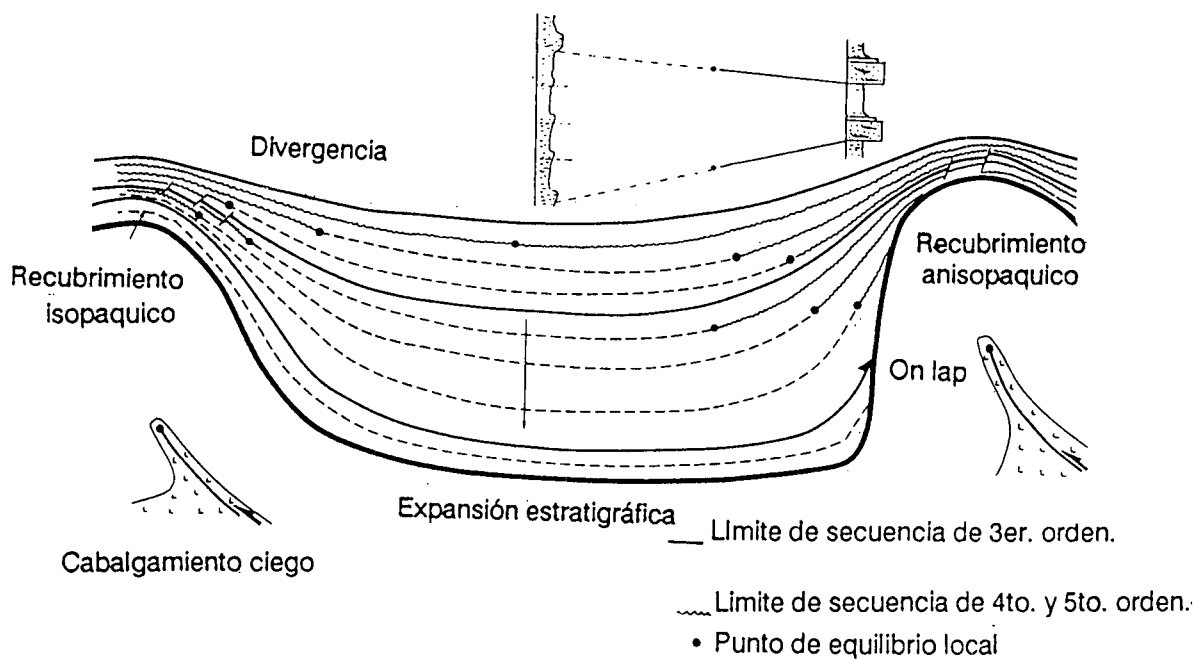


Figura 11.- Relación tectónica - sedimentación. Elementos.

Figure 11.- Tectonic-sedimentation relationships.

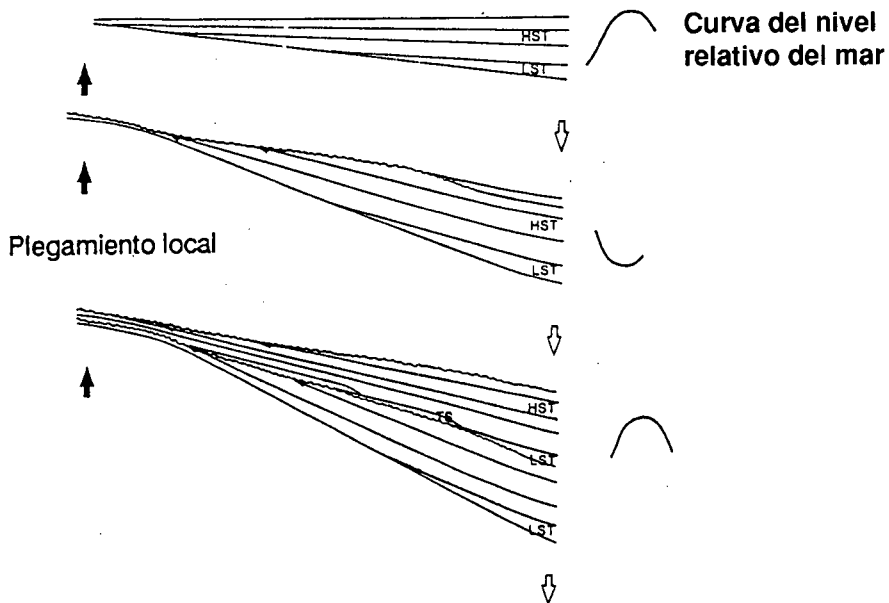


Figura 12.- Secuencias deposicionales y deformación.

Figure 12.- Deformation and depositional sequences.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J.R.L., 1982: Sedimentary structures. Their character and physical basis. *Developments in Sedimentology* 30 B. Elsevier.
- ALLEN, G.P., 1983: *L'estuaire de la Gironde, un bassin sédimentaire actuel*. TOTAL (C.F.P.).
- BOERSMA, J.R. y TERWINDT, J. H. J., 1981: Neap-Spring Sequences of intertidal shoal deposits in a mesotidal estuary. *Sedimentology* 28, 151-170.
- CAMARA, P. y KLIMOWITZ, J., 1985: Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental sur pirenaica. *Estudios Geol.*, vol. 41, 391-404.
- CANUDO, J. I., et al. 1988: Les événements biostratigraphiques de la zone prépyrénéenne d'Aragon (Espagne) de l'Eocène moyen a l'oligocène inférieur. *Revue de Micropal.* Vol 31, 1 y : 15-29.
- CLIFTON, H. E., 1983: Discrimination between subtidal and intertidal facies in pleistocene deposits. *Jour. of Sed. Pet.*, vol. 53, 2: 353-369.
- CRUMEYROLLE, P., RUBINO, J.L. y CLAUSON, G., 1989: Interaction entre l'eustatisme et la tectonique dans un bassin d'avant pays. Exemple du miocène du bassin de Digne, *Strata* serie 1 vol. 5: 67-68.
- DEVLIN, W.J., RUDOLPH, K.W., EHMAN, K.D., SHAW, C., 1990: The effect of tectonic and eustatic cycles on accommodation and sequence stratigraphic framework in the southwestern Wyoming foreland basin. *Abstracts, 13th. International Sedimentological Congress*. Nottingham.
- ESTRADA - ALIBERAS, M.R., 1982: *Lóbulos deposicionales de la parte superior del grupo de Hecho entre el anticlinal de Boltaña y el río Aragón (Huesca)*. Tesis, Univ. Autónoma de Barcelona.
- HAQ, B. V., HANDERBOL, J., VAIL, P.R., 1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235, 1136-1167.
- HEHUWAT, F.A., 1970: *The transition from marine to continental sedimentation in the Eocene of the Guarga sinclorium, Huesca, Spain*, Ph. Thesis, University of Utrecht.
- KINGSTON, D.R., DISHROON, W.P.A., 1983: Global basin classification system. *AAPG Bull.*, 67, 12, 2175-2193.
- LOUTIT, T.S., HANDERBOL, J., VAIL, P.R., BAUM, G.R., 1988: Condensed sections: the key to age dating and correlation of continental margin sequences. *SEMP Spec. Pub.*, 42, 183-213.
- GARRIDO - MEGIAS, G., 1973: *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central*. Tesis, Univ. de Granada, 395 p.
- MUTTI, E., LUTERBACHER, H.P., FERRER, J., 1972: Schema stratigrafico e lineamenti di facies del paleogene marino della zona centrale sudpirenaica da Tremp e Pamplona. *Mem. Soc. Geol. It.* 11, 391-416.
- MUTTI, E., 1985: Turbidite system and their relations to depositional sequences. In: *Provenance of arenites ed. by G.G. Zuffa. Nato Series*, 148, 65-93.
- MUTTI, E., ROSELL, J., ALLEN, G.P., 1985: The Eocene Baronia tide dominated delta shelf system in the Ager Basin 6th. *Europe Reg. Meet. Guidebook*. Lleida. Spain. Excursion 13th. I.A.S.
- MUTTI, E., NORMAK, W.R., 1987: Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: Problems and concepts, in *Legget and Zuffa eds. Deep water clastic deposits*. Graham and Trotman, 1-38.
- MUTTI, E., SGAVETTI, M., SEGURET, M., 1988: Sedimentation and deformation in the tertiary sequences of the southern Pyrenees. *AAPG Medit. basin conf.*, Nice. Field trip 7.
- MUTTI, E., 1989: Alcuni problemi relativi all' applicazione dei convetti della stratigrafia sequenziale all' Eocene ed al Cretacico superiore sud-pirenaici. *Notiziario Grup. Informale de Sed.* N 4, Bologna.
- NICHOLS, G.J., 1987: The structure and stratigraphy of the western External Sierras of the Pyrenees. Spain. *Geol. Jour.* 22, 245-259.
- NUÑEZ del PRADO J., 1986: *Systèmes de dépôt et évolution sédimentaire des séries de transition marin-continental dans le synclorium de Guarga (Bassin Sud-Pyrénéen)*, Thèse, Univ. de Pau.
- POSAMENTIER, H. W., JERVEY, M.T., VAIL, P.R., 1988: Eustatic controls on clastic deposition. In J.C. Wagoner, ed., *Sea Level change - an Integrated approach. SEPM Special Publ.*
- PUIGDEFABREGAS C. 1975: La sedimentación molásica de la cuenca de Jaca. *Pirineos*, 14, 1-108.
- PUIGDEFABREGAS, C., y SOUQUET, P., 1986: Tectono-Sedimentary cycles and depositional sequences of the Mesozoic and Tertiary from the Pyrenees. *Tecnophysics*, 12 173-203.
- QUINLAN, J.P., y BEAUMONT, C., 1984: Appalachian thrusting, lithospheric flexure, and the paleozoic stratigraphy of the eastern interior or North America. *Can. Jour. of Earth Sci.*, 12, 973-996.
- REMACHA, E., ARBUÉS, P., CARRERAS, M., 1987: Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la arenisca de Sabiñánigo. *Bol. Geol. Min.*, XCVIII-1, 40-48.
- SAN JULIAN, E., 1979: *Etude géologique de l'Éocène des Sierras Exteriores des Pyrénées Centrales*. ENSPM (IFP). Inédito.
- SEGURET, M., 1970: *Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées*. Thèse, Montpellier.
- SOLER, M., 1970: *Etude géologique du Haut Aragon Occidental*. SNPA. Doc. Int.
- SOUQUET, P., DERAMOND, J., 1989: Use of depositional sequence boundaries as deformation markers: depositional sequence sets and fold and thrust systems in the Cretaceous South-Pyrenean foredeep basin. *2eme. Congres Francais de Sedimentologie*. Lyon.
- TOLEDO, M.J., 1990: *Sequence de dépôt et cyclicité tectonique dans l'Éocène du Bassin de Jaca (Espagne)*. ENSPM (IFP). Inédito.
- TURNER, J.P., 1990: Structural and stratigraphic evolution of the West Jaca Thrust Top Basin, Spanish Pyrenees. *Jour. Geol. Soc. London*, 147, 177-184.
- VAIL, P.R., HANDERBOL, J., 1979: Sea level changes during the tertiary. *Oceanus*, 22, 71-79.
- VAIL, P.R., et al. 1990: *The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentation*. Rice University. Preprint.
- WAN WAGONER, J.C., 1985: Reservoir facies distribution as controlled by sea level changes. *Abstract Soc. Eco. Pal. and Min. Mid Year Meeting Golden, Colorado*, 91-92.