

EVOLUCIÓN DEL MARGEN NORIBÉRICO EN LOS PIRINEOS DURANTE EL MESOZÓICO

P. Souquet (*)

(*) Université Paul-Sabatier. Lab. Géologie sédimentaire & Paleontologie, 39 allées Jules-Guesde. 31062 TOULOUSE CEDEX, FRANCE.

RESUMEN

El margen noribérico se interpreta como el borde sur de la cuenca compleja de los Pirineos situada en el límite de las placas Europea e Ibérica. Por ello, su evolución mesozóica sólo puede describirse a partir del Jurásico superior-Neocomiense; dicha evolución comporta cuatro fases sucesivas: rift Cretácico inferior, sistemas de fosas de zona transformante del Albiense-Cenomaniense, y cuenca de desgarre del Cretácico superior, primero en condiciones de transtensión y después de transpresión.

Palabras clave: Pirineos, Mesozóico, Transtensión, Transpresión.

ABSTRACT

The North-Iberian margin is interpreted as the Southern margin of the Pyrenean polycyclic basin on the Iberia-Europe plate boundary. Therefore its Mesozoic evolution only be described from Late Jurassic-Neocomian; it includes four successive stages: Early Cretaceous rift system, Albo-Cenomanian wrench trough system, and Late Cretaceous transtensional wrench basin followed by transpression tectonics.

Key words: Pyrenees, Mesozoic, Transtension, Transpression.

Souquet, P. (1988): Evolución del Margen Noribérico en los Pirineos durante el Mesozóico. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, 349-356

Souquet, P. (1988): Evolution of the North Iberian Margin in the Pyrenees during Mesozoic times. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, 349-356

1. INTRODUCCIÓN

Los Pirineos conservan diversos testimonios del margen septentrional de la placa Ibérica (fig. 1): en la Zona Nor-Pirenáica de los Pirineos Vasco-Bearnese, en las Sierras Bearnese y en la cobertera de los macizos de Igouze, Mendibelza y Aldudes, dentro de los Pirineos occidentales; en las Escamas Periféricas de la Zona Axial (EBHCP) y en las Unidades Sud-Pirenáicas superiores (Cotiella-Montsec-Pedraforca) e inferiores (Cadí, Gavarnie, Sierras Marginales), dentro de los Pirineos centrales y orientales. Sus materiales mesozóicos provienen del borde sur de una cuenca compleja que se instaló en el Jurásico superior-Neocomiense en el límite de las placas Europea e Ibérica y que ha cambiado de naturaleza en función de las modificaciones acontecidas en la cinemática de placas. La división de la serie mesozóica en ciclos tecto-sedimentarios y en secuencias sedimentarias (fig. 2) (Puigdefábregas y Souquet, 1986) permite distinguir las principales fases en la evolución del margen noribérico descritas a continuación.

2. TRIAS-JURÁSICO:

Ausencia de margen noribérico claramente individualizado.

Después de la interrupción de la extensión triásica (magmatismo tholeítico) y en ausencia de separación entre las placas de Europa e Iberia, no existe margen noribérico verdadero en el Jurásico. La sedimentación es en efecto idéntica a ambos lados del futuro límite (predominantemente carbonatada de plataforma) y aparece controlada a la vez por eustatismo y por un juego de fallas N60, ligado a rifting del Tethys Ligur (Alto Fondo Occitano del Dogger, Peybernes y Pelissie, 1985).

3. KIMMERIDGIENSE A ALBIENSE INFERIOR:

Sistema de rift pirenaico

La creación del margen noribérico se debe a la for-

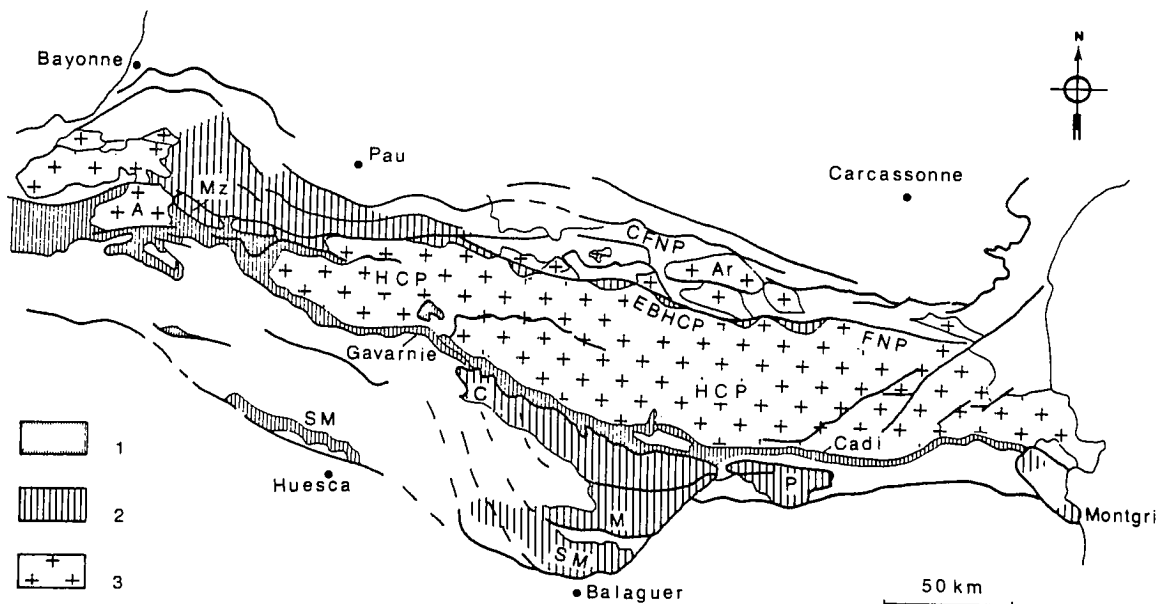
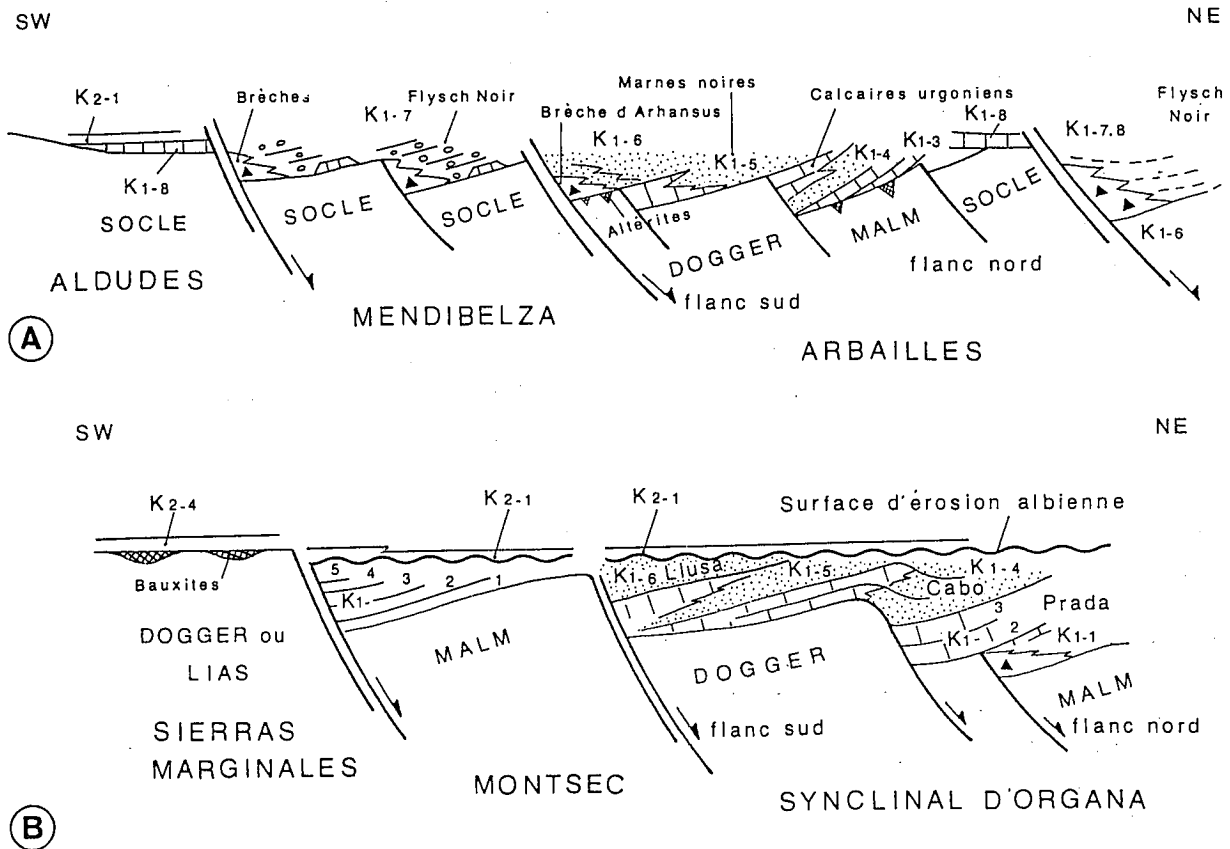


Fig. 1.—Localización geográfica del Mesozóico del margen noribérico en los Pirineos. 1: Unidades sudpireneáticas inferiores; 2: Unidades sudpireneáticas superiores (C: Cotiella, P: Pedraforca, M.: Montsec, SM: Sierras Marginales), Escamas de borde de la Zona Axial (EBHCP), Pirineos Vasco-Bearneses; 3: Zócalo (A: Aldudes, Mz: Mendibelza, Ar.: Arize); FNP: Falla Nord-Pirenaica; CFNP: Cabalgamiento Frontal Nordpirenaico.

Fig. 1.—Location of Mesozoic sediments in the North-Iberian margin of the Pyrenees. 1: Lower sub-pyrenean units; 2: Upper sub-pyrenean units (C: Cotiella, P: Pedraforca, M: Montsec, SM: Marginal Sierras), Marginal slices from the Hercynian basement (EBHCP), Basque-Bearn Pyrenees; 3: Basement (A: Aldudes, Mz: Mendibelza, Ar.: Arize); FNP: North Pyrenean Fault; CFNP: North-Pyrenean Frontal Thrust.

PYRENEAN CYCLES	DEPOSITIONAL SEQUENCES	AGES	BASIN TYPES	TECTONICS
10	T ₀ 2 1	MIOCENE OLIGOCENE	Last stage foreland basins	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">Convergence</div> <div style="text-align: center;"> <p>Lower thrust sheets</p> <p>Thrust sheet emplacement</p> <p>Upper thrust sheets</p> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; font-size: small;">E-W Progressive emergence</div> </div> <hr/> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">Transpression</div> <div style="text-align: center;"> <p>Initial collision at the eastern Pyrenees</p> <p>Wrenching</p> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; font-size: small;">E-W Progressive emergence</div> </div> <hr/> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">Continental break-up</div> <div style="text-align: center;"> <p>Sinistral wrenching</p> <p>Rifting of the Bay of Biscay</p> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; font-size: small;">E-W Progressive emergence</div> </div> <hr/> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">Continental break-up</div> <div style="text-align: center;"> <p>Rotation of Iberia</p> <p>Transension</p> <p>Heat flow</p> </div> <div style="writing-mode: vertical-rl; font-size: small;">E-W Progressive emergence</div> </div> </div>
9	TE 6 5 4 3 2 1	Eocene	Turbidite to fluvial fill of migrating foreland basins	
8	TP 2 1	PALEOCENE	Transition to foreland basins	
7	K ₂ 5 4	MAASTRICHTIAN to LATE SANTONIAN	Wrench basin including local folding, uplift with submarine and subaerial erosion	
6	K ₂ 3 2 1	MIDDLE SANTONIAN to MIDDLE CENOMANIAN	Deeper turbidite wrench basin and related backstepping carbonate platforms	
5	K ₁ 8 7	EARLY CENOMANIAN MIDDLE ALBIAN	Strike-slip turbidite troughs along the NPFZ First flysch	
4	K ₁ 6 5 4	EARLY ALBIAN APTIAN	Rhombic sub-basins in a NW-SE trending rift system along inherited basement directions (Parentis, Adour, Pyrenees)	
3	K ₁ 3 2 1	BARREMIAN NEOCOMIAN	Unstable platform weld facies in Cantabrian and Iberian chains	
2	J	LIAS-MALM	Syn-rift alluvial deposits to carbonate platform controlled by normal faulting along NE-SW inherited basement directions	
	TR	TRIASSIC		
1	P	PERMIAN	Interior fracture basins	

Fig. 2.—Ciclos tectosedimentarios y secuencias sedimentarias en el Mesozóico y Cenozoico de los Pirineos (según Puigdefábregas y Souquet, 1986).
Fig. 2.—Tecto-sedimentary cycles and sedimentary sequences from the Mesozoic and Cenozoic of the Pyrenees (according to Puigdefábregas and Souquet, 1986).



AGES	NEOCOMIEN				BARREMIEN		APTIEN		ALBIEN		GENOMANIEN	
	135	130	125	120	115	110	105	100	Ma			
Formations	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	U ₁	U ₂	M ₁ U ₃	M ₂₋₃ U ₄	M ₄ U ₅₋₆	Mendibelza Turbón	Aulet	
Séquences de dépôt	1	2			3		4	5	6	7	8	1
	K ₁										K ₂	

Fig. 3.—Rifting centrífugo del Cretácico inferior del margen noribérico en los Pirineos Basco-Bearnés (a) y en las unidades suppirenáticas superiores (símbolos de las formaciones según Peybernes, 1976) (b).
 Fig. 3.—Lower Cretaceous centrifugal rifting of the North-Iberian margin in the Basque-Bearn Pyrenees (a) and in the upper south-pyrenean units (formation symbols from Peybernes, 1976) (b).

mación de un rift a favor de un juego de fallas N140, ligado a la "apertura" del Golfo de Vizcaya. El borde sur del rift y por ello del margen se caracteriza por (fig. 3): 1) una superficie de erosión y una laguna estratigráfica de amplitud creciente hacia el continente 2) una franja discontinua de depósitos de alteración (bauxitas o argilitas, de edad Kimmeridgiense a Barremiense, e incluso hasta el Gargasiense (Combes y Peybernes, 1987); 3) un "onlap" de las diversas secuencias del Cretácico inferior (Berriasiense a Albiense inferior) sobre bloques basculados progresivamente más erosionados en dirección al continente (Tithónico a Trías). La intersección de los dos

sistemas de fallas (N140 y N60) da al margen una disposición en bayoneta sobre la cual se propaga de manera centrífuga el hundimiento de los bloques, simultáneamente del NE hacia el SW y del NW hacia el SE. La subsidencia tectónica diferencial induce la sucesión siguiente (Combes y Peybernes, 1987): 1) superficie de erosión y brechas subaéreas (karstificación); 2) depósitos de alteración litorales (Sierras Bearnésas) e intracontinentales (Sierras Marginales); 3) calizas urgonianas transgresivas y, localmente, brechas de hundimiento debidas al funcionamiento de las fallas (brecha berriasiense del flanco norte del sinclinal de Orgaña; Bre-

cha de Arhansus, Aptiense de las Sierras Bearnesas, Peybernes y Garot, 1984); estas calizas urgonianas, en "onlap" hacia el continente, progradan, en el borde de la plataforma, hacia una cuenca con sedimentación de margas negras con espículas (montículos micríticos aptienses del flanco sur del sinclinal de Orgañá).

4. ALBIENSE MEDIO A CENOMANIENSE INFERIOR:

Zona transformante nor-pirenáica (ZTNP).

Una zona transformante nace en el interior del rift submarino precedente, entre la Falla Nor-pirenáica (FNP) y el futuro Cabalgamiento Frontal Nor-pirenáico (CFNP), al Norte (Pirineos orientales y centrales), y en-

tre la FNP y el Cabalgamiento de Mendibelza, al Sur (Pirineos occidentales) (fig. 4). Esta zona marca la separación de las placas Europea e Ibérica (comienzo de la acreción oceánica en el Golfo de Vizcaya (Boillot, 1986) y se materializa en la formación de un sistema de fosas y de horsts decakilométricos de desgarre sinistral sobre una corteza adelgazada. Sus principales características son las siguientes: 1) erosión del sustrato elevado hasta las granulitas y lherzolitas; 2) sedimentación del Flysch Negro (FN), siliciclástico, asociado a sistemas turbidíticos de tipo *slope apron* y cañóncono; 3) magmatismo alcalino; 4) metamorfismo térmico mesozonal. Tres megasecuencias en el flysch indican una sedimentación sinorogénica en semifosas (margas y brechas con elementos carbonatados mesozóicos, Albiense medio), en fosas triangulares o cua-

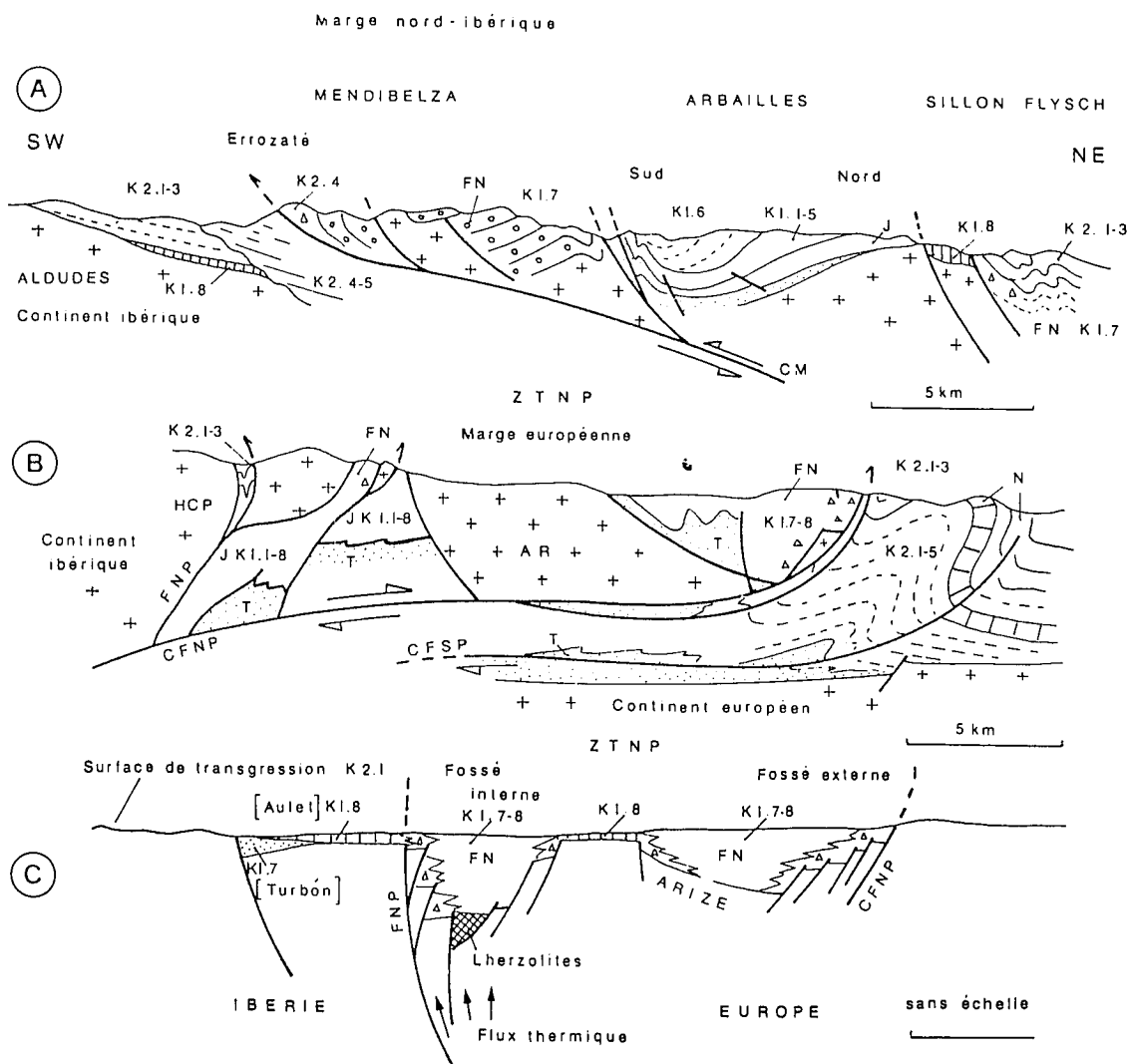


Fig. 4.—Zona transformante norpirenáica (ZTNP). A-B: Perfiles tectónicos en los que se muestran los corrimientos de edad terciaria del margen ibérico sobre el continente ibérico, en los Pirineos occidentales (A), y del margen europeo sobre el continente europeo, en los Pirineos centrales (B); C: Reconstrucción de la ZTNP durante el Vraconiense-Cenomaniense inferior en los Pirineos centrales (Fosas del Flysch Negro: FN). T: Triás; J: Jurásico; K1.1 a K1.8: Secuencias sedimentarias del rift y de la zona transformante del Cretácico inferior (cf. Fig. 3); K2.1 a K2.5: Secuencias sedimentarias de la cuenca de desgarre del Cretácico superior (cf. Fig. 6); N: Paleógeno.

Fig. 4.—North-Pyrenean transform zone (ZTNP). A-B: Tectonic sections to show the Tertiary thrusting of both the Iberian margin over the Iberian continent in the western Pyrenees (A), and the European margin over the European continent in the central Pyrenees (B); C: ZTNP reconstrucción for the Vraconian-Lower Cenomanian in Central Pyrenees (Black Flysch grabens: FN). T: Triás; J: Jurassic; K1.1 a K1.8: Sedimentary sequences from the rift and Lower Cretaceous transform zone (cf. Fig. 3); K2.1 a K2.5: Sedimentary sequences from the Upper Cretaceous strike-slip basin (cf. Fig. 6); N: Palaeogene.

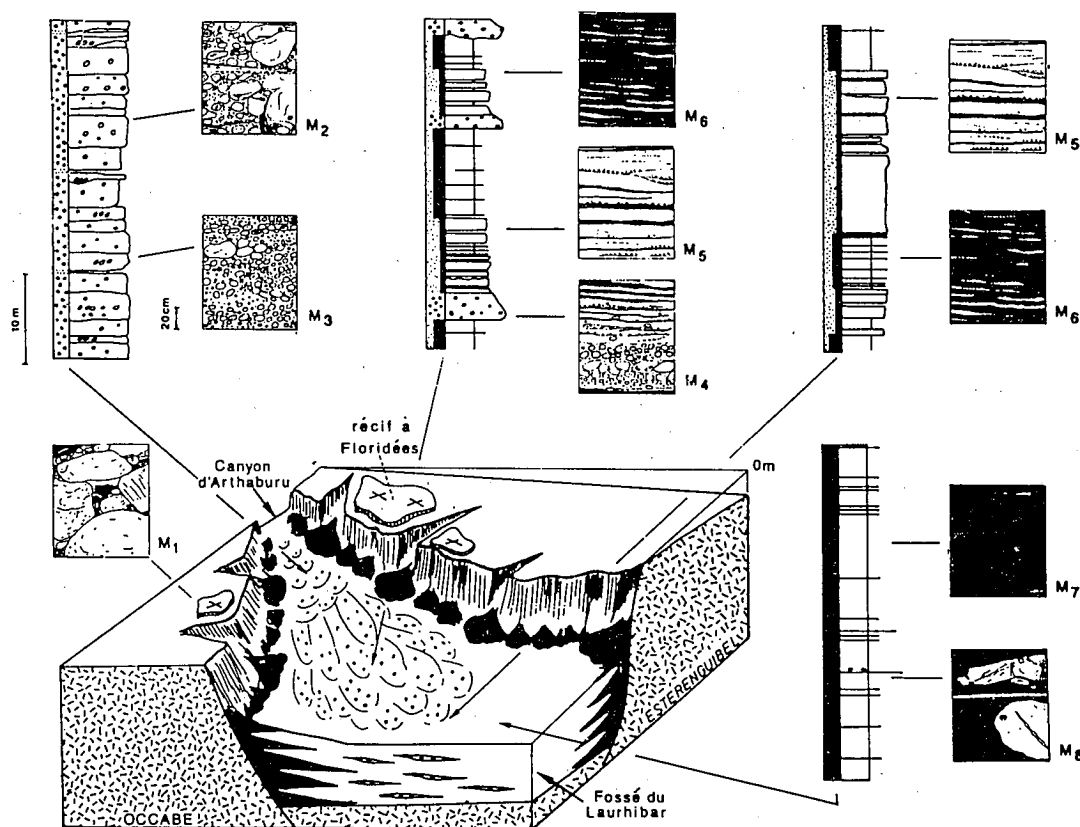


Fig. 5.—Sistema de cañón-cono de Mendibelza sobre el margen noribérico (según Boirie *et al.*, 1982, modificado). Explicación en el texto.
Fig. 5.—Mendibelza fan-canyon system on the north-iberian margin (after Boirie *et al.*, 1982, modified). Explanation in text.

drangulares (brechas con elementos silíceos paleozóicos y turbiditas arcilloso-arenosas de tipo Stow y Bouma, Albiense superior), y en dos fosas alargadas, una externa y otra interna, separadas por un alto fondo discontinuo intermedio (brechas y conglomerados, con elementos mesozóicos y paleozóicos, turbiditas margoso-arenosas y calizas, Vraconiense-Cenomaniense inferior).

El sistema de cañón-cono de Mendibelza (Boirie y Souquet, 1982) ilustra la morfología del margen nord-ibérico (Fig. 5): plataforma estrecha, colonizada por arrecifes dispersos (calizas de Floridáceas); taludes de erosión, abruptos y móviles, que son el origen de brechas de desplome (M₁); cañones donde se acumulan "debritas" (M₂) y conglomerados turbidíticos (M₃, M₄); cono donde se dispersan arenas con estructuras de tracción (M₅, M₆); cuenca con decantación de pelitas (M₇) y caída de bloques cerca de los farallones (M₈). El continente ibérico elevado está sometido a una profunda erosión: existiendo solo localmente sedimentación discordante que es arenoso-arcillosa, en deltas y barras litorales (Areniscas del Turbón, Albiense superior) o carbonatada, en barras bioclásticas progradantes sobre margas de "offshore" (calizas de la Sierra de Aulet, Vraconiense-Cenomaniense inferior) (fig. 4).

5. CENOMANIENSE MEDIO-MAASTRICHTIENSE:

Margen transformante activo.

La historia del margen está dominada por una sub-

sidencia térmica seguida de la convergencia oblicua de las placas Europea e Ibérica durante el intervalo de un superciclo eustático (entre dos discontinuidades globales: "Pre-Cenomaniense medio" y "Pre-Paleoceno superior" (Vail *et al.*, 1977, p. 93). La sedimentación ha registrado allí (Unidades sud-pirenaicas, EBHCP, cobertera de Aldudes), en cinco secuencias sedimentarias (fig. 6) (Puigdefábregas y Souquet, 1986; Simo, 1986), el paso diacrónico de Este a Oeste de una cuenca en transtensión a una cuenca sud-pirenaica de antepaís, con borde orogénico activo al Norte (transpresión) y con estructuras extensivas sobre el borde cratónico meridional.

Las tres primeras secuencias K2.1, 2, 3 son carbonatadas e indican (fig. 7) tres plataformas sucesivas que retroceden hacia el continente ibérico, con ensanchamiento del talud y aumento de la batimetría. Las series turbidíticas equivalentes están desarrolladas (al norte de un talud jalonado por las EBHCP) en la cuenca flysch de la ZTNP sometida a deformaciones compresivas sinmetamórficas (dataciones de 95 M.a., y de 87 M.a., Montigny *et al.*, 1987).

La secuencia K2.4 descansa sobre una superficie de discordancia y de erosión subaérea y submarina. Esta unidad marca la formación de una cuenca turbidítica sobre un fondo hundido, seguida de una nueva extensión de la plataforma hacia el continente. En la secuencia se interfieren dos sistemas turbidíticos: uno de ellos, transversal (transportes SW-NE) y carbonatado (cañón-cono: Brecha de Campo, fig. 7; *slope-apron*: Brecha de Errozate, fig. 4A), muestra una retrogradación hacia

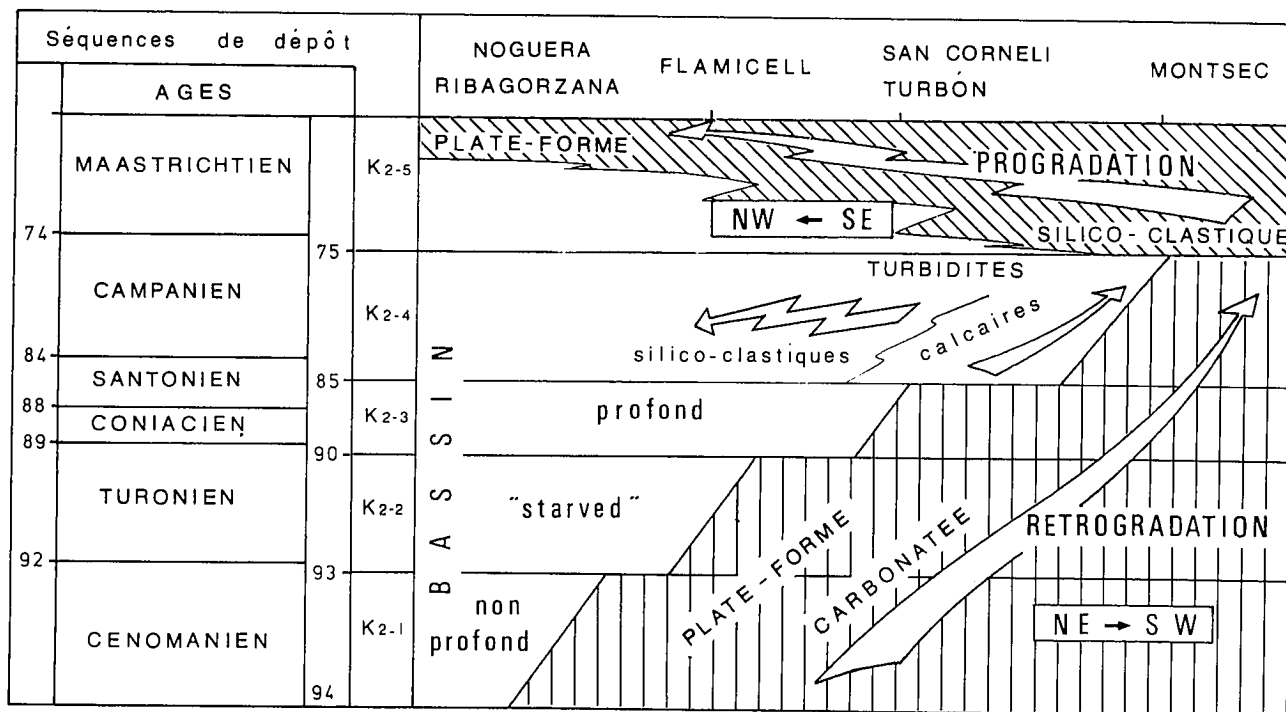


Fig. 6.—Secuencias sedimentarias y evolución del margen noribérico en los Pirineos durante el Cretácico superior.
Fig. 6.—Sedimentary sequences and evolution of the north-iberian margin in the Pyrenees the Late Cretaceous.

el SW sobre el talud de erosión noribérico; el otro, longitudinal y siliciclástico (canal-lóbulos: Turbiditas de Mascarell), se construye por progradación hacia el NW en el eje de la cuenca. La fig. 8 ilustra una reconstrucción del margen noribérico en los Pirineos occidentales al nivel de los mantos surpirenaicos.

La secuencia K2.5 se caracteriza por la transformación de la cuenca en una cadena que emerge progresivamente a partir del NE (Pirineos orientales y centrales). En la cuenca la sedimentación se hace arcilloso-arenosa (fig. 6). El borde sur conserva estructuras extensas (fallas normales sinsedimentarias en la Arenisca de Aren). El carácter sintectónico se confirma: 1) en el eje de la cuenca, por las megabrechas, olistostromas y megaslumps (Souquet *et al.*, 1987); 2) en el borde norte, por la discordancia progresiva de las series turbidíticas (Turbón) o de plataforma (San Corneli) sobre pliegues larámicos y por la modificación del sentido de las progradaciones. Estas, originariamente orientadas hacia el NW, en el eje de la cuenca, se inflexionan hacia el SW por los efectos de los primeros cabalgamientos que afectan a las unidades sud-pirenaicas superiores (fig. 8) y probablemente también a su sustrato hercínico de la HCP (sustrato original previo a su despegue en el Eoceno).

BIBLIOGRAFÍA

Boillot, G., (1986): Comparison between the Galicia and Aquitaine. In: *The Geological Evolution of the Pyrenees*. E. Banda and S.M. Wickham (Ed.). *Tectonophysics*, 129: 243-255.

6. CONCLUSIÓN

El margen noribérico se corresponde, durante el Mesozoico, con el borde sur de la compleja cuenca pirenaica establecida en el límite de las placas Europea e Ibérica. De orientación inicial NW-SE, con un trazado en bayoneta controlado por las fallas heredadas N140 y N60, aparece en la actualidad estirado oblicuamente en la cadena de los Pirineos (vertiente norte, en los Pirineos occidentales; vertiente sur, en los Pirineos centrales y orientales). Su evolución ha estado regida por la rotación de Iberia (*rift* en el Cretácico inferior; zona transformante en el Albiense-Cenomaniense) y por la surrección progresiva de la cadena (cuenca en régimen transcurrente en el Cretácico superior, primero en tensión y luego en transpresión, con una transición cada vez más reciente de Este a Oeste).

AGRADECIMIENTOS

El autor está agradecido a M.B. Peybernès por sus informaciones inéditas y a Mme. P. Eichène por las ilustraciones.

Boirie, J.M. y Souquet, P., (1982): Les Poudingues de Mendibelza: dépôts de cônes sous-marins du rift albien des Pyrénées. *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquit*, 6: 405-435.

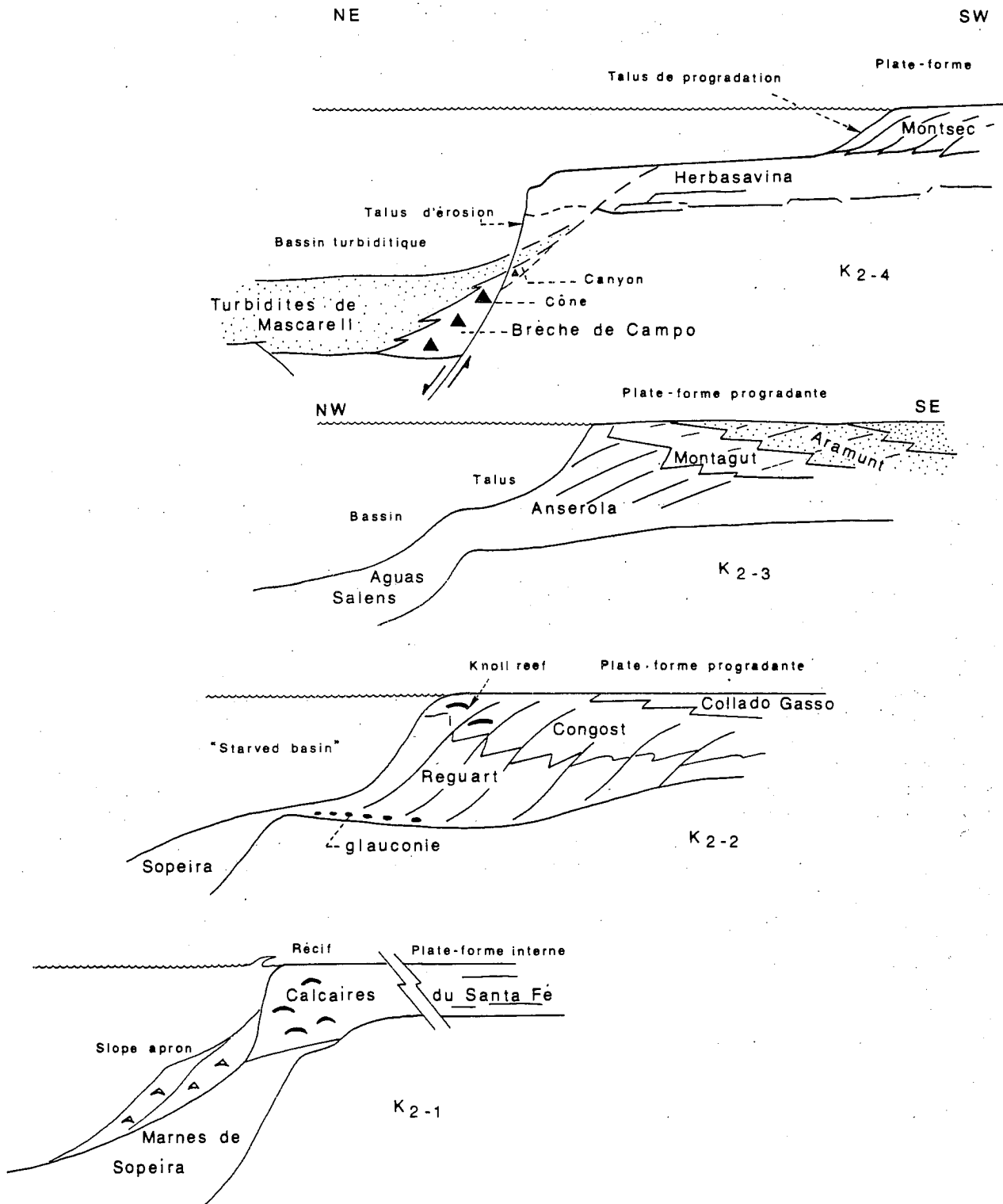


Fig. 7.—Composición y disposición de las secuencias sedimentarias en el margen noribérico retrogradante e infra-alimentado del Cenomaniense medio al Campaniense (sin escala; nomenclatura de las formaciones según Puigdefábregas y Souquet, 1986); según Simo (1986), modificado.

Fig. 7.—Characteristic and arrangement of the sedimentary sequences of the retrograding and starved north-Iberian margin from Mid-Cenomanian to Campanian times (no scale; formation names after Puigdefábregas and Souquet, 1986); modified from Simo (1986).

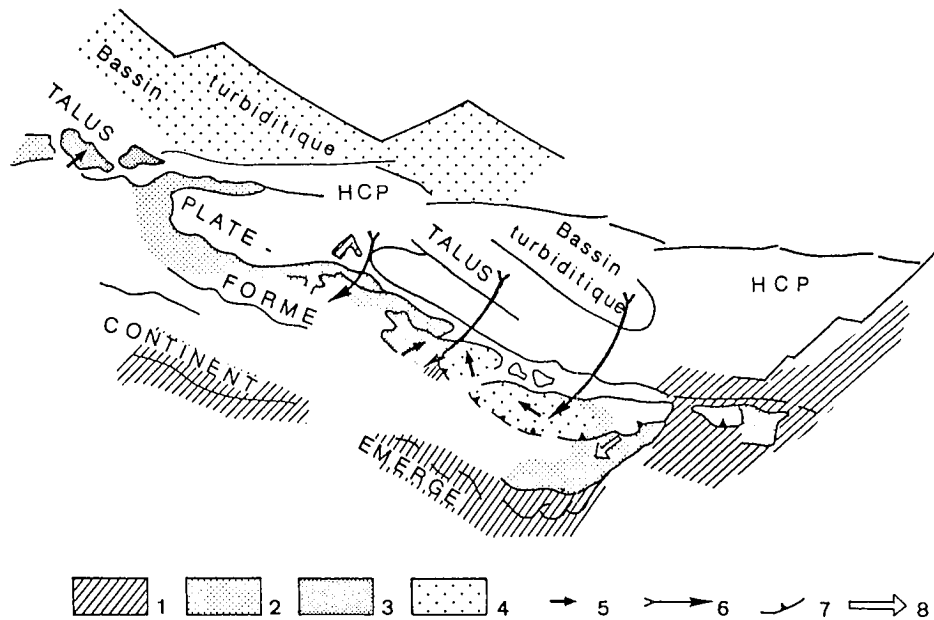


Fig. 8.—Reconstrucción del margen noribérico para la secuencia sedimentaria K2.4 (Santonense superior-Campaniense) y posición del frente de cabalgamiento reconocido hacia el fin de esta secuencia. 1: zona erosionada; 2: plataforma; 3: talud; 4: cuenca turbidítica; 5: paleocorrientes; 6: dirección y sentido de los corrimientos; 7: frente de cabalgamiento del Cretácico superior (transportado en los mantos terciarios); 8: paleocorrientes y progradaciones de la secuencia K2.5 inducidas por este cabalgamiento; HCP: Zona Axial.

Fig. 8.—Reconstrucción of the north-iberian margin for sedimentary sequence K2.4 (Late Santonian-Campanian) and position of the thrust front recognized for the end of this sequence. 1: erosion zones; 2: shelf; 3: slope; 4: turbiditic basin; 5: palaeocurrent; 6: tectonic displacements; 7: Late Cretaceous thrust front (transported within the the Tertiary nappes); 8: palaeocurrents and progradations of sequence K2.5 induced by the Late Cretaceous thrust; HCP: Hercynian basement. (Axial zone).

- Combes, P.J. y Peybernès, B., (1987): Les altérites et les brèches des Pyrénées Basco-Béarnaises liées à l'évolution polyphasée de la marge passive nord ibérique au Jurassique et au Crétacé inférieur. *C. R. Acad. Paris*, (en prensa).
- Montigny, R., Azambre, B., Rossy, M y Thuizat, R., (1986): K-Ar study of Cretaceous magmatism and metamorphism from the Pyrenees: age and length of rotation of the Iberian peninsula. In: *The Geological Evolution of the Pyrenees*. E. Banda and S.M. Wickham (Ed.). *Tectonophysics*, 129: 257-273.
- Peybernès, B., (1976): *Le Jurassique et le Crétacé inférieur des Pyrénées franco-espagnoles entre la Garonne et la Méditerranée*. Thèse Univ. Toulouse, 458 p.
- Peybernès, B. y Garot, B., 1984. Les Brèches d'écroulement aptiennes, témoins de la paléomarge nord-ibérique du domaine pyrénéen dans la Zone des Chaînon Béarnais. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*. 120: 51-60.
- Peybernès, B. y Péliissié, Th., (1985): Essai de reconstitution de la paléogéographie des dépôts contemporains de la fin du rifting téthysien avant la transgression bathonienne sur le Haut Fond Occitan (SW de la France). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 301: 533-538.
- Puigdefábregas, C. y Souquet, P., (1986): Tecto-sedimentary cycles and depositional sequences of the Mesozoic and Tertiary from the Pyrenees. In: *The Geological Evolution of the Pyrenees*. E. Banda and S. M. Wickham (Eds.), *Tectonophysics*, 129: 173-203.
- Simo, A., 1986. Carbonate platform depositional sequences, Upper Cretaceous, south-central Pyrénées (Spain). In: *The Geological Evolution of the Pyrenees*. E. Banda and S.M. Wickham (Eds.). *Tectonophysics*, 129: 205-231.
- Souquet, P.; Eschard, R. y Lods, H., (1987). Facies sequences in Large-volume Debris-and Turbidity-Flow Deposits From the Pyrenees (Cretaceous: France, Spain). *Geo-Mar, Lett.* 7: 271-278.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M. y Thompson, S., (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 4: Global Cycles of Relative Changes of Sea Level. In: *Seismic Stratigraphy: applications to hydrocarbon exploration*. C.E. Payton (Ed.). *Amer. Assoc. Pet. Geol. Mem.*, 26: 83-97.

Recibido el 20 de octubre 1987
Aceptado el 15 de febrero 1988