

# El prisma orogénico prebético

## The Prebetic orogenic prism

J. Andrieux y F. Nebbad

Laboratoire de Géophysique et Géodynamique interne (Géologie Structurale), CNRS n° 1369, bât. 504, Université de Paris-Sud, F 91405 Orsay Cedex

### ABSTRACT

The frontal part of the Prebetic zone corresponds to an orogenic prism (accretionary wedge) which obeys the critical taper model. Three sections parallel to the transport direction show conspicuous similarities with the experiments performed : the southernmost section exhibit long imbricates characteristic of high basal friction experiments and correlatively the taper is wide. On the other hand the northernmost section, traced in a zone where the decollement level is made up of thick evaporitic upper Trias, shows a very narrow taper and the shortening is accommodated by decollement (detachment) folds.

**Key words :** Betic Cordillera, orogenic wedge, critical taper.

Geogaceta, 20 (4) (1996), 810-812  
ISSN: 0213683X

### Introducción

Las Cordilleras Béticas son la rama más occidental de las cadenas alpinas. Sus unidades alóctonas más externas, cabalgantes sobre el zócalo y la cobertera secundaria y miocena de la Meseta Ibérica, constituyen el Prebético (Fig. 1). Este consiste en numerosas escamas apiladas e imbricadas durante el Mioceno superior, por despegue sobre el Triásico superior de la serie mesozoica y miocena (Foucault, 1971 ; López-Garrido, 1971 ; Alvaro *et al.*, 1975). Este estilo estructural se conoce bien desde la Sierra de Cazorla, hasta Alcaraz. Más al suroeste las escamas prebéticas vienen a ramificarse en la base del complejo Subbético pero la traza de los diferentes cabalgamientos se sigue con dificultad a través de las margas miocenas de la depresión del Guadalquivir (Guezou *et al.*, 1991). En la parte oriental, la cobertera parece mas bien plegada con escasas fallas inversas ; solo la parte mas interna presenta evidencia de cabalgamientos importantes.

Se han definido tres unidades tectónicas mayores en el Prebético (Lopez-Garrido, 1971 ; proyecto Magna), del exterior al interior : Beas de Segura, Cazorla y Sierra de Segura. Las cuales corresponden a partes cada vez mas profundas y subsidentes del dominio prebético. Claro que, teniendo en cuenta el importante acortamiento indicado por las numerosas escamas, todo el Prebético es alóctono, habiéndose movido encima de un cabalgamiento basal (Alvaro *et al.*, 1975 ; Fri-

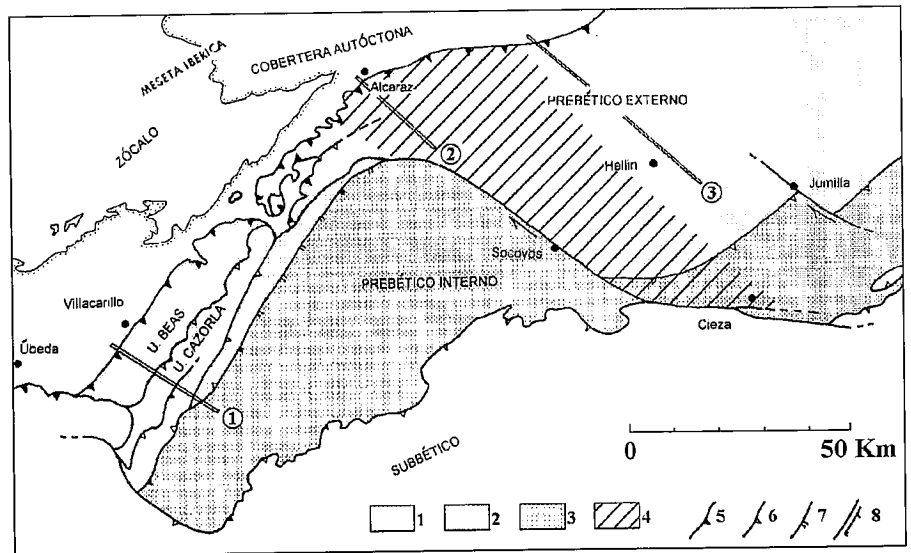


Fig. 1 - Mapa tectónico simplificado de la parte externa central de las Cordilleras Béticas: 1. Prebético externo; 2 : Trias del Tranco; 3: Prebético interno; 4: zona de traspaso; 5: cabalgamiento basal; 6: otros cabalgamientos; 7: falla normal mesozoica; 8: falla de desgarre.

Fig. 1 Tectonic sketch-map of the central external part of the Betic Cordilleras. 1: External Prebetic; 2: Trias of the Tranco zone; 3: Internal Prebetic; 4: Transfer zone; 5: Betic floor thrust; 6: other thrusts; 7: mesozoic normal fault; 8: transcurrent fault.

zon de Lamotte *et al.*, 1991 ; Banks y Warburton, 1991). El sentido de movimiento es hacia el WNW en la parte suroeste (Guezou *et al.*, 1991) volviendo a ser hacia el NW a NNW en la parte norte.

Nuestro propósito, además de confirmar y precisar las estructuras, es de mostrar que el Prebético externo (unidades Beas y Cazorla) es un buen ejemplo de un prisma orogénico (accretionary wedge)

desarrollado durante la etapa intracontinental de la deformación alpina.

### Metodología.

A partir de 3 cortes realizados en la parte mas externa del Prebético, hemos aplicado el método de cortes compensados, usando como capa-guia el techo de

los materiales de lias, los cuales corresponden generalmente a dolomías. El acortamiento kilométrico corresponde a la diferencia entre la longitud actual del sistema de escamas y la longitud inicial (restituida) de dicha capa-señal. Debido al detalle de la cartografía, el error en los resultados es seguramente, inferior al 5%. En los cortes, las intersecciones de las capas competentes a muro y techo de cada cabalgamiento (rampa) han sido dibujados, incluyendo la parte hoy arrasada por la erosión. Así, la parte frontal del Prebético (Fig. 2) presenta una clara forma de esquina o prisma.

La geometría de un prisma orogénico simplificado depende de la resistencia a los esfuerzos de las rocas del edificio y de las rocas que constituyen el muro del cabalgamiento basal, según la ecuación:  $a + b = (m_b + b) K^{-1}$  (Dahlen, 1990), siendo "a" la pendiente de la superficie superior del prisma, "b" el buzamiento del cabalgamiento basal, "m<sub>b</sub>" el coeficiente de fricción del muro y "K" el coeficiente de compresión de las rocas del prisma ( $K = (1 - \text{sen } j) / (1 + \text{sen } j)$ ;  $m = \text{tag } j$ ).

Se han obtenido valores de "a" por medio de una línea que envuelve por arriba las capas competentes: esta línea es por término medio tangente a los anticinales de rampa de cada escama. Un valor medio de  $b = 4^\circ$  corresponde al buzamiento del Triásico superior autóctono que se prolonga en ventanas debajo del Prebético (Fig. 1); es verosímil que este valor se mantenga mucho más lejos hacia el sureste, refiriéndose a los espesores poco variables de la serie mesozoica de las escamas. Para la resistencia media de las rocas del prisma, hemos aceptado el valor de  $m = 0,55$ , debido a la sorprendente semejanza entre nuestros cortes y los resultados de modelos analógicos realizados con arena cuyo coeficiente de fricción tiene este valor. Además las rampas aparecen con un ángulo de  $30^\circ$  respecto a la estratificación, lo que corresponde a un tal coeficiente de fricción. Así se espera que la forma del prisma se podrá relacionar con la naturaleza del muro

## Discusión de los resultados

**Parte suroeste:** En la parte suroeste del Prebético las numerosas escamas que forman las unidades de Beas y Cazorla se ramifican desde el cabalgamiento basal situado encima del Triásico superior. Sin embargo, por detrás de la unidad Cazorla este cabalgamiento mayor se hunde más, de modo que el Triásico del Tranco de Beas (Embalse del Guadalquivir) es también alóctono, constituyendo un duplex

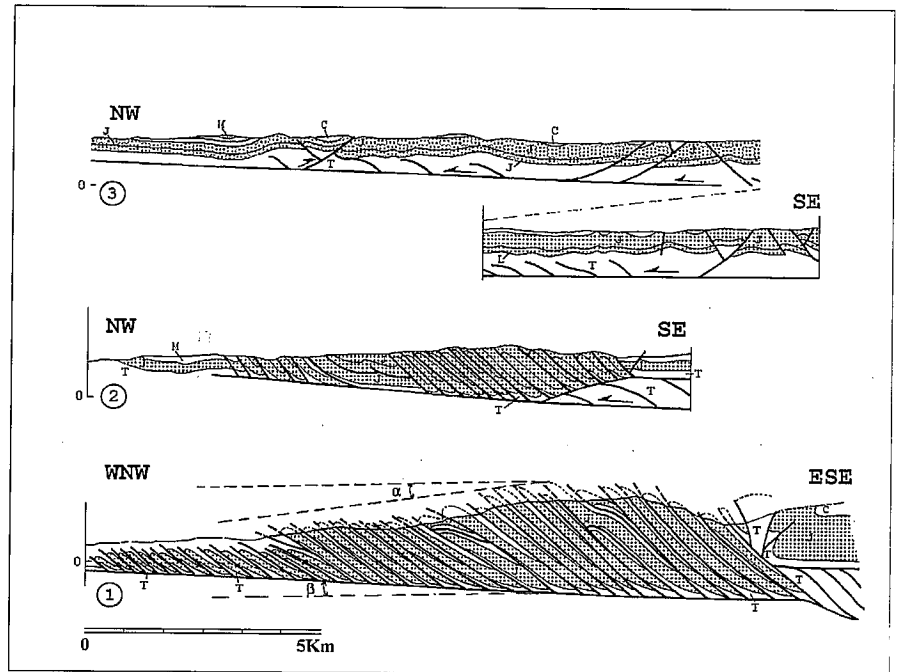


Fig. 2.- Cortes a través del Prebético externo, situadas en la figura 1: T: Trias; J: Jurásico; C: Cretácico; M: Mioceno superior (a, b: ver texto).

Fig. 2.- Sections across the External Prebetic, situation on figure 1: T: Trias; J: Jurassic; C: Cretaceous; M: Upper Miocene (a, b: see text).

(Guézou *et al.*, 1991) demostrando por la repetición del Muschelkalk. Este duplex desaparece hacia el suroeste (Fig. 2) y solo permanece una falla inversa fuera de secuencia asociada con retro-cabalgamientos (Fig. 1). Al otro borde del Trias del Tranco, la unidad Sierra de Segura se halla constituida por series del Jurásico y Cretácico mucho más potentes que en las unidades más externas: se trata del Prebético interno (García-Hernández *et al.*, 1980). El espesamiento de los depósitos es debido a la existencia de fallas normales mayores, con hundimiento del bloque sureste (Foucault, 1965, 197; López-Garrido, 1971) y es muy probable que en el bloque noroeste, el Triásico fue realizado, de modo que se ha integrado al sistema cabalgante.

En el corte 1 (Fig. 2), la potente unidad Sierra de Segura se pone en contacto directo con la unidad Cazorla; la primera actuó como un ancho émbolo, empujando delante de ella la cobertera más externa. Así, ambas unidades, Beas y Cazorla, presentan actualmente una forma idéntica a la de un prisma de acreción (Liu *et al.*, 1992), muy ligeramente convexo y limitado por detrás por una zona de retro-cabalgamiento. El acortamiento alcanza unos 61,5 km. La relación: longitud/po-

tencia de las escamas es alta, como la que indican las experiencias realizadas con una fuerte fricción basal (Liu *et al.*, 1992; Calassou *et al.*, 1993). Correlativamente el ángulo de apertura del prisma es alto ( $8^\circ$ ) y el coeficiente de fricción en el muro es muy próximo al 0,54 de las rocas del alóctono.

Finalmente, hay que subrayar que en este corte el papel de los cabalgamientos fuera de secuencia, tal como el del Tranco o el de Cazorla, esta reducido. Por eso fue elegido este trazado.

**Corte 2.** En la parte central de la faja prebética la distinción entre las dos unidades más externas es más difícil. La región de Alcaraz, donde se ha trazado el corte 2 fue, se halla en la prolongación de la zona de traspaso, caracterizada por estructuras de doble vergencia y de dirección WNW-ESE; el límite Suroeste de esta zona corresponde a la falla diestra de Socovos que también actuaba como falla normal durante el Mesozoico. El acortamiento obtenido (15,2 km) es claramente inferior al valor que caracteriza la zona de Cazorla. Esta disminución es por una parte debida al trazado del corte que es oblicuo a la dirección de acortamiento en la zona de traspaso; Y por otra parte es verosímil

que el acortamiento disminuye regularmente del suroeste al noreste del Prebético. Como ha observado Alvaro *et al.*, (1975), estructuras menores aparecen en relación con el nivel de despegue del Lias medio. Sin embargo, esas complicaciones no cambian mucho la forma del prisma; este tiene una vertiente superior de 1-2°, la cual indica que la fricción en el despegue basal es menor ( $m_b = 0,17$ ). Lo cual se confirma al ver la longitud de las escamas, menor que en el corte 1, aunque las espesores sean comparables.

**Corte 3:** Este corte esta situado mas alla de la zona de traspaso. Aqui, el relieve es muy suave y solo el Prebético interno presenta importantes estructuras de cabalgamiento. La parte equivalente a las unidades externas está constituida por pliegues de despegue, cuyos flancos son a veces cortados por pequeñas rampas. El acortamiento es de poca importancia (2,4 km) siendo en su mayor parte efectivo en el Prebético interno. La vertiente del prisma es casi nula y el  $m_b$  obtenido (0,054) esta relacionado con la potencia de las series evaporíticas del Triásico superior que en muchos sitios han favorecido el desarrollo de diapiros.

### Conclusión

De este estudio preliminar de la geometría del frente del sistema prebético resulta que la variabilidad del estilo estructural esta

relacionada con la naturaleza de los niveles del Trias superior, infrayacentes a las rocas más competentes del Jurasico: en la parte sur, la resistencia de las rocas, tanto del prisma como del muro, son equivalentes; el acortamiento de la cobertera resulta en un importante relieve con una fuerte vertiente hacia al noroeste. Siguiendo hacia el noreste, la resistencia del muro es mas y más debil y correlativamente el relieve del prisma se hace mas suave. Hay que subrayar que, aunque el acortamiento sea variable, la forma del prisma orogénico queda definida solamente por la diferencia de resistencia de las rocas del prisma y del muro.

Es importante remarcar que del análisis de las estructuras mayores del Prebético se deriva informacion sobre la paleogeografía del Triásico actualmente situado por debajo del alóctono.

Estos resultados sin embargo, deben ser confirmados y refinados por el estudio de otros cortes que crucen todo el Prebético. También se tendra que considerar el papel de la presión de fluidos ademas de otros parametros.

### Agradecimientos.

Este trabajo fue financiado por el C. N. R. S. (unidad asociada n° 1369) y la Universidad de Paris-Sur. También hemos recibido el estímulo de Ramón Capote (Univ. Complutense).

### Referencias.

- Alvaro, M. ; García Argüeso, J. M. ; Elizaga, E. (1975): *Bol. Geol. Minero España*, 86, 467-477.
- Banks, C. J. ; Warburton, J. (1991) : *Tectonophysics*, 191 , 275-298.
- Calassou, S. ; Larroque, C. ; Malavieille, J. (1993): *Tectonophysics*, 221, 325-344.
- Dahlan, F. A. (1990): *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 18, 55-99.
- Foucault, A. (1965): *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7 (VII), 567-570.
- Foucault, A. (1971): *Thèse Sci. Univ. Paris VI*, CNRS n° A.O. 6343, 633 p.
- Frizon de Lamotte, D. ; Andrieux, J. ; Guezou, J.-C. (1991): *Bull. Soc. géol. Fr.*, 162, 611-626.
- García-Hernandez, M. ; López-Garrido, A. C. ; Rivas, P. ; Sanz de Galdeano, C. ; Vera, J. A. (1980): *Geol. Mijnbouw*, 59, 155-168.
- Gil, A. ; Fernandez, J. ; López-Garrido, A. C. (1987): *Cuad. Geol. Iber.*, 11, 403-420.
- Guezou, J.-C. ; Frizon de Lamotte, D. ; Coulon, M. ; Morel, J.-L. (1991): *Ann. Tectonicae*, 5, 49-63.
- Liu, H. ; Mac Clay, K. R. ; Powell, D. (1992): *Thrust Tectonics* (K. R. Mc Clay, ed.), Chapman and Hall, London, 71-81.
- López-Garrido, A. C. (1971): Geología de la zona Prebética al NE de la Provincia de Jaén. *Tesis, Univ. Granada*, 317 p.