



## Modelos geotectónicos de los diques E-W en el Sistema Central Español

### Geotectonic models of the E-W trending dikes in the Spanish Central System

UBANELL, A. G. y DOBLAS, M.

En este trabajo se efectúa una revisión de los modelos geotectónicos actualmente existentes para explicar el emplazamiento de los haces de diques ácidos, que con dirección E-W afloran en el Sistema Central Español. Clásicamente, se han propuesto dos tipos de modelos distintos: uno de origen ligado a la intrusión de los batolitos graníticos que los contienen, y otro de origen ligado a procesos tectónicos posteriores a la intrusión de dichos batolitos.

Sin embargo, recientemente ha sido sugerido un modelo mixto (DOBLAS, M., 1987) que invoca a la vez la participación de procesos tectónicos y magmáticos, dentro de un esquema de «detachments» extensionales tardi-hercínicos. En nuestra opinión, este último modelo parece ser el que mejor explica el conjunto de las características de estos haces de diques, y por tanto es el que desarrollamos, más ampliamente, en este trabajo.

**Palabras clave:** diques E-W, Sistema Central Español, Modelos geotectónicos.

In this paper we revise different geotectonic models which have been proposed till now, to explain the emplacement of the EW trending acid dike swarms in the Spanish Central System. Two types of models have been suggested: one of them invokes an origin related to the emplacement of the granitic batholiths, and the other proposes an origin related to tectonic processes happening after the emplacement of these batholiths.

However, recently, a combined model has been suggested (DOBLAS, M., 1987), in which both magmatic and tectonic processes play a role, within a late-hercynian extensional detachment scheme. We think that this hypothesis is the most adequate to explain the different characteristics of the dike swarms, and in this paper we will develop further this idea.

**Key words:** E-W trending, dikes, Spanish Central System, Geotectonic models.

UBANELL, A. G.; DOBLAS, M.

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid)

## INTRODUCCION

El Sistema Central Español está atravesado por varias haces de diques de dirección media E-W, con un fuerte buzamiento generalmente hacia el N, y que tienen una composición de tipo ácido predominante presentando gran variedad de tipos (aplitas, pórfidos, etc...) (Fig. 1). Se extienden de forma más o menos constante a lo largo de unos 50 Km, aflorando esencialmente en la mitad septentrional del Sistema Central Español. Muestran diferentes grados y tipos de deformación. Así, se han descrito en los mismos, deformaciones ligadas al propio proceso de intrusión filoniana (UBANELL, A. G. *et al.*, 1987; DOBLAS, M. *et al.*, 1987), y deformaciones posteriores de origen tectónico (DOBLAS, M. *et al.*, 1987; CAPOTE, R. *et al.*, 1987).

Salvo estos estudios estructurales (meso y microtectónicos) la mayoría de las investigaciones sobre estos diques se han centrado en sus aspectos petrológicos o geoquímicos (HUERTAS CORONEL, M. J., 1986; FUSTER, J. R., 1955; FUSTER, J. R. *et al.*, 1953; SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. *et al.*, 1960). Sin embargo, son muy escasos los trabajos que han intentado dar una explicación geotectónica de escala regional para la intrusión de los mismos (UBANELL, A. G., 1981).

En este trabajo discutiremos en primer lugar algunos de los modelos que se han propuesto hasta ahora para estos diques. Se pueden agrupar en dos categorías: a) modelos que invocan un origen ligado a la intrusión de los batolitos graníticos que los contienen, y b) modelos que invocan un origen ligado a procesos tectónicos posteriores a la intrusión de los batolitos graníticos.

Finalmente, discutiremos y ampliaremos un modelo mixto tectonomagmático que ha sido propuesto recientemente y que nos parece el más adecuado para explicar el conjunto de las características de estos diques. El modelo se basa en la probable existencia en el Sistema Central Español para

tiempos tardi-hercínicos de una tectónica extensional con «detachments» de escala cortical, de dirección media E W, y con sentido de movimiento hacia el N (DOBLAS, M., 1987).

## MODELOS MAGMATICOS

Estos modelos, como ya hemos dicho, contemplan un origen de los diques en relación a la intrusión de los batolitos graníticos en los cuales se hayan insertos. Según uno de nosotros (UBANELL, A. G., 1981) estos haces de diques pueden ser interpretados como rellenos o segregaciones tardías en fracturas distensivas apicales, en la zona superior de los batolitos, durante los últimos impulsos intrusivos, en los cuales el techo de los batolitos graníticos está ya parcialmente enfriado y por lo tanto es capaz de fracturarse frágilmente (Fig. 2a). Como se argumenta en dicha publicación existen varios problemas con este modelo. Si estos diques fueran realmente rellenos de fracturas apicales de un batolito, cabría esperar buzamientos tanto hacia el N como hacia el S, cosa que no ocurre en nuestro caso (salvo que las fracturas se hubieran desarrollado en los bordes del batolito, y que lo que observamos hoy en día sean sólo las fracturas del borde S). Además, este modelo no explica la directriz E-W bastante constante que presentan estos haces de diques (en todo caso cabría esperar unas directrices radiales o concéntricas al batolito).

## MODELOS TECTONICOS

Se han propuesto diferentes modelos basados en esfuerzos tectónicos posteriores a la intrusión de los batolitos graníticos. Esto pueden agruparse en dos clases: a) los que consideran esfuerzos tectónicos verticales, y b) los que consideran esfuerzos tectónicos horizontales.

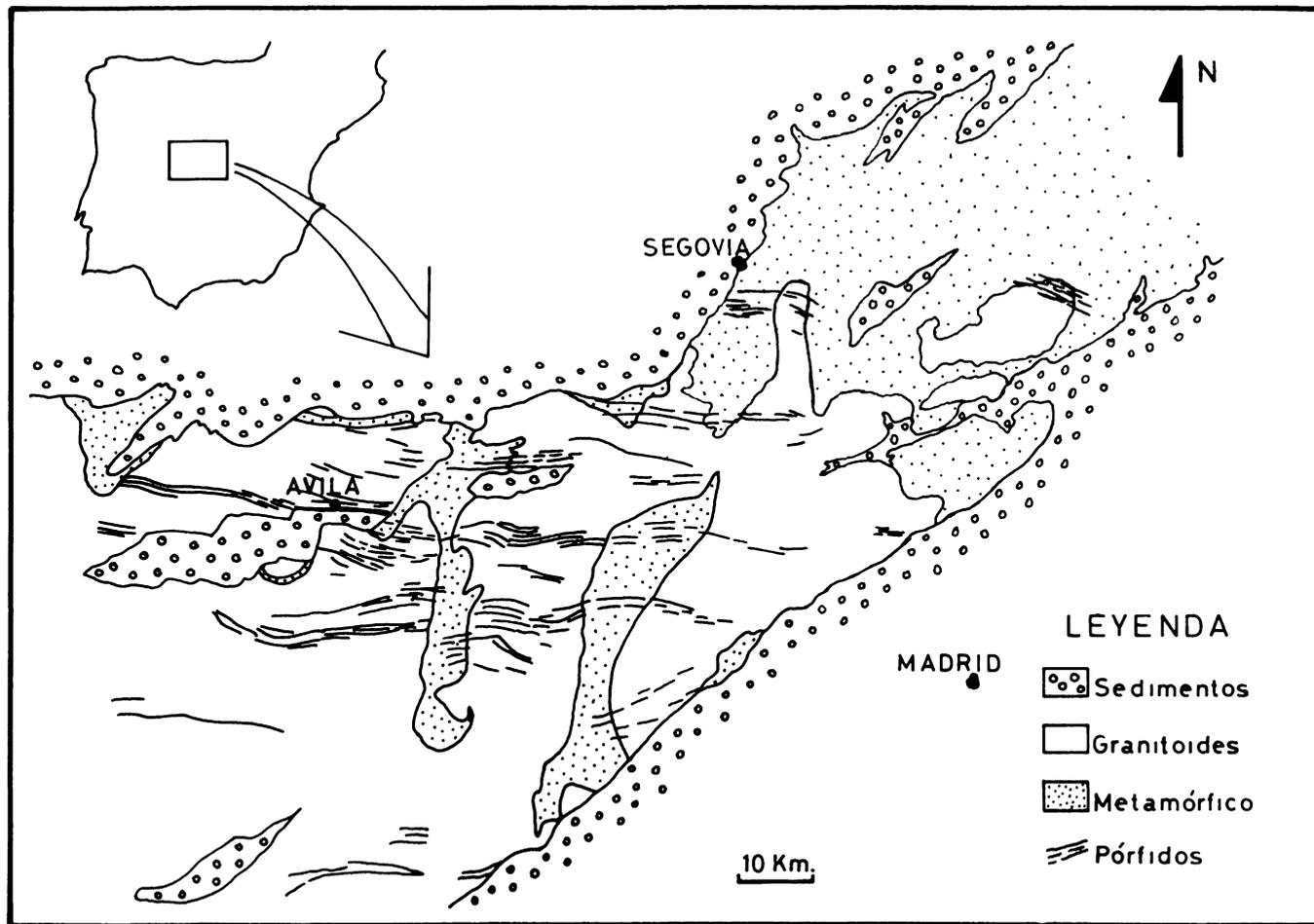


Fig. 1. Marco geológico en el cual se encuadran los haces de diques EW del Sistema Central Español.

a) Modelos que consideran esfuerzos tectónicos verticales

UBANELL, A. G. (1981) discute un modelo de abovedamiento generalizado al N del Sistema Central Español, que induciría la intrusión de diques en la zona meridional de esta estructura, buzando al Norte (Fig. 2b). Sin embargo, apunta que esta hipótesis es muy poco probable ya que no existen indicios de una tal megaestructura, o que en todo caso, había sido camuflada posteriormente bajo los sedimentos terciarios de la Cuenca del Tajo. En este sentido, hay que recordar que LOPEZ PLAZA, M. *et al.* (1986) propusieron para este área, la actividad de estructuras de abovedamiento en grandes domos.

b) Modelos que consideran esfuerzos tectónicos horizontales

En este sentido existen diferentes alternativas sugeridas por algunos autores y otras que proponemos en este artículo. UBANELL, A. G. (1981) sugiere que la intrusión de estos haces de diques podría estar en relación con esfuerzos tectónicos regionales, bien dentro de un esquema de compresión con los esfuerzos máximos  $\sigma_1$  orientados según E-W, o bien dentro de un régimen extensional con un eje de esfuerzos  $\sigma_3$  según N-S y  $\sigma_1$  vertical (Fig. 2c). Esta idea encaja bien dentro de las deformaciones tardi-hercínicas extensionales descritas por uno de nosotros (DOBLAS, M., 1987). ALIA, M. 1976 y TAMAIN, G. 1975 señalan la importancia de un accidente geotectónico de directriz media E-W, que pasaría por la zona de la Fosa del Tajo (Banda Estructural de Toledo) (Fig. 2d). Dentro de este contexto cabría esperar que tal discontinuidad de escala cortical fuera reactivada durante tiempos tardi-hercínicos, y sirviera de zona de escape para magmas ácidos tardíos, que cristalizarían constituyendo el haz de diques aquí considerados.

Dentro del esquema de cizallas intra-

continentales EW dextrales propuesto por ARTHAUD, F. *et al.* (1975), para la evolución tardi-hercínica de la Península Ibérica, esta posible zona de debilidad cortical se habría generado durante esta época, como una banda de deformación subparalela a las cizallas intracontinentales (Fig. 2e). Localmente, la intrusión de ciertos haces de diques puede responder a esfuerzos tectónicos en relación al movimiento de fallas frágiles; así, SEARA, J. K. (en prensa) explican la intrusión de los diques ácidos NW-SE en el plutón de La Cabrera, como un efecto de concentración de esfuerzos en la terminación de una falla NE-SW sinistral, según el modelo de Chinnery (1966).

#### MODELO DE «DETACHMENTS» EXTENSIONALES

Recientemente se ha propuesto por uno de nosotros (DOBLAS, M., 1987), un modelo geotectónico que explica las abundantes estructuras extensionales que se encuentran en el Sistema Central Español, cuya relevancia para la evolución tardi-hercínica de esta región central de la Península Ibérica no había sido reconocida hasta ahora. Este episodio es interpretado dentro de un esquema de «detachments» extensionales de escala cortical (según las ideas de WERNICKE, B. P., 1981, 1985), con una dirección media E/W a WNW/ESE, con un buzamiento inicial de la superficie de «detachment» hacia el N, y con un movimiento extensional hacia el N o NNE. La evolución temporal de este sistema se representa en la Figura 3, pudiéndose distinguir tres fases esenciales, dentro de una deformación progresiva:

a) Partiendo de una situación inicial con una gran fractura de escala cortical (que disminuye de buzamiento en profundidad, Fig. 3a), se produciría la fase inicial del movimiento, o «fase de detachment subhorizontal», en la cual se individualizan un blo-

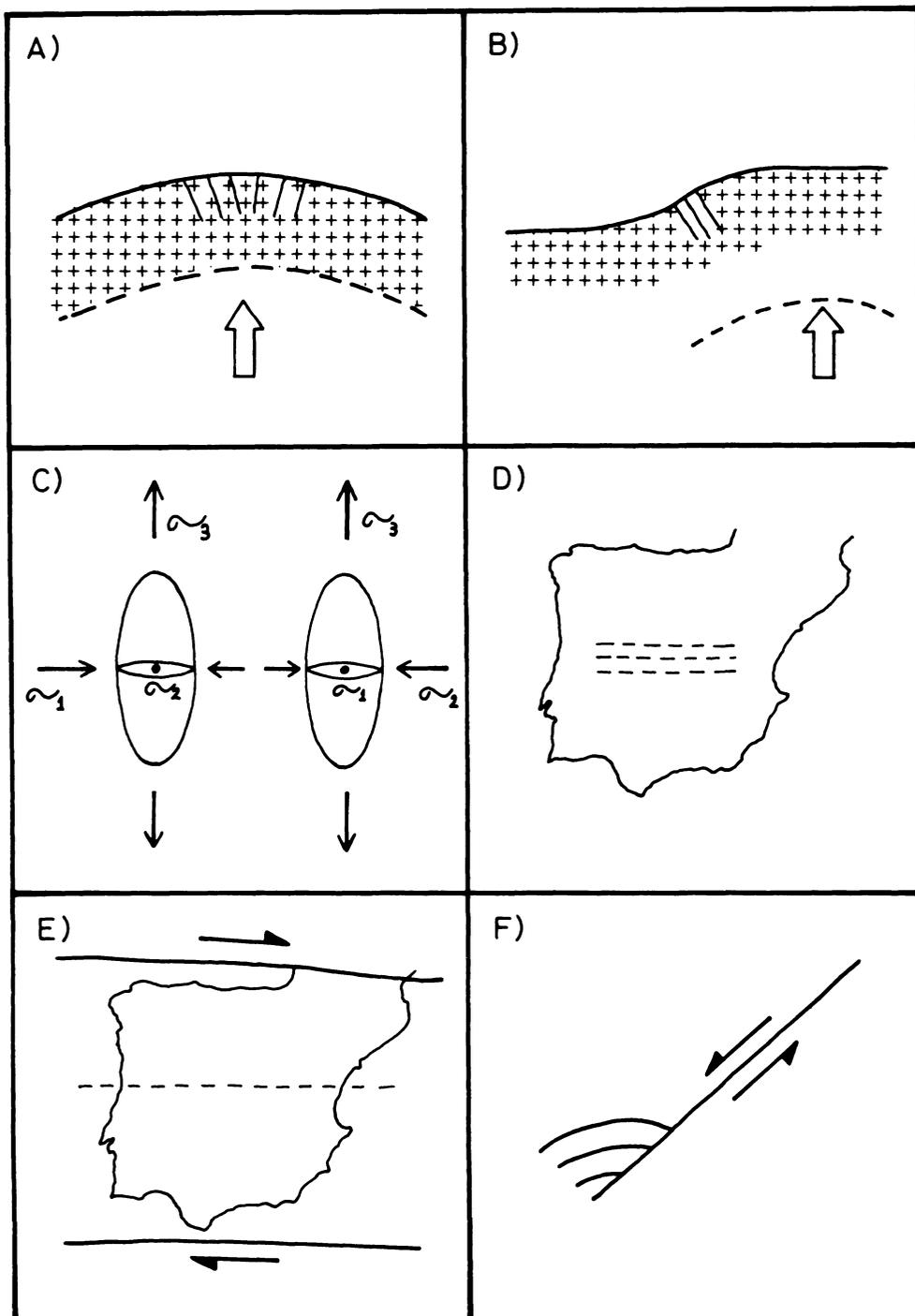


Fig. 2. Algunos de los modelos propuestos para explicar el emplazamiento de los diques (Ver explicaciones en el texto).

que inferior (que se comporta a modo de banda elástica dúctil), y un bloque superior (que se deforma por fracturas frágiles de alto ángulo), a favor de esta superficie de «detachment» basal (Fig. 3b).

b) En un segundo estadio de esta evolución, y como resultado de la denudación tectónica del bloque superior, el bloque inferior junto con la superficie de «detachment» suprayacente, reacciona por levantamiento isostático, produciéndose un abovedamiento inicial (según un esquema propuesto por SPENCER, J. E., 1984). En esta zona de abombamiento se favorece la intrusión subvertical de los haces de diques en el bloque inferior (según ideas de SPENCER, J. E., 1985). A esta segunda etapa la denominamos «fase de intrusión filoniana» (Fig. 3c).

c) Finalmente, y continuando el proceso de abovedamiento, el bloque inferior con el «detachment» suprayacente llega a aflorar en superficie, completando así el proceso de denudación tectónica del bloque superior, y el arqueamiento del bloque inferior. Como consecuencia de esta fase, el bloque inferior sufre un efecto de rotación cortical de sentido opuesto al del cizallamiento a lo largo del «detachment». El resultado de esto es que el haz de diques rota y adopta un fuerte buzamiento general hacia el N. A esta fase la llamamos «fase de rotación cortical» (Fig. 3d).

Además de ofrecer una solución aceptable para las abundantes estructuras extensionales tardi-hercínicas que se observan en el Sistema Central Español, este modelo explica racionalmente una serie de características de los diques ácidos E-W de esta región, como son:

a) La dirección media E-W de los enjambres de diques.

b) La localización espacial de estos haces a lo largo de una banda de una anchura

limitada, en la parte septentrional del Sistema Central, y que coincide con zonas de arqueamientos anticlinoriales a modo de «Core Complexes» (DOBLAS, M., 1987).

c) El buzamiento generalizado de estos diques hacia el N.

d) El hecho de que estos enjambres se concentren preferentemente en esta zona central del Macizo Hespérico. Esta región fue explicada por FERNANDEZ, C., *et al.* (1987) como un área de engrosamiento cortical preferencial dentro de la Cadena Hercínica Ibérica, a consecuencia de un proceso de «neosubducción intracontinental», y que sufrió a continuación un proceso de colapso gravitacional por medio de sistemas de «detachments» extensionales (según esquemas de WERNICKE, B. P., *et al.*, 1987).

e) Ciertas deformaciones internas que se observan en algunos diques pertenecientes a estos haces EW, que indican un movimiento extensional hacia el N (DOBLAS, M., *et al.*, 1987).

Este modelo puede ser denominado «tectonomagmático», ya que invoca la participación conjunta de procesos tectónicos y magmáticos:

a) Se producen desplazamientos tectónicos a favor del sistema de «detachments» extensionales aquí descrito.

b) Tanto el proceso extensional como la intrusión de los diques parecen ser una consecuencia directa e inmediata del masivo emplazamiento de los batolitos graníticos del Sistema Central Español, que contribuyeron de manera decisiva a sobreengrosar/sobrecalear/debilitar la corteza, que consecuentemente colapsó por medio de «detachments». Prueba de esta contemporaneidad de procesos es el hecho de que muchos de los granitoides donde se encuentran emplazados los diques presentan una foliación generalizada subhorizontal, que indica un régimen extensional.

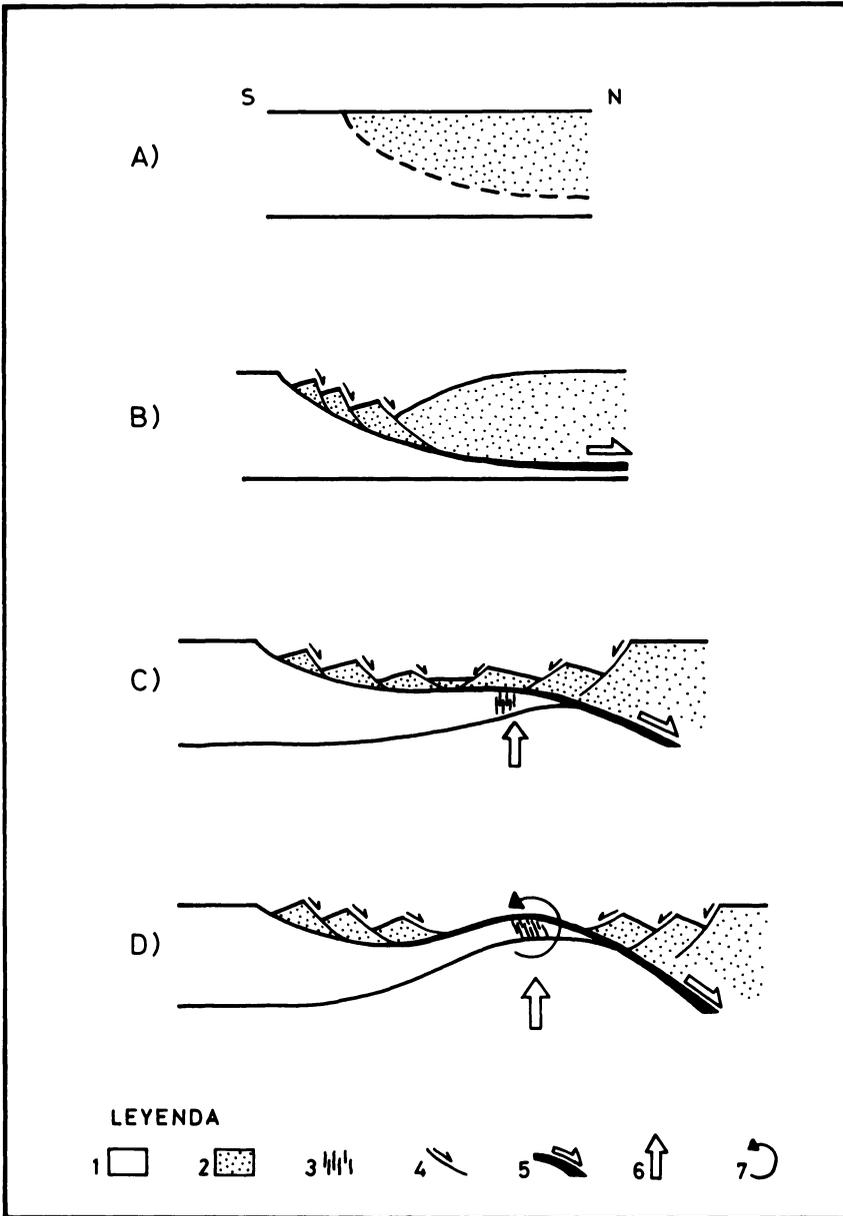


Fig. 3. Modelo evolutivo basado en «detachment» extensional para explicar la intrusión tardi-hercínica de los haces de diques.

- A) Estadio previo
- B) Fase inicial de «detachment» subhorizontal
- C) Fase intermedia de intrusión filoniana
- D) Fase final de rotación cortical

1) Bloque inferior; 2) Bloque superior; 3) Haces de diques; 4) Fallas frías de alto ángulo en el bloque superior; 5) Superficie del «detachment»; 6) Dirección del abovedamiento; 7) Rotación cortical.

Además, preconiza la actuación conjunta de movimientos horizontales (a lo largo de los «detachments»), y de movimientos verticales consecuencia directa de los anteriores (en las zonas de abovedamiento).

El sistema de esfuerzos predominante durante este episodio extensional coincide con el representado anteriormente en la Figura 2c, con un eje máximo de esfuerzo  $\sigma_1$ , vertical, y un eje mínimo de esfuerzo  $\sigma_3$  NS. El espesor actual de la corteza bajo el Sistema Central Español sería consecuencia de los procesos compresionales posteriores que actuaron durante el Alpino en esta región.

## CONCLUSION

En este trabajo se ha efectuado una revisión de los diferentes modelos geotectónicos hasta ahora propuestos, para explicar la in-

trusión de los haces de diques EW del Sistema Central Español, y hemos desarrollado y ampliado un esquema de «detachments» extensionales propuesto inicialmente por uno de nosotros (DOBLAS, M., 1987). Este último modelo nos parece el más adecuado para explicar las diferentes características de los enjambres de diques aquí estudiados, y en consecuencia es el que apoyamos como posible esquema geotectónico para el emplazamiento de estos diques. Obviamente, el modelo de «detachments» extensionales propuesto aquí es una simplificación y queda claro que las cosas son mucho más complejas en el detalle. Sin embargo, pensamos que puede servir de base para futuros estudios que pueden llegar a refinar más este esquema idealizado.

*Recibido, 27-VI-88  
Admitido, 20-VIII-88*

## BIBLIOGRAFIA

- ALIA, M. (1976). Una megaestructura de la Meseta Ibérica: La Bóveda Castellano-Extremeña. *Estudios Geológicos*, 32, p. 229-238.
- ARTHAUD, F. y MATTE, Ph. (1975). Les décrochements tardi-hercyniens du sud-ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstruction des conditions de la déformation. *Tectonophysics*, 25, p. 139-171.
- CAPOTE, R.; GONZALEZ CASADO, J. M. y DE VICENTE, G. (1987). Análisis poblacional de la fracturación tardi-hercínica en el sector central del Sistema Central Ibérico. *Cuad. Lab. Xeol. de Laxe* 11; 305-311.
- CHINNERY (1966). Secondary Faulting. *Can. Journ. of Earth Sc.* 3; 163-190.
- DOBLAS, M. (1987). Tardi-hercynian extensional and Transcurrent tectonics in Central Iberia. En Resúmenes «Conference on Deformation and plate tectonics», Gijón, España: Oviedo, Universidad de Oviedo, p. 29.
- DOBLAS, M.; UBANELL, A. G. y VILLASECA, C. (1987). Deformed porphyry dikes in the Spanish Central System, abstracts of «Granites and their surroundings» (Verbania ITALIA, 1987). Ricerca scientifica ed educacione permanente suppl. 59 a, p. 91 (Milano).
- FERNANDEZ, C. y DOBLAS, M. (1987). Hercynian and late Hercynian shear zones within the Spanish Central Range granitoids (Hesperian Massif): Plate tectonics implications. En Resúmenes «Conference on deformation and plate tectonics», Gijón, España: Oviedo, Universidad de Oviedo, p. 79.
- FUSTER, J. M. y IBARROLA, E. (1953). Rocas de España Central IV: Pórfidos y Lamprófidios magmáticos de La Granja (Segovia). *Estudios Geol.* 19 (18); 193-224.
- FUSTER, J. M. (1955). Transformaciones metamórficas de los diques diabásicos y lamprófidios de la Sierra de Guadarrama. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 53; 99-128.
- HUERTAS CORONEL, M. J. (1986). Pórfidos y Diques básicos asociados en la Sierra de Guadarrama. *Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe* 10, 245-260.
- LOPEZ PLAZA, M. y GONZALO, J. C. (1986). Los granitos hercínicos como indicadores de la evolución estructural del Macizo Hespérico. *Hercynica*, 2(1), p. 57-64.
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. y GARCIA DE FIGUEROLA, L. C. (1960). *Mapa Geológico de España*. Explicación de la hoja n.º 532 (Las Navas del Marqués). I. G. M. E.
- SEARA VALERO, J. K. y UBANELL, A. G. (en prensa). Los diques de pórfido del plutón de la Cabrera (Sistema Central Español, Macizo Hespérico). *IX Reunión sobre Geología del Oeste Peninsular* Porto 1985.
- SPENCER, J. E. (1984). Role of tectonic denudation in warping and uplift of low-angle normal faults. *Geology*, 12, p. 95-98.
- SPENCER, J. E. (1985). Miocene Low-angle faulting and dike emplacement, Homer Mountain and surrounding areas, southeastern California and southernmost Nevada. *Geological Society of America Bulletin*, V.96, p. 1140-1155.
- TAMAIN, G. (1975). Megatectonique, linéaments et fracturation profonde dans la Meseta Ibérique. *Rev. Geogra. Phys. et Geol. Dynam.* 17; Fasc. 4; 375-392.
- UBANELL, A. G. (1981). Significado tectónico de los principales sistemas de diques en un sector del Sistema Central Español. *Cuad. Geol. Ibérica* 7; 607-622.
- UBANELL, A. G. y DOBLAS, M. (1987). Los diques aplíticos deformados de Paredes de Escalona-Navamorcuende (SW del Sistema Central Español): Su relación con la intrusión. Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico (*Libro homenaje a L. C. García de Figuerola*). Bea, F., Gonzalo, J. C., López Plaza, M., Rodríguez Alonso, M. D., editores. Editorial Rueda, Madrid, p. 393-403.
- WERNICKE, B. P. (1981). Low-angle normal faults in the Basin and Range province: Nappe tectonics in an extending orogen. *Nature*, V. 291, p. 645-648.
- WERNICKE, B. P. (1985). Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere. *Canadian Journal of Earth Sciences*, V. 22, p. 108-125.
- WERNICKE, B. P.; CHRISTIANSEN, R. L.; ENGLAND, P. C. y SONDER, L. J. (1987). Tectonomagmatic evolution of Cenozoic extension in the North American Cordillera. En M. P. Coward, J. F. Dewey, y P. L. Hancock (editores), «Continental extensional Tectonics», *Geological Society of London, special publication* n.º 28, p. 203-221.