

# Los modelos tectónicos del Sistema Central Español

## Tectonic models of Spanish Central Range

UBANELL, A. G.

The author presents the different tectonic models which have been proposed, in order to explain the origin of the Spanish Central Range. These tectonic models are divided in two main groups: the thick-skinned tectonics one, and the thin-skinned tectonics.

From the study of these groups we can obtain considerations to advance in the understanding of the Spanish Central System.

When analyzing these models, it is possible to find out that every tectonic model established must explain the morfological characteristics of the whole chain of mountains.

**Key words:** Spanish Central Range, tectonic models, thick-skinned tectonics, thin-skinned tectonics.

## INTODUCCION

El Sistema Central se extiende en el centro de la Península Ibérica, con una disposición WSW-ENE a lo largo de 600 km., separando al N y al S las cuencas de los ríos Duero-Mondego y Tajo respectivamente. Comienza por el E en la Cordillera Ibérica y termina por el W en el Océano Atlántico. Está formado por distintas Sierras (Alto Rey, Ayllón, Somosierra, Guadarrama, Gredos, Gata y La Estrella) cuyas máximas alturas se alcanzan en Gredos (Almanzor 2592m.) Guadarrama (Peñalara 2430m.) y La Estrella (1993m.).

Geológicamente está constituido por un basamento de rocas metamorfozadas y deformadas en la orogenia Hercínica con gran cantidad de granitoides asociados a la misma y una cobertera Mesozoico-Terciaria de rocas sedimentarias. Inmediatamente después de esta orogenia se produce un intenso arrasamiento de la cadena hercínica que da lugar a la formación de una extensa penillanura. Posteriormente, durante la época Alpina, esta superficie queda desnivelada por el movimiento de fallas en la vertical, se forman sedimentos y otras superficies y se origina la actual cadena montañosa como consecuencia de una tectónica de bloques, en el Terciario, que da lugar a horsts, grabens, semigrabens, cuencas intramontanas etc.

Estas características geológicas se conocen desde 1923, cuando HERNÁNDEZ PACHECO E. (1923), por primera vez, considera al Sistema Central formado en dos etapas, una Hercínica y otra Alpina.

A partir de esta fecha, empiezan a exponerse diferentes modelos tectónicos que intentan explicar el origen del Sistema Central. Estos son los únicos que analizaremos

en este trabajo, ya que los modelos morfodinámicos son objeto de estudio en este mismo volumen por J. DE PEDRAZA.

## MODELOS TECTONICOS DEL SISTEMA CENTRAL ESPAÑOL

Los modelos establecidos se pueden agrupar en dos grandes grupos tectónicos: los de «tectónica de piel gruesa» y los de «tectónica de piel fina».

Los primeros involucran a toda la corteza y, a veces, a la litosfera, mientras que en los segundos solo toma parte activa la zona superior de la corteza.

### a) Modelos de Tectónica de piel gruesa

#### 1. *Hundimiento Diferencial* (Hernández Pacheco E. 1923)

Se puede considerar que el primer modelo tectónico se debe a este autor, si bien hay toda una serie de trabajos anteriores en los que se empiezan a establecer el conocimiento geológico básico del Sistema Central.

HERNÁNDEZ PACHECO considera que la «sierra» se forma en dos etapas: una en el Pérmico y otra al principio del Terciario. Esta última es la que produce las formas actuales de la misma. Supone que las dos mesetas y la Cordillera Central se encuentran elevadas desde el Pérmico y que como consecuencia de los movimientos orogénicos pirenaicos, al principio del Terciario, se produce una descompresión que da lugar al hundimiento de las mesetas dejando un bloque elevado intacto entre las dos —el Sistema Central—. Como consecuencia de tal hundimiento se producen los pliegues en los materiales cretácicos de Sepúlveda, Segovia, etc.

## Comentario

El conocimiento geológico actual del centro peninsular permite descartar esta idea. Sabemos que, en general, es el Sistema Central el que se eleva sobre las áreas circundantes, aunque existen zonas de subsidencia local. Se ha comprobado que hay varias fases compresivas a lo largo del Terciario (CAPOTE et al. 1990) causantes de fallas, pliegues etc. que invalidan el carácter de hundimiento distensivo de las mesetas. Basta recordar que los bordes N y S de la cadena montañosa son fallas inversas que responden a esfuerzos compresivos.

2. *Compresión-Descompresión (Birof y Solé 1954)*

Para estos autores (fig. 1) el Sistema Central se forma como consecuencia de una fase compresiva contemporánea con los plegamientos béticos que da lugar en el basamento a pliegues de radio medio y fallas inversas causantes de la aparición de horsts y grabens. Esta compresión induce una acumulación de corteza inferior que forma raíces debajo de la cordillera, lo cual trae consigo movimientos de compensación isostática, en una fase distensiva, que serían los que producen la fuerte elevación de los diferentes macizos. Todo esto comienza en el Eoceno y prosigue hasta el Mioceno superior.

## Comentario

Hay que valorar muy positivamente a estos autores que fueron los primeros en darse cuenta de la compleja evolución del Sistema Central. Destacaron la diferente secuencia de movimientos verticales en cada

macizo, la distinta evolución de los sectores oriental y occidental y las complicadas relaciones morfológicas. Sin embargo, hoy día, se pueden presentar dos objeciones a este modelo: 1) Como se ha dicho anteriormente, son varias las fases compresivas y distensivas que actúan durante el Terciario. 2) El fuerte engosamiento cortical que proponían se ha comprobado (VEGAS y SURIÑACH 1987) que es de 5 km. Tal engosamiento puede sustentar isostáticamente a la cordillera en su conjunto pero no permite el juego individual de macizos cuyas dimensiones no alcanzan el mínimo para la respuesta isostática.

3. *Bóveda Castellano-Extremeña (Alía 1976)*

Este autor interpreta las Sierras de Gredos y Guadarrama como componentes de una unidad mayor denominada la «Bóveda Castellano-Extremeña» (fig. 2). Es una megaestructura cortical, de forma elíptica, con el eje mayor orientado según la dirección NE-SW, que forma un amplio abombamiento de la corteza y que se extiende desde Badajoz hasta la Sierra de Guadarrama. Esta estructura queda dividida por la Banda Estructural de Toledo, de directriz E-W, en dos semibóvedas, la septentrional y la meridional. La primera es la que conforma las Sierras de Gredos y Guadarrama. La evolución de ésta es compleja y comprende desde el Paleógeno hasta la actualidad, produciéndose primero movimientos de elevación y después hundimiento de los flancos combinado con movimientos diferenciales. Esto estaría motivado o bien por esfuerzos laterales compresivos de la corteza, que se traducen en el movimiento vertical, o bien en esfuerzos transmitidos por el manto por

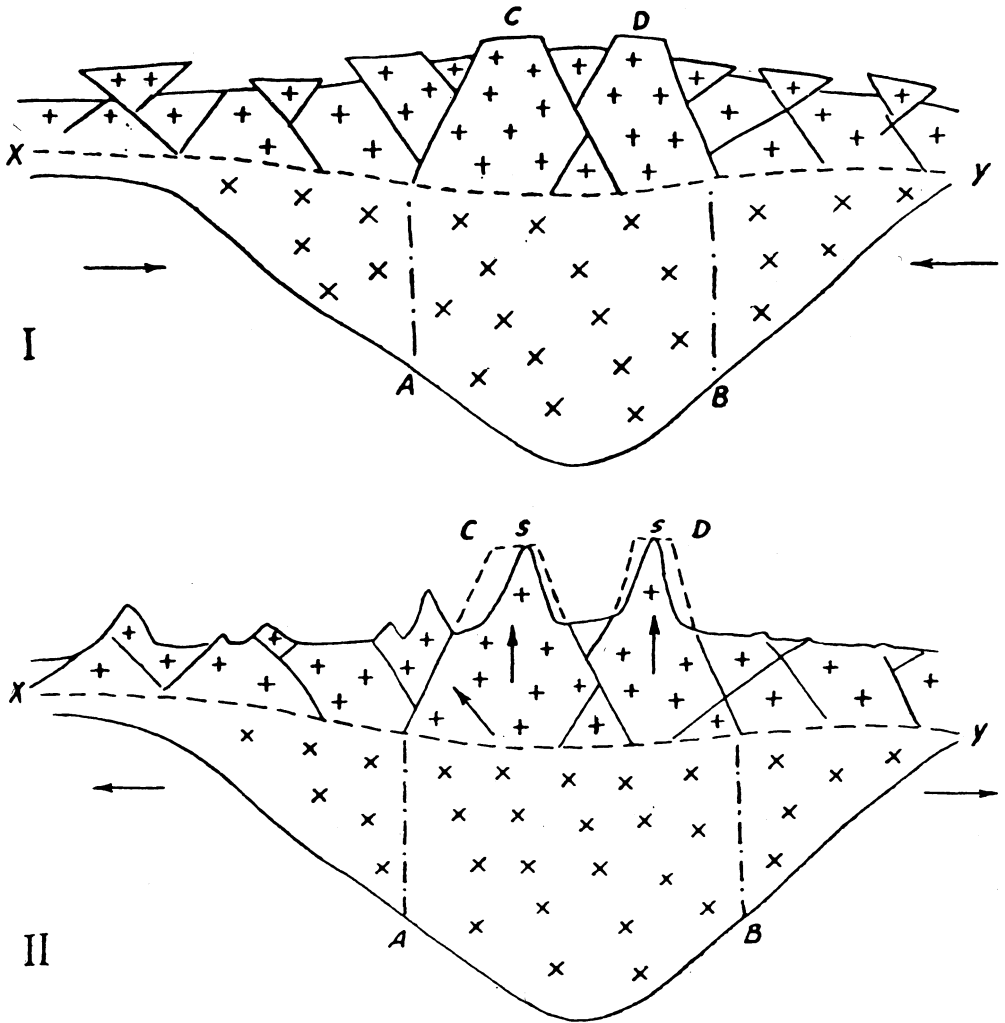


Fig. 36.—Esquema ilustrativo de la posible evolución de la Cordillera Central.

Arriba, después de la fase de compresión. En superficie aparecen una serie de horsts y de fosas frecuentemente limitados por fallas inversas. En profundidad se ha formado una raíz de sial. Su espesor es tal que entre A y B excede por su empuje hidrostático al que puede soportar, sin deformarse, la corteza rígida. X-Y, límite del sial rígido y del sial plástico.

Abajo, movimientos de compensación isostáticos entre A y B durante una fase de distensión. Los horsts C y D se elevan separándose ligeramente, lo que determina la formación de una fosa intermedia. Las zonas externas permanecen estables y la erosión las modela en superficies de montes isla.

Fig. 1. Reproducción de la figura 36 de Birot y Solé (1954), en la que se expone gráficamente la evolución del Sistema Central Español.

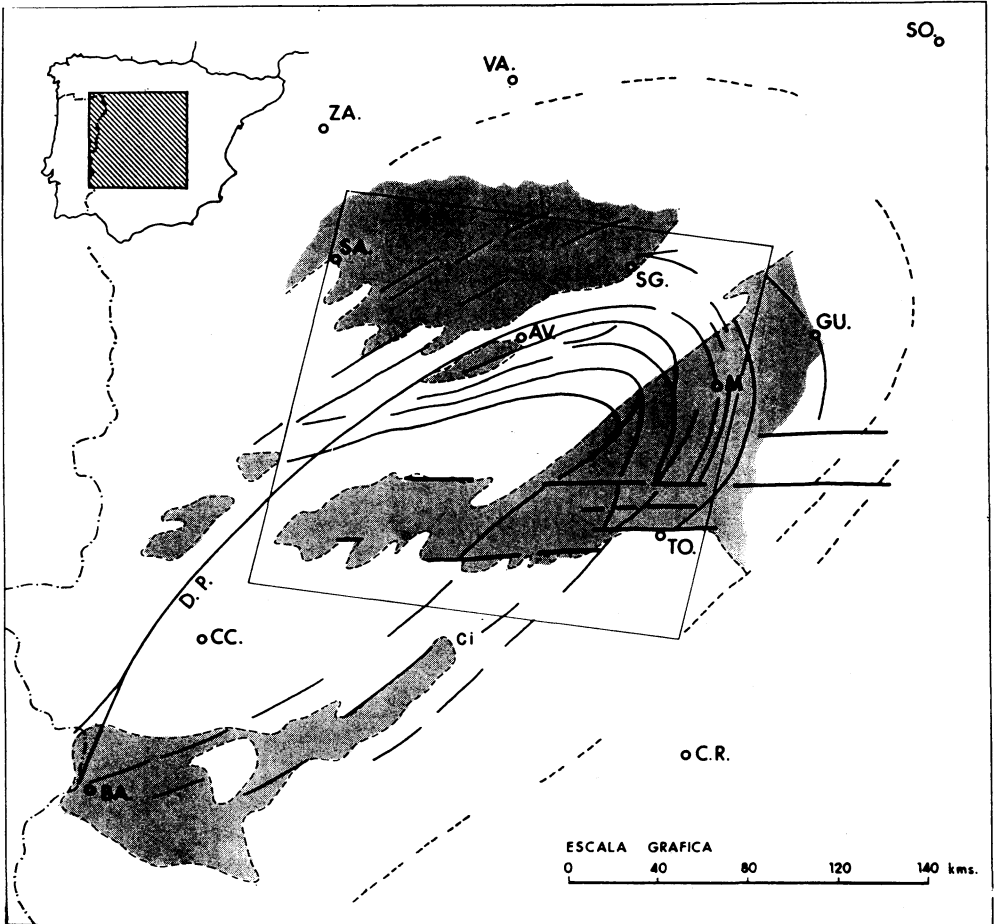


Fig. 3.—Principales alineaciones estructurales definidoras de la Bóveda Castellano-Extremeña, que aparece prácticamente dividida en dos por las alineaciones E-W de la Banda Estructural de Toledo. En gris: principales zonas de cobertura relacionadas con la Bóveda. Las líneas de trazo representan probables alineaciones estructurales más periféricas. La zona recuadrada, en el centro de la figura, corresponde a la representada en las figuras 1 y 2, con los mismos símbolos para las capitales. Además, ZA: Zamora, VA: Valladolid, SO: Soria, GU: Guadalajara, CR: Ciudad Real, CE: Cáceres, BA: Badajoz, Ci: Cijara y D.P.: Dique de Plasencia.

Fig. 2. Reproducción de la figura 3 de Alía (1976), en la que se define la Bóveda Castellano-Extremeña.

empujes verticales o desplazamientos laterales.

#### Comentario

Este modelo, cuidadosamente elaborado, no explica las unidades situadas al oeste de la falla de Plasencia, Sierras de Gata y La Estrella. Por otra parte, los bordes N y S del Sistema Central con su carácter de fallas inversas implican una compresión difícil de situar en la Bóveda justamente en donde deben aparecer estructuras distensivas.

#### 4. *Rhomb-Horst* (Portero y Aznar 1984)

En realidad, esta teoría es una combinación de la anterior —Bóveda castellano Extremeña— y de una nueva unidad denominada «rhomb-horst». Consiste en que el Sistema Central comienza a individualizarse en el Paleoceno mediante el desarrollo de la Bóveda Castellano Extremeña, prosigue en el Eoceno-Oligoceno (fig. 3) acentuándose la bóveda por la compresión NO-SE. Durante el Oligoceno superior y Mioceno inferior se produce el plegamiento fundamental y el relieve más enérgico, comportándose ya, el Sistema Central, como un «rhomb horst» de historia compleja debido al giro de los esfuerzos. Al principio del Mioceno medio continúa el carácter de «rhomb horst», después en el Mioceno medio-superior la sedimentación es expansiva y los relieves creados se erosionan intensamente. Finalmente en el Plioceno hay nuevas fases compresivas, con creación de relieve, y se establecen los actuales límites con las cuencas.

#### Comentario

Este trabajo aporta una evolución dinámica del centro peninsular para los tiempos

terciarios muy interesante. Sin embargo, el modelo no explica las Sierras de Gata y La Estrella. Además no es consistente con algunas de las características morfológicas tales como cuencas intramontanas, basculamientos, etc.

#### 5. *Deformación Distribuida* (Vegas et al. 1986, 1990)

Esta idea supone la existencia de dos fallas preexistentes que con disposición E-W se extienden desde el borde Atlántico hasta la Cadena Ibérica. Del Cretácico superior al Paleógeno actúan como cizallas simples y originan rotaciones dextrales en bloques limitados por fallas de dirección 30° (fig. 4), mientras que del Neógeno a la actualidad funcionan como cizallas puras con esfuerzos N-S que dan lugar a engrosamiento de la corteza inferior, elevación de la corteza superior y consiguiente formación del relieve.

#### Comentario

Esta deformación distribuida explica satisfactoriamente muchas de las peculiaridades morfológicas así como diferentes datos cartográficos (la situación de las cuencas intramontanas, alineaciones de horsts y grabens, rotación dextral de bloques etc.).

Ahora bien esta teoría se basa fundamentalmente en dos puntos: existencia previa de dos cizallas intraplaca y engrosamiento cortical bajo el Sistema Central. Las cizallas, habría que comprobarlas cartográficamente y el engrosamiento se basa en un estudio anterior (VEGAS y SURINACH 1987) válido para una zona de la cadena; habría que comprobar si a lo largo de todo el Sistema Central se produce este fenómeno, como

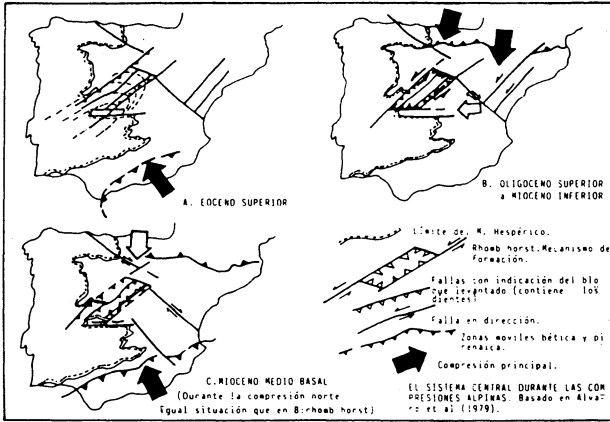


Fig. 3. Situación del «Rhomb Horst», según Portero y Aznar (1984).

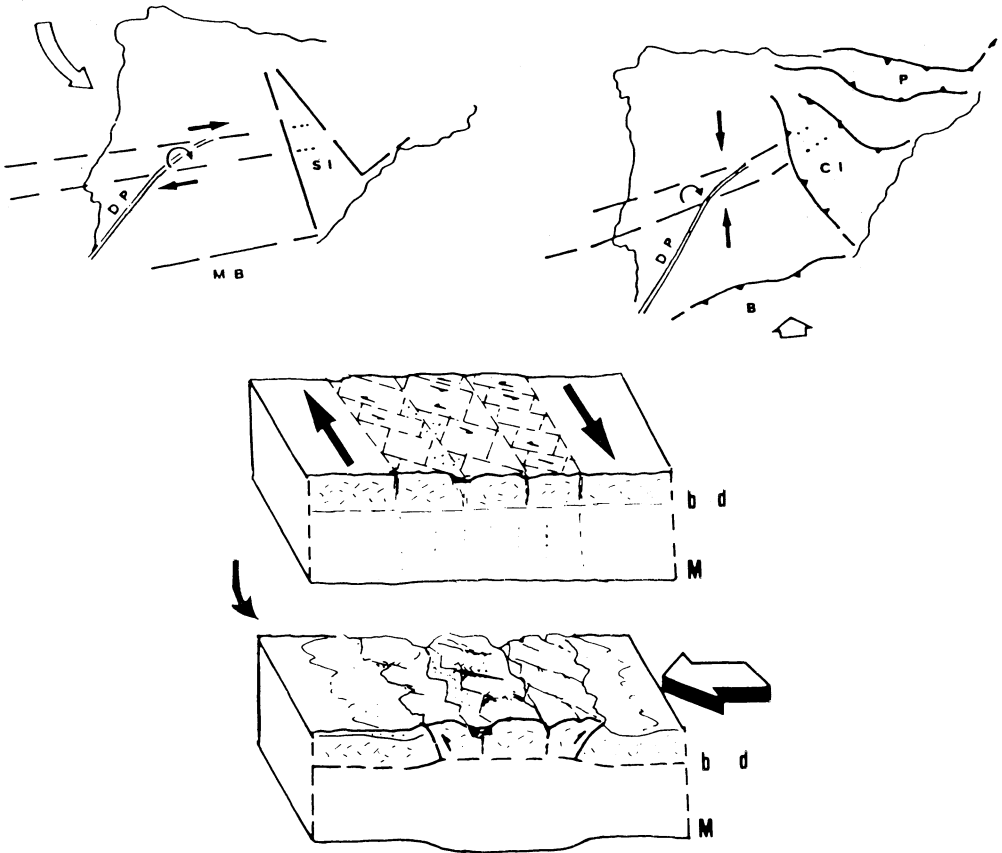


Fig. 4. Modelo de deformación distribuida, (Vegas et alters, 1986, 1990).

consecuencia de esfuerzos alpinos, o bien esto es un resto de raiz hercínica.

## b) Modelos de Tectónica de piel fina

### 1. *Tectónica Cabalgante* (Warburton y Alvarez 1989)

En 1989, con estos autores, se inicia otra línea de investigación basada en la tectónica de piel fina. Aquí ya no interviene toda la corteza, sino solo una fracción de la misma, lo cual implica un nivel de despegue a determinada profundidad dentro de ella.

Basándose en un perfil realizado desde el E de Madrid hasta la Sierra de Pradales (al N de Somosierra) establecen la presencia de un nivel de despegue a una profundidad menor de 10 km. que bajo la compresión alpina produce una imbricación del basamento que a su vez da lugar a una estructura tipo «pop up» que origina la Sierra de Guadarrama (Fig. 5). Este engrosamiento de la corteza no afecta a la Moho. Por otra parte, calculan el acortamiento en 35 km.

#### Comentario

Sin duda este trabajo tiene la virtud de ser el primero que abre una línea de investigación diferente que, inmediatamente despues, ha sido seguida por otros autores. Ahora bien, como modelo que intenta explicar el Sistema Central falla en algunos puntos. Así, en el perfil que dibujan hay datos que se contradicen con los de campo (ejemplo Pliegue de Sepúlveda); la Moho dicen que no está deprimida, cuando según VEGAS y SURIÑACH (1987) tiene una depresión de 3km. Además aquí se explica la zona E del Sistema Central pero no toda la Cordillera.

### 2. *Despegue en el Antepais Alpino* (Ribeiro et alt. 1990)

Siguiendo la línea establecida anteriormente, RIBEIRO et alt. (1990) basándose en el carácter inverso de los contactos del macizo montañoso con las cuencas terciarias circundantes, suponen un despegue a nivel de la Moho que asciende después hasta la superficie y produce una estructura «pop up» (Fig. 6) durante la compresión bética.

#### Comentario

El estudio está realizado en el borde Atlántico de Portugal, por lo tanto su extrapolación a las zonas centrales de la Meseta es una hipótesis de trabajo que tiene que ser comprobada, fundamentalmente por métodos geofísicos.

### 3. *Cabalgamientos Imbricados* (DE VICENTE et alt. 1992)

Mediante el análisis poblacional de fallas, estos autores definen una dirección de compresión de 155° en el Aragoniense medio, calculan el acortamiento en un 11% y suponen que el despegue basal tiene dos tramos a distinta profundidad (Fig. 7), el primero a 16km. y el segundo a 9km. de profundidad respectivamente. El juego de este despegue con otras fallas mas superficiales produce cabalgamientos imbricados que conducen al desarrollo de estructuras «pop up» y «pop down».

#### Comentario

Aunque parten de un buen estudio de las fallas de la zona oriental del Sistema Central, las otras areas - Gredos Gata y La



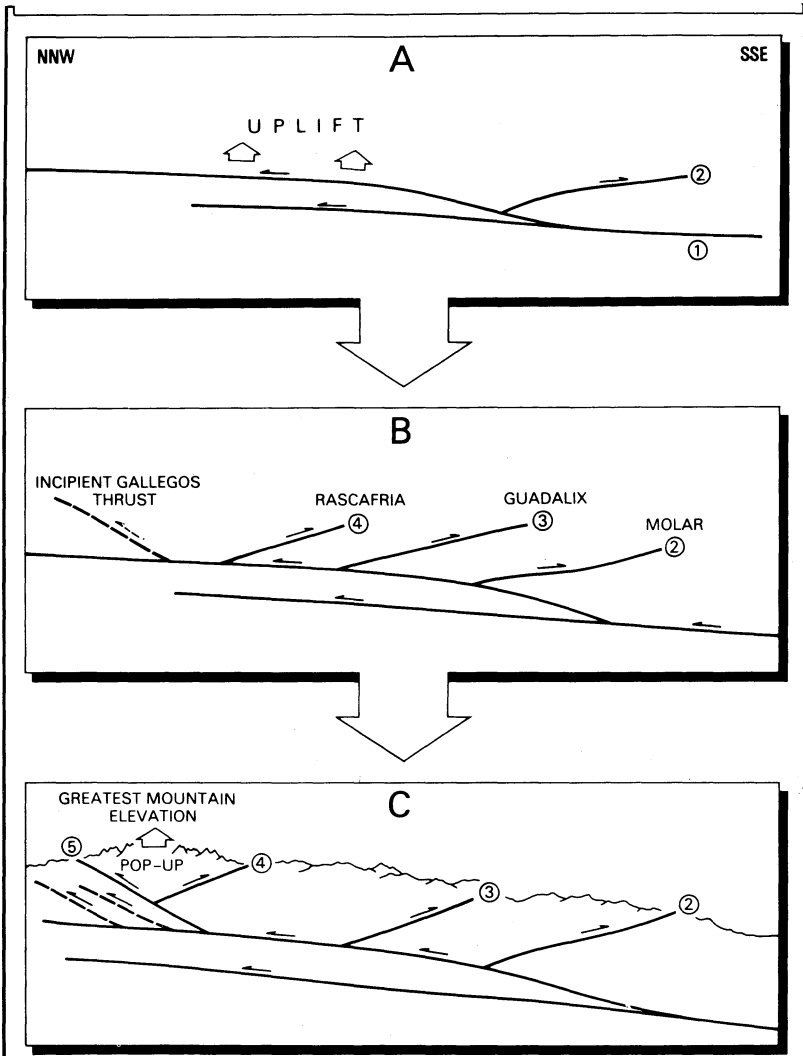


Fig. 5. Despegues bajo el Sistema Central, según Warburton y Alvarez, (1987).

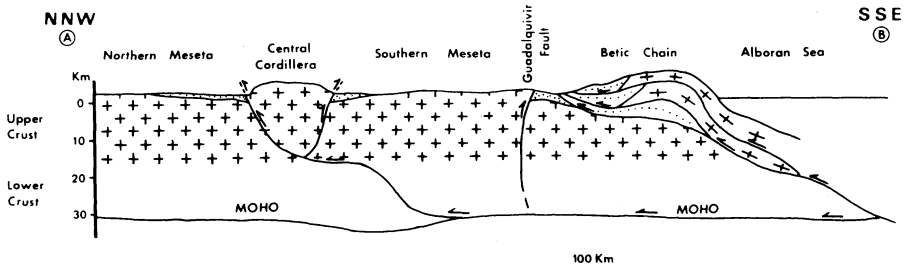


Fig. 6. Estructura del Sistema Central, según Ribeiro et al. (1990).

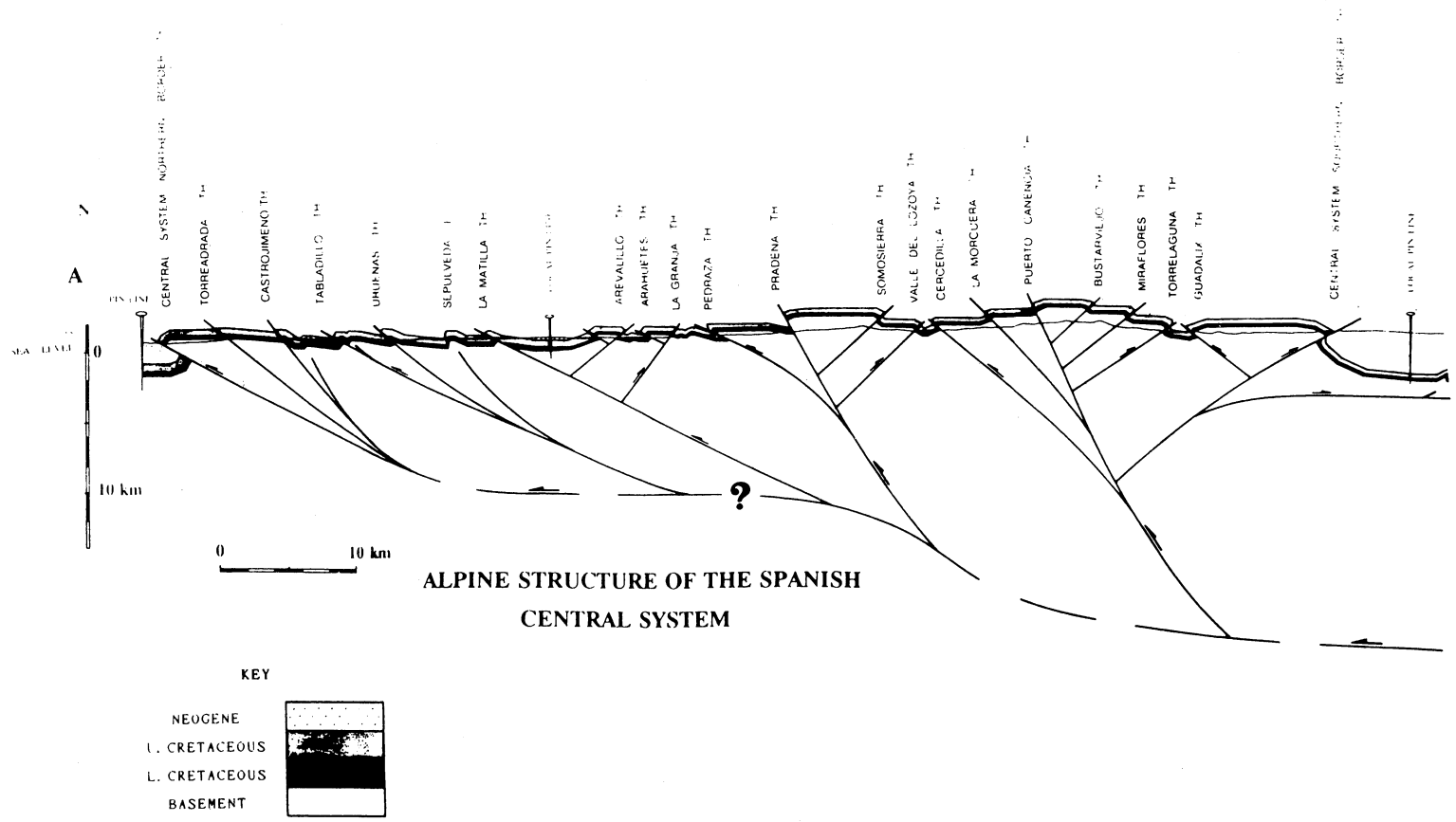


Fig. 7. Despegues bajo el Sistema Central según De Vicente et alters, (1992).

Estrella - no se investigan por lo que el modelo tiene carácter local no general.

## DISCUSION

Después de ver estos modelos se puede decir que gracias a los que han trabajado en ellos, tenemos un conocimiento mas completo del Sistema Central. Pensamos que todavía no hay un modelo definitivo, esencialmente porque faltan por realizar investigaciones geofísicas profundas ( solo el de VEGAS et alt. 1990) tiene en cuenta datos de sísmica profunda) que demuestren claramente la validez de alguno de ellos o bien el establecimiento de uno nuevo. Eso sí, cualquiera intento de explicación del origen de la Cordillera Central tendrá que serlo de su conjunto, desde la Ibérica hasta el Atlánti-

co, considerándola como una unidad aunque, evidentemente, hay zonas que pueden haber evolucionado de distinta manera.

Por otra parte, es fundamental que cualquier modelo tectónico aclare las peculiaridades morfológicas ya que éstas son consecuencia de aquel. Algunos las tienen muy en cuenta, pero otros las eluden por completo. De aquí se infiere la necesidad de una estrecha colaboración entre tectónicos y geomorfólogos.

Finalmente, no debemos olvidar ciertos trabajos que aunque en si mismos no sean un modelo tectónico del Sistema Central Español han contribuido a que otros autores los establecieran tomándolos como punto de partida. Entre ellos merecen destacarse los de ROSALES et alt. (1977), GARRIDO MEGÍAS et alt. (1982) y BABIN et alt. (1993).

## BIBLIOGRAFIA

- ALÍA MEDINA, M. (1976). Una Megaestructura de la Meseta Ibérica: la Bóveda Castellano-Extremena *Estudios Geol.* 32,229-238.Madrid.
- BABIN R.; BERGAMIN, J.; FERNÁNDEZ, C.; GONZÁLEZ CASADO J. M.; HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.; RIVAS, A.; TEJERO, R. y De VICENTE, G. (1993). Modelisation gravimétrique de la structure alpine dun Système Central Espagnol *Bull. Soc. Geol. France*, 164-3; 385-393.
- BIROT, P. y SOLÉ SABARÍS, L. (1954). *Investigaciones sobre morfología de la Cordillera Central Española* C.S.I.C. p 87 Madrid.
- CAPOTE, R., DE VICENTE, G. y González Casado J. M. (1990). Evolución de las deformaciones alpinas en el Sistema Central Español *Geogaceta* 7, 20-22.
- GARRIDO MEGÍAS, A.; ORDOÑEZ, S. y CALVO, J. P. (1983). Nuevas aportaciones al conocimiento geológico de la Cuenca de Madrid *Rev. Mat. Proc. Geol* 1; 163-191.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1923). Edad y origen de la Cordillera Central de la Península Ibérica *Asoc. Esp. Progr. Cienc. Congreso de Salamanca* t 2; 119-135.
- PORTERO J. M. y AZNAR J. M. (1984). Evolución morfotectónica y sedimentación terciarias en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo) *I Congr. Esp. de Geología* t 3; 253-263.
- RIVEIRO A.; KULLBERG M. C.; KULLBERG, J. C.; MANUPPELLA, G. and PHIPPS, S. (1990). A Review of Alpine tectonics in Portugal: Foreland detachment in basement and cover rocks. *Tectonophysics*, 184, 357-366.
- ROSALES F.; CARBÓ A. y CADAVID, S. (1977). Transversal gravimétrica sobre el Sistema Central e implicaciones corticales. *Bol. Geol. y Min.*, 88, 6; 567-573.
- VEGAS R.; VÁZQUEZ, J. T. y MARCOS A. (1986). Tectónica alpina y morfogénesis en el Sistema Central Español: modelo de deformación intracontinental distribuida. *Geogaceta*, 1, 24-25.
- VEGAS R. y SURIÑACH E. (1987). Engrosamiento de la corteza y relieve intraplaca en el centro de Iberia *Geogaceta*, 2, 40-42.
- VEGAS, R.; VÁZQUEZ, J. T.; SURIÑACH, E. &

- MARCOS A. (1990) Model of distributed deformation, block rotation and crustal thickening for the formation of the Spanish Central System. *Tectonophysics*, 184, 367-378.
- VICENTE, G. de; GONZÁLEZ CASADO, J. M.; BERGAMÍN J.; TEJEROR.; BABÍN R., RIVAS A.; ENRILE, J. L. H.; GINER J., SÁNCHEZ, F.; MUÑOZ, A. y VILLAMOR, P. (1992) Alpine structure of the Spanish Central System. *III Congreso Geológico de España, Salamanca, Actas t. 1*, 284-288.
- WARBURTON, J. & ÁLVAREZ, C. (1989). A thrust tectonic interpretation of the Guadarrama Mountains, Spanish Central System. *Libro Homenaje a Rafael Soler (AGGEP)*, pp. 147-155.

*Recibido: 27-VII-94*

*Aceptado: 25-X-94*