

áreas de la plataforma, se generan acumulaciones mixtas con concentraciones de Fe más bien bajas debido a la dilución con material arenoso.

Las características de detalle de las acumulaciones de hierro oolítico y los procesos diagenéticos que las afectan pueden verse en García-Ramos (1978 y 1980).

**Origen del hierro**

Se ha realizado un estudio de microscopía óptica de polarización por transparencia y de reflexión sobre muestras representativas de las acumulaciones de hierro. Los resultados del mismo han sido contrastados mediante difracción de rayos X (método de polvo cristalino) y microanálisis electrónico por dispersión de energía (EDAX). Asimismo se realizaron análisis cuantitativos de Fe y Cr por fluorescencia de rayos X, en muestras de nueve yacimientos de hierro y en un nivel de areniscas no ferruginosas.

La observación por microscopía de reflexión muestra la presencia generalizada, además de hematites, de granos de cromita, ilmenita y magnetita martitizada, tanto en los niveles más ferruginosos como en los ricos en cantos fosfatados. La difracción de rayos X confirma estos datos y detecta además cantidades significati-

vas de sanidina y cristobalita. La cromita presenta en ocasiones exoluciones de ilmenita y transición a ulvospinela cromífera, mientras que la magnetita muestra huellas de martitización por calentamiento.

Por otro lado, los análisis de Cr muestran valores anormalmente altos para una roca detrítica sedimentaria. Existe, por último, una correlación positiva muy neta entre los contenidos en Cr y Fe (fig. 2).

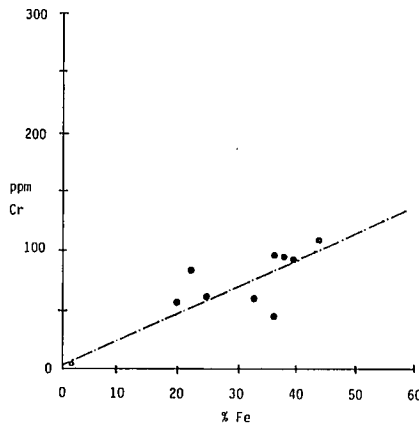


Fig. 2.—Diagrama de correlación entre los contenidos de Cr y Fe.

El conjunto de todos estos criterios apunta a una procedencia del Fe a partir de rocas volcánicas de carácter básico, similares probablemente a las que citan Heinz *et al.* (1985), dentro

de las series del Paleozoico Inferior de la Cordillera Cantábrica. Una buena parte de dicho hierro se originaría probablemente por meteorización subaérea de estas rocas en las áreas continentales situadas hacia el E y NE de los actuales afloramientos (Macizo Asturiano), como sugiere además el aumento de las concentraciones ferruginosas en dicha dirección.

El estudio en lámina delgada muestra también proporciones relativamente elevadas de ortosa y microclima autógenas, formadas a partir de soluciones ricas en potasio liberadas durante el proceso de alteración antes aludido. Se sugiere asimismo una procedencia volcánica para el fosfato.

En nuestra opinión cabe la posibilidad de que otros depósitos de hierro oolítico de la Península, como los del Ordovícico y Jurásico, tengan un origen similar, dado que existen manifestaciones volcánicas coetáneas.

**Referencias**

García-Ramos, J. C. (1978): *Trabajos de Geología*. Univ. de Oviedo, 10, 195-247.  
 García-Ramos, J. C. (1980): *Rev. Inst. Invest. Geol.* Diput. Prov. Univ. Barcelona, 34, 281-292.  
 Heinz, W.; Loeschke, J., y Vavra, G. (1985): *Geol. Rundschau*, 74, 623-639.

Recibido el 10 de febrero de 1987  
 Aceptado el 17 de febrero de 1987

## Engrosamiento de la corteza y relieve intraplaca en el centro de Iberia

R. Vegas. Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.  
 E. Suriñach. Cátedra de Geofísica. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

**ABSTRACT**

*A moderate thickening of the crust beneath the Spanish Central System has been determined by means of a wide angle seismic experiment. The value of this thickening — 5 km in form of 3 km of the Moho topography, 2 km of surface relief — is coherent with the surface model of intracontinental distributed deformation already described. In addition, the present model is in agreement with the intraplate uplift, the reverse faults that bound the relief and to some extent with the intraplate shortening of Iberia.*

Vegas, R. y Suriñach, E. (1987): Engrosamiento de la corteza y relieve intraplaca en el centro de Iberia. *Geogaceta*, 2, 40-42.

**Key words:** *Crustal thickening, intraplate uplift, central Iberian Peninsula.*

Las características generales de la corteza hercínica del centro de Iberia han sido descritas recientemente (Banda *et al.*, 1981) y son comparables a las de otras áreas del cinturón hercínico europeo. No obstante, al constituir Iberia un dominio tectónico a escala subcontinental durante su evolución alpina, es posible imaginar que una parte de la deformación alpina de tipo intraplaca ha sido acomodada en el conjunto de la corteza hercínica del interior del referido dominio tectónico. Así esta deformación intraplaca ha sido descrita en términos de la evolución geodinámica alpina de Iberia (Vegas y Banda, 1982; Vegas, 1985); si bien no se conoce la respuesta del interior de la corteza a este tipo de deformación intraplaca de moderada intensidad.

En un intento de establecer una relación contrastada entre las características de la corteza hercínica y la deformación intraplaca concomitante del centro de Iberia hemos diseñado un experimento de sismica de gran ángulo en relación con las diferentes provincias morfoestructurales del centro del Macizo Hespérico. La interpretación de los primeros datos de este experimento nos ha permitido establecer para el área del Sistema Central un modelo de corteza con ciertas diferencias en cuanto a espesor y a la disposición de las capas definidas frente al modelo establecido para las áreas peneplanizadas contiguas (Suriñach y Vegas, en prensa). En este artículo se intenta precisamente establecer una relación entre el relieve del Sistema Central y la variación lateral de la corteza hercínica, así como el significado geodinámico y las consecuencias morfoestructurales de esta variación lateral.

#### Modelo de corteza en el Sistema Central

El modelo que presentamos en este trabajo ha sido obtenido mediante la interpretación de una serie de perfiles sísmicos profundos dispuestos en sentido radial respecto a un origen común en la cantera de la compañía Cementos Asland en Yepes (Toledo), cuyas voladuras han suministrado la energía requerida para la realización del experimento. Una descripción detallada de la obtención del modelo de

corteza está en curso de publicación (Suriñach y Vegas, en prensa). La figura 1 muestra las características principales de la corteza hercínica en un perfil que cruza la Cuenca de Madrid, el Sistema Central y termina en la Cuenca del Duero, entre las localidades de Yepes y Salamanca.

En el propósito de este artículo consideramos de interés geodinámico resaltar en el modelo de corteza presentado en la figura 1 los siguientes puntos: 1) El engrosamiento de la corteza inferior mediante el levantamiento de su límite superior en 2 km y el descenso de 3 km del límite-corteza manto; 2) el ascenso de la corteza superior concomitante con el ascenso de la corteza inferior y mantenido en el espacio ocupado por el Sistema Central; 3) la coincidencia entre el ascenso brusco de las capas de la corteza y los bordes del relieve del Sistema Central. Este último aspecto ha sido contrastado expresa-

#### Consecuencias tectónicas y morfogénicas

La primera consecuencia del modelo presentado es la sustentación isostática del relieve del Sistema Central. Este soporte se realiza mediante el aumento moderado de 5 km de espesor de la corteza respecto a las cuencas neógenas y las áreas peneplanizadas contiguas. En el cómputo de este engrosamiento es preciso distinguir los 3 km de descenso del Moho y los 2 km, en media aproximada, de la elevación de la superficie para formar la cadena de montañas.

Por otra parte, el ascenso (acortamiento) de la corteza superior, de naturaleza frágil, ha de relacionarse causalmente con la formación del relieve en bloques que caracteriza esta cadena interior de la Península Ibérica. En este contexto, la formación de fallas de tipo inverso, conocidas desde antiguo en los bordes de la

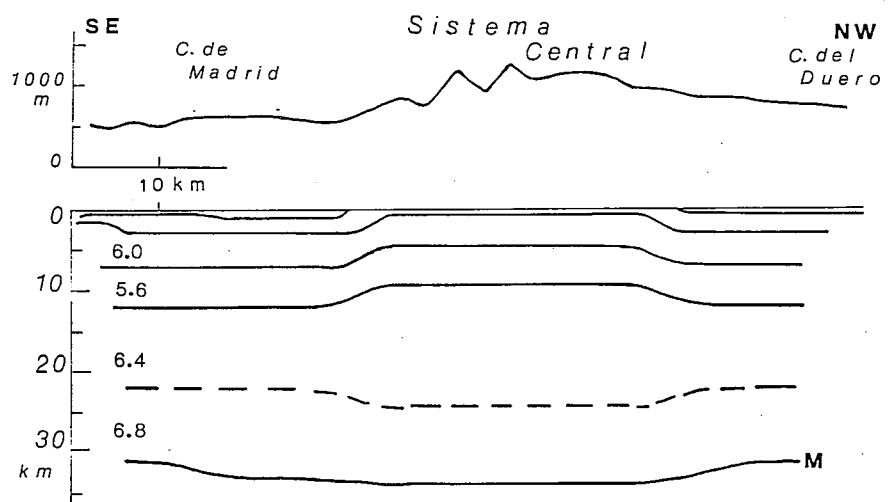


Fig. 1.—Modelo de corteza en un perfil transversal al Sistema Central, la Cuenca de Madrid y la Cuenca del Duero. Los números en las capas de la corteza indican velocidades de las ondas P en km/seg. Nótese la coincidencia entre los relieves del Sistema Central y las deformaciones de las capas de la corteza.

mente mediante perfiles sísmicos de corta extensión paralelos al perfil principal interpretado en la figura 1. Por otra parte es importante resaltar que, al igual que en el perfil aquí representado, los otros perfiles interpretados en el experimento antes referido no presentan este moderado engrosamiento de la corteza, aunque la estructura general es la misma al cruzar las otras provincias morfotectónicas.

cadena, supone la solución geométrica más simple al problema de espacio creado por el ascenso brusco de la corteza en los bordes de la zona de engrosamiento de la corteza (ver figuras 1 y 2). En este mismo ambiente tectónico la extensión en profundidad de las fallas que compartimentan los bloques del relieve debe ser limitada a la parte superior de la corteza, es decir, hasta los 10 km de profundidad bajo el Sistema Central.

En cuanto a la *corteza inferior* aquí considerada su comportamiento *dúctil* explica la acomodación del acortamiento mediante un engrosamiento globalizado. No obstante, la topografía del Moho es mucho más suavizada abarcando parte de la Cuenca de Madrid (fig. 1).

**Significado geodinámico**

No cabe duda de que el engrosamiento moderado de la corteza hercínica en el centro de Iberia es consecuencia de un evento tectónico alpino.

la «flotabilidad» de los bloques rotados del relieve sobre la corteza inferior, tal como predicen McKenzie y Jackson (1986) en sus modelos de deformación en bloques por fracturación.

**Consideraciones finales**

El mecanismo de engrosamiento cortical aquí expuesto contribuye al conocimiento de la formación de los relieves intraplaca y posibilita la cuantificación de estos procesos dinámicos. Por otra parte, esta relación entre geofísica profunda y tectónica de

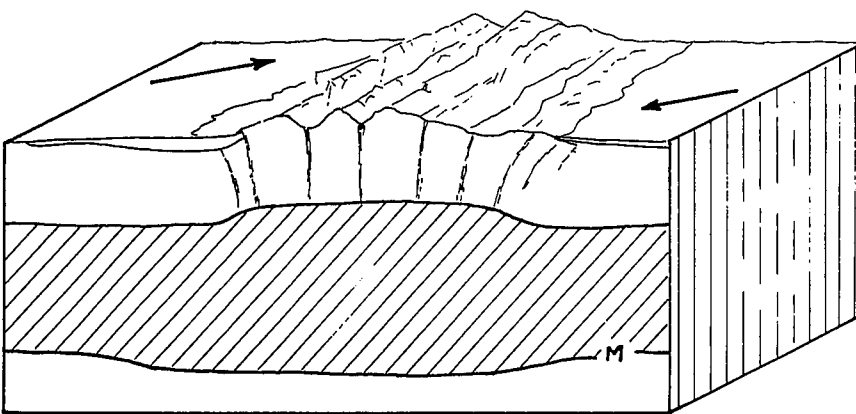


Fig. 2.—Modelo conceptual de la formación de los relieves del Sistema Central en el contexto de la deformación de la corteza en una zona de cizalla intraplaca. El rayado oblicuo representa la corteza inferior.

Esta afirmación se basa en la desaparición de las raíces orogénicas en las demás áreas del cinturón hercínico europeo no afectadas por la reestructuración alpina; pero, además, en este caso existe una perfecta correlación entre deformación superficial —relieve— y engrosamiento de la corteza. En este sentido el aumento de espesor de la corteza y la formación del relieve han de ser contemplados como parte del proceso intraplaca de deformación distribuida referido a una zona de cizalla intracontinental, cuya actividad se extiende desde el Cretácico Superior hasta el Terciario Medio (cfr. Vegas *et al.*, 1986). Así pues, el modelo propuesto por estos autores puede ser completado en tres dimensiones de forma tal que la componente compresiva de la zona de cizalla causa el acortamiento moderado de la corteza (fig. 2). Este modelo tridimensional permite ajustar además

superficie supone un avance en la comprensión geodinámica de la fisiografía de la Península Ibérica.

Este trabajo es parte del Proyecto 2096-83 subvencionado por la CAICYT. Contribución núm. 286 de la Cátedra de Geofísica.

**Referencias**

Banda, E.; Suriñach, E.; Aparicio, A.; Sierra, J., y Ruiz de la Parte, E. (1981): *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 67, 779-789.  
 McKenzie, D. y Jackson, R. (1986): *J. Geol. Soc. London*, 143, 349-354.  
 Suriñach, E. y Vegas, R. (en prensa): *Phys. Earth Planet. Interiors*.  
 Vegas, R. (1985): *Mecanismo de los terremotos y tectónica*, Publ. de la Univ. Complutense.  
 Vegas, R. y Banda, E. (1982): *Earth Evol. Sc.*, 4, 320-343.

Vegas, R.; Vázquez, J.-T., y Marcos, A. (1986): *Geogaceta*, 1, 24-25.

Recibido el 10 de febrero de 1987  
 Aceptado el 17 de febrero de 1987

**Comentarios**

A. Castro.—Las fallas inversas a las que hace referencia, ¿son fallas tardihercínicas reactivadas o son, por el contrario, fallas desarrolladas en la época alpina?

Respuesta.—En el modelo de deformación por cizalla distribuida (Vegas *et al.*, 1986, *Geogaceta* 1) suponemos como zonas de falla de edad alpina las bandas longitudinales de fracturación correspondientes a las depresiones y cuencas asentadas en el sentido de la cadena. En estas zonas de fracturación longitudinales se produce la interferencia con fallas prealpinas que compartimentan bloques rotados. Las fallas inversas de las bandas de la cadena pueden representar segmentos de estas fallas tardihercínicas que limitan bloques rotados.

A. Pérez González.—¿Cuál es el significado geodinámico reciente del modelo propuesto de evolución de la corteza del Sistema Central?

Respuesta.—Los movimientos recientes detectados en formas o en materiales plio-cuaternarios deben corresponder a reajustes de la cadena. El engrosamiento de la corteza en la zona de cizalla intraplaca ha debido producir el suficiente refuerzo de la corteza para alcanzar la estabilidad tectónica en el Mioceno Medio a Superior. La falta de sismicidad actual supondría una continuidad hasta el presente de la estabilidad tectónica.

C. Martín Escorza.—¿Qué relación tiene la estructura propuesta con la Bóveda Castellano-Extremeña definida por Alia, 1976?

¿Qué criterios han llevado a los autores para desechar una dinámica extensional en los bordes del engrosamiento y considerar el ajuste a la elevación con la ya conocida existencia de fallas inversas a lo largo de muchos tramos de los bordes del Sistema Central?

Respuesta.—La zona de cizalla descrita por Vegas *et al.*, 1985 (*Geogaceta*, 1), en la cual se produce el engrosamiento cortical, contrastado experimentalmente, se dispone de manera oblicua respecto a la «bóveda» Castellano-Extremeña supuesta por M. Alia.

Las fallas inversas observadas en el campo son interpretadas aquí como la solución geométrica más simple al problema de espacio creado en la corteza superior frágil por el ascenso de la corteza inferior de naturaleza dúctil.