

## Sobre el tipo del metamorfismo regional progresivo hercínico en el Guadarrama oriental (Sistema Central español).

por J.-P. BARD \*, R. CAPDEVILA \* y PH. MATTE \*\*

### RESUMEN

Discusión sobre el tipo del metamorfismo regional progresivo hercínico del Guadarrama oriental. Se trata de un tipo intermedio de baja presión, con distena, muy parecido a los tipos que ya se conocen en Galicia, Portugal y Sur de la Península.

### RÉSUMÉ

Discussion sur le type du métamorphisme régional progressif hercynien du Guadarrama oriental. Il s'agit d'un type intermédiaire de basse pression, à disthène, très semblable à ceux que l'on connaît déjà en Galice, au Portugal et dans le Sud de la Péninsule.

A mediados de 1970 publicamos una corta nota sobre los grandes rasgos estratigráficos, tectónicos, metamórficos y plutónicos de las sierras de Gredos y Guadarrama (sistema central). En este trabajo preliminar concluíamos el párrafo sobre el metamorfismo hercínico diciendo que *en el sistema central*, el metamorfismo oscila dentro de los tipos intermedios de baja presión y que, para las asociaciones epi- y mesozonales contemporáneas o ligeramente tardías respecto a la segunda fase tectónica hercínica, se puede deducir un gradiente geotérmico *medio* del orden de  $35 \pm 5^\circ\text{C}/\text{km}$ .

Posteriormente a la publicación de nuestra nota, varios investigadores del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad de Madrid, han presentado, en el número de septiembre de 1970 de Estudios Geológicos, una serie de interesantes trabajos sobre el metamorfismo hercínico de diferentes sectores del Sistema Central. La mayoría de los datos aportados por estos trabajos parecen estar de acuerdo con los nuestros.

\* Laboratoire de Pérologie, Faculté des Sciences, 34, Montpellier, France.

\*\* Laboratoire de Géologie Structurale, Faculté des Sciences, 34, Montpellier, France.

En una de estas notas, sin embargo, los autores (FÚSTER y GARCÍA CACHO, 1970) concluyen de manera diferente a la nuestra a propósito del tipo de metamorfismo de una pequeña región situada al Este de Somosierra.

Para los señores FÚSTER y GARCÍA CACHO: "el metamorfismo del Guadarrama oriental... tiene grandes analogías con el metamorfismo barrowiense... y se ha realizado... con desarrollo de gradientes geotérmicos mucho menos elevados que los que consideran BARD *et al.* (1970)". Nuestro propósito en este trabajo es discutir las afirmaciones de estos autores.

### NOMENCLATURA

Muchas discusiones científicas teniendo por base interpretaciones diferentes de la nomenclatura, conviene empezar recordando ciertas definiciones.

#### *Metamorfismo barrowiense*

En la región tipo de los Grampian Highlands de Escocia (BARROW, 1893, 1912; TILLEY, 1925; HARKER, 1932; WISEMAN, 1934; KENNEDY, 1948; SNELLING, 1957; CHINNER, 1960, etc...) las variaciones mineralógicas progresivas en las rocas pelíticas son las siguientes:

Clorita (+), cloritoide (+), biotita (+), almandino (+), distena (+), estaurolita (+), cloritoide (—), clorita (—), estaurolita (—), silimanita (+) y distena (—).

Las características principales de este metamorfismo son:

— La importancia de las zonas del almandino y de la distena (sin estaurolita).

— La poca potencia de la zona de la estaurolita (muchas veces ni se representa en los mapas).

— La precocidad de la distena que aparece en la parte profunda de la zona del almandino, es decir, en la base de la facies de los esquistos verdes.

— Y la ausencia de cordierita.

### *Tipos de metamorfismo intermedios de baja presión*

Son los tipos cuyos gradientes son intermedios entre los de los modelos Barrow y Abukuma. Por consiguiente, todos los tipos de metamorfismo *con distena* que sean de presión más baja que el barrowiense deben de ser incluidos en los tipos intermedios de baja presión.

### DISCUSIÓN SOBRE EL TIPO DE METAMORFISMO EN EL GUADARRAMA ORIENTAL

En el Guadarrama oriental las variaciones mineralógicas progresivas en las rocas pelíticas son las siguientes:

Clorita (+), cloritoide (+), biotita (+), granate (+), clorita (—?), estaurolita (+), cloritoide (—), distena (+), estaurolita (—), silimanita (+), distena (—), cordierita (+) y moscovita (—).

No se conoce aún la composición del granate de bajo grado, puede ser un pyralspito rico en espartina.

Las diferencias entre esta serie progresiva y la del barrowiense tipo son importantes:

— La zona del granate, que aflora sobre varios miles de km<sup>2</sup> en Escocia, es tan pequeña en el Guadarrama que J.-M. FÚSTER y L. GARCÍA CACHO no han juzgado necesario representarla en su mapa.

— La zona de la distena "con representación espacial relativamente reducida" según los mismos autores, no tiene punto de comparación con la potencia que tiene en Escocia.

— En cambio, la zona de la estaurolita que suele ser tan reducida en el tipo barrowiano, conoce un desarrollo importantísimo en el Guadarrama oriental, según el propio mapa de J.-M. FÚSTER y L. GARCÍA CACHO.

La poca potencia de las zonas del granate y de la distena en el Guadarrama oriental, sumada al desarrollo importante de la zona de la estaurolita *son suficientes para demostrar que el tipo de metamorfismo de la región discutida es de presión bastante inferior a la del tipo barrowiense y por lo tanto se trata de un tipo intermedio de baja presión.*

Esta conclusión puede confirmarse con los datos siguientes:

— Al Oeste de la zona de la distena, en el anticlinal de Horcajuelo de la Sierra, la isograda moscovita (—) sigue rápidamente la aparición de la silimanita. En condiciones de  $P_{H_2O} \approx P_L$  la desaparición precoz de la moscovita es característica de los metamorfismos de muy baja presión. En todo el Sistema Central, existen evidencias de que a partir de la formación de la silimanita  $P_{H_2O}$  es inferior a  $P_L$ , pero esta diferencia en las presiones es incapaz de explicar

a ella sola la destrucción precoz de la moscovita en un metamorfismo de tipo barrowiano, y hay que admitir por lo tanto una  $P_L$  inferior a la de este tipo.

— Inmediatamente al Sur de la región descrita por J.-M. FÚSTER y L. GARCÍA CACHO, se encuentra el terreno estudiado por R. C. HEIM quien describió por la primera vez en 1952, la zona de la distena que estamos aquí discutiendo.

Si se miran los cuadros n.º 1 a 5 y el mapa 1 del trabajo de R. C. HEIM se ve claramente que:

— La estaurolita desaparece dentro de la zona de la silimanita.

— La cordierita aparece antes que la silimanita.

— La andalucita (metaestable) existe dentro de la zona de la silimanita.

— Existe en ciertos casos hyperstena aparentemente estable con la biotita.

Las tres primeras observaciones que indican presiones inferiores a las del barrowiano, la última que  $P_{H_2O}$  era inferior a  $P_L$  en los altos grados del metamorfismo.

— Los señores FÚSTER y GARCÍA CACHO no han encontrado cordierita. Este mineral existe al SSW de Robregordo, en neises con cuarzo, oligoclasa, ortosa, biotita, cordierita y silimanita. En ciertos casos se añaden algunos cristales metaestables de andalucita y almandino.

Muy cerca de la zona de la distena, en Horcajuelo de la Sierra, existen en los neises de silimanita, minerales completamente pinitizados que por las formas que presentan hacen que los atribuyamos a cordierita.

La presencia de cordierita en la zona de la silimanita es también un criterio de presión inferior a la del tipo barrowiano.

— Otra observación importante para la determinación del gradiente es la existencia, en la zona de la silimanita, de neises de tipo kinzigítico, con biotita, cordierita y almandino. Una tal asociación, según los datos experimentales de A. HIRSCHBERG y H. G. F. WINKLER (1968), sólo puede existir en condiciones de  $P_{H_2O}$  y  $P_L$  relativamente bajas. Estos datos están de acuerdo con la ocurrencia de esta asociación en varias regiones en las cuales el metamorfismo es considerado como intermedio de baja presión (Macizo central Francés, Bretaña meridional, Pirineos orientales, Selva Negra, etc...).

— La existencia de estaurolita muy próxima a la silimanita según J.-M. FÚSTER y L. GARCÍA CACHO y nosotros mismos, o incluso en la zona de la silimanita según R. C. HEIM, indica que la curva representativa del gradiente geotérmico debía pasar muy cerca del punto triple de  $Al_2SiO_5$ , sobre todo cuando se sabe que las presiones de agua débiles inestabilizan la estaurolita (G. GUITARD, 1965).

## CONCLUSIONES

Todos los datos que poseemos actualmente indican, pues, que el metamorfismo hercínico de la región estudiada por los señores FÚSTER y GARCÍA CACHO es del tipo intermedio de baja presión, probablemente muy próximo a los tipos con distena ya conocidos en Portugal (WESTERVELD *et al.*, 1956), en el sector de Badajoz-Córdoba (BARD, 1969) y en Galicia (CAPDEVILA, 1969).

Naturalmente el gradiente geotérmico puede ser un poco inferior, en esa región precisa, a el de  $35 \pm 5$  °C/km que hemos propuesto como término medio para el conjunto del Sistema Central. Un valor del orden de unos 30 °C/km nos parece razonable teniendo en cuenta que la potencia existente entre las isogradas estaulolita (+) y silimanita (+) es de aproximadamente 2.000 m, y que según el propio mapa de J.-M. FÚSTER y L. GARCÍA CACHO, la potencia existente entre las isogradas estaulolita (+) y estaulolita (—) es como máximo de 1.700 m.

La presente nota no cierra de todas formas la discusión. El metamorfismo del Sistema Central tiene características polifásicas y plurifaciales que quedan por estudiar en función de las deformaciones hercínicas.

Sin embargo, un resultado importante parece estar definitivamente adquirido: hace unos años se pensaba que el metamorfismo hercínico era exclusivamente de baja presión con andalucita y cordierita (ZWART, 1967), los trabajos del Prof. FÚSTER y de su equipo tienden a demostrar, como los nuestros, que en realidad lo que caracteriza el metamorfismo de la cordillera hercínica son sobre todo las variaciones rápidas, en el espacio y en el tiempo, del gradiente geotérmico (CAPDEVILA, 1969; BARD *et al.*, 1971).

Lo importante durante los próximos años será de demostrar cuáles son las causas de estas variaciones del gradiente geotérmico y porqué existen tan grandes diferencias entre el metamorfismo hercínico y el de otros cinturones orogénicos más recientes. No dudamos en que el estudio pormenorizado del Guadarrama oriental nos ayude a resolver estos problemas.

Montpelier, 28 de enero de 1971.

## BIBLIOGRAFIA

BARD, J. P. (1969): Le métamorphisme régional progressif des Sierras d'Aracena en Andalousie occidentale (Espagne). Sa place dans le segment sud-Ibérique. Thèse, Montpellier, 1-398.

BARD, J. P., CAPDEVILA, R., y MATTE, PH. (1970): Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, métamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et de Guadarrama. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 270, 2630-2633.

— (1971): La structure de la chaîne Hercynienne de la Meseta Ibérique: comparaison avec les segments voisins. Symposium sur l'histoire structurale du Golfe de Gascogne. *I.F.P. et C.N.E.X.O.*, Paris, 1970 (en publicación).

BARROW, G. (1893): On an intrusion of muscovite-biotite-gneiss in the south-eastern Highlands of Scotland, and its accompanying metamorphism. *Quart. J. Geol. Soc.*, Londres, 49, 330-358.

— (1912): On the geology of Lower Dee-side and the southern Highland border. *Proc. Geol. Ass.*, Londres, 23, 272-290.

CAPDEVILA, R. (1969): Le métamorphisme régional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice nord orientale (Nord Ouest de l'Espagne). Thèse, Montpellier, 1-430.

CHINNER, G. A. (1960): Pelitic gneisses with varying ferrous/ferric ratios from Glen Clova, Angus, Scotland. *J. Petrol.*, 1, 178-217.

FÚSTER, J.-M., y GARCÍA CACHO, L. (1970): Sobre el metamorfismo regional progresivo en el Guadarrama oriental (Sistema central Español). *Est. Geol.*, Madrid, 26, 3, 327-329.

GUITARD, G. (1965): Associations minérales, subfaciès et types de métamorphisme dans les micaschistes et les gneiss pélitiques du massif du Canigou (Pyrénées orientales). *Bull. Soc. Géol. France*, 7, 7, 356-382.

HARKER, A. (1932): *Metamorphism*. Methuen and Co., Londres.

HEIM, R. C. (1952). *Metamorphism in the Sierra de Guadarrama*. Thèse, Utrecht, 1-69.

HIRSCHBERG, A., y WINKLER, H. (1968): Stabilitätsbeziehungen zwischen chlorit, cordierit und almandin bei der metamorphose. *Contrib. Min. Petrol.*, 18, 17-42.

KENNEDY, W. Q. (1949): Zones of progressive regional metamorphism in the Moine schists of the Western Highlands of Scotland. *Geol. Mag.*, G.-B., 86, 1, 43-56.

SNELLING, N. J. (1957): Notes on the petrology and mineralogy of the Barrovian metamorphic zones. *Geol. Mag.*, G.-B., 94, 297-304.

TILLEY, C. E. (1925): A preliminary survey of metamorphic zones in the southern Highlands of Scotland. *J. Geol. Soc.*, Londres, 81, 100-112.

WESTERVELD, J. *et al.* (1956): Roches éruptives, gites métallifères et métamorphisme entre Mangualde et le Douro dans le Nord du Portugal. *Geol. Mijnb.*, 18, 94-105.

WISEMAN, J. (1934): The central and south-west Highlands epidiorites: a study in progressive metamorphism. *Quart. J. Geol. Soc.*, Londres, 90, 354-417.

ZWART, H. (1967): The duality of orogenic belts. *Geol. Mijnb.*, 46, 8, 283-309.