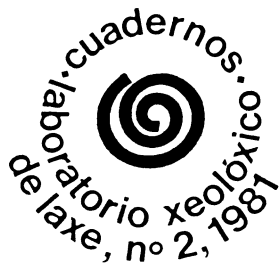


# Sobre el metamorfismo en los sectores occidentales de Gredos.

UGIDOS, J. M. (\*)



## RESUMEN

En el conjunto occidental de Gredos, el metamorfismo alcanza su máxima intensidad tardiamente respecto a las últimas fases de deformación llegando a la producción de migmatitas cordieríticas. Se encuentran también granoblastitas con la asociación cuarzo-sillimanita-biotita-cordierita-feldespato potásico. Ambos tipos de rocas están relacionados con grandes masas de magmas graníticos calcoalcalinos cuyas intrusiones afectaron a rocas previamente metamorfozadas y deshidratadas. Las condiciones de P y T mínimas se sitúan próximas a los 4 Kb y 750 °C para  $PH_2O$  inferiores a  $P_t$ .

Se descarta la posibilidad de que las migmatitas cordieríticas representen restitas originadas por la migración de leucosomes graníticos ya que su composición química es similar a la de esquistos y pizarras de bajo grado metamórfico.

## ABSTRACT

The highest metamorphic conditions are reached in western areas of Sierra de Gredos after main hercynian folding phases and cordierite bearing migmatites are developed at this time. Granoblastites with the paragenesis: quartz-biotite-sillimanite-cordierite-K feldspar are also found. Both types of rocks are related with large volumes of calcoalcaline intrusions which affected previously metamorphized and dehydrated rocks. Minimum P-T metamorphic conditions are approximate to 4 Kb and 750 °C for  $PH_2O$  lower than  $P_t$ .

Cordierite bearing rocks are not restites since their chemical compositions are quite similar to compositions of slates and schists.

La región a la que se hace referencia se extiende desde Plasencia y áreas próximas del N. de la provincia de Cáceres hasta los dominios occidentales y suroccidentales de la provincia de Avila, ocupando también los sectores surorientales de la provincia de Salamanca.

De acuerdo con los datos conocidos hasta el momento, el metamorfismo se inicia asociado a la fase de plegamiento que desarrolló la esquistosidad principal y llega a estadios térmicos en los que tiene lugar la formación de sillimanita plegada posteriormente por fases tardías. A esta misma etapa metamórfica deben pertenecer otros minerales como estauroilita, de carácter relicto y desestabilizada a andalucita y biotita (GARCIA DE FIGUEROLA y FRANCO, (1975), así como distena, de carácter también residual (BABIN, 1974, 1975). Si bien este último mineral puede haberse desarrollado bajo condiciones metamórficas antehercínicas (BABIN, op. cit.), cabe atribuir su génesis al metamorfismo hercínico ya que en otras áreas del Sistema Central español se ha señalado la presencia de distena asociada a los estadios metamórficos tempranos (FUSTER y GARCIA CACHO, 1970; GARCIA CACHO, 1973; FUSTER et al, 1974; LOPEZ RUIZ et al, 1975).

Por otra parte esta etapa metamórfica de probables condiciones de presión y temperatura próximas a intermedias ha llegado a producir fenómenos anatécticos como lo demuestra la presencia de rocas migmatíticas plegadas (UGIDOS, 1974; BABIN, op. cit.).

A este primer metamorfismo se superponen nuevas condiciones propias de un metamor-

(\*) Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias. Salamanca.

fismo de baja presión según se ha señalado en varias ocasiones para distintas áreas (UGIDOS, op. cit.; BABIN, op. cit.; FRANCO, 1980) dentro del conjunto considerado.

Bajo estas nuevas condiciones tienen lugar los siguientes efectos:

a. Modificación de las paragénesis metamórficas iniciales, conservándose relictos de las mismas, hacia paragénesis propias de mayor temperatura y más baja presión.

En los sectores occidentales de Gredos no ha sido observada la transformación de distena en andalucita o sillimanita como se señala en los dominios orientales del Sistema Central español (ARENAS et al. 1980), si bien es probable que tal transformación haya tenido lugar y sea la causa que origina los nódulos de fibrolita que se encuentran en los primeros.

En cualquier caso, en todo el Sistema Central es constante la modificación de las condiciones metamórficas propias de metamorfismos intermedios a condiciones de baja presión y alta temperatura (FUSTER et al, op. cit.; UGIDOS y BEA, 1979).

b. Eliminación parcial o total, según los casos, de las estructuras de plegamiento relacionadas con las condiciones metamórficas tempranas y desarrollo de migmatitas nebulíticas ricas en cordierita con variables contenidos en restos de dichas estructuras. En relación con este proceso se ha producido la formación de cordierita en los enclaves de los leucogranitos tempranos y probable removilización, al menos parcial, de los mismos. Debe señalarse, en este sentido, que la cordierita asociada a los enclaves o restos metamórficos de los leucogranitos no se aprecia como deformada (BABIN, op. cit., UGIDOS, este volumen).

c. En algunas localidades se han encontrado rocas cuyas composiciones mineralógicas y texturas indican condiciones de presión y temperatura propias de las facies de las corneanas piroxénicas o de facies de granulitas de baja presión (UGIDOS, op. cit.; FRANCO, op. cit.). Estas rocas se sitúan espacialmente en la proximidad, y sólo en ella, de las grandes masas de granitos calcoalcalinos por lo que cabría la denominación de corneanas para las mismas, aceptando la connotación genética de tal término. Sin embargo, las condiciones de presión bajo las que se han formado son superiores a las propias de las facies de corneanas por lo que tendría más sentido, desde este punto de vista, situarlas en la facies de granulitas de baja presión a pesar de la significación de «metamorfismo regional» implícita en tal expresión. En cualquier caso y aceptando la propuesta de WINKLER (1978), tales rocas no pueden definirse como granulitas (término propuesto por el autor citado a fin de evitar el de granulita, de matización genética definida, ya que no se han encontrado paragénesis con hiperstena o la paragénesis clinopiroxeno-granate-cuarzo (WINKLER, op. cit.) si bien la presencia del primer mineral ha sido señalada por BARD et al (1970).

La denominación más adecuada para tales rocas sería la de grano-blastitas con una de las asociaciones típicas: sillimanita-cordierita-biotita-feldespato potásico-cuarzo, desarrollada bajo condiciones metamórficas de granulitas si bien tal paragénesis no es índice de estas condiciones (WINKLER, op. cit.).

Dichas asociaciones requieren condiciones de  $P_{H_2O}$  menores que  $P_t$  (WINKLER, op. cit.), admitiendo este autor que (pág. 279, op. cit.): «... es difícil comprender que tales rocas puedan, en un único período de metamorfismo, dar lugar a otras con contenidos tan bajos en agua. Sería necesario para ello que la mayor parte del agua producida por el metamorfismo progresivo fuera capaz de escapar durante el mismo. Esto sería posible si las condiciones propias del metamorfismo de alto grado se mantuvieran durante un período de tiempo excepcionalmente grande. Es sin embargo, más probable que las granulitas metasedimentarias representen rocas de alto grado sometidas posteriormente a un segundo proceso de metamorfismo sin aporte de agua».

Tal planteamiento está en total acuerdo con las propuestas hechas por UGIDOS (1974) y UGIDOS Y BEA (1979) acerca de la evolución del metamorfismo y de las condiciones del mismo especialmente en lo que se refiere a la relación entre  $P_{H_2O}$  y  $P_t$ .

Granoblastitas y nebulitas cordieríticas se encuentran próximas espacialmente y su génesis coincide en el tiempo con los estadios tardíos del metamorfismo. Dado que, por otra parte, ambos tipos de rocas se encuentran en estrecha relación con las intrusiones de los magmas calcoalcalinos tardíos cabe atribuir a éstos el carácter de foco térmico que ha determinado las condiciones metamórficas finales (v. UGIDOS y BEA, op. cit.), durante las cuales se alcanzan

condiciones anatéticas en la que el agua que participa en las mismas procede de la transformación de la biotita según la reacción:



La cantidad de agua así liberada no es muy abundante (WINKLER, op. cit.) y no es suficiente como para producir la saturación del fundido, por lo que los productos anatéticos resultantes necesitarían un elevado grado de sobrecalentamiento para tener capacidad de ascenso antes de llegar a condiciones solidus. Tal sobrecalentamiento no debió tener lugar ya que en ningún caso se han encontrado masas intrusivas en otros niveles de menor grado de metamorfismo.

Si los estadios finales del metamorfismo tuvieron lugar en la forma indicada y el H<sub>2</sub>O procede sólo de la biotita, las condiciones mínimas debieron de ser próximas a los 750°C para presiones entre 3-4 Kb en sus momentos de máxima intensidad (v. fig. 1, según FYFE, 1970; BROWN y FYFE, 1970; FYFE y BROWN, 1972; WINKLER, op. cit.). Bajo dichas condiciones o en su entorno se han producido granoblastitas y nebulitas cordieríticas.

La presencia de leucogranitos tempranos (UGIDOS, este volumen) en algunas de las áreas metamórficas consideradas permite suponer que representen los productos anatéticos asociados a la primera etapa metamórfica desarrollada bajo condiciones no deficitarias en agua. Surge aquí, entonces, una primera cuestión: si las rocas cordieríticas no representan, en realidad, el residuo dejado por la migración y ascenso de los leucogranitos, posteriormente modificado.

De ser así, las rocas originales aportarían al fundido los componentes típicamente graníticos al mismo tiempo que se enriquecerían relativamente en minerales metálicos y silicatos ferromagnésicos como componentes fundamentales aparte de cuarzo, plagioclasas, etc. (v. Winkler, op. cit.).

En consecuencia, la composición de la supuesta roca residual debería mostrar este empobrecimiento o enriquecimiento en los elementos correspondientes.

Datos parciales indican que las rocas cordieríticas no representan tal residuo. Así, la relación K/Rb en las mismas tiene como valor medio 218 (BEA, 1975), similar al de 220 considerado como normal por KOLBE y TAYLOR (1966) y al de 217 señalado por HEINRICHS et al (1980), para rocas sedimentarias pelíticas.

Si dichas rocas fueran residuales era de esperar que su relación K/Rb fuera muy diferente de un valor próximo a 217-220 ya que la fusión de minerales como feldespato potásico y la fusión incongruente de biotita, únicos que afectan a los contenidos en K y Rb en forma significativa, con subsiguiente eliminación del fundido (leucogranitos) necesariamente modificaría dicha relación.

Por otra parte, los datos analíticos de las nebulitas cordieríticas no muestran enriquecimiento en Fe y Mg respecto a rocas poco metamorfizadas (v. tabla 1), ni empobrecimiento en álcalis respecto a las mismas.

No hay datos, por tanto, que permitan establecer cuál ha sido la roca original de los leucogranitos o al menos no se ha podido encontrar la restita equivalente. Su origen debe estar en la anatexis de otro tipo de rocas sedimentarias o bien proceden de otros magmas y los leucogranitos representan productos de diferenciación de los mismos, emplazados antes o durante la última de las principales fases de deformación. Los enclaves en estos granitos serían posteriormente metamorfizados con los efectos señalados.

Se concluye, en consecuencia, que no es probable que las rocas cordieríticas representen restitas o hayan sufrido un proceso de granulitización (en sentido químico). Por otra parte, se ha señalado (SIGHINOLFI y GORGONI, 1978) que el agua asociada al proceso anatético se disuelve en el fundido no produciéndose la migración de la misma ni, por tanto, la de posibles elementos asociados. Esto no excluye, evidentemente, que no haya tenido lugar, en absoluto, alguna modificación química.

## BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A., BRANDLE, J. L., y BELLIDO, F. (1979). Chemical evolution in an old Crustal area (Sistema Central español). In: Origin and distribution of elements. L. H. Ahrens, Ed. Pergamon Press. 505-517.
- ARENAS, R., CASQUET, C., y PEINADO, M. (1980). El metamorfismo del sector de Riaza (Somosierra, Sistema Central español). Implicaciones geoquímicas y petrológicas. Cuadernos do Lab. Xeolox. de Laxe, 1, 117-146.
- BABIN, R. B. (1974). Materiales metamórficos y plutónicos presentes en la región de Piedrahita-barco de Avila-Bejar. Stvd. Geol. 7, 41-61.
- BABIN, R. B. (1975). Estudio estructural de los afloramientos metamórficos de la región de Piedrahita-Barco de Avila-Bejar. Tesis. Universidad Complutense. Madrid.
- BARD, J. P., CAPDEVILA, R., y MATTE, Ph. (1970). Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, metamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et de Guadarrama (Espagne centrale). C. R. Acad. Sc. Paris. 270, 2630-2633.
- BEA, F. (1975). Caracterización geoquímica y esquema petrogenético de los granitoides hercínicos del área Salamanca-Cáceres. Tesis. Universidad de Salamanca.
- BROWN, G. C. y FYFE, W. S. (1970). The production of granitic melts during ultrametamorphism. Contr. Mineral. Petrol. 28, 310-318.
- FRANCO, M. P. (1980). Estudio petrológico de la formación metamórfica y plutónica al N de la depresión del Corneja-Amblés (Sierra de Avila). Tesis. Universidad de Saamanca.
- FUSTER, J. M. y GARCIA CACHO, L. (1970). Sobre el metamorfismo regional progresivo en el Guadarrama oriental (Sistema Central español). Est. Geol. 26, 327-329.
- FUSTER, J. M., APARICIO, A., CASQUET, C., GARCIA CACHO, L., MORA, A., y PEINADO, M. (1974). Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central español. Bol. Geol. Min. 85, 595-600.
- FYFE, W. S. (1970). Some thoughts on granitic magmas. In: Mechanism of igneous intrusion. G. Newall y N. Rast, Ed. 201-216.
- FYFE, W. S. y BROWN, G. C. (1972). Granites past and present. J. Earth Sc. Leeds, 8, 249-260.
- GARCIA CACHO, L. (1973). Evolución temporal del metamorfismo y procesos de blastesis sucesiva en el sector oriental del Sistema Central español. Tesis. Universidad Complutense. Madrid.
- GARCIA DE FIGUEROLA, L. C. y FRANCO, M. P. (1975). Las formaciones infraordovícicas y el borde de las granodioritas al E de Guijuelo (Salamanca). Estud. Geol. 31, 487-500.
- HEINRICH, H., SCHULZ-DOBRICK, B., y WEDEPOL, K. H. (1980). Terrestrial geochemistry of Cd, Bi, Tl, Pb, Zn and Rb. Geoch. Cosmoch. Acta, 44, 10, 1519-1533.
- KOLBE, P. y TAYLOR, S. R. (1966). Geochemical investigation of the granitic rocks of the Snowy Mountains area, New South Wales. J. Geol. Soc. Aust. 13, 1-25.
- LOPEZ RUIZ, J., APARICIO, A., Y GARCIA CACHO, L. (1975). El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central español. Mem. Inst. Geol. Min. 86.
- SAAVEDRA, J. (1971). Las formaciones paleozoicas de la comarca salmantina Sierra de Francia y sus procesos de alteración. Tesis. Universidad de Salamanca.
- SIGHINOLFI, G. P. y GORGONI, C. (1978). Chemical evolution of high-grade metamorphic rocks. Anatexis and remotion of material from granulite terrains. Chem. Geol. 22, 157-176.
- UGIDOS, J. M. (1974). Características del metamorfismo en el área Béjar-Plasencia. Bol. Geol. Min. 85, 73-81.
- UGIDOS, J. M. y BEA, F. (1979). Ensayo sobre la génesis de las rocas graníticas del Macizo Hespérico. Stvd. Geol. 14, 35-77.
- UGIDOS, J. M. (v. este volumen). Leucogranitos, granitos de dos micas y granitos biotíticos al E y SE de Barco de Avila (Provincia de Avila).
- WINKLER, H. G. F. (1978). Petrogénesis de rocas metamórficas. H. Blume Ediciones. Madrid. Traducción española de la 4ª edición en inglés: Petrogenesis of metamorphic rocks (1976). Springer-Verlag. New York.

Tabla 1

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	MnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Tipo de roca	Autor
60,55	17,32	6,78	-	2,25	0,09	0,78	1,50	3,19	0,36	0,23	Pizarr.-Esquist. <sup>(*)</sup>	Saavedra, 1971
58,13	20,92	2,74	4,06	2,35	0,07	0,52	0,90	3,75	1,02	0,13	Pizarras <sup>(*)</sup>	Aparicio et al. 1979
60,09	20,75	2,25	4,55	2,04	0,12	0,60	1,07	3,86	0,94	0,16	Esquistos <sup>(*)</sup>	Aparicio et al. 1979
64,14	18,76	1,96	3,56	2,29	0,07	0,66	1,77	3,05	0,64	0,19	Esquistos	Arenas et al., 1980
57,38	21,91	3,06	4,23	2,43	0,04	0,00	0,75	4,29	1,13	0,24	Esquistos	Arenas et al., 1980
65,93	15,84	2,23	3,55	2,38	0,08	1,49	2,75	3,33	0,87	0,28	Nebulitas cord. <sup>(*)</sup>	Bea, 1975

Los cinco primeros análisis se refieren a rocas del "complejo preordoviciano" con paragénesis metamórficas en las que no llega a desarrollarse sillimanita.

(\*) Valores medios

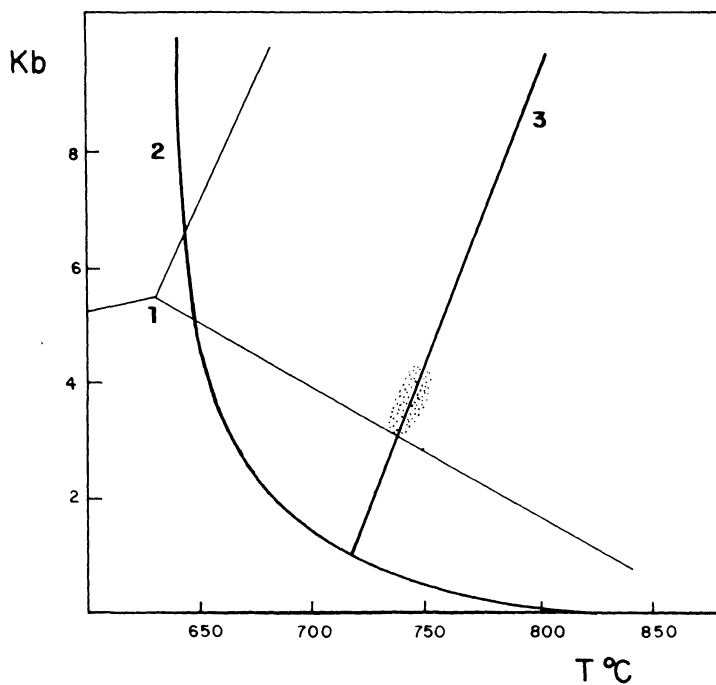


Fig. 1. — 1. Punto triple para los polimorfos aluminicos según Richardson, Gilbert y Bell (1979).  
 2 y 3. Condiciones mínimas de fusión anatética para sistemas saturados en  $H_2O$  y para sistemas en los que el  $H_2O$  es aportada por la biotita, respectivamente (según: Fyfe y Brown, 1972; Winkler, 1978).  
 Area punteada: condiciones mínimas de la máxima intensidad del metamorfismo en los sectores occidentales de la Sierra de Gredos.