

Fig. 4.—Representación de las diabasas en los diagramas Zr - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y TiO<sub>2</sub> - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Fig. 4.—Zr - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and TiO<sub>2</sub> - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagrams. Symbols as in Fig. 2.

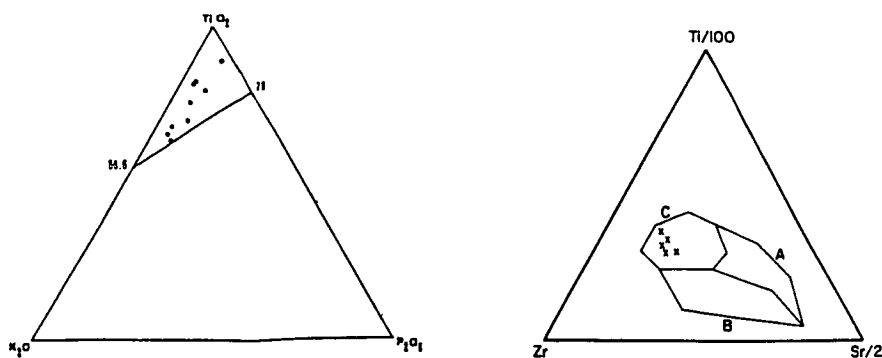


Fig. 5a,b.—Representación de las diabasas en los diagramas TiO<sub>2</sub> - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O y TiZr-Sr. Campos: C: basaltos de fondo oceánico (OFB); A: toleitas bajas en potasio (UcT) y B: basaltos cal coalcalinos.

Fig. 5a,b.—TiO<sub>2</sub> - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O and Ti-Sr-Zr diagrams. Ocean-floor basalts (OFB) plot in field C, Low-potassium tholeiites (UcT) in field A, and calc-alkali basalts (CAB) in field B.

Thompson, R. N.; Morrison, M. A.; Dickin, A. P. & Hendry, G. L. (1984): *Shiva Geol. Series*, 158-185.

Recibido el 31 de enero de 1991  
Aceptado el 1 de marzo de 1991

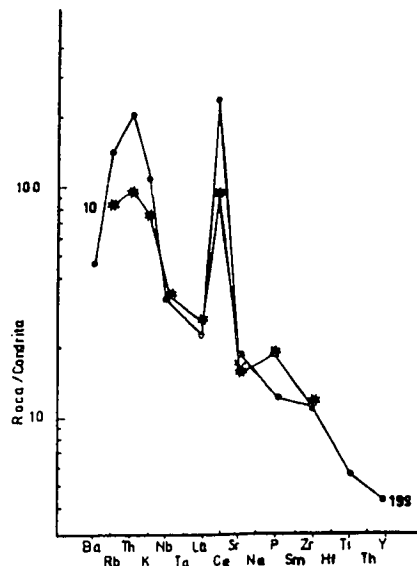


Fig. 6.—Perfiles normalizados de los elementos menores respecto a condritas.

Fig. 6.—Chondrite-normalized diagrams.

# Paragénesis metamórficas de contacto en xenolitos de la granodiorita de Los Pedroches (Córdoba, España): evidencia de emplazamiento a alta temperatura

*Contact metamorphic paragenesis in xenoliths from Los Pedroches granodiorite (Córdoba, Spain): evidence of a high-temperature emplacement*

T. Donaire\* y E. Pascual\*

\* Departamento de Geología y Minería. Universidad de Sevilla. 21819 La Rábida, Huelva.

## ABSTRACT

Xenoliths in Los Pedroches granodiorite (Central Iberian Zone, Iberian Massif, Spain) are described. From high-grade metamorphic assemblages containing spinel + corundum + cordierite ± sillimanite, an emplacement temperature of about 800° C is suggested for granodiorite.

**Key words:** Los Pedroches batholith, granodiorite, xenoliths, contact metamorphism.

*Geogaceta*, 10 (1991), 90-93.

## Introducción

La asociación plutónica del batolito de Los Pedroches (Zona Centroibérica meridional del Macizo Hercínico español) (fig. 1a) consta principalmente de dos series de granitoides epizonales: (1) granodioritas biotíticas  $\pm$  anfíbol y (2) monzogranitos biotítico-cordieríticos porfídicos con leucogranitos cordieríticos asociados (García-Casco *et al.*, 1987). En el área estudiada, ambas desarrollan una aureola de contacto en pizarras y areniscas del Carbonífero Inferior (fig. 1b).

Las condiciones de emplazamiento de este batolito son imperfectamente conocidas: existen tan sólo algunas estimaciones cualitativas basadas en las asociaciones metamórficas de contacto (Martín Ramos y Rodríguez Gallejo, 1975; Pascual, 1984; García Casco, 1986). Sánchez-Pérez (1986) indica también temperaturas de cristalización de fases minerales, tanto en granodioritas como en monzogranitos, a partir de datos químicos obtenidos por microsonda electrónica.

El objetivo de los datos preliminares que se presentan en este trabajo es mejorar el conocimiento de dichas condiciones de emplazamiento para la facies granodiorítica mediante un estudio detallado de los xenolitos englobados en ella. Dicho estudio se completará con algunas estimaciones de la presión de emplazamiento.

## Petrografía

La granodiorita biotítica  $\pm$  anfíbol de Los Pedroches se caracteriza, además de por su homogeneidad textural, mineralógica y química, por contener abundantes enclaves, entre los que se han distinguido principalmente dos grandes grupos (Donaire, 1990): los de caracteres ígneos (enclaves microgranitoides) y los xenolitos, menos abundantes y objeto principal de este trabajo, que resultan de fragmentos de encajante englobados en la granodiorita, bien durante el emplazamiento o a mayor profundidad.

Los xenolitos suelen hallarse, principalmente, en las zonas de borde de la granodiorita. Los que proceden del nivel de emplazamiento son subangulosos (fig. 2), en tanto que los que provienen de niveles más profundos son redondeados. Todos ellos muestran contactos netos con la roca huésped. La

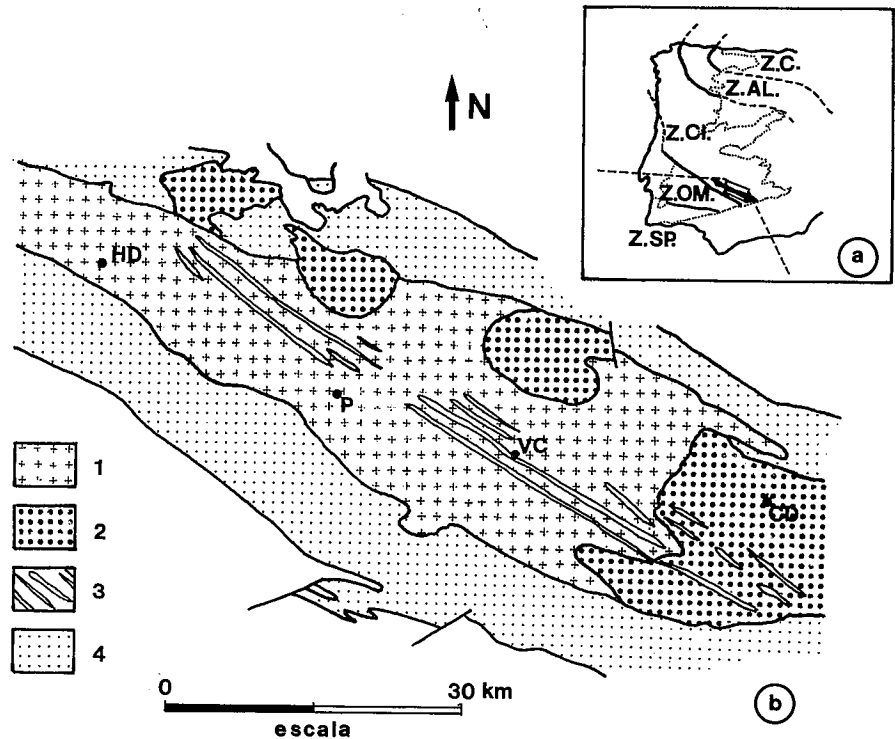


Fig. 1.—a) Localización geológica del batolito de Los Pedroches en el Macizo Hercínico Ibérico según Robardet (1976). ZC: Zona Cantábrica, ZAL: Zona Astur-Occidental Leonesa, ZCI: Zona Centro Ibérica, ZOM: Zona de Ossa-Morena, ZSP: Zona Sur-Portuguesa. b) Principales grupos plutónicos constituyentes del batolito de Los Pedroches en el área de estudio. 1: Granodioritas biotíticas  $\pm$  anfíbol, 2: monzogranitos y leucogranitos, 3: pórfidos, 4: Carbonífero Inferior. HD: Hinojosa del Duque, P: Pozoblanco, VC: Villanueva de Córdoba y CD: Cardeña (Borja *et al.*, 1985).

Fig. 1.—a) Geological location of the Los Pedroches batholith in the Hercynian Iberian Massif from Robardet *et al.* (1976). ZC: Cantabrian Zone; ZAL: Astur-Occidental Leonese Zone; ZCI: Central Iberian Zone; ZOM: Ossa-Morena Zone; ZSP: South-Portuguese Zone. b) Main plutonic groups of the Los Pedroches batholith in the study zone. 1: biotitic  $\pm$  amphibole granodiorites; 2: monzogranites and leucogranites; 3: porphyries; 4: Lower Carboniferous. HD: Hinojosa del Duque; P: Pozoblanco; VC: Villanueva de Córdoba and CD: Cardeña (from Mapa Geológico-Minero de Andalucía, 1985).



Fig. 2.—Aspecto macroscópico de un xenolito derivado del nivel de emplazamiento.

Fig. 2.—Macroscopic aspect of xenolith coming from the emplacement level.

textura es granoblástica en el primer caso, con algunas bandas de la granodiorita huésped que penetran a través de los planos de foliación y fractura de estos cuerpos (fig. 3) y granolepidoblástica en el segundo, donde se puede observar una alternancia de zonas con diferente composición mineralógica que sugieren bandeados de segregación metamórfica (fig. 4). El tamaño de grano es mayor en los xenolitos de origen más profundo.

La composición mineralógica que presenta el único xenolito profundo hallado hasta el momento es de biotita+plagioclasa (An<sub>25</sub>-An<sub>20</sub>)+opacos+sillimanita+corindón+mica blanca+circón. La falta de cuarzo y feldespato alcalino llevó a una primera interpretación como restitas que no se corresponde con los datos obtenidos por microsonda electrónica: la biotita, cuya composición química aparece reflejada en la tabla 1, es netamente menos magnésica que la biotita contenida en la granodiorita (tabla 1). Otro rasgo destacable de esta fase es el alto contenido en Al, congruente con su estabilidad con los porfidoblastos de corindón (Rosig *et al.*, 1987). Esta biotita se caracteriza por presentar un pleocroísmo rojizo más intenso que el que muestra la biotita del otro grupo de xenolitos. La sillimanita (en prismas y fibrolita) se concentra, junto a plagioclasa, en bandas pobres en biotita en las que aparecen desorientadas y con inclusiones de opacos granoblásticos; aunque localmente esta sillimanita pueda estar relacionada con biotita, no se han hallado relictos

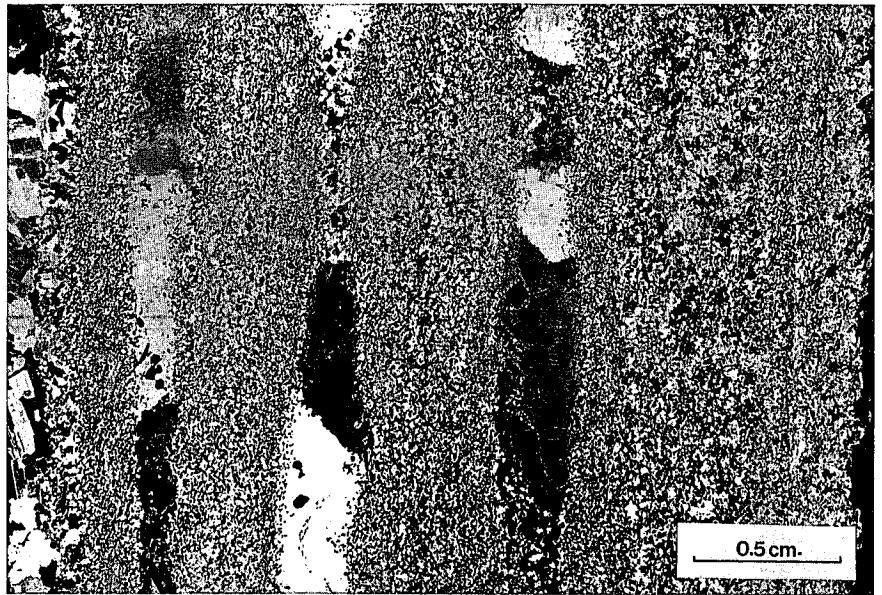


Fig. 3.—Aspecto microscópico de un xenolito superficial en el que penetra fundido residual de la granodiorita (NC).

Fig. 3.—Microscopic aspect of shallow xenolith with residual granodioritic melt veins. Crossed polars.

de esta última fase en tales bandas. Los cristales de corindón y sillimanita se hallan parcialmente reemplazados por mica blanca.

Los xenolitos que proceden de zonas más superficiales poseen además espinela (hercinita), debido probablemente a una diferente composición. Estos cristales de hercinita suelen hallarse en equilibrio con pseudomorfos posiblemente de cordierita constituidos por agregados micáceos. No se observa en ningún punto hercinita y corindón en contacto.

**Datos de barometría**

En base a una serie de datos petrográficos, Pascual (1984) dedujo que el emplazamiento se produce a una profundidad máxima de 4 km. A tales presiones no es aplicable el geobarómetro propuesto de Hammarström y Zen (1987) modificado por Hollister *et al.* (1987), basado en el contenido en Al de la hornblenda; no obstante, el bajo contenido en Al (T) observado en los anfíboles de la granodiorita (tabla 1) sugiere presiones de emplazamiento muy inferiores a 2 kb, esencialmente congruentes con la estimación citada.

**Interpretación**

Las paragénesis que presentan los xenolitos de la granodiorita de Los Pedroches son características de un metamorfismo de contacto de alta temperatura, hecho éste que coincide con la existencia en algunas zonas de la aureola interna de asociaciones minerales con cordierita y feldespato potásico (Prost-Dame, 1982; García-Casco, 1986).

En los xenolitos de origen profundo, la biotita es parcialmente reemplazada por opacos y corindón, con el que puede coexistir en equilibrio en función del alto contenido en Al de la biotita. Todas las paragénesis simila-

Tabla 1.—Composiciones de biotita (xenolito profundo y granodiorita) y anfíbol (granodiorita)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
SiO <sub>2</sub> .....	33,01	34,18	36,13	51,42	52,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	18,91	19,53	14,14	2,92	3,28
TiO <sub>2</sub> .....	3,79	3,78	4,03	0,18	0,19
MgO .....	6,85	6,37	12,11	14,63	14,80
FeO* .....	22,33	21,15	19,29	14,31	14,89
MnO .....	0,15	0,22	0,37	0,63	0,70
CaO .....	0,01	0,00	0,00	12,23	12,27
Na <sub>2</sub> O .....	0,19	0,12	0,08	0,37	0,41
K <sub>2</sub> O .....	9,68	9,54	9,62	0,22	0,20
F .....	0,60	0,16	0,00	0,00	0,04
O=F .....	-0,25	-0,07	-0,00	-0,00	-0,01
Total .....	95,27	95,00	95,78	96,91	98,91
Al (T) .....	3,51	3,57	2,55	0,49	0,53

Nota: Las columnas corresponden a las siguientes fases: (1) y (2) biotita xenolito profundo, (3) biotita de la granodiorita, (4) y (5) anfíbol de la granodiorita.

(\*) Todo el Fe está expresado como FeO.

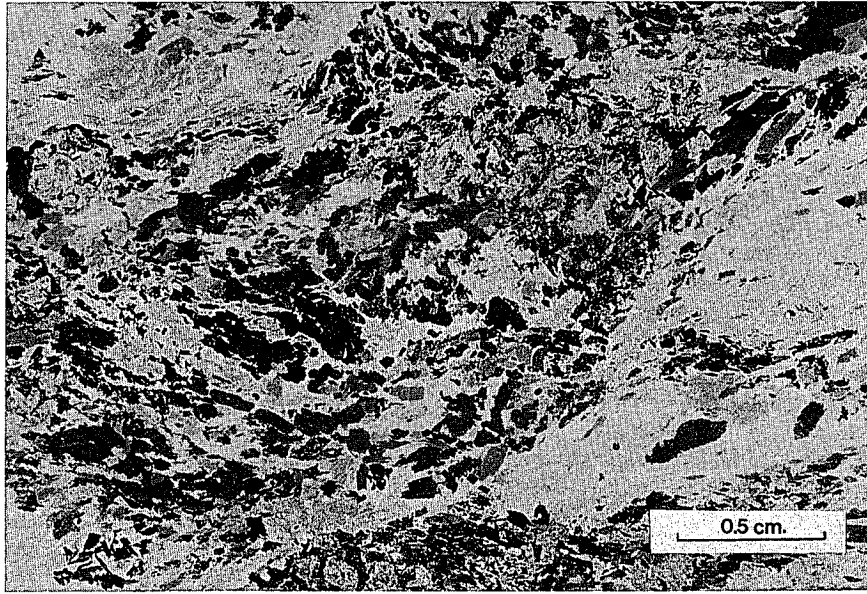


Fig. 4.—Aspecto al microscopio de un xenolito de origen profundo.

Fig. 4.—Microscopic aspect of deep xenolith.

res descritas en la literatura sugieren que la temperatura alcanzada debió ser elevada; pero ni existen geotermómetros precisos basados en el corindón ni la sillimanita indica un rango preciso de temperatura si la presión se considera elevada.

Las asociaciones minerales de xenolitos más superficiales indican más claramente las condiciones de temperatura alcanzadas durante el emplazamiento de la granodiorita. La paragénesis más común, que contiene cordierita + corindón + hercinita, es

similar a la descrita en la aureola interna de Corie, Escocia (Tilley, 1924, en Turner, 1981). Además, la sillimanita sugiere temperaturas mínimas de intrusión en torno a 800° C, para la presión antes estimada y si se aplican las estimaciones de Heninger (1984) (en Kerrick, 1990) para el equilibrio andalucita-sillimanita. En conclusión, la cifra de 800° C parece muy próxima a la del magma granodiorítico al nivel de emplazamiento, especialmente si se considera la escasa retrogradación de los xenolitos.

## Referencias

- Borja, F.; Faura, J.; Martín, L.; Ortiz, A.; Pastor, M.; García-Dueñas, V.; Vera, J. A.; Galán, E.; Ruiz de Almodóvar, G.; Arribas-Moreno, A.; Burkhalter, J. (1985): *Mapa Geológico Minero de Andalucía*, Junta de Andalucía.
- Donaire, T. (1990): *Tesis de licenciatura*, Univ. de Sevilla (inédita).
- García-Casco, A. (1986): *Tesis de licenciatura*, Univ. de Granada (inédita).
- García-Caso, A.; Pascual, E. y Castro, A. (1987): *Geogaceta*, 2, 59-61.
- Hammarstrom, J. M. y Zen, E-an (1986): *Amer. Miner.*, 71, 1.297-1.313.
- Hollister, L. S.; Grissom, G. C.; Peters, E. K.; Stowell, H. H. y Sisson, V. B. (1987): *Amer. Miner.*, 72, 231-239.
- Kerrick, D. M. (1990): *Rev. in Miner.*, 22.
- Martín Ramos, J. D. y Rodríguez-Gallego, M. (1975): *Bol. Geol. Min.*, 86, 301-308.
- Pascual, E. (1984): *Mem. e Not., Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol.*, Univ. Coimbra, 97, 39-50.
- Prost-Dame, V. (1990): *Thèse 3<sup>e</sup> ème Cycle*, Univ. Paris-Sud, Orsay (inédita).
- Robardet, M. (1976): *C. R. Acad. Sci. Paris.*, t, 283, serie D, 999-1.002.
- Rosing, M. T.; Bird, D. K. y Dymek, R. F. (1987): *Amer. Miner.*, 72, 29-38.
- Sánchez-Pérez, J. M. (1986): *Tesis de licenciatura*, Univ. del País Vasco (inédita).
- Turner, F. J. (1981): *Metamorphic Petrology: mineralogical, field and tectonic aspects*. 2<sup>a</sup> ed. Mc Graw Hill. New York.

Recibido el 31 de enero de 1991  
Aceptado el 1 de marzo de 1991

# Mecanismos de evolución magmática en los diques microdioríticos de la sierra de Guadarrama

## *Magmatic evolution in microdioritic dykes in the Sierra de Guadarrama*

M. J. Huertas y E. Ancochea (\*)

(\*) Dpto. Petrología y Geoquímica. Fac. C. C. Geológicas. Universidad Complutense. 28040 Madrid.

### ABSTRACT

*In the Central System of Spain outcrop several dyke swarms of late-hercynian age. They are mainly composed by granitic porphyry and microdioritic dykes. The last one, when globally considered, show scattering in the contents of most of the major and trace elements. When we study the individual microdioritic swarms, it can be observed that they exhibit more defined compositional*