Nueva interpretación petrológica y tectónica de las anfibolitas pobres en calcio del antiforme de Arinteiro (NO del Macizo Ibérico). I: Descripción de las anfibolitas pobres en calcio y rocas asociadas.

New tectonic and petrologic interpretation of a Ca-poor amphibolites occurrence in the Arinteiro antiform (NW Iberian Massif). I: Description of the Ca-poor amphibolites and associated rocks.

P. Castiñeiras (*), J. Gómez Barreiro (**), J.R. Martínez Catalán (**) y R. Arenas (*)

(*) Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense, 28040 Madrid, España
(**) Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, 37008 Salamanca, España

ABSTRACT

Ca-poor amphibolites are characterized by unusual mineral assemblages, and they can be related to different tectonic settings. In this work we describe the amphibolites that outcrop in the Arinteiro massif. In this massif, a great variety of litologies occurs among which amphibolites, garnet-bearing fine-grained amphibolites, Ca-poor amphibolites and calc-silicate rocks are the most abundant. In the first part of the paper we describe the different associations found both in the Ca-poor amphibolites and in the calc-silicate rocks of the Arinteiro massif. The mineral chemistry of the Ca-poor amphibolites shows a progressive impoverishment in calcium of the different associations. Previous works assigned the origin of this massif to hidrothermal alteration of an ophiolite. However, its structural position over the ophiolitic units, the probable linkage to shear zones and the calcium impoverishment, all point to a different origin for this massif, probably related to fluid circulation in shear zones, as it is proposed in the second part of this paper.

Key words: *Ca-poor amphibolites, Ca-metasomatism, Órdenes Complex*

Geogaceta, 32 (2002), 83-85
ISSN:0213683X

Introducción

El macizo de anfibolitas de Arinteiro (Fig. 1) está situado en la unidad de O Pino, dentro de las unidades culminantes de media presión del Complejo de Órdenes, y aparece rodeado por paragneises y esquistos con Grt-St-Ky. El contacto entre estas rocas metasedimentarias y las anfibolitas es mecánico, y muestra una compleja geometría controlada por los distintos episodios de deformación que han actuado sobre ellos. Dentro del macizo aparece una gran variedad de tipos litológicos, entre los que destacan anfibolitas de grano fino con granate, anfibolitas sin granate, diversos tipos de anfibolitas pobres en calcio y rocas de silicatos cálcicos. De ellos, en este trabajo nos centraremos en los dos últimos tipos. Además existen mineralizaciones de sulfuros de Fe-Cu, cuya distribución está controlada por la deformación.

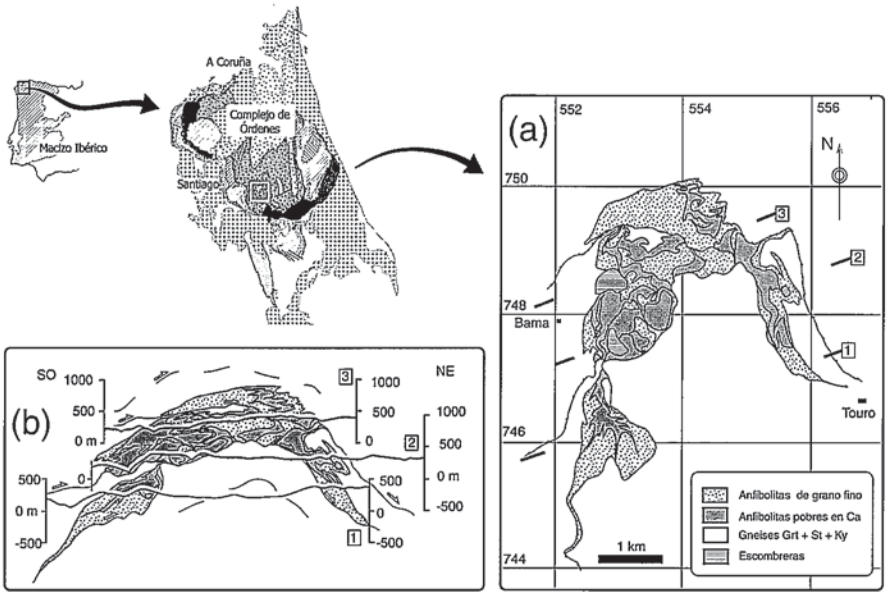

Fig. 1.- (a) Mapa geológico simplificado del macizo de Arinteiro (coordenadas UTM) y (b) cortes representativos. Los contactos entre los distintos tipos de rocas son mecánicos.

Fig. 1.- (a) Simplified geological map of the Arinteiro massif (UTM coordinates) and (b) representative cross-sections. The contacts between the different rock groups are mechanical.

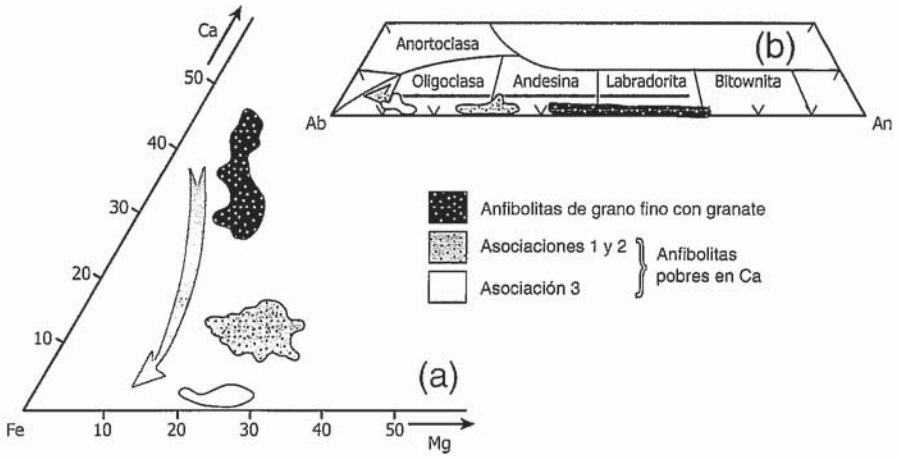

Fig. 2.- Diagramas que ilustran la pérdida progresiva de calcio que se puede observar en los granates (a) y las plagioclasas (b) de los principales tipos de anfibolitas que aparecen en el macizo de Arinteiro.

Fig. 2. Diagrams showing the progressive impoverishment in calcium which can be observed in the garnets (a) and plagioclases (b) of the main amphibolite types of the Arinteiro massif.

Anfibolitas pobres en calcio

Las anfibolitas pobres en calcio se caracterizan por una mineralogía bastante peculiar (ortoanfíboles, estaurolita, granate, clorita) resultado de su quimismo inusual (bajos contenidos en calcio comparados con las anfibolitas comunes, en el sentido de Spear, 1981). En los primeros trabajos sobre el macizo de Arinteiro se destaca su asociación con una mineralización de Fe-Cu (Badham y Williams, 1981). Aunque hay afloramientos de este tipo de rocas en todo el mundo, éstos son muy puntuales y están relacionados con diferentes ambientes geodinámicos, por lo que existen distintas hipótesis para explicar su origen (para una completa recopilación de las distintas hipótesis y sus variantes ver Reche, 1994). La primera posibilidad es que exista un protolito que tenga una composición similar a la que tienen las anfibolitas pobres en Ca; sin embargo, Seki (1957) concluye que dichas composiciones no existen entre las rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas comunes, por lo que este enfoque ha sido abandonado hace tiempo. La segunda plantea la existencia de un metamorfismo que actúa sobre rocas cuya composición global inusual ha sido originada por un proceso premetamórfico, que en el caso de Arinteiro sería la alteración hidrotermal metasomática de rocas volcánicas o materiales volcánicos exhalativos, con depósitos de Fe-Cu asociados (Badham y Williams, 1981). La tercera considera un origen metasomático sinmetamórfico a partir de la interacción de sistemas hidrotermales asociados al plutonismo (Damman, 1989), o como el resultado de una redistribución interna de las especies químicas en el complejo metamórfico (Arnold y Sandiford, 1990; Selverstone et al., 1991; Dasgupta et al., 1999). La hipótesis más aceptada es la segunda, y con ella Badham y Williams (1989) explicaron la génesis del macizo de Arinteiro. Estos autores consideraban al macizo como un complejo ofiolítico desmembrado, con mineralizaciones de tipo Troodos, en donde las anfibolitas pobres en Ca representan rocas máficas alteradas hidrotermalmente, y las rocas de silicatos cálcicos corresponderían a sedimentos de fondo marino también alterados. Sin embargo, el macizo de Arinteiro se encuentra por encima de las ofiolitas, dentro de la unidad culminante del Complejo de Órdenes, que ha sido considerada clásicamente como parte de un probable arco volcánico (Arenas et al., 1986; Martínez Catalán et al., 1999; Abati, 2000).

En las anfibolitas pobres en Ca del macizo de Arinteiro se pueden observar asociaciones minerales bastante variadas y poco frecuentes, que dan cuenta de su heterogeneidad química. Las cuatro asociaciones más abundantes son (abreviaturas de los minerales según Kretz, 1983):

Asociación 1. Hbl + Grt + St + Pl

Asociación 2. Ath + Grt + Qtz + Pl ± Cum

Asociación 3. Ged + Grt + St + Ky + Qtz ± Bt ± Pl

Asociación 4. Chl + Grt + Qtz ± Oam ± Pl

Los tres primeros tipos tienen un aspecto masivo en muestra de mano, debido al gran tamaño de grano de los principales minerales. Bajo el microscopio presentan una foliación definida por la orientación de los anfíboles y la morfología ahusada que adquieren los agregados de granates. Estos agregados pueden alcan-

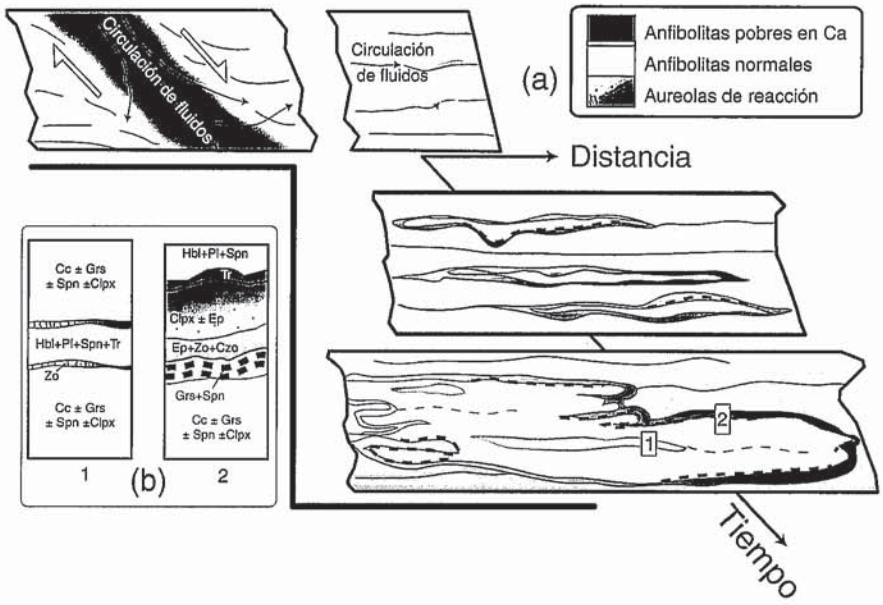

Fig. 3.- Modelo propuesto para la generación de skarnoides. (a) Evolución temporal y movimiento de fluidos desde las zonas de cizalla a favor de planos de anisotropía de la roca circundante. (b) Zonación mineral en el contacto anfibolita/fluido en lámina delgada. Nótese que se preservan relictos de anfibolitas normales en los skarnoides.

Fig. 3.- Genetic model proposed for the skarnoids. (a) Temporal evolution and fluid path-ways through the shear zones along anisotropic planes of the surrounding rock. (b) Mineral zonation in thin section of the amphibolite/fluid contact. Note that relicts of normal amphibolites have been preserved inside skarnoids.

zar tamaños considerables (hasta 20 cm). Por otra parte, la fábrica de las anfibolitas pobres en Ca que tienen la última asociación es muy distinta de las anteriores, ya que la gran abundancia de clorita les confiere una textura lepidoblástica, y el granate crece aislado, formando grandes porfidoblastos.

Como se puede apreciar en la Fig. 2, el contenido en Ca de los granates y las plagioclasas en las diferentes asociaciones sugiere un empobrecimiento progresivo en calcio desde las anfibolitas que presentan una composición típica hasta las anfibolitas pobres en Ca con asociaciones de tipo 3, lo que podría indicar que estas últimas provienen de las primeras. Además, la aparición en las asociaciones 1, 2 y 3 de minerales de mayor temperatura y presión, sugiere que estas asociaciones se formaron durante un metamorfismo prograd o simultáneo al empobrecimiento en calcio. Las condiciones PT mínimas para el pico metamórfico pueden ser estimadas en 560° C (temperatura mínima del *gap* antofilita-gedrita, según Spear, 1980) y más de 5 Kb (por encima del punto triple de And-Ky-Sil).

Rocas de silicatos cálcicos

Estas rocas aparecen distribuidas de manera irregular por todo el macizo, adoptando morfologías diversas como venas, bolsadas y otras relaciones subconcordantes con las anfibolitas de grano fino (Fig. 3a), lo que sugiere que no representan relaciones primarias, como pensaban Badham y Williams (1981). Las asociaciones minerales también son muy variadas e incluyen, entre otros, Cc, Ep, Zo, Czo, Clpx, Grs, Tr, Spn. El origen de estas rocas está relacionado probablemente con la circulación de fluidos enriquecidos en calcio procedentes de las zonas de cizalla que generaron una aureola en las anfibolitas de grano fino con granate (Fig. 3a, b), con crecimiento de minerales cálcicos como Grs, Ep, Clpx, Spn, Tr. La abundancia de esfena en estas rocas se explica por la modificación metasomática de una roca relativamente rica en titanio (como una anfibolita), en ningún caso por el transporte de este elemento, considerado inmóvil en los fluidos. Por tanto, estas rocas de silicatos cálcicos pueden considerarse skarnoides, y no sedimentos de fondo oceánico como propusieron Williams (1987) y Badham y Williams (1981).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PB97-0234-CO2 de la DGICYT. Agradecemos a la empresa F. Gómez S.A. las facilidades prestadas para acceder a las minas de Arinteiro y Bama. También agradecemos los útiles comentarios del Dr. C. Casquet para mejorar este trabajo.

Referencias

Abati, J. (2000): Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid. 200 pp.

Arenas, R., Gil Ibarguchi, J.I., González Lodeiro, F., Klein, E., Martínez Catalán, J.R., Ortega Gironés, E., de Pablo Maciá, J.G: y Peinado, M. (1986): *Hercynica*, 2, 87-110.

Arnold, J. y Sandiford, M. (1990): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 106, 100-109.

Badham, J.P.N. y Williams, P.J. (1981): *Econ. Geol.*, 76, 2118-2127.

Damman, A.H. (1989): *Amer. Miner.*, 74, 573-585.

Dasgupta, S., Sengupta, P., Sengupta, Pr., Ehl, J. y Raith, M. (1999): *Jour. Metamorphic Geology*, 17, 765-778.

Kretz, R. (1983): *Amer. Miner.*, 68, 277-279.

Martínez Catalán, J.R., Arenas, R., Díaz García, F. y Abati, J. (1999): *Basement Tectonics*, Kluwer, 13, 65-84.

Reche, J. (1994): Tesis Doctoral, Univ. Autònoma de Barcelona. 414 pp.

Seki, Y. (1957): *Sci. Rep. Saitama Univ.*, Series B, 2, 307-373.

Selverstone, J., Morteani, G., Staude, J.-M. (1991): *Jour. Metamorphic Geology*, 9, 419-431.

Spear, F.S. (1980): *Amer. Miner.*, 65, 1103-1118.

Spear, F.S. (1981): *Amer. Jour. Sci.*, 281, 697-734.

Williams, P.J. (1987): *Geol. Jour.*, 22, 303-308.

Dr. Portugal Ferreira (Univ. de Coimbra): ¿Sabías que en los complejos portugueses aparecen también rocas similares a las anfibolitas pobres en calcio?

***Respuesta*:** Sí, conozco la existencia de estas rocas en Morais que se encuentran entre anfibolitas comunes de una unidad ofiolítica, aunque a escasos metros del ortogneis de Lagoa. Además, hay otros afloramientos de rocas similares cerca del gabro de Monte Castelo. Es curioso que rocas tan peculiares sean tan frecuentes en los complejos de noroeste peninsular.

Dra. M. Navidad (UCM): ¿Encuentras una albitización asociada al proceso de decalcificación que señalas? ¿Cómo se refleja en la mineralogía de la roca?

***Respuesta*:** Efectivamente, como se puede apreciar en la Fig. 2b, la plagioclasa también se va empobreciendo en calcio. Este empobrecimiento se refleja en la mineralogía ya que van desapareciendo minerales cálcicos, como la hornblenda, y se forman minerales ferromagnesianos (ortoanfíboles) y alumínicos (estaurolita y distena).

Dra. M. Navidad (UCM): Ese proceso de decalcificación lleva asociado un enriquecimiento en aluminio en la roca, ¿cómo se explica entonces que los anfíboles que aparecen sean subalumínicos?

***Respuesta*:** Aunque el cambio químico más evidente que se registra en estas rocas es un empobrecimiento en calcio, haría falta un estudio geoquímica detallado para conocer cuál ha sido el balance real y así poder explicar la aparición de estos anfíboles.