

# Presencia de una anfibolita derivada de un MORB en el dominio continental de la banda metamórfica de Aracena (Macizo Ibérico meridional)

*Presence of a MORB-derived amphibolite in the continental domain of the Aracena metamorphic belt (southern Iberian Massif)*

M. Díaz Azpiroz<sup>(\*)</sup>, A. Castro<sup>(\*\*)</sup> y C. Fernández<sup>(\*)</sup>

(\*) Departamento de Geodinámica y Paleontología (U. Huelva). Campus La Rábida, Palos de la Frontera, 21819 Huelva

(\*\*) Departamento de Geología (U. Huelva). Campus La Rábida, Palos de la Frontera, 21819 Huelva

## ABSTRACT

The La Corte Amphibolites are a part of the medium grade metamorphic series of the continental domain of the Aracena metamorphic belt (AMB). These amphibolites are rich in iron, as it is deduced from the abundance of Fe-rich amphiboles, including grunerites, and metallic minerals as well. According to different characteristics concerning structure, mineral chemistry and whole rock geochemistry, we can suggest that the La Corte amphibolites were not formed from the same protolith that generated the Acebuches amphibolites, in the oceanic domain of the AMB. Multielemental and REE spidergrams allow us to conclude that the La Corte amphibolites formed from an oceanic crust whose characteristics are typical of those of a transitional oceanic basalt (T-MORB).

**Key words:** Iberian Massif, amphibolites, REE, spidergrams, MORB

Geogaceta, 30 (2001), 39-42

ISSN:0213683X

## Introducción

La banda metamórfica de Aracena (BMA) se encuentra situada en el contacto entre las zonas de Ossa-Morena (ZOM) y Surportuguesa (ZSP), en el extremo suroccidental del Macizo Ibérico. De acuerdo con la división propuesta por Castro *et al.* (1999), en la BMA se distinguen dos grandes dominios: uno de afinidad oceánica al sur (dominio oceánico, DO), y otro septentrional constituido por rocas eminentemente continentales (dominio continental, DC). En el primero de estos dominios se han definido las metabasitas de Acebuches, provenientes de una corteza oceánica (Dupuy *et al.*, 1979; Munhá *et al.*, 1986; Quesada *et al.*, 1994; Castro *et al.*, 1996). En el DC se han distinguido dos zonas, una de grado metamórfico bajo a medio al norte, y otra de grado alto al sur (Fig. 1).

El límite meridional de la zona de bajo grado está definido por la serie de grado medio. Esta serie está formada por rocas similares a las encontradas en la zona de alto grado, pero afectadas por un metamorfismo de menor intensidad. Esta diferencia se debe, en parte, al retrometa-

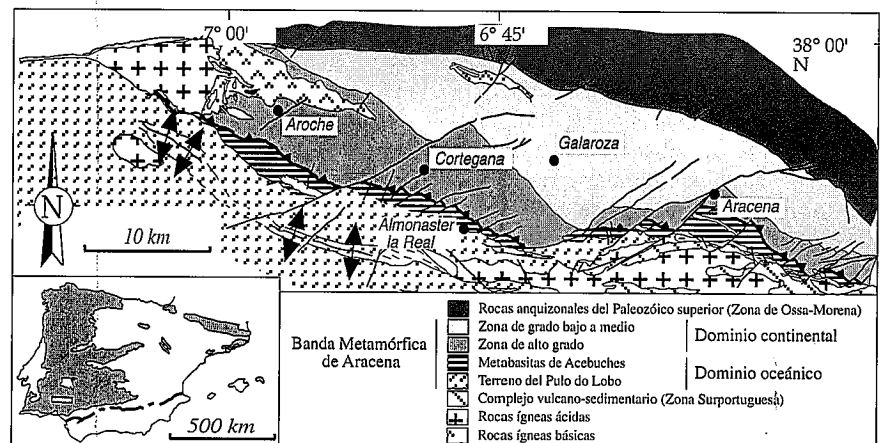


Fig. 1.- Mapa de la banda metamórfica de Aracena con la división en dominios propuesta por Castro *et al.* (1999). En este mapa se muestra la localización de la zona de grado alto del dominio continental (DC).

Fig. 1.- Map of the Aracena metamorphic belt with the subdivision proposed by Castro *et al.* (1999). The localization of the high grade zone of the continental domain (DC) is also shown.

morfismo asociado al funcionamiento de una gran zona de cizalla denominada por Díaz Azpiroz (2001) zona de cizalla de Cortegana-Aguafría (ZCCA). La mayor parte de las rocas de la serie de grado medio son típicamente continentales. Sin

embargo, se han encontrado unas anfibolitas (las anfibolitas de La Corte, definidas por Bard, 1969) cuyo protolito pudo ser un basalto oceánico. Estas anfibolitas no se encuentran conectadas estructuralmente con las metabasitas de Acebuches,



Fig. 2.- Fotografía de las anfibolitas de La Corte en la que se aprecia la foliación milonítica que presentan estas rocas, la cual es paralela al plano axial de pliegues intrafoliares.

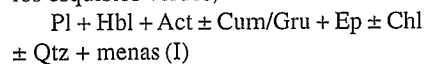
Fig. 2.- Photograph of milonitic foliation and intrafoliar folds of the La Corte amphibolites.

como sugieren Bard (1969) y Giese *et al.* (1994), por lo que la correlación entre ambas es poco probable. En este trabajo se presentan las principales características de las anfibolitas de La Corte y se discute su posible origen.

**Descripción y química mineral**

La mayor parte de las anfibolitas de La Corte han sido afectadas por la ZCCA, en cuyo caso presentan un tamaño de grano muy fino, y una foliación milonítica muy penetrativa definida por la orientación de prismas alargados de anfíbol, «trenes» de menas, bandas ricas en epidota y ribbons de plagioclasa (Fig. 2). Normalmente, se observan bandas o lentejones anastomosados preservados de la deformación en los que se encuentra una anfibolita con un tamaño de grano algo mayor y una foliación metamórfica menos penetrativa.

Las anfibolitas cizalladas presentan una paragénesis típica de la transición entre las facies de las anfibolitas y la de los esquistos verdes,



la cual se impone sobre otra previa de mayor grado metamórfico que queda en evidencia en porfiroclastos y en microlitones de la foliación milonítica. Este evento de retrometamorfismo ya fue definido por Crespo-Blanc (1991), y se encuentra asociado a la actuación de la ZCCA.

La composición de las plagioclasas es bastante constante, y oscila entre una andesina sódica y una oligoclasa cálcica ( $An_{27-35}$ ). En cuanto al anfíbol, es común observar blastos de hornblenda (*s.l.*) con zonaciones de actinolita y anfíboles

ferromagnesianos. Dentro de los blastos de hornblenda se distinguen composiciones correspondientes a magnesio- y ferrohornblenda, ferrotschermakita, edenita, magnesiohastingsita y ferropargasita (Fig 3). También se han encontrado blastos de actinolita con hábito fibroso. En estas rocas es característica la presencia de clinoanfíboles ferromagnesianos con un  $Mg \# \sim 0.5$ , lo cual indica un enriquecimiento importante en hierro.

**Caracterización geoquímica**

Para caracterizar geoquímicamente las anfibolitas de La Corte se han realizado análisis de roca total en dos muestras de estas rocas. La metodología seguida para la preparación de las muestras y para la realización de los análisis, así como la localización exacta de las muestras se pueden encontrar en Díaz Azpiroz (2001).

De acuerdo con el diagrama de clasificación TAS desarrollado por Cox *et al.* (1979), con la nomenclatura para rocas volcánicas de Le Maitre *et al.* (1989), las anfibolitas de La Corte se pueden clasificar como basaltos, y presentan un grado de diferenciación intermedio ( $Mg \# = 0.56 - 0.63$ ). Su parámetro B (La Roche, 1964) es sensiblemente mayor que el de las anfibolitas de Acebuches, debido a que las anfibolitas de La Corte muestran una mayor proporción de minerales máficos.

Los elementos traza y tierras raras (REE) se han representado en diagramas multielementales normalizados a MORB (según valores de Pearce, 1983) y a condrito (de acuerdo con los datos de Nakamura, 1974). Respecto a MORB (Fig. 4a), las anfibolitas de La Corte presentan un cierto enriquecimiento en LILE, más acentuado Rb y Ba. Los contenidos en los elementos inmóviles más refractarios (desde el P hasta el Cr) son muy similares a los de normalización, por lo que se pueden considerar como valores típicos de N-MORB. Sin embargo, los elementos inmóviles más incompatibles (Th, Nb y Ce) presentan un ligero enriquecimiento respecto a MORB, lo que es característico de E-MORB (véase Basaltic Volcanism Study Project, 1981). En consecuencia, los patrones de las anfibolitas de La Corte representan un término medio entre un MORB alcalino como el de la dorsal medio-atlántica (Wood *et al.*, 1979), y otro transicional como el del Golfo de Adén (Pearce, 1982).

En la figura 4b se muestra un diagrama de REE normalizado a condrito, en el que se observa que la pauta de variación de las anfibolitas de La Corte presenta

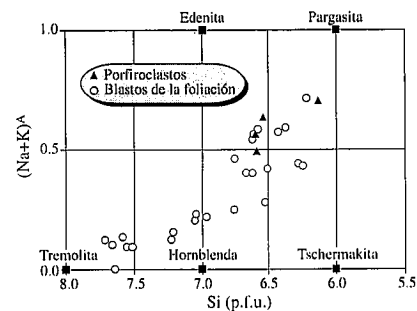


Fig. 3.- Clasificación de los anfíboles cálcicos de las anfibolitas de La Corte en un diagrama  $(Na+K)^A$  vs.  $Si$  (p.f.u.) (Deer *et al.*, 1992). Los triángulos negros corresponden a porfiroclastos y los círculos blancos a blastos de la foliación. Los cuadrados negros corresponden a las moléculas ideales de anfíbol.

Fig. 3.- Classification of amphiboles from the La Corte amphibolites in a diagram  $(Na+K)^A$  vs.  $Si$  (p.f.u.) (Deer *et al.*, 1992). Solid triangles are porfiroclasts and white circles represent foliation blasts. Solid squares correspond to idealized amphibole molecules.

concentraciones de REE entre 10 y 30 veces el valor del condrito, lo que implica un grado intermedio de diferenciación entre los basaltos primitivos y los muy evolucionados (*e.g.*, Wilson, 1989). También puede apreciarse un ligero enriquecimiento de las tierras raras ligeras (LREE) respecto a las tierras raras pesadas (HREE), con valores de  $(La/Lu)_n$  de 2.19 y 2.98. Este enriquecimiento, mucho menos pronunciado que el de los E-MORB, es característico de basaltos tholeiíticos de islas oceánicas (OIT, *Ocean Island Tholeiite*, Wilson, *op. cit.*) y de MORBs transicionales (T-MORB) entre N- y E-MORBs (Saunders, 1984).

En ambos diagramas, las anfibolitas de La Corte muestran ciertas diferencias respecto a las de Acebuches, cuyos patrones se muestran en Castro *et al.* (1996). Así, en el diagrama normalizado a MORB (Fig. 4a), las anfibolitas de La Corte muestran un enriquecimiento relativo en Ba y un empobrecimiento relativo en Th, al contrario que las anfibolitas de Acebuches. Por su parte, en el diagrama de REE (Fig. 3b) se observa que una de las muestras está enriquecida, en todas las REE, respecto a la media de las anfibolitas de Acebuches. Además, las anfibolitas de La Corte presentan sendos empobrecimientos relativos en Gd y Er, así como enriquecimientos relativos en Ho y Tm, lo que difiere sustancialmente del patrón plano definido por las anfibolitas de Acebuches.

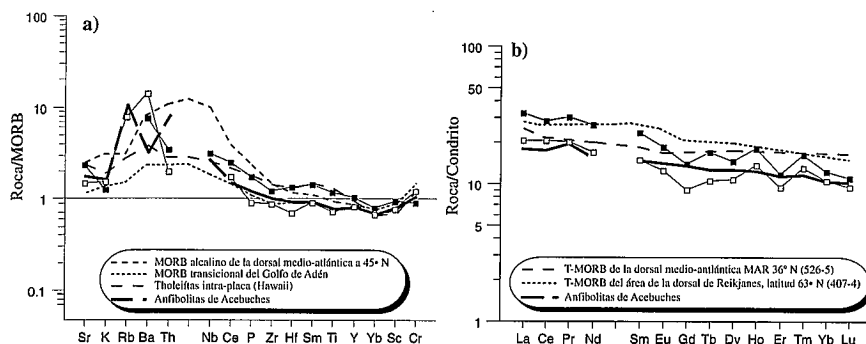


Fig. 4.- Diagramas de elementos trazas y tierras raras (REE) de las anfibolitas de La Corte (patrones definidos por cuadrados). a) diagrama multielemental normalizado a MORB según datos de Pearce (1983). b) diagrama de REE normalizado a condrito en función de valores propuestos por Nakamura (1974). Como referencia se han usado los siguientes patrones: MORB alcalino de la dorsal medio-atlántica (Wood *et al.*, 1979), MORB transicional del Golfo de Adén y basalto tholeiítico intra-placa de Hawaii (Pearce, 1982), anfibolitas de Acebuches (Castro *et al.*, 1996), y T-MORBs de la dorsal medio-atlántica (Langmuir *et al.*, 1977) y de la dorsal de Reykjanes (Wood *et al.*, 1979).

Fig. 4.- Trace elements and rare earth elements (REE) diagrams of the La Corte amphibolites (patterns defined by squares). a) multielement diagram normalized to MORB after data of Pearce (1983). b) REE diagram normalized to chondrite, using values proposed by Nakamura (1974). The following patterns for a comparison: alkaline MORB from the mid-atlantic ridge (Wood *et al.*, 1979), transitional MORB from the Gulf of Aden and tholeiitic intra-plate basalt from Hawaii (Pearce, 1982), Acebuches amphibolites (Castro *et al.*, 1996), and T-MORBs from the mid-atlantic ridge (Langmuir *et al.*, 1977) and from the Reykjanes ridge (Wood *et al.*, 1979).

## Discusión y conclusiones

Algunos autores han correlacionado las anfibolitas de La Corte con las de la serie de Acebuches (Bard, 1969; Giese *et al.*, 1994). A la vista de los datos estructurales, de química mineral y de geoquímica, dicha correlación no parece factible. En primer lugar, ambas litologías no se encuentran conectadas mediante ningún antifórme (como sugieren los autores mencionados), ya que las anfibolitas de Acebuches se sitúan en una banda continua de dirección constante ONO-ESE (e.g., Quesada *et al.*, 1994; Castro *et al.*, 1996, 1999; Díaz Azpiroz, 2001). Los análisis de química mineral muestran que en la serie de Acebuches no se han encontrado anfíboles ferromagnesianos mientras que en las anfibolitas de La Corte éstos aparecen con cierta frecuencia. Por otra parte, los anfíboles cálcicos de las anfibolitas de La Corte son más ricos en hierro que los de la serie de Acebuches, los cuales tienen todos un Mg # superior a 0.5 (e.g. Bard, 1970; Castro *et al.*, 1996; Díaz Azpiroz, 2001). Por último, aunque geoquímicamente las anfibolitas de La Corte y las de Acebuches presenten similitudes, los estudios de elementos traza y

de REE muestran diferencias importantes entre ambas rocas.

Desde el punto de vista geoquímico, las pautas de variación de las anfibolitas de La Corte, tanto en diagramas multielementales respecto a MORB como diagramas de REE respecto a condrito, presentan características típicas de basaltos tholeiíticos transicionales (T-MORB) entre N-MORB y E-MORB. Esto prueba el origen oceánico de estas rocas, cuyo protolito pudo haberse formado en un sector anómalo de una dorsal oceánica.

## Agradecimientos

Este trabajo es parte de la Tesis Doctoral de Manuel Díaz Azpiroz, la cual ha sido financiada con una beca FPI del MEC (FP94-52263949), por el proyecto PB94-1085 y por la Universidad de Huelva. Gracias también al Dr. Jesús de la Rosa (U. Huelva) por sus sugerencias sobre geoquímica.

## Referencias

Bard, J.P. (1969): *Thèse d'Etat*, Univ. Montpellier.

- Bard, J.P. (1970): *Contrib. Mineral. Petro.*, 28: 117-134.
- Basaltic Volcanism Study Project (1981): Pergamon Press, 1286 p.
- Castro, A., Fernández, C., de la Rosa, J.D., Moreno-Ventas, I. y Rogers, G. (1996): *Jour. Petrol.*, 37: 235-260.
- Castro, A., Fernández, C., El-Hmidi, H., El-Biad, M., Díaz, M., de la Rosa, J.D., y Stuart, F. (1999): *Inter. Jour. Earth Sci.*, 88: 26-37.
- Cox, K.G., Bell, J.D y Pankhurst, R.J. (1979): George Allen & Unwin, 450 p.
- Crespo-Blanc, A. (1991): *Tesis Doctoral*, Univ. Granada.
- Deer, W.A., Howie, R.A. y Zussman, J. (1992): Longman, 696 p.
- Díaz Azpiroz, M. (2001): *Tesis Doctoral*, Univ. Huelva.
- Dupuy, C., Dostal, J. y Bard, J.P. (1979): *Tsch. Mineral. Petro. Mitt.*, 26: 87-93.
- Giese, U., Walter, R. y von Winterfeld, C. (1994): *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 192: 333-360.
- Langmuir, C.H., Bender, J.F., Bence, A.E., Hanson, G.N. y Taylor, S.R. (1977): *Earth Planet. Sci. Letters*, 36: 133-156.
- La Roche, H.d. (1964): *Sci. de la Terre*, 9: 293-337.
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A.R. *et al.* (1989): Blackwell.
- Munhá, J.M., Oliveira, J.T., Ribeiro, A., Oliveira, V., Quesada, C. y Kerrich, R. (1986): *Maleo*, 2: 30.
- Nakamura, N. (1974): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38: 757-775.
- Pearce, J.A. (1982): En *Andesites*. Thorpe, R.S. (Ed), John Wiley & Sons. 525-548.
- Pearce, J.A. (1983): En *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds), Shiva. 230-249.
- Quesada, C., Fonseca, P.E., Munha, J., Oliveira, J.T. y Ribeiro, A. (1994): *Bol. Geol. Min.*, 105: 3-49.
- Saunders, A.D. (1984): En *Rare Earth Element Geochemistry*. Henderson, P. (Ed), Elsevier. 205-236.
- Wilson, M. (1989): Chapman & Hall, 466 p.
- Wood, D.A., Tarney, J., Varet, J., Saunders, A.D., Bougault, H., Joron, J.L., Treuil, M. y Cann, J.R. (1979): *Earth Planet. Sci. Letters.*, 42: 77-79.