

# Reseña preliminar sobre el hallazgo de diáspora asociada a la serpentización de los macizos de peridotitas de Ronda

*Preliminary report on the finding of diaspore related to the serpentization of the Ronda peridotites*

José Julián Esteban <sup>(1)</sup>, Julia Cuevas <sup>(1)</sup>, José María Tubía <sup>(1)</sup>, Néstor Vegas <sup>(1)</sup> e Iñaki Yusta <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, apartado 644, Bilbao 48080. jj.esteban@ehu.es; julia.cuevas@ehu.es; jm.tubia@ehu.es; nestor.vegas@ehu.es

<sup>(2)</sup> Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, apartado 644, Bilbao 48080. i.yusta@ehu.es

## ABSTRACT

We report the presence of large aggregates (diameter > 1 cm) of diaspore related to the serpentization of the Sierra Alpujata massif of the Ronda peridotites (Betic Cordilleras, southern Spain). The diaspore is found in two different but related settings: in narrow metasomatic rims pervading the peridotites from steeply dipping tension joints and in the blackwall zone developed along the normal fault that separates the peridotites from the overlying metamorphic cover. The systematic association of diaspore with chlorite points to very low temperature conditions ( $T < 100$  °C) for diaspore formation.

**Key words:** Diaspore, chloritic blackwall, Sierra Alpujata, Ronda peridotites

Geogaceta, 46 (2009), 51-54  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La diáspora, hidróxido de aluminio de fórmula  $\alpha$ -AlO(OH), está presente en distintos tipos de materiales geológicos. Es un componente esencial en depósitos bauxíticos de edades paleozoicas, en los que se forma a presiones atmosféricas y temperaturas de 25 °C (Kittrick, 1969). Este mineral se conserva en metabauxitas afectadas por metamorfismo de bajas temperaturas (300 – 400 °C) y alta presión (> 800 MPa) (Theye *et al.*, 1997), y se transforma en corindón a temperaturas de  $\approx$  420 °C y presiones entre 600 y 700 MPa (Feenstra y Wunder, 2002). Finalmente, también se ha descrito la formación diáspora en serpentinitas (Raade, 1987; Palandri y Reed, 2004; Frost y Beard, 2007). Es destacable que en este caso, la diáspora aparece como mineral minoritario y que, por su exiguo tamaño (< 1 mm), sólo es reconocible microscópicamente (Hopkinson *et al.*, 2004).

En este trabajo presentamos los primeros resultados sobre la presencia de diáspora en el macizo de Sierra Alpujata (peridotitas de Ronda, Cordilleras Béticas) (Fig. 1). El interés de este hallazgo reside en el hecho de que, en este caso, la diáspora es un mineral mayoritario de la roca y en que aparece como agregados

policristalinos esféricos que alcanzan diámetros de hasta un centímetro, lo que contrasta con las características petrográficas descritas en otras regiones con serpentinitas.

## Características de afloramiento

Los esquistos cloríticos con diáspora que se describen en este trabajo proceden del sureste del macizo de Sierra Alpujata (Fig. 1). En ese sector, las peridotitas de Ronda son mayoritariamente harzburgitas, ricas en porfiroclastos de enstatita y que contienen capas de piroxenitas con granate. Las harzburgitas están parcialmente serpentinizadas, tienen textura milonítica, presentan una marcada foliación y están cortadas por varios sistemas de fracturas (Fig. 2A). Desde el punto de vista estructural, los afloramientos estudiados corresponden al techo de la lámina alóctona de peridotitas y están situados en el mismo contacto con las kinzigitas del manto de Los Reales o unos pocos metros por debajo del mismo.

Las muestras analizadas proceden de dos tipos de afloramientos, en los que la diáspora forma agregados radiales de minerales brillantes y de color blanco que destacan sobre el fondo verdoso de una matriz clorítica. El primer tipo de aflora-

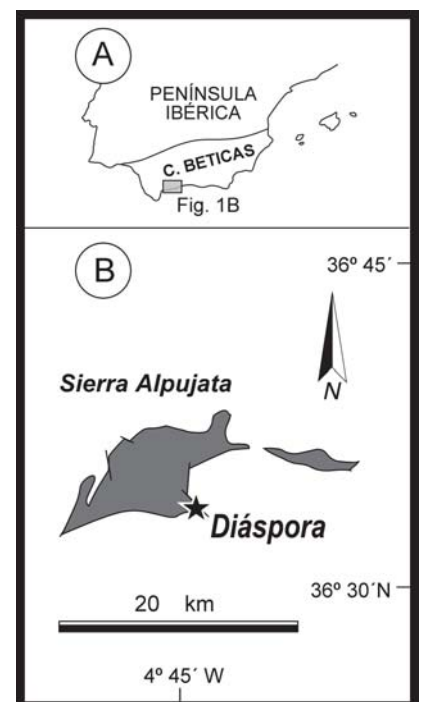
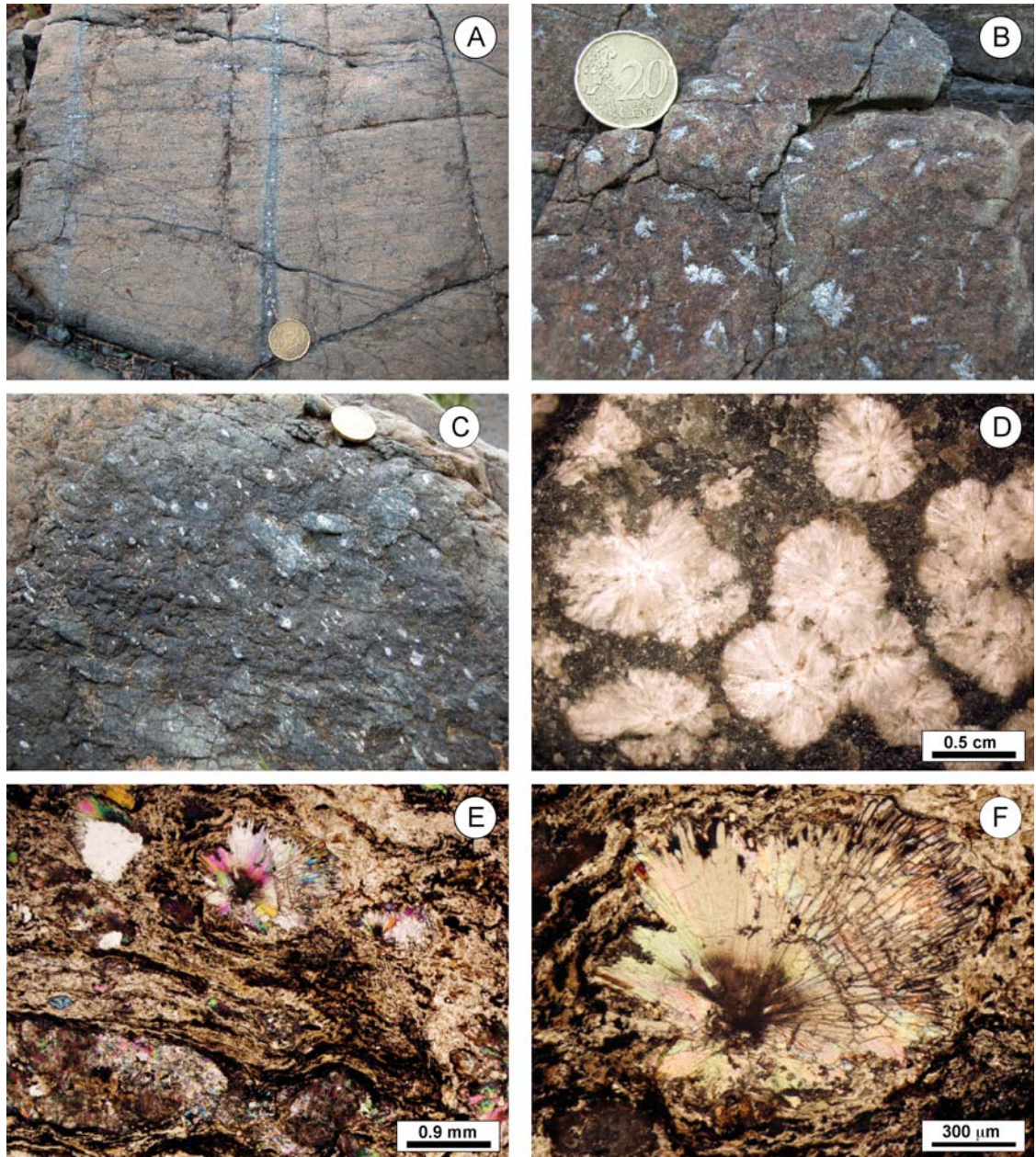


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado, donde se muestran el macizo de Sierra Alpujata de las peridotitas de Ronda y la localización de las muestras con diáspora.

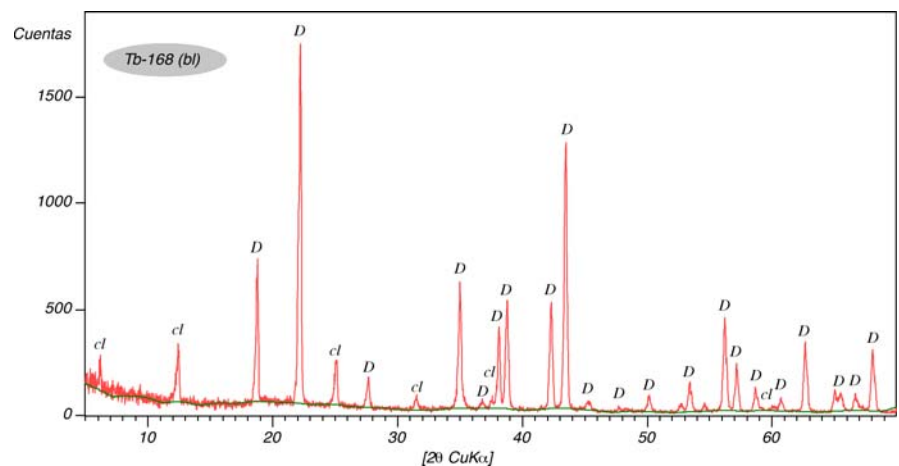
*Fig. 1.- Simplified geological map showing the Sierra Alpujata massif of the Ronda peridotites and the location of the diaspore-bearing samples.*

**Fig. 2.-** A) Afloramiento con fracturas de tensión rellenas con clorita y diáspora. Obsérvese como las fracturas de tensión se disponen perpendicularmente a la foliación milonítica de las peridotitas serpentinizadas. B) Agregados desorientados de diáspora sobre un plano de fractura. C) Agregados orientados de diáspora. D) Muestra de mano de los agregados fibroso-radiales de diáspora. E) Aspecto general de la diáspora inmersa en una matriz de grano fino de clorita. F) Vista en detalle de un esferulito de diáspora.



*Fig. 2.- A) Outcrop view of tension joints filled with chlorite and diaspore. Note that the cracks are oriented perpendicularly to the mylonitic foliation of the serpentized peridotites. B) Unoriented diaspore aggregates arranged on a tension joint. C) Oriented aggregates of diaspore. D) Hand sample of fibrous-radial diaspore aggregates. E) General view of diaspore within a fine-grained chlorite matrix. F) Detailed view of a spherulite of diaspore.*

miento corresponde a franjas de alteración, de 1 a 3 centímetros de espesor, que invaden a las peridotitas a partir de fracturas subverticales de dirección media N20 °E. Las fracturas cortan a la foliación milonítica de las harzburgitas perpendicularmente (Fig. 2A) y su dirección es paralela a la de la falla normal que recorre el extremo sureste del macizo de Sierra Alpujata, separando las rocas ultrabásicas de las kinzigitas suprayacentes. Esta relación geométrica sugiere que se trata de fracturas de tensión asociadas al movimiento de la falla normal. Los prismas de diáspora pueden disponerse al azar o formar haces radiales dentro de zona serpentinizada que tapiza las fracturas (Fig. 2B), o bien definir una acusada orientación preferente (Fig. 2C). Estas variaciones indican que el crecimiento de



**Fig. 3.-** Patrón de difracción de rayos X de diáspora (D) obtenido en roca total. Obsérvese que algunas de las reflexiones obtenidas son indicativas de la presencia de clorita (cl).

*Fig. 3.- Total sample X-ray diffraction pattern of diaspore (D). Note that some of the obtained reflections indicate the presence of chlorite (cl).*

los cristales de diáspora se produjeron en condiciones estáticas en unos casos y dinámicas en otros.

El segundo tipo de afloramiento, que es el más abundante en diáspora y se ha estudiado más en detalle, corresponde a un rosario de lentejones cloríticos que jalonan el contacto de falla normal entre las peridotitas y las kinzigitas, formando lo que se denomina una «blackwall zone» en la terminología inglesa. El espesor de los lentejones oscila entre 0,5 y 2 metros. La proporción de diáspora en estos lentejones es variable, llegando a constituir el 30 % de la roca, localmente. En estos afloramientos la diáspora se concentra en agregados esféricos o elipsoidales que pueden superar un centímetro de diámetro y tienen estructura radial (Fig. 2D).

### Características petrográficas e identificación mineral

Las muestras procedentes de la «blackwall zone» exhiben una heterogeneidad petrográfica notable a escala de muestra de mano, ya que coexisten franjas centimétricas con estructura bandeada junto a dominios de forma irregular y aspecto homogéneo. En los dominios bandeados hay una foliación definida por la elongación común de agregados policristalinos de clorita, magnetita, lizardita y por nódulos elipsoidales de diáspora (Fig. 2E). En cambio, los dominios homogéneos carecen de magnetita y están formados por un entramado de pequeños agregados esféricos (diámetro < 1 mm) de clorita acicular con crecimientos

radiales, entre los que se distribuyen nódulos de diáspora, con formas casi esféricas y de mayores dimensiones (Fig. 2D). En ambos casos, la organización interna de los nódulos de diáspora es de tipo radial (Fig. 2F) y hay granate y circón como minerales accesorios.

La identificación de la diáspora se ha realizado mediante difracción de rayos X (DRX) de concentrados minerales separados manualmente. Se ha utilizado un difractor PHILIPS PW1710 equipado con generador PW1729, ánodo de cobre, goniómetro vertical PW1050/25 y monocromador de grafito del Servicio General de Rayos X de la Universidad del País Vasco. Las composiciones químicas de la diáspora y la clorita se han establecido a partir de análisis en la microsonda electrónica de la Universidad de Oviedo (CAMECA SX50, haz de 5 mm, intensidad 15 nA y tensión de 30 kV). La mayoría de las reflexiones y las más intensas proporcionadas por los análisis de DRX proceden de la diáspora; hay, además, algunas reflexiones poco intensas que permiten identificar la presencia de clorita minoritaria (Fig. 3). Estos resultados concuerdan con la existencia de inclusiones diminutas de clorita en los agregados de diáspora.

La tabla I sintetiza los datos sobre la composición química de la diáspora y la clorita. La diáspora proporciona contenidos de  $Al_2O_3$  superiores al 80 % y de los restantes óxidos sólo destaca el  $SiO_2$  y el  $TiO_2$ . En el diagrama de Foster (1962), la clorita queda representada en el campo de la sheridanita (Fig. 4A). Como se aprecia en el diagrama de va-

riación de  $Fe^{2+}$  frente a  $Al(VI)$  (Fig. 4B), la clorita de las muestras con diáspora se distingue claramente, por su mayor contenido en Al y porcentajes menores de Fe, de la clorita de los esquistos cloríticos con circón descritos recientemente por Esteban *et al.* (2007).

### Discusión y conclusiones

La presencia de diáspora en serpentinitas es infrecuente y aún lo es más que sea un mineral mayoritario de las rocas, como ocurre en las muestras de Sierra Alpujata. Probablemente por ello, la información existente sobre su génesis en este tipo de rocas es escasa y, en ocasiones, aparentemente contradictoria.

Raade (1987) atribuye la génesis de diáspora en los depósitos con serpentina y magnesita de Modum (Noruega) a la reacción de fluidos enriquecidos en  $CO_2$  con la espinela de las rocas ultrabásicas; este origen puede descartarse en nuestro caso, pues esas reacciones también producen hidrotalcita o manasseita, minerales carbonatados ausentes en las muestras de Sierra Alpujata.

En las muestras de Sierra Alpujata, la sistemática asociación de diáspora y clorita y la presencia de inclusiones de clorita en los agregados de diáspora sugieren que la diáspora procede de la descomposición de clorita. Según Frost y Beard (2007) la formación de diáspora puede deberse a reacciones episódicas de la clorita con fluidos fuertemente infrasaturados en sílice o bien a una silicificación tardía de la clorita debida a la reacción con fluidos saturados en síli-

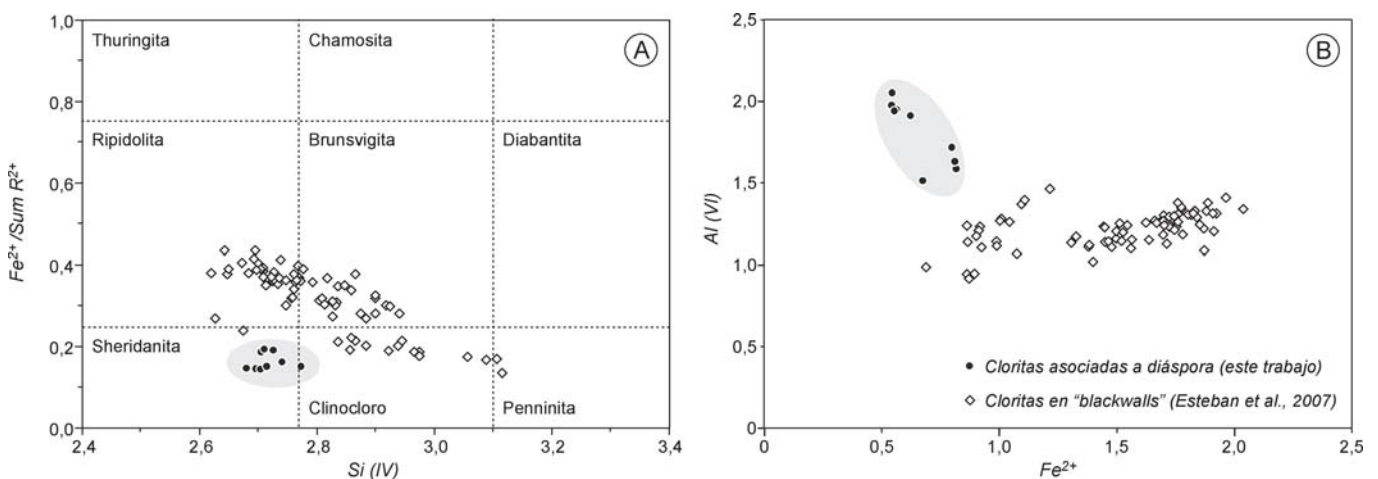


Fig. 4.- A) Clasificación de las cloritas según los dos tipos principales de reemplazamiento iónico (Foster, 1962). B) Diagrama de variación  $Al(VI)$  vs  $Fe$  de las cloritas. Obsérvese que en ambos diagramas las cloritas aquí estudiadas son comparadas con las analizadas por Esteban *et al.* (2007) para los esquistos cloríticos de Ronda.

Fig. 4.- A) Classification of chlorites based on the two principal types of ionic replacement (Foster, 1962). B)  $Fe$  vs  $Al(VI)$  correlation diagram of chlorites. Note that in both diagrams, studied chlorites are compared with those from the chlorite-schists defined by Esteban *et al.* (2007).

Muestra	tb-168	tb-168
Mineral	Diáspora	Clorita
SiO <sub>2</sub> (% peso)	0,49	27,66
TiO <sub>2</sub>	0,13	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	81,88	26,72
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,02
FeO <sub>t</sub>	0,07	7,98
MnO	0,02	0,08
MgO	0,02	22,22
NiO	0,01	0,02
CaO	0,01	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,02
K <sub>2</sub> O	0,00	0,01
H <sub>2</sub> O*	14,87	--
<b>Total</b>	<b>97,59</b>	<b>84,77</b>
Si (cpfu)	0,00	2,72
Al	0,98	3,09
Ti	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00
Fe <sup>3+</sup>	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,00	0,66
Mn	0,00	0,01
Mg	0,00	3,25
Ni	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00
Na	0,00	0,00
K	0,00	0,00
OH	1,01	--

**Tabla I.- Valores medios de los análisis químicos y fórmula estructural de la diáspora (5 análisis) y clorita (9 análisis). La fórmula estructural de la diáspora se ha calculado en base a dos cationes mientras que el H<sub>2</sub>O por estequiometría. La fórmula estructural de la clorita se determinó en base a la equivalencia de 14 oxígenos, ignorando el H<sub>2</sub>O.**

*Table I.- Average values on the chemical composition and structural formula of diaspora (5 analyses) and chlorite (9 analyses).*

*Structural formula of diaspora has been calculated on basis of two cations meanwhile H<sub>2</sub>O was determined by stoichiometry. Chlorite structural formula has been calculated on basis of 14 oxygen equivalents, ignoring H<sub>2</sub>O.*

ce. Considerando la ausencia de brucita y la presencia ocasional de lizardita en las muestras estudiadas, es más adecuada la segunda opción, ya que la formación de diáspora conlleva la producción de brucita en el primer caso ( $\text{Chl} + 2 \text{H}_2\text{O} = 5 \text{Brc} + 2 \text{Dsp} + 3 \text{SiO}_{2(\text{aq})}$ ) y en el segundo de serpentina ( $\text{Chl} + \text{SiO}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O} = 5 \text{Srp} + 6 \text{Dsp}$ ). Las características estructurales de la zona estudiada también concuerdan adecuadamente con la segunda hipótesis, ya que las kinzigitas y migmatitas existentes sobre las peridotitas constituyen un reservorio adecuado para la producción de fluidos enriquecidos en sílice y el elevado grado de fracturación de la zona favorecería su infiltración a través de las peridotitas. Este proceso de formación de la diáspora indicaría condiciones de temperatura inferiores a 100 °C (Frost y Beard, 2007).

## Agradecimientos

La realización de este trabajo se ha financiado con los proyectos de investigación CGL2007-60039/BTE (Ministerio de Educación y Ciencia) y «Grupos Consolidados de Investigación del Sistema Universitario Vasco» IT-270-07. Agradecemos al Dr. Sáez Ramos y a los editores la revisión del manuscrito.

## Referencias

- Esteban, J.J., Cuevas, J., Tubía, J.M., Liati, A., Seward, D. y Gebauer, D. (2007). *Lithos*, 99, 121-135.
- Feenstra, A. y Wunder, B. (2002). *Geology*, 30, 119-122.
- Foster, M.D. (1962). *US Geological Survey Professional Paper*, 414-A, 1-33.
- Frost, B.R. y Beard, J.S. (2007). *Journal of Petrology*, 48, 1351-1368.
- Hopkinson, L., Beard, J.S. y Boulter, C.A. (2004). *Marine Geology*, 204, 301-315.
- Kittrick, J.A. (1969). *Clays and Clay Minerals*, 17, 157-167.
- Palandri, J.L. y Reed, M.H. (2004). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 1115-1133.
- Raade, G. (1987). En: *Ultramafic & Related Rocks* (P. J. Wyllie, Ed.), 451-479.
- Theye, T., Chopin, C., Grevel, K.D. y Okenga, E. (1997). *Journal of Metamorphic Geology*, 15, 17-28.