

# Primera descripción de capas de esquistos cloríticos con circón en las peridotitas de Ronda (Cordilleras Béticas)

First report of zircon-bearing chlorite schists in the Ronda peridotites (Betic Cordilleras)

J. M. Tubía, J. Cuevas y J. J. Esteban

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, a.p. 644, Bilbao 48080. goptuxj@lg.ehu.es; gppcuurj@lg.ehu.es; gpbesgij@lg.ehu.es

## ABSTRACT

This work reports the finding of layers of zircon-bearing chlorite schists in the southwestern part of the Sierra Bermeja peridotites, the biggest massif of the Ronda peridotites (Alpujarride Complex, Betic Cordillera, southern Spain). Structural, petrographic and geochemical data support a metasomatic origin for these rocks, at temperature conditions of 280-350 °C, related to the serpentinization of the peridotites and the rodingitization of the granite dykes of the Ronda peridotites.

Key words: Zr-bearing chlorite schist, serpentinization, rodingitization, Ronda peridotites.

Geogaceta, 37 (2005), 27-30

ISSN: 0213683X

## Introducción

En el extremo suroeste del macizo de Sierra Bermeja, el mayor de los que forman las peridotitas de Ronda (Cordilleras Béticas), hay capas de esquistos cloríticos ricos en circón (Fig. 1), que habían pasado desapercibidas hasta ahora. Estos materiales son interesantes debido a su similitud con otros esquistos cloríticos, como los de los Alpes Occidentales (Mével, 1984) o el margen continental pasivo de la vertiente atlántica de Galicia (Beslier *et al.*, 1990), que se han interpretado como antiguos gabros ricos en Ti y Fe, transformados completamente durante la serpentinización de las peridotitas que los contienen (Mével, 1984; Beslier *et al.*, 1990; Schärer *et al.*, 1995). Sin embargo, y a pesar de su atractivo, no es adecuado extrapolar directamente esa interpretación a los esquistos de Sierra Bermeja, ya que también se generan franjas de esquistos cloríticos, las denominadas “black-wall” (O’Hanley, 1996), cuando hay procesos de rodingitización asociados a la serpentinización de las rocas ultrabásicas. Este origen no puede descartarse, ya que varios trabajos recientes (Esteban *et al.*, 2001 y 2003) han puesto de manifiesto la existencia de rodingitas en las peridotitas de Ronda.

Este trabajo presenta las principales características estructurales, petrográficas y geoquímicas de dichos esquistos.

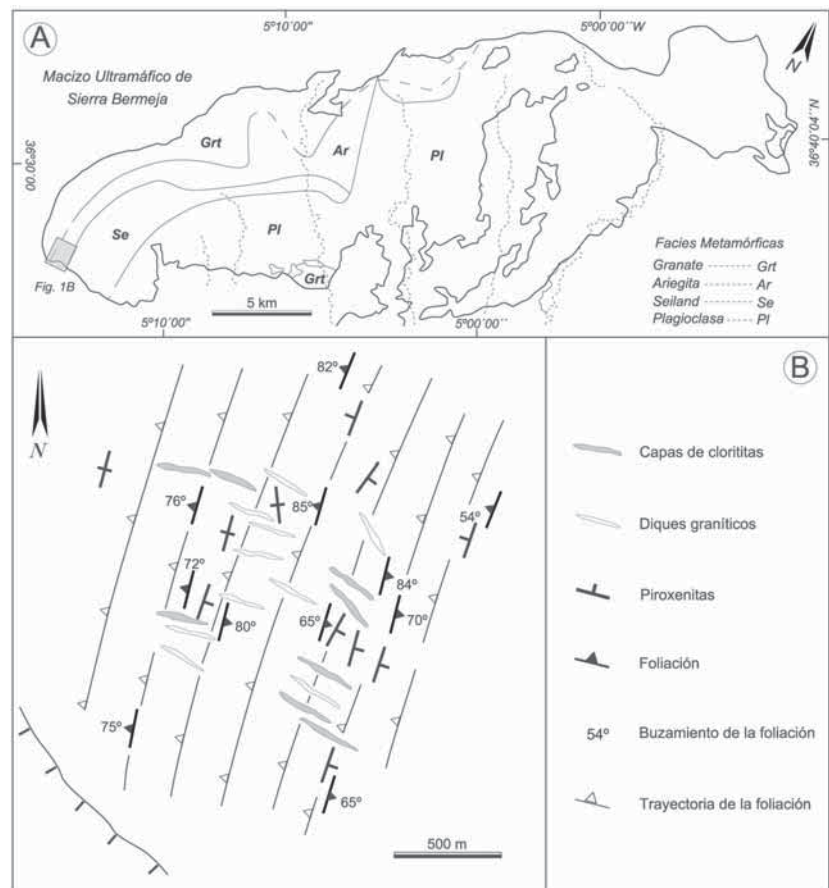


Fig. 1.- A) Mapa del macizo de peridotitas de Sierra Bermeja con su respectiva zonación petrográfica (Obata, 1980). B) Mapa estructural de la zona de estudio con las diferentes orientaciones de capas de cloritas, diques graníticos, piroxenitas y foliación de peridotitas.

Fig. 1.- A) Map of the peridotite massif of Sierra Bermeja, with its petrographic zonation (Obata, 1980). B) Structural map of the studied area with the different orientations of the chlorite layers, granite dykes, pyroxenites and the peridotite foliations.

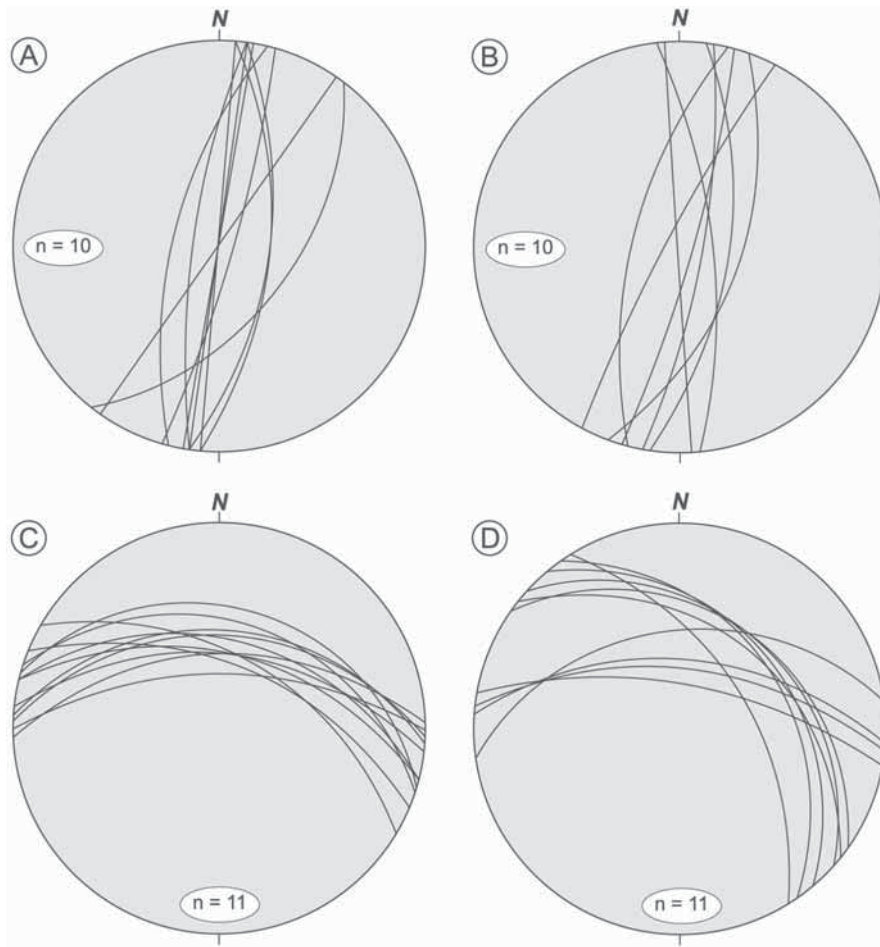


Fig. 2.- Diagramas de orientación de: A) Foliación de las peridotitas porfiroclásticas. B) Capas de piroxenitas. C) Diques graníticos. D) Capas de clorititas.

Fig. 2.- Stereoplots showing the orientation of: A) Foliation of the porphyroclastic peridotites. B) Pyroxenite layers. C) Granite dykes. D) Chloritite layers.

A partir de esos datos se excluye la posibilidad de que los protolitos de las capas de clorititas sean gabros, y se concluye que su origen está asociado a la rodingitización de los diques graníticos que cortan a las peridotitas de Ronda.

**Localización y características estructurales**

Los esquistos con clorita a los que se alude en este trabajo afloran en el extremo suroeste del macizo de Sierra Bermeja (Fig. 1), como capas de varios metros de longitud, que pueden alcanzar espesores de medio metro, aunque la potencia de la mayoría de ellas es inferior a treinta centímetros.

La zona en la que afloran las clorititas está formada por peridotitas porfiroclásticas con espinela. La foliación de las peridotitas en ese sector muestra una orientación muy regular, de dirección aproximadamente N10°E y buzamientos elevados, <sup>3</sup> 65°, hacia el

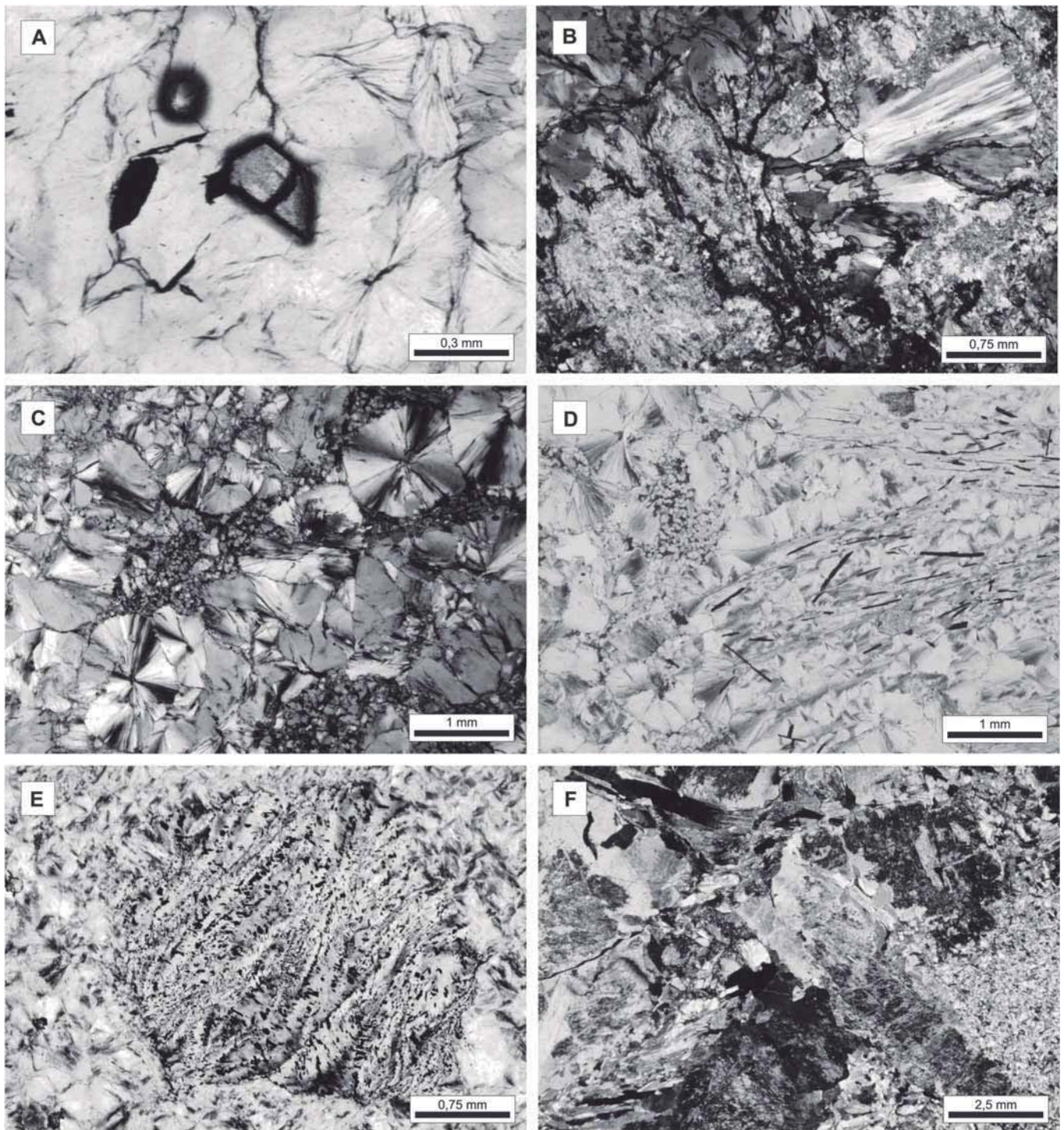
este u oeste (Fig. 2A). Dispersas entre las peridotitas se encuentran capas de piroxenitas con espinela ± granate. Como se aprecia en las figuras 1 y 2, las capas de piroxenitas son concordantes con la foliación de las peridotitas (Fig. 2A y B). En el área de estudio también está representado el sistema de diques leucocráticos que cortan a las peridotitas de Ronda. Esos diques, de dirección aproximadamente E-O, son casi perpendiculares a la foliación de las peridotitas y a las capas de piroxenitas (Fig. 2C). Aunque las capas de clorititas que hemos hallado son escasas, sólo once, su orientación es semejante a la de los diques graníticos, y parece que se pueden distinguir dos grupos: uno, integrado por las cuatro capas de mayor grosor, es de dirección E-O y tiene buzamientos de 50° a 70° hacia el norte, mientras que el otro varía entre E-O a N145°E y muestra buzamientos algo menores, también hacia el N o NE (Fig. 2D).

En todos los macizos ultramáficos de Ronda, las capas máficas son paralelas o ligeramente oblicuas a la foliación de las peridotitas (Obata, 1980; Tubía, 1988) y no hay constancia de que en un mismo sector coexistan dos sistemas de capas máficas ortogonales. Por tanto, la orientación de los esquistos cloríticos también proporciona un argumento estructural contrario a que procedan de capas máficas previas y favorable a que estén relacionados con los diques graníticos.

**Características petrográficas y geoquímicas**

Las clorititas tienen aspecto satinado y colores pálidos, grisáceos o verdosos. Son rocas equigranulares, de tamaño de grano medio a fino y carentes de deformación. Algunas capas destacan por la abundancia de nódulos blancos, de tamaño milimétrico a centimétrico, con formas redondeadas o angulosas. Estas rocas están formadas mayoritariamente por clorita y contienen titanomagnetita en proporciones del 1 al 3 %. En todas las muestras que hemos estudiado hay esfena y cristales idiomorfos de circón (Fig. 3A) como minerales accesorios. Estas características petrográficas son prácticamente idénticas a las de los esquistos cloríticos del margen gallego (Girardeau, com. pers.). Sólo las muestras con nódulos blancos, que corresponden a agregados policristalinos de cristales aciculares de prehnita (Fig. 3B), son claramente distintas.

Desde el punto de vista textural se distinguen cuatro tipos de clorita (Fig. 3). El más abundante está integrado por agregados redondeados, (diámetro  $\leq$  1 mm) de cristales fibroso-radiales (Fig. 3A y 3C). En segundo lugar, hay grandes cristales alargados de clorita, de hasta 8 mm de longitud, que contienen un número elevado de cristales aciculares de titanomagnetita (Fig. 3D); estas clorititas muestran una orientación al azar en la roca, aunque las inclusiones de titanomagnetita exhiben una orientación media coincidente con el alargamiento de las clorititas; estas características sugieren que este tipo de clorita podría proceder de cristales de ortopiroxeno. Los huecos existentes entre los cristales de clorita de los tipos descritos previamente están ocupados por agregados radiales similares a los primeros, pero de menor tamaño (Fig. 3C). Finalmente, hay unos pocos cristales globulares de clorita con multitud de peque-



**Fig. 3.-** Microfotografías de los esquistos cloríticos y diques graníticos de Sierra Bermeja. A) Cristal idiomorfo de circon incluido en agregados fibroso radiales de clorita. B) Cristales aciculares de prehnita. C) Agregados redondeados de cristales fibroso radiales de clorita. Los intersticios entre estos agregados están colmatados por otros cristales de clorita de menor tamaño. D) Cristales elongados de cloritas y titanomagnetitas orientados paralelamente. E) Inclusiones de titanomagnetita con morfologías en kink-band en un posible “ghost” de clinopiroxeno transformado a clorita. F) Paragénesis rodingítica formada por anfíboles cálcicos desorientados que reemplazan a los feldspatos de un dique granítico.

*Fig. 3.- Microphotographs of the chlorite schist and granitic dykes of Sierra Bermeja. A) Idiomorphic crystal of zircon within a radial cluster of chlorite. B) Needle-like crystals of prehnite. C) Radial clusters of chlorite. Smaller chlorite crystals fill the voids between neighbouring clusters. D) Elongate crystals of chlorite and titanomagnetite arranged parallelly. E) Inclusions of titanomagnetite in chlorite displaying kink-band morphology within a clinopyroxene ghost. F) Typical rodingitic mineral association with randomly orientated calcic amphibole replacing feldspars of the granite dyke.*

ñas inclusiones de titanomagnetita que dibujan kink-bands (Fig. 3E), semejantes a los que presentan frecuentemente los cristales de clinopiroxeno de las pe-

ridotitas. Las cloritas son variedades magnesianas ( $Mg = 19,22 \pm 1,14 \%$ ) con coeficientes promedios de Mg moderados ( $Mg/Mg+Fe = 0,62 \pm 0,03$ ) (Tabla I).

Desde el punto de vista geoquímico, son rocas muy pobres en Si y elementos alcalinos y calco-alcalinos, de acuerdo con sus bajos contenidos en  $SiO_2$  (26 %)

Clorita Tb-731 (n=12)		
	Promedio	Des. Estándar
SiO <sub>2</sub>	26,68	0,76
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,23	0,72
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,03
NiO	0,03	0,04
FeO <sub>i</sub>	20,82	1,19
MgO	19,22	1,14
MnO	0,09	0,06
CaO	0,03	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,01
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01
Total	88,19	0,60
<hr/>		
Si	2,72	0,06
Al	2,56	0,06
Ti	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	1,78	0,11
Mg	2,92	0,16
Ni	0,00	0,00
Mn	0,01	0,00
Ca	0,00	0,00
Na	0,00	0,00
K	0,00	0,00
<hr/>		
T (°C)(1)	289	12
T (°C)(2)	281	4
T (°C)(3)	350	19
T (°C)(4)	317	13
T (°C)(5)	351	19
T (°C)(6)	320	15

- 1) Cathelineau y Nieva (1985) (Al<sup>IV</sup>)
- 2) Cathelineau y Nieva (1985) (6 - Posi. VI)
- 3) Cathelineau (1988)
- 4) Kranidiotis y MacLean (1987)
- 5) Jowett (1991) (sii Fe/Fe+Mg < 0.6)
- 6) Xie et al (1997) (sii Fe/Fe+Mg < 0.31)

**Tabla I.- Composiciones y desviaciones estándares medias de los análisis químicos realizados mediante microsonda electrónica sobre las cloritas de los esquistos cloríticos. Las fórmulas estructurales de las cloritas se han calculado en base a 14 oxígenos.**

*Table I.- Median compositions and standard deviations of the puntual chemical analysis done by ion-microprobe of the chlorites of the chloritic schist of Sierra Bermeja. The structural formulae have been calculated on 14 oxygens.*

y la escasez de Ca, Na, K, Rb y Ba. Destaca, además, el hecho de que su contenido en Zr, entre 157 y 234 ppm, es excepcionalmente alto para este tipo de rocas.

## Discusión y conclusiones

Como se ha indicado previamente, los datos estructurales sugieren

que las clorititas y los diques de granitoides están relacionados. Esta posibilidad se ve reforzada por la comprobación de que buena parte de los diques existentes en la zona están total o parcialmente rodingitizados, de manera que la mineralogía primaria de los diques es reemplazada por minerales cálcicos originados a partir de fluidos que invaden los granitos a través de una densa red de microfracturas (Fig. 2F). Además, los diques rodingitizados están tapizados por finas salbandas de clorita ("black-walls"), comparables a las capas de esquistos cloríticos.

Las condiciones de temperatura estimadas para la formación de las clorititas oscilan entre 280 y 350 °C, en función del geotermómetro considerado (Tabla I). Este intervalo de temperatura coincide con los valores estimados para la serpentización de las peridotitas y la rodingitización de los diques graníticos de las peridotitas de Carratraca (Esteban, 2003; Esteban *et al.*, 2003). En principio la abundancia de circón en estas rocas parece estar en contradicción con el origen aquí propuesto, ya que la cristalización de este mineral se relaciona habitualmente con temperaturas mucho más elevadas. Sin embargo, estudios recientes en rodingitas y "black-walls" cloríticas de las ofiolitas de los Sudetes han puesto de manifiesto la existencia de circón de origen metasomático formado en condiciones propias de la facies de los esquistos verdes, a temperaturas de 270 a 300 °C y presiones de 1 kbar (Dubinska *et al.*, 2004).

En conclusión, las capas de esquistos cloríticos con circón de Sierra Bermeja se han originado durante los procesos de serpentización de las peridotitas y están asociadas a la rodingitización de los diques graníticos.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación BTE 2001-0634 (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y "Grupos consolidados de investigación" de la UPV/EHU.

## Referencias

- Beslier, M-O., Girardeau, J. y Boillot, G. (1990). *Tectonophysics*, 184, 321-343.
- Cathelineau, M. (1988). *Clay Minerals*, 23, 471-485.
- Cathelineau, M. y Nieva, D. (1985). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 91, 235-244.
- Dubinska, E., Bylina, P., Kozłowski, A., Dörr, W., Nejbort, K., Schastok, J. y Kulicki, C. (2004). *Chemical Geology*, 203, 183-203.
- Esteban, J.J. (2003). *Evolución estructural de los macizos ultramáficos de Carratraca (Málaga): influencia de la serpentización*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco, 322 p.
- Esteban, J.J., Cuevas, J., Tubía, J.M. y Yusta, I. (2001). *Geogaceta*, 30, 51-54.
- Esteban, J.J., Cuevas, J., Tubía, J.M. y Yusta, I. (2003). *Canadian Mineralogist*, 41, 161-170.
- Jowett, E.C. (1991). En: *GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, Toronto*, 16, A62.
- Kranidiotis, P. y MacLean, W.H. (1987). *Economic Geology*, 82, 1898-1911.
- Mével, C. (1984). *Le métamorphisme dans la croûte océanique. Apport de la pétrologie à la compréhension des phénomènes de circulation hydrothermale et de déformation*. Tesis Doctoral, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 433 p.
- O'Hanley, D. (1996). *Serpentinites: Records of Tectonic and Petrological History*, Oxford University Press, 277 p.
- Obata, M. (1980). *Journal of Petrology*, 21, 533-572.
- Schärer, U., Kornprobst, J., Beslier, M-O., Boillot, G. y Girardeau, J. (1995). *Earth and Planetary Science Letters*, 130, 187-200.
- Tubía, J.M. (1988). *Publicación Especial del Boletín Geológico y Minero de España*, 99, 124 p.
- Xie, X., Byerly, G.R. y Ferrel, R.E.Jr. (1997). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126, 275-291.