

Rodingitización y formación de pectolita en diques graníticos de las Peridotitas de Ronda (Cordilleras Béticas, España)

Rodingitization and pectolite development in granitic dykes from the Ronda peridotites (Betic Cordilleras, Spain)

J. J. Esteban (*), J. Cuevas (*), J. M. Tubía (*) e I. Yusta (**)

(*) Dpto. de Geodinámica, Fac. de Ciencias, Universidad del País Vasco, a.p. 644, 48080 Bilbao.

(**) Dpto. de Mineralogía y Petrología, Fac. de Ciencias, Universidad del País Vasco, a. p. 644, 48080 Bilbao.

ABSTRACT

This work reports the local occurrence of rodingites formed from granitic dykes intrusive in the Ronda Peridotites. Representative mineral assemblages include chlorite, hydrogrossular, and prehnite but also pectolite, and xonotlite uncommon mineral in rodingites. In addition, some granitic dykes are characterized by the albitization of plagioclases. The development of lizardite in the adjacent serpentinites suggests that rodingitization was a low-temperature metasomatic process, which affects the granitic dykes in contact with peridotites during serpentinization.

Key words: Rodingite, pectolite, Ronda peridotites, Betic Cordilleras.

Geogaceta, 30 (2001), 51-54
ISSN:0213683X

Introducción

En el sector occidental de las Zonas internas de las Cordilleras Béticas afloran varios macizos de rocas ultramáficas, conocidos genéricamente como Peridotitas de la Serranía de Ronda (Málaga, España). En conjunto cubren un área de unos 450 km², repartidos mayoritariamente entre los macizos de Sierra Bermeja, Sierra Alpujata, Carratraca (con la Sierra de Las Aguas al norte y la Sierra de La Robla al sur, Fig. 1) y Mijas. Corresponden a fragmentos del manto subcontinental exhumados, en estado sólido, hasta la superficie terrestre (Nicolas y Jackson 1972). Las peridotitas están situadas en la base del Manto de Los Reales, correspondiente a la unidad alóctona superior del Complejo Alpujárride de las Cordilleras Béticas. (Navarro-Vilá y Tubía, 1983)

Los trabajos sobre las serpentinitas de los macizos ultramáficos de Ronda son escasos. Es posible que ello se deba a que las peridotitas de Ronda forman el mayor conjunto de lherzolitas orogénicas del mundo, y a que son las únicas donde están presentes las tres facies metamórficas de O'Hara para rocas ultramáficas representativas del manto litosférico (Obata, 1980). Estas circunstancias podrían ex-

plicar la polarización de muchos estudios hacia las etapas precoces de su exhumación desde la astenosfera hasta niveles corticales profundos, en detrimento del análisis de su comportamiento en las condiciones más superficiales que precisan los procesos de serpentinización.

Esta nota presenta las características petrográficas de rodingitas con pectolita en los macizos de Carratraca. La presencia de pectolita había sido señalada previamente por Dickey y Obata (1974) en diques de *corneanas grafitosas* intrusivos en las peridotitas de Sierra Bermeja. Sin embargo, estos autores no proporcionan ningún dato sobre su posible significado, limitándose a comentar que la pectolita forma venillas de menos de 0,5 mm de espesor junto con albita y cuarzo. Además de discutir el posible origen de la pectolita, el interés de nuestro trabajo reside en que proporciona la primera referencia sobre la presencia de rodingitas en las Peridotitas de Ronda.

Condiciones de afloramiento

Las peridotitas de Ronda están compuestas principalmente por lherzolitas con cantidades menores de dunitas y capas máficas (Hernández-Pacheco 1967).

En Sierra Bermeja, Obata (1980) reconoció la existencia de una zonación petrográfica caracterizada por la presencia de peridotitas con plagioclasa en la parte inferior, peridotitas con espinela en la intermedia y peridotitas con granate en la parte superior. En los macizos de Carratraca la zonación es incompleta, ya que sólo afloran peridotitas con granate en el techo de los macizos, junto a las kinzigitas del Manto de Los Reales, y peridotitas con espinela por debajo.

Las rodingitas con pectolita están repartidas por los dos macizos ultramáficos de Carratraca; siempre aparecen asociadas con los diques graníticos que tan abundantes son en las sierras de La Robla y de Las Aguas, intruyendo tanto en las peridotitas con granate como en las peridotitas con espinela. Los ejemplos que describimos proceden del excelente corte que, con dirección N-S, proporciona el talud de la carretera A-357 (Málaga - Campillos) en su intersección con el contacto meridional del macizo de la Sierra de Las Aguas, unos 4 km al sur de Carratraca (Fig. 1). Desde el punto de vista estructural, dicho contacto, que actualmente muestra un buzamiento de unos 40° hacia el SE, corresponde a una falla extensional plegada, la falla de Cerro Tajo,

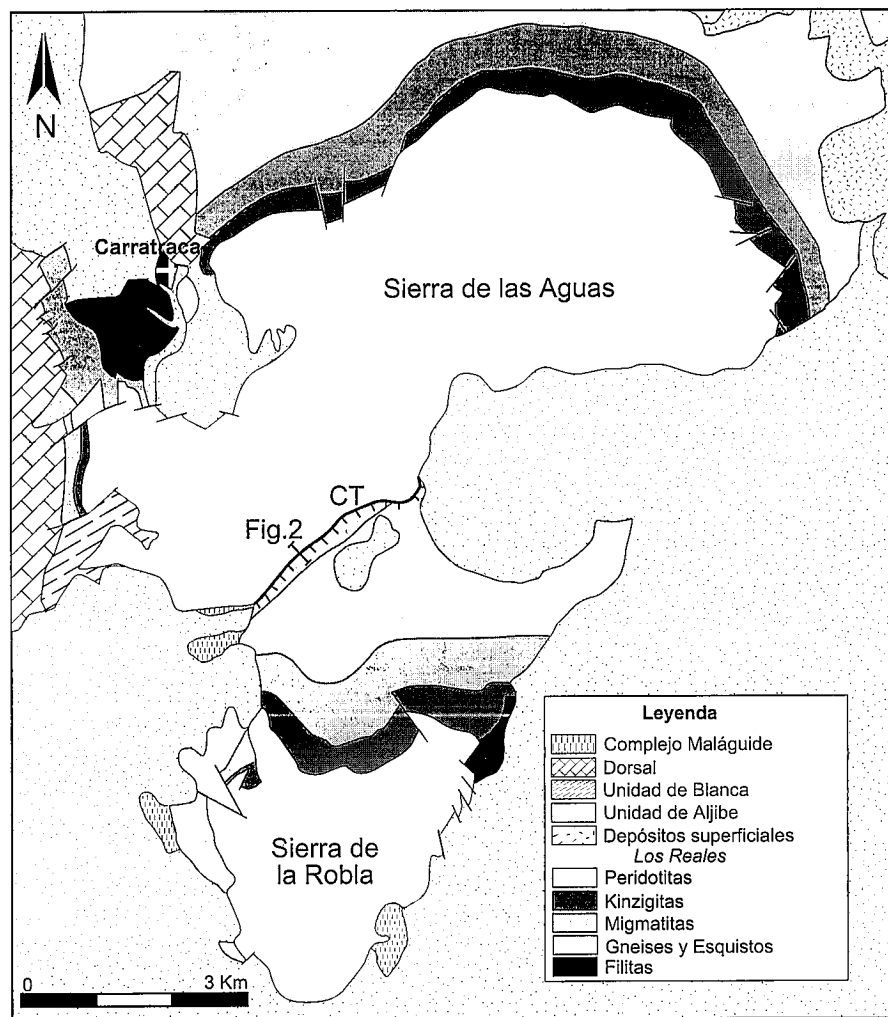


Fig.1.- Mapa esquemático del área de Carratraca (Tomado de Argles et al., 1999), en el que se muestra la falla de Cerro Tajo y la ubicación del corte estudiado (Fig. 2).

Fig.1.- Simplified map of Carratraca area (From Argles et al., 1999) and the location of the studies cross-section (Fig.2)

	Ab	Pct	Pct	Hgrs	Hgrs	Xo	Xo	Phr	Phr
Muestra	SA4.3 1.3	SA4.3 3.2	SA4.3 9.2	SA6.1 3.13	SA6.1 4.1	SA-5 4.2	SA-5 4.3	SA4.3 2.5	SA4.3 8.1
SiO2	69,398	54,669	54,212	36,218	33,298	50,485	50,094	43,817	43,06
TiO2	0,007	0	0	0	0,03	0	0	0,028	0,207
Al2O3	19,31	0	0,036	21,844	21,322	0,005	0	23,181	22,921
Cr2O3	0,006	0,031	0,048	0	0,037	0,031	0,031	0	0
FeO	0,036	0,261	0,144	0,845	0,961	0,038	0,013	0,032	0,05
MgO	0,003	0	0	0,217	0,136	0,004	0,011	0,027	0,02
MnO	0	0,116	0,142	0,125	0,13	0,074	0,068	0	0,01
CaO	0,09	32,795	33,06	39,608	39,781	47,429	47,457	25,666	25,764
Na2O	11,207	8,418	8,821	0,008	0,003	0	0,005	0,271	0,225
K2O	0,073	0,001	0	0	0	0,019	0	0,013	0,051
NiO	0	0,02	0	0,056	0	0	0	0	0
TOTAL	100,13	96,31	96,46	98,92	95,70	98,08	97,66	93,035	92,308

Tabla 1.- Análisis químicos por microsonda electrónica de minerales representativos del proceso de rodingitización. Ab. Albita, Pct. Pectolita, Hgrs. Hidrogrosularia, Xo. Xonotlita, Phr. Prehnita (Tomadas de Kretz, 1983)

Table 1.- Electron-microprobe data on selected associated with the rodingitization. Ab. Albite, Pct. Pectolite, Hgrs. Hydrogrossular, Xo. Xonotlite, Phr. Prehnite (From Kretz, 1983)

con movimiento del bloque de techo hacia el norte (Argles et al., 1999). La falla omite la franja de kinzigitas del Manto de Los Reales, poniendo en contacto peridotitas con espinela de texturas porfiroclásticas y migmatitas brechificadas (Fig. 1).

La figura 2 sintetiza las características litológicas y estructurales del corte geológico del que proceden las muestras estudiadas. La intensidad de la serpentinización y el grado de fracturación de las peridotitas disminuyen al alejar-

se del contacto con las migmatitas suprayacentes. Junto a las migmatitas se ha desarrollado un delgado nivel ($\leq 30\text{cm}$) de harinas de falla a partir de serpentinitas. Por debajo hay una franja ($\pm 3\text{m}$) de serpentinitas cloritizadas con tectonitas S-C que dan paso, finalmente, a peridotitas parcialmente serpentinizadas fragmentadas por varios sistemas de diaclasas. Son éstas últimas peridotitas las que contienen numerosos diques graníticos con asociaciones minerales rodingíticas (Fig. 2). Los diques son oblicuos a la foliación de las peridotitas, y tienen direcciones variables. Predominan los de buzamiento hacia el sur, aunque en ocasiones forman enjambres de diques anastomosados, que se propagan a través de las sistemas de diaclasas precursoras de la serpentinización de las peridotitas. La potencia de los diques oscila entre 2 centímetros y medio metro. En los de mayor espesor se aprecia una foliación, definida por cristales de biotita, paralela a los diques y diaclasas de extensión perpendiculares colmatadas por agregados fibrosos de pectolita reconocible a simple vista. Los contactos de los diques con las rocas ultramáficas son netos, y en algunos casos se observa un enriquecimiento en biotita a lo largo de los bordes de los diques.

Características petrográficas y composiciones minerales

Los diques graníticos menos rodingitizados tienen texturas hipidiomórficas equigranulares, y están compuestos por plagioclasa, cordierita, biotita, y cuarzo como minerales mayoritarios. La cordierita presenta hábitos idiomorfos, y habitualmente contiene inclusiones de minerales opacos, agujas de sillimanita prismática, biotita, cuarzo y circón. Las plagioclasas tienen texturas subidiomórficas y están zonadas, variando su composición desde bitownita a andesina, de centro a borde. Ambos minerales están inmersos en una matriz de grano fino, formada por agregados de biotita y cuarzo recrystalizado. Los cristales de biotita presentan grados de cloritización apreciables. Entre los minerales accesorios destacan por su abundancia el grafito. Los diques del corte estudiado no contienen feldespato potásico ni turmalina, sin embargo ambos minerales llegan a ser fases mayoritarias en otros diques del macizo de la Sierra de Las Aguas.

Las asociaciones minerales de naturaleza rodingítica que hemos detectado están integradas mayoritariamente por

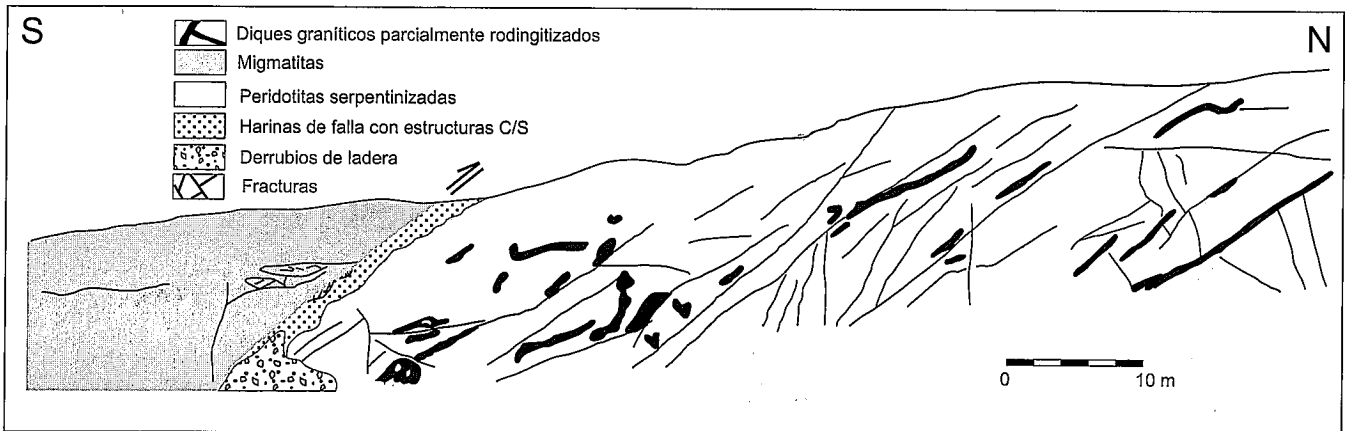


Fig.2.- Corte de la falla de Cerro Tajo, mostrando el movimiento hacia el norte, los sistemas de diaclasas en las peridotitas y los diques graníticos parcialmente rodingitizados del bloque de techo.

Fig.2.- Cross-section of the Cerro Tajo fault showing the north-directed motion of the hangingwall, the joints systems within the peridotites and the granitic dykes partial rodingitized.

clorita, hidrogrosularia, prehnita y xonotlita; circones, biotita, plagioclasa y cordierita aparecen como minerales relictos procedentes de los protolitos graníticos. La caracterización de estos minerales se ha realizado por métodos ópticos, difracción de rayos X, y análisis de microsonda. La tabla 1 recoge las composiciones químicas de los minerales más representativos de las rodingitas. La hidrogrosularia está englobada frecuentemente dentro de cristales tabulares de clorita, formándose coronas reaccionales entre los dos minerales (Fig 3A). La hidrogrosularia y la clorita tienden a concentrarse cerca de los contactos entre los diques y las serpentinitas. La prehnita aparece en forma de agregados fibroso-radiales circulares (Fig. 3B). La xonotlita crece como agregados fibroso-radiales, y llega a formar venas que penetran en las serpentinitas (Fig. 3D). Las rocas con esas asociaciones minerales contienen además pectolita (Fig. 3C), un inosilicato rico en calcio y en sodio, disperso entre el resto de minerales o formando venas, de hasta 2cm de espesor, perpendiculares a los diques.

Como hemos comentado previamente, el avance de la serpentinitización es muy desigual, de manera que en el corte estudiado hay peridotitas parcialmente serpentinizadas, en las que aún se reconocen texturas porfiroclásticas, al lado de serpentinitas masivas. Las serpentinitas más comunes están compuestas por agregados desorientados de lizardita con texturas de tipo "mesh", formadas por bordes de serpentinitas $\alpha(-)$ que engloban núcleos de olivino, de bastitas $\delta(+)$ o de serpofitas (Lodochnikov, 1933).

Origen de las rodingitas en las Peridotitas de Ronda

Las rodingitas son rocas ricas en calcio y subsaturadas en sílice, que se forman por metasomatismo cálcico a partir de distintos tipos de rocas que contactan con peridotitas. Existen rodingitas procedentes de la transformación de gabros (Bloxam et al., 1954), granitos (Wares et al., 1980), lamprófidos (Schandl et al., 1989) o pegmatitas (Jelitto et al., 1993). La variedad composicional de los posibles protolitos explica la diversidad mineralógica de las rodingitas, que, no obstante, siempre contienen silicatos de Ca-Al, de Ca-Mg o de Mg (O'Hanley, 1996). Una característica importante de la rodingitización es que se trata de un proceso contemporáneo de la serpentinitización de las peridotitas (Rice, 1983; Mittwede y Schandl, 1992; O'Hanley, 1996), lo que restringe su activación a temperaturas inferiores a 500°C.

La asociaciones minerales detectadas en los diques leucocráticos de la falla de Cerro Tajo (Fig. 2) sugieren que los protolitos graníticos han sufrido un proceso de enriquecimiento en Ca y subsaturación en SiO_2 . Esas son las consecuencias esenciales de la rodingitización. El aporte de Ca procedería de los piroxenos de las peridotitas adyacentes, ya que debido a su imposibilidad para acomodarse en la estructura cristalina de las serpentinas, tendería a concentrarse en los fluidos liberados durante el proceso de serpentinitización y a entrar en los materiales en curso de rodingitización (Schandl et al., 1990). La clorita que jalona los contactos entre las serpentinitas y los diques requiere a su vez la in-

corporación de Fe y Mg, elementos que proceden probablemente de la destrucción de la biotita y la cordierita presentes en los protolitos graníticos.

La formación de pectolita autigénica rellenando vacuolas de basaltos picríticos (Bente et al., 1991) o en venas de brechas ofiolíticas (Craw et al., 1980, 1995) ha sido adscrita a condiciones superficiales. También se ha descrito pectolita asociada a procesos metasomáticos en condiciones de la facies prehnita-pumpellita, en cherts de sucesiones ofiolíticas (Lucchetti, et al., 1988), en enclaves calcáreos dentro de sienitas (Grice et al., 1997), dentro de enclaves granulíticos en intrusiones sienítico-agpaíticas (Arzamastsev et al., 2000) y en peridotitas micáceas en contacto con pizarras (Franks, 1959).

La presencia de pectolita en las muestras estudiadas es un hecho que merece destacarse, pues se trata de un mineral inusual en las rodingitas. Su formación requiere una etapa de metasomatismo sódico, siendo la fuente más probable de Na las plagioclasas de los granitos. El interés de las asociaciones minerales encontradas en las rodingitas de Ronda reside en que a partir de ellas es posible establecer una cronología relativa de los procesos metasomáticos generadores de las rodingitas. Así, el proceso de rodingitización comenzaría por el metasomatismo cálcico, dando lugar a la formación precoz de wollastonita, bajo temperaturas próximas a los 500°C, posteriormente a la asociación de clorita e hidrogrosularia y, finalmente, a prehnita y xonotlita. La formación de pectolita y de albita coincide con los últimos estadios del metasomatismo cálcico. Por lo que concierne a la evolución correspondiente de los pro-

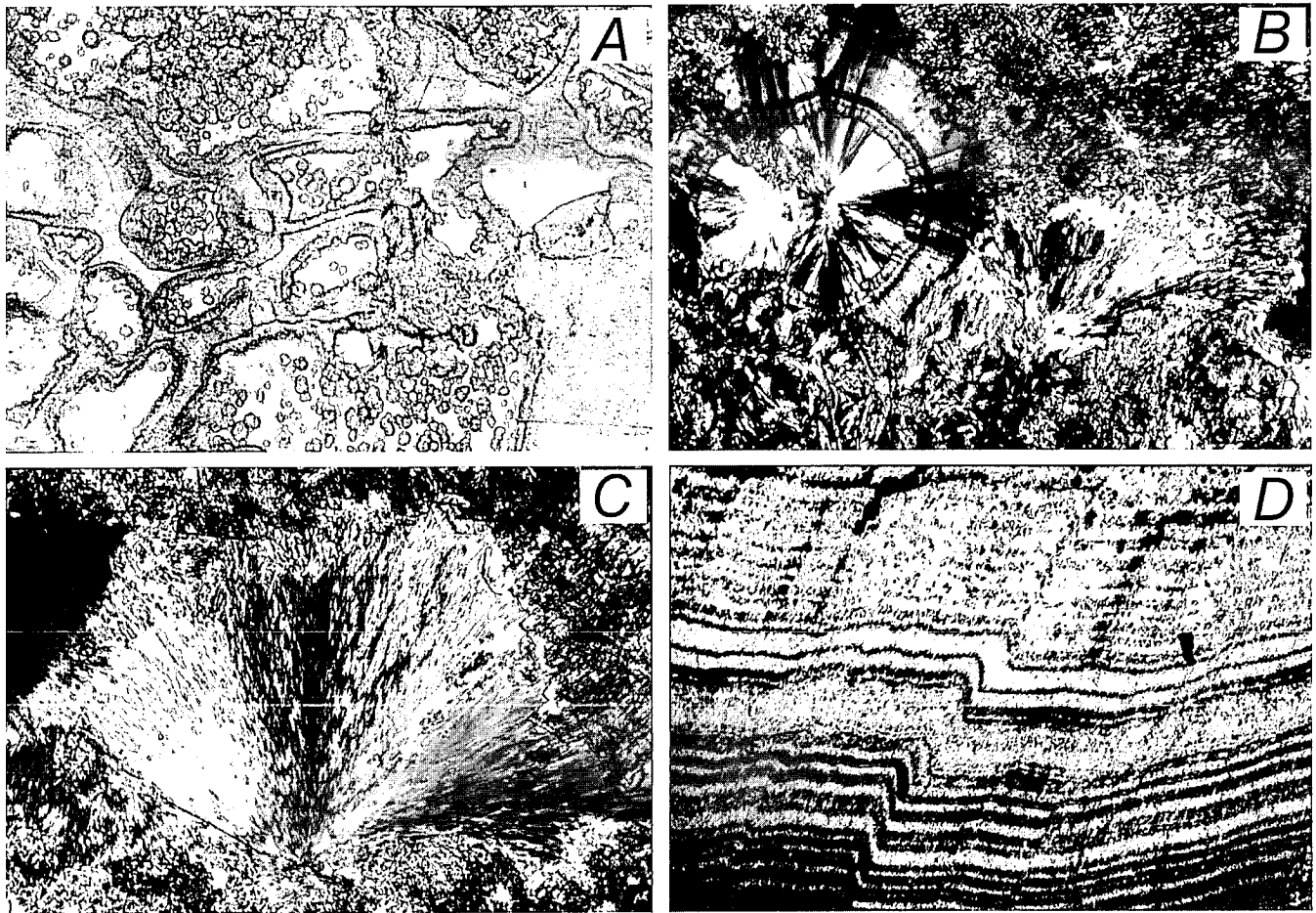


Fig.3.- Minerale asociados al proceso de rodingitización. A) Hidrogrosularias incluidas en cristales de clorita, B) Prehnita fibroso radial (izquierda) y pectolitas fibrosas (derecha), C) Pectolitas fibrosas, D) Agregados de xonotlita orientada y deformada por kink-bands.

Fig. 3.- Representative mineral developed during the rodingitization process. A) Hydrogrossular crystal enclosed in chlorite, B) Fibrous radial prehnite (left) and fibrous pectolite (right), C) Fibrous pectolite, D) xonotlite aggregates with kink-bands

cesos de serpentinización aún no hemos detectado la presencia de antigorita, la variedad de serpentina de alta temperatura que sería compatible con la existencia de wollastonita en las rodingitas; sin embargo, este hecho no es de extrañar pues las similitudes composicionales y estructurales de los distintos tipos de serpentinas favorecen la transformación de antigorita en lizardita al descender la temperatura (O'Hanley, 1996).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PB 96-1452-C03-03 del M.E.C. y la Subvención a Grupos de Investigación de la U.P.V/E.H.U., U.P.V. 001-310-G18/99 y corresponde a parte de la Tesis Doctoral que está realizando J.J. Esteban con la ayuda de una Beca de formación de Personal Investigador del Gobierno Vasco.

Referencias

Argles T.W., Platt J.P., y Waters D.J.

(1999): *Jour. Geol. Soc. (London)*, 156, 149-162
 Arzamastsev A. A., Belyatsky, B. V. y Arzamastseva, L.V. (2000): *Lithos*, 51, 27-46.
 Bente, K., Mannheim, R. T. y Wannemacher, J. (1991): *N. Jb. Mineral. M.*, 1, 14-22.
 Bloxam, T. W. (1954): *Min. Mag.*, 30, 525-528.
 Craw, D., Blattner, P. y Landis, C. A. (1995): *Clay Miner.*, 30, 165-172.
 Craw, D. y Landis, C. A. (1980): *Jour. Sed. Petrol.*, 50, 497-504.
 Dickey J.S., y Obata M. (1974): *Amer. Miner.* 59, 1183-1189
 Franks, P. C. (1959): *Amer. Miner.*, 44, 1082-1086.
 Grice, J. D., Gault, R. A. y Velthuizen, J. V. (1997): *Can. Mineral.*, 35, 181-187.
 Hernandez-Pacheco A. (1967): *Estudios Geol.* XXIII, 85-143
 Jelitto, J., Dubinska, E., Wiewiora, A., y Bylina, P. (1993): *Clays Clay Miner.*, 41, 693-701.
 Kretz R., (1983): *Amer. Miner.* 68,

277-279.
 Lodochnikov, W. N. (1933): *Problems Soviet Geol.*, 2, 145-150.
 Lucchetti, G., Cortesogno, L. y Palenzona, A. (1988): *N. Jb. Miner. Mh.*, 8, 367-383.
 Mittwede, S. K. y Schandl, E. S. (1992): *Eur. Jour. Miner.*, 4, 7-16.
 Navarro-Vila F., y Tubía J.M. (1983): *C. R. Acad. Sci. París*, 296, 111-114
 Nicolas, A., y Jackson, E. D. (1972): *Bull. Suisse Miner. Petrog.*, 52, 479-495.
 Obata, M. (1980): *J. Petrol.*, 21, 533-572.
 O'Hanley, D. S. (1996): *Serpentinites. Records of Tectonic and Petrological History. Oxford Monographs on Geology and Geophysics 34.* Oxford University Press, 277 p.
 Rice, J.M. (1983): *Am. Jour. Sci.*, 283, 121-150.
 Schandl E.S., O'Hanley D.S., y Wicks F.J. (1989): *Can. Mineral.* 27, 579-591
 Schandl E.S., O'Hanley D.S., y Wicks F.J. (1990): *Econ. Geol.* 85, 1273-1276
 Wares R.P., y Martin R.F. (1980): *Can. Mineral.* 18, 231-240.