

Características de la red de diques graníticos intruidos en las peridotitas de Ronda (Cordilleras Béticas)

Characterization of the granite dyke swarm within the Ronda peridotites (Betic Cordilleras)

J.J. Esteban y J. Cuevas

Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, a.p. 644, Bilbao 48080.

ABSTRACT

This work analyses, from the structural point of view, the granite dyke swarm in the Ronda area. Structural features of granite dykes from outcrop to microscopic scale show that their intrusion is controlled by the emplacement of the peridotites over the underlying crustal rocks and prove that granite dyke swarm is not placed randomly. Actually, the orientation of deformed and undeformed dykes provides an indirect but useful tool to determine the kinematic criteria of the hot emplacement of the Ronda peridotites, especially in areas where the ultrabasic rocks are extremely serpentinized. Finally, we also discuss the origin of the granite magma concluding that the continental crust is the most likely source.

Key words: Granite dykes, Ronda peridotites, Betic Cordilleras.

Geogaceta, 41 (2007), 75-78
ISSN: 0213683X

Introducción

En este trabajo se estudian los procesos estructurales que han controlado la intrusión de los diques graníticos en las peridotitas de Ronda (Cordilleras Béticas, Fig. 1A) hace 19 m.a. (Priem *et al.*, 1979). También se discuten algunas cuestiones relativas al origen del magma granítico. Esta es una cuestión interesante, ya que en los macizos ofiolíticos son frecuentes los diques y bolsadas de rocas félsicas, conocidos como trondhjemitas o plagiogranitos (Coleman y Peterman, 1975; Lippard *et al.*, 1986). El origen de estos plagiogranitos suele estar relacionado con los fundidos residuales altamente diferenciados de magmas básicos originados en el manto (Lippard *et al.*, 1986) o con la anatexia de gabros hidratados de la corteza oceánica (Nicolas, 1989). Sin embargo, estos granitoides son bastante raros en macizos de lherzolitas orogénicas, como las peridotitas de Ronda. De hecho, aunque se conocen inclusiones de vidrios ricos en sílice en minerales contenidos en xenolitos del manto subcontinental (Schiano y Clocchiatti, 1994), sólo hace unos pocos años se ha reconocido un afloramiento de un fundido félsico rico en Si, Al y Na, en un dique del macizo de peridotitas de Urdax, en la zona Norpirenaica (Pin *et al.*, 2001).

Los diques que hemos estudiado intruyen en los macizos ultramáficos de

Ronda (Fig. 1B), que están formados mayoritariamente por lherzolitas con espinela y plagioclasa y por lherzolitas con granate en la zona superior, con cantidades menores de dunitas y harzburgitas (Obata, 1980). Desde el punto de vista estructural, las peridotitas de Ronda forman la base del Manto de Los Reales, que es la unidad superior del Complejo Alpujarride en la zona occidental de las Cordilleras Béticas (Tubía *et al.*, 1992). El emplazamiento en condiciones de alta temperatura de las peridotitas de Ronda sobre los mantos alpujarrides infrayacentes, de Ojén y Guadaiza, generó una aureola dinamo térmica paralela, compuesta por migmatitas con cordierita, fuertemente milonitizadas en el contacto (Lundeen, 1978; Tubía y Cuevas, 1986) durante la orogenia Alpina (Tubía y Cuevas, 1986; Sánchez-Rodríguez y Gebauer, 2000).

Características de los diques

Los diques tienen contactos netos y forman un ángulo elevado con la foliación de las peridotitas. Suelen tener variaciones importantes de color, desde blanco a negro, aunque predominan los leucocráticos y se denominan en la literatura como «*aplitic dykes*» (Lundeen, 1976) o «*leucocratic dykes*» (Lundeen, 1976; Obata, 1980). La variación de color suele estar asociada a las transformaciones miloníticas o incluso a los

procesos metasomáticos posteriores. Las texturas varían desde pegmatíticas, aplíticas, porfiríticas a miloníticas, con un tamaño de grano de fino a grueso. A pesar de esta variación textural, los diques tienen como minerales predominantes: cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa, con biotita, cordierita, turmalina, sillimanita, grafito, ilmenita, moscovita, circón y apatito como minoritarios. A veces tienen granate incluido en cordierita (Loomis, 1972) o como cristales reabsorbidos, probablemente heredados.

En muchos diques las asociaciones minerales ígneas han sido reemplazadas parcial o completamente por los procesos de rodingitización originados durante la serpentinización de las peridotitas encajantes. Estos procesos desarrollan paragénesis minerales de baja temperatura con minerales ricos en calcio como pectolita, epidota, xonotlita, hidrogrosularia, anfíbol y prehnita, que progresan desde los bordes hacia el centro del dique o a través de fracturas (Esteban *et al.*, 2003).

Los diques sin deformación suelen ser generalmente subverticales. Los de mayor espesor se concentran en áreas donde se encuentra bien desarrollado el sistema de fracturas N10° E, aproximadamente perpendicular a la orientación de la foliación de los principales macizos de Ronda, N100° E (Tubía y Cuevas, 1986, 1987). Los mejores ejemplos de

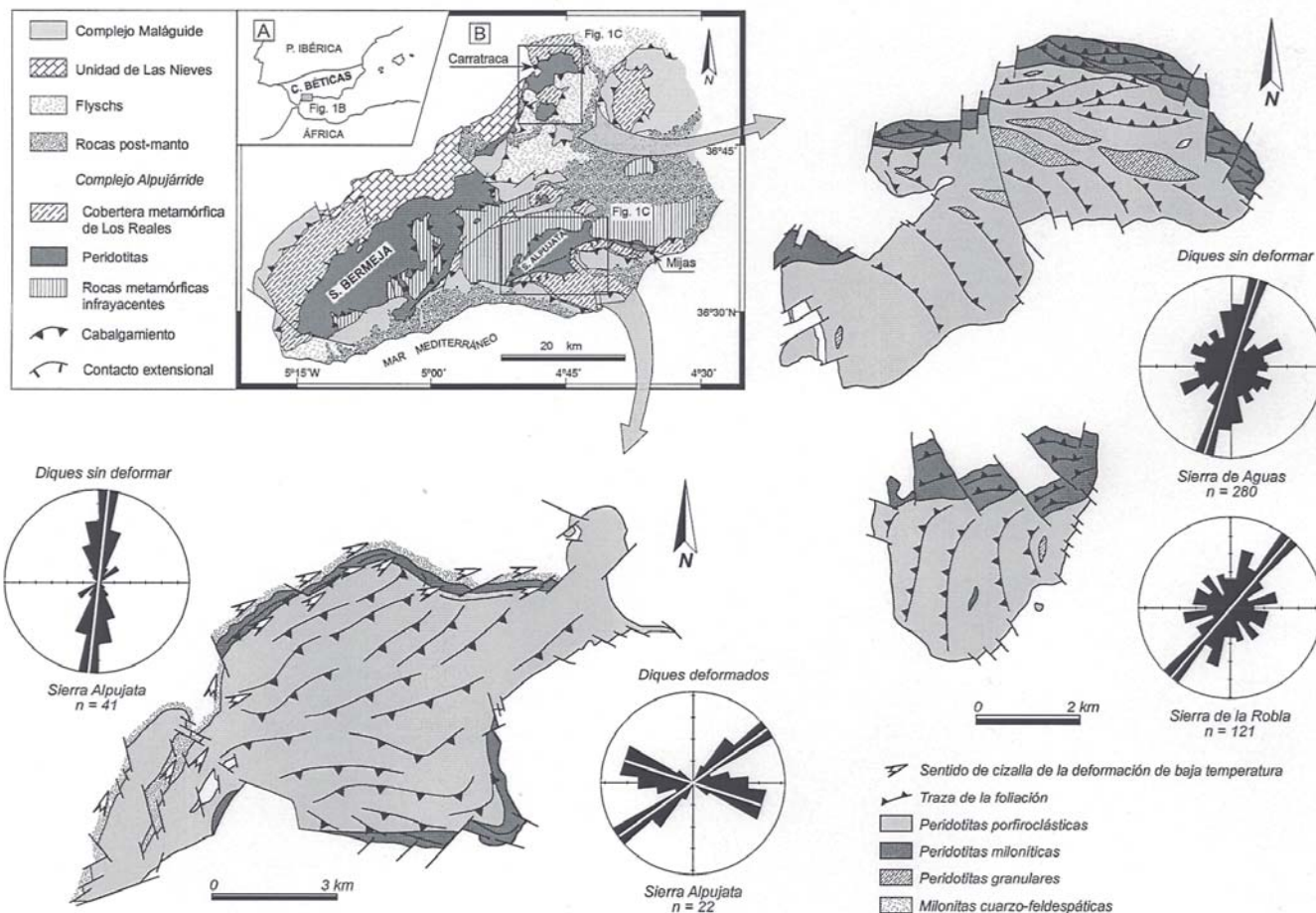


Fig. 1.- A) Localización simplificada de las Cordilleras Béticas. B) Localización geológica de las peridotitas de Ronda. C) Mapas estructurales de los macizos ultramáficos de Sierra Alpujata y Carratraca. Los diagramas en rosa recogen las principales direcciones de los diques subverticales sin deformar en ambos macizos y de los deformados en Sierra Alpujata (n: número de medidas).

Fig. 1.- A) Simplified location of the Betic Cordilleras. B) Geological location of the Ronda peridotites. C) Structural maps of the ultramafic massifs of Sierra Alpujata and Carratraca. Rose diagrams show the main trend of undeformed subvertical dykes of both massifs and the deformed ones in Sierra Alpujata (n: number of measurements).

diques sin deformación que hemos estudiado corresponden a los que han intruido en los macizos de Carratraca (Sierra de la Robla y de Aguas, Fig. 1C) y al macizo de Sierra Alpujata (Fig. 1C).

Los diques deformados tienen una orientación media N70° E, cercana a la dirección de la lineación mineral de estiramiento en las peridotitas y en la aureola dinamo térmica (Tubía y Cuevas, 1987). Los mejores ejemplos estudiados corresponden a los que han intruido en el macizo de Sierra Alpujata (Fig. 1C). La deformación se ha producido en condiciones de alta temperatura, quedando evidenciada por el desarrollo de subjuntas basales y texturas en mosaico en los granos de cuarzo y mirmequitas asimétricas alrededor de los porfiroclastos de feldespato potásico. Algunos diques milonitizados están cortados por ultramilonitas y por zonas de cataclasitas. También se puede observar localmente, en el macizo de Si-

erra Alpujata, que los diques sin deformación de alta temperatura cortan a los deformados.

El sentido de cizalla en los diques milonitizados se reconoce por multitud de criterios: oblicuidad entre las estructuras C y S, colas alrededor de los porfiroclastos, distribución asimétrica de mirmequitas, etc. Todos los criterios indican estadísticamente un sentido de cizalla dúctil, con movimiento del bloque superior hacia N70° E (Fig. 2).

Discusión y conclusiones

La característica más reseñable de esta red de diques es, sin duda, su amplia variedad textural y mineralógica. Entre los procesos que contribuyen a esta variación, además de los magmáticos, los más importantes son la deformación dúctil y su modificación parcial hasta completa, durante el metasomatismo relacionado con la

serpentinización de las rocas ultramáficas.

La red de diques graníticos podría haberse generado por procesos de diferenciación a partir de un magma ultrabásico, del mismo modo en el que se originan los plagiogranitos en las series ofiolíticas. Sin embargo, los datos geoquímicos, petrográficos y estructurales, publicados sobre la génesis de los diques graníticos en Ronda, indican que provienen de la fusión parcial de rocas cuarzo-feldespáticas de la aureola metamórfica, que se originó durante el emplazamiento en caliente de las peridotitas. Así, la alta relación ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (0,722-0,724; Priem *et al.*, 1979) medida en el dique de Peñas Blancas, uno de los mayores afloramientos de diques graníticos en el macizo de Sierra Bermeja, confirma el origen del magma a partir de rocas corticales y elimina una posible relación genética entre los diques y las peridotitas, que hubiera ge-

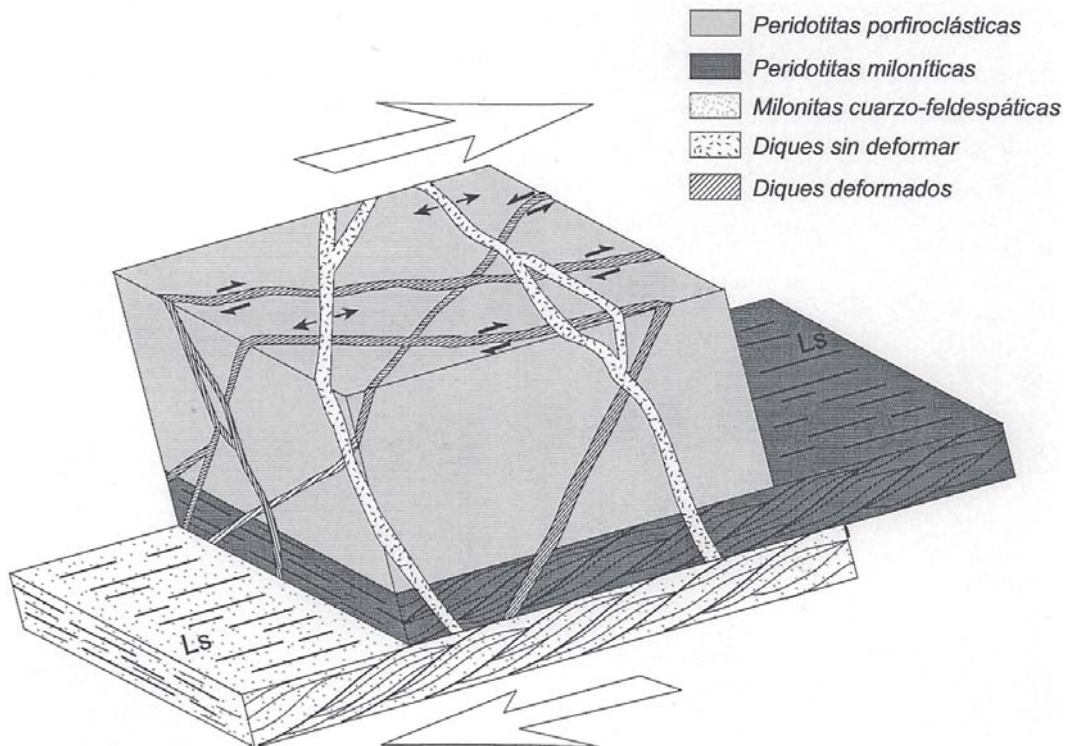


Fig. 2.- Esquema estructural de la zona de cizalla desarrollada entre las peridotitas de Ronda y las rocas metamórficas infrayacentes, donde se observa la relación angular existente entre los diques no deformados (punteados) y los deformados en condiciones de alta temperatura (rayados) con la lineación mineral de estiramiento (Ls). Obsérvese que el movimiento de la zona de cizalla, con el techo hacia la derecha, favorece la intrusión de los diques a partir de fracturas previas, que los diques no deformados se encuentran a ángulos elevados de la Ls y que los deformados, con sentidos de cizalla opuestos, intruyen a bajos ángulos de Ls.

Fig. 2.- Structural sketch of the shear zone developed between the Ronda peridotites and underlying metamorphic rocks showing the angular relationship between undeformed dykes (stippled) and deformed ones (dashed) and to the stretching lineation (Ls). The shear zone movement, top to the right, favours the intrusion of dykes along pre-existing fractures, where undeformed dykes are at high angles to Ls since deformed ones, with opposite shear senses, are at low angles to Ls.

nerado magmas ácidos por procesos de diferenciación o por metasomatismo del manto. Otras características texturales como la existencia de perfitas en feldespato potásico, el granate, la cordierita o la inclusión de xenolitos de rocas metamórficas de la aureola en los diques, corroboran la información de los datos geoquímicos.

Los diques graníticos que se encuentran milonitizados y tienen granate muestran valores de presión y temperatura elevados, 420 ± 20 MPa y $680 \pm 30^\circ$ C, mientras que otros indican valores inferiores, cercanos a los episodios finales de la formación de la aureola metamórfica. Los datos geocronológicos (Priem *et al.*, 1979; Monié *et al.*, 1994; Sánchez-Rodríguez y Gebauer, 2000, Esteban *et al.*, 2004) obtenidos en la aureola metamórfica y en los diques graníticos, dan edades muy cercanas.

Es interesante señalar que la red de diques graníticos en las peridotitas de Ronda no se ha emplazado al azar,

sino que el magma ha intruido aprovechando fracturas previas. De forma abrumadora, los diques deformados forman ángulos bajos con la lineación mineral de estiramiento de la aureola dinamo-térmica, bien reconocida en Sierra Alpujata (Fig. 1C) mientras que los diques sin deformación se emplazan a ángulos elevados con esta lineación mineral (Fig. 1C) y, por tanto, con los diques deformados. La figura 2 resume la relación entre la orientación de los diques graníticos deformados en condiciones de alta temperatura, los diques sin deformar y la deformación milonítica en la aureola metamórfica y en las peridotitas.

Por último, cabe destacar que el estudio de la orientación estadística de la red de diques graníticos puede ser utilizada como una herramienta complementaria para la obtención de los datos direccionales en las peridotitas de Ronda, tanto en zonas donde no afloran los contactos basales de los macizos, como en el caso de los macizos de Carratraca

o en muchos afloramientos de pequeña entidad, donde el olivino y el piroxeno, que forman la mineralogía primaria de las rocas ultrabásicas, se encuentran fuertemente serpentinizados.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación CGL 2004-00701 (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y «Grupos consolidados de investigación» de la UPV/EHU.

Referencias

- Coleman, R.G. y Peterman, Z.E. (1975). *Journal of Geophysical Research*, 80, 1099-1108.
- Esteban, J.J., Cuevas, J., Tubía, J.M y Yusta, I. (2003). *Canadian Mineralogist*, 41, 161-170.
- Esteban, J.J., Sánchez-Rodríguez, L., Seward, D., Cuevas, J. y Tubía, J.M. (2004). *Tectonophysics*, 398, 81-92.
- Lippard, S.J., Shelton, A.W. y Gass, I.G.

- (1986). *Geological Society of London, Special publication*, 11.
- Loomis, T.P. (1972). *Geological Society of America Bulletin*, 83, 2449-2474.
- Lundeen, M.T. (1976). *Structural evolution of the Ronda peridotite and its tectonic position in the Betic Cordilleras, Spain*. Tesis Doctoral, Univ. de Harvard, 177 p.
- Lundeen, M.T. (1978). *Geological Society of America Bulletin*, 89, 172-180.
- Monié, P., Torres-Roldán, R. y García-Casco, A. (1994). *Tectonophysics*, 238, 353-379.
- Nicolas, A. (1989). *Structures of Ophiolites and Dynamics of Oceanic Lithosphere*. Kluwer Academic, 367 p.
- Obata, M. (1980). *Journal of Petrology*, 21, 533-572.
- Pin, C., Paquette, J.L., Moncloux, P. y Hammouda, T. (2001). *Geology*, 29, 451-454.
- Priem, H.N.A, Boelrijk, N.A.I.M., Hebeda, E.H., Oen, E.S., Verdurmen, E.A.Th y Verschure, R.H. (1979). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 70, 103-109.
- Sánchez-Rodríguez, L. y Gebauer, D. (2000). *Tectonophysics*, 316, 19-44
- Schiano, P. y Clocchiati, R. (1994). *Nature*, 368, 621-624.
- Tubía, J.M. y Cuevas, J. (1986). *Journal of Structural Geology*, 8, 473-482.
- Tubía, J.M. y Cuevas, J. (1987). *Geodinamica Acta*, 1, 59-69.
- Tubía, J.M., Cuevas, J., Navarro-Vilá, F., Alvarez, F. y Aldaya, F. (1992). *Journal of Structural Geology*, 14, 193-203.