

Mineralogía de las rocas intrusivas sálicas del sur de la isla de Tenerife

Mineralogy of the intrusive salic rocks of the south of Tenerife Island

David Sanz-Mangas, María José Huertas y Eumenio Ancochea

Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid.
ssanz1989@gmail.com; huertas@ucm.es; eancochea@ucm.es

ABSTRACT

At the south of Tenerife island on the Miocene Roque del Conde Old Edifice emerge various domed structures that form singular morphologies of "roques". They are trachyandesites, trachytes and phonolites composed by phenocrysts of feldspars and clinopyroxenes, occasionally with amphiboles and feldspathoids in a groundmass of similar composition. Feldspars are essentially sodium-rich sanidine and anorthoclase. Plagioclase is restricted to trachyandesitic rocks. Clinopyroxenes have a strong variation in their composition and can be observed an enrichment in the FeO content with the most evolved rocks. Generally, clinopyroxenes are diopside and augite, whereas hedenbergites appear in trachytic rocks. In some of the roques clinopyroxenes are egrinic. Amphiboles are frequently transformed to anhydrous minerals and have a broad compositional range: magnesium-hastingsites, pargasites, ferropargasites and kaersutites. Feldspathoids are restricted to phonolites and are nephelines and sodalites. It has been determined the formation conditions of mafic minerals: temperatures around 1000°C for amphiboles and 870°C for clinopyroxenes with similar pressure for both (around 3kbar), which indicate that these rocks could have been formed in low deep crust levels of the island.

Key-words: Tenerife, old edifices, salic rocks, mineralogy.

RESUMEN

En el Edificio mioceno de Roque del Conde, en el sur de la isla de Tenerife, aparecen varias estructuras abovedadas que dan lugar a singulares morfologías de "roques". Se trata de traquiandesitas, traquitas y fonolitas constituidas por fenocristales de feldspatos y clinopiroxenos y, ocasionalmente también de anfíboles y feldespatoideos, en una matriz de similar composición. Los feldspatos son esencialmente anortoclasas y sanidinas ricas en sodio, estando las plagioclasas restringidas a las rocas traquiandesíticas. Los clinopiroxenos son muy variados composicionalmente, observándose un enriquecimiento en el contenido en FeO de los mismos a medida que la roca es más evolucionada. En general, se trata de diópsidos y augitas, siendo hedenbergitas en las rocas traquíticas. En algunos de los roques los piroxenos son egrínicos. Los anfíboles están frecuentemente transformados a minerales anhidros y son bastante variados: magnesio-hastingsitas, pargasitas, ferropargasitas y kaersutitas. Los feldespatoideos aparecen sólo en las fonolitas y son nefelinas y sodalitas. Se han determinado las condiciones de formación de los minerales máficos, obteniéndose temperaturas de unos 1000°C para los anfíboles y 870°C para los piroxenos y presiones similares para ambos (unos 3kbar) lo que indicaría que estas rocas se habrían formado en los niveles inferiores de la corteza de la isla.

Palabras clave: Tenerife, edificios antiguos, rocas sálicas, mineralogía.

Geogaceta, 62 (2017), 75-78
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 31 de enero de 2017
Revisión: 15 de marzo de 2017
Aceptación: 26 de abril 2017

Introducción

En las Islas Canarias a unas elevaciones rocosas escarpadas, en ocasiones a grandes rasgos cilíndricos, se les denomina "roques". En el sur de la isla de Tenerife destacan una serie de ellos que, en este caso, corresponden a los restos erosivos de intrusiones de composición sálica, traquiandesítica, traquítica o fonolítica, que aparecen atravesando materiales del Edificio volcánico Roque del Conde. Su mineralogía principal consiste en: feldspatos (plagioclasa, anortoclasa y sanidina), clinopiroxenos, anfíboles cálcicos, minerales accesorios y, en algunos casos, feldespatoideos. El objetivo

principal de este trabajo es el estudio de esas rocas intrusivas sálicas desde el punto de vista de su composición mineralógica. Los datos previos existentes sobre estas rocas son de carácter general y se deben a Brändle (1973), Bellido (1973) y Hernández-Pacheco *et al.* (1990).

Marco geológico

El edificio Roque del Conde es uno de los tres grandes edificios volcánicos antiguos, de edad esencialmente miocena, que constituyen la isla de Tenerife (Ancochea *et al.*, 1990). Aflora en el SO de la isla en un área comprendida entre las localidades de

Adeje y San Miguel de Abona. Los materiales de este edificio, mayoritariamente basálticos o traquibasálticos, han sido erosionados profundamente y cubiertos por las coladas del posterior edificio Cañadas, de edad pliocuaternaria, encontrándose en la actualidad como afloramientos aislados (Fig. 1). Atravesando los materiales del edificio mioceno, destacando en el relieve de la zona, se encuentran varios de esos roques, más resistentes a la erosión.

Los roques sálicos están formados por potentes acumulaciones de lava de coloración clara, estructura masiva y con disyunciones columnares más o menos marcadas. Según Her-

nández Pacheco *et al.* (1990) son intrusiones domáticas, en las que no siempre puede observarse su estructura en detalle, ni sus relaciones con el encajante. Se han distinguido seis afloramientos de rocas intrusivas sálicas: roque fonolítico de Jama, El roque (traquiandesítico), roque traquiandesítico y fonolítico de Vento, roque fonolítico de Higara, roque traquítico de Malpaso y domo traquítico de Adeje (Fig. 1).

Mineralogía

Los minerales más abundantes en estas rocas son los feldespatos alcalinos, que aparecen en fenocristales, microfenocristales y como constituyente fundamental de la matriz. Están en todos los roques estudiados y son sanidinas y anortoclasas. La sanidina presenta, en su mayor parte, maclas simples y tiene composiciones ricas en sodio, entre Or^*_{30} y Or^*_{56} ($Or^* = Or \times 100 / (Or+Ab)$). En la anortoclasa se pueden apreciar maclas diferentes, como en doble dirección, sobre todo en los fenocristales. Su composición varía de Or^*_{14} a Or^*_{28} (Fig. 2).

La plagioclasa es especialmente frecuente en las rocas traquiandesíticas (El Roque y facies traquiandesítica de Roque Vento) y en algunas fonolíticas (como Higara). Aparece como fenocristales con maclas polisintéticas y zonados bien marcados y dispersa por la matriz en microlitos. Se trata de labradoritas con bordes de andesina, andesinas y albitas, con composición desde $An_{56}Ab_{44}$ a An_7Ab_{92} . En las traquiandesitas son labradoritas y andesinas, mientras que en las fonolitas son andesinas, oligoclasas y albitas (Fig. 2).

El clinopiroxeno es el mineral máfico más abundante y otro de los minerales omnipresentes en estas rocas, tanto en fenocristales, como en la matriz, de la que es constituyente fundamental. Es el segundo fenocristal más abundante tras los feldespatos alcalinos. Aparece como fenocristales idiomorfos zonados (Fig. 3) y en cristales idiomorfos y subidiomorfos dispersos por la matriz. Sus bordes suelen presentarse ligeramente alterados. Presenta una amplia variedad composicional (Fig. 4), siendo de tipo augita y diópsido ($Wo_{48-43}En_{25-31}Fs_{25-19}$) en las traquiandesitas; diópsido ($Wo_{49-43}En_{25-44}Fs_{25-11}$), en ocasiones con bordes de augita ($Wo_{44-38}En_{33-21}Fs_{23-41}$) en las fonolitas (Roques de Jama, Vento e Higara) y finalmente hedenbergita ($Wo_{42-47}En_{16-23}Fs_{40-30}$) con bordes de augita en la traquita de Malpaso. Roque de Jama es la única roca intrusiva en

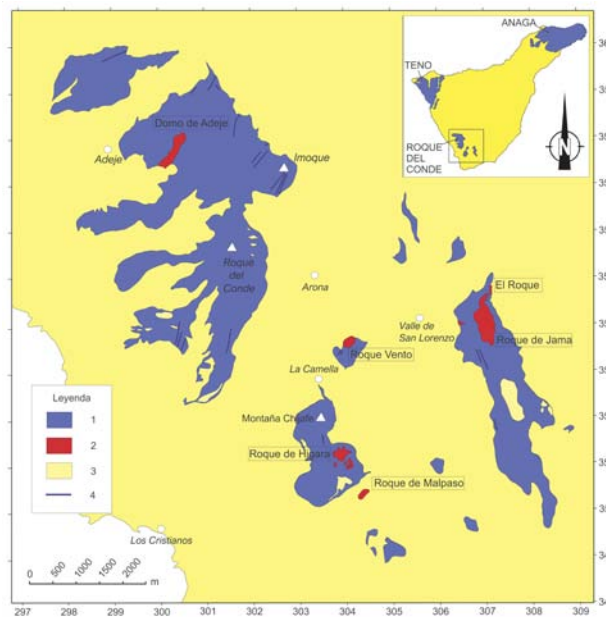


Fig. 1.- Afloramientos del Edificio Roque del Conde (basado en la cartografía MAGNA del IGME, 1978; coordenadas UTM WGS84 28R): 1: Coladas básicas del Edificio Roque del Conde. 2: Rocas sálicas asociadas al Edificio Roque del Conde. 3: Unidades post-Roque del Conde. 4: Diques. Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- Rocky outcrops of Roque del Conde Edifice (Based on MAGNA cartography from IGME, 1978; UTM coordinates WGS84 28R): 1: Basaltic flows of Roque del Conde Edifice. 2: Salic rocks associated with Roque del Conde Edifice. 3: Post-Roque del Conde units. 4: Dykes. See color figure in the web.

la que además aparecen augitas egirínicas y egirinas ($Wef_{58-14}Jd_2Ae_{40-84}$) macladas y con frecuencia fracturadas.

La composición de los clinopiroxenos varía en función de la composición de la roca a la que pertenecen, observándose una tendencia general a la disminución del contenido en estatita con el aumento de la diferenciación, siendo las traquiandesitas de Roque Vento las que tienen los clinopiroxenos más ricos en Mg y las traquitas de Malpaso las que los tienen más ricos en Fe.

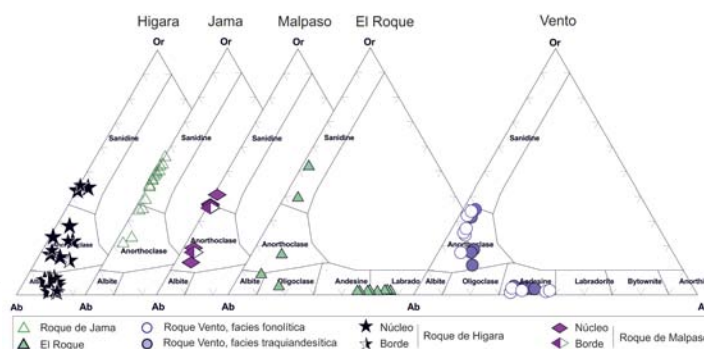
Otro de los máficos que aparecen en estas muestras es el anfíbol. Está presente como mineral fresco en los Roques de Higara y Vento, mientras que en los demás aparece transformado a minerales anhidros. Su tamaño varía de forma gradual desde fenocristal a microfenocristal. Pueden encontrarse incluidos en otros fenocristales y suelen presentar zonado composicional de núcleo a borde. Su composición varía de unos roques a otros e incluso dentro del mismo roque. Son todos anfíboles cálcicos (Leake *et al.*, 2004). Se han encontrado ferropargasitas, magnesio-hastingsitas, pargasitas y kaersutitas.

En los roques fonolíticos se han identificado dos tipos de feldespatoides: nefelinas, que se encuentran en todos ellos, y sodalitas, que se han localizado en los Roques de Jama y Vento (Fig. 5). La nefelina aparece en fenocristales y microfenocristales tabulares y/o cuadrangulares. Tienen una gran variedad de tamaños, siendo el fenocristal que presenta mayor talla (hasta 2-3 mm). Se caracteriza por su destacado hábito idiomorfo, sin apenas síntomas de alteración a minerales secundarios. Se puede encontrar en fenocristales individuales o formando agregados. Presenta una composición bastante homogénea ($Ne_{80-83}Ks_{11-12}Q_{5-9}$) (Fig. 5) y con frecuencia incluye otros minerales como anfíboles, piroxenos y minerales accesorios. En la matriz forma cristales alotriomorfos apenas distinguibles con el microscopio petrográfico.

La sodalita, volumétricamente es más escasa que la nefelina y sólo se ha encontrado en la matriz. Lo más destacable de su composición es su contenido en flúor que varía entre el 3% y el 7%. En el Roque Vento la sodalita es más cálcica (2,5% de CaO) que en Jama (CaO < 0,5%).

Fig. 2.- Composición de los feldespatos de los distintos roques (Diagrama de clasificación de Deer *et al.*, 1992). Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Feldspar composition of the Intrusive salic rocks (classification diagram of Deer *et al.*, 1992). See color figure in the web.



Los minerales accesorios son muy variados en estas rocas. Se trata sobre todo de esfenas, apatitos y óxidos de hierro y titanio. Los apatitos y las esfenas son especialmente abundantes en las fonolitas (Jama, Vento e Higara). Las esfenas tienen una composición muy similar en todos los afloramientos, con contenidos entre el 35% y 37% de TiO₂. Los apatitos son en todos los casos ricos en flúor (fluorapatitos) (XF/XOH entre 1,3 y 18,9). Los óxidos de Fe y Ti pertenecen a la serie ilmenita-ulvoespín, se trata en su mayor parte de titanomagnetitas.

Geotermobarometría

Se ha realizado una estimación de las condiciones de formación de estas rocas a partir de la composición de los clinopiroxenos, los anfíboles cálcicos y las nefelinas.

Geotermobarometría basada en anfíboles

Hammarstrom y Zen (1986); Hollister *et al.* (1987); Johnson y Rutherford (1989), y Schmidt (1992), entre otros, señalan que existe una relación empírica entre la presión de cristalización de rocas plutónicas calcoalcalinas y el contenido de Al total de las hornblendas (en base a 23 oxígenos). Hammarstrom y Zen (1986) proponen también un geotermómetro, basado en el contenido en Ti de los anfíboles. Más recientemente, Ridolfi y Renzulli (2012) han propuesto un nuevo termobarómetro, mucho más complejo, válido también para anfíboles ricos en Mg y Ca en magmas alcalinos, con bastantes restricciones en cuanto a la composición de los mismos.

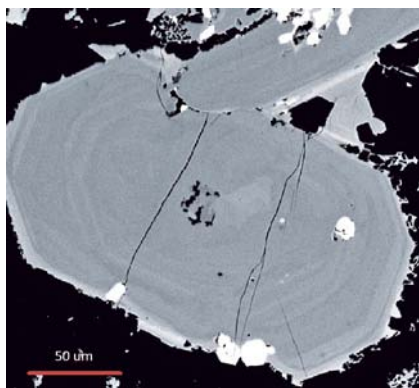


Fig. 3.- Imagen de BSE (Back-Scattered Electron): Roque de Higara: Muestra 58335: Fenocrystal de clinopiroxeno con zonados composicionales.

Fig. 3.- BSE Image (Back-Scattered Electron): Roque of Higara: sample 58335 Clinopyroxene phenocryst with compositional zones.

En la tabla I y en la figura 6 se resume la aplicación de esos geotermobarómetros a los anfíboles de los roques sálicos del sur de Tenerife. Con los geotermobarómetros clásicos se obtiene que las kaersutitas de los Roques Vento e Higara se habrían formado a temperaturas similares (1045-1047°C, Hammarstrom y Zen, 1986), y a mayor presión en Higara (media de los distintos autores: 7,2 kbar) que en Vento (media: 5,4 kbar). Por otro lado, las pargasitas y hastingsitas del Higara se habrían formado a menor P y T (6,5 kbar y 997°C) que las kaersutitas del mismo roque.

Con el geobarómetro de Ridolfi y Renzulli (2012), el más adecuado para estas rocas alcalinas, se obtienen temperaturas algo más bajas que con los otros geotermómetros (media 1027°C), aunque dentro del margen de error del método (22°C), pero sobre todo, lo más significativo es que se obtienen presiones mucho menores entre 2,9 y 4,7 kbar.

Geotermobarometría basada en piroxenos

El termobarómetro más utilizado en rocas volcánicas, basado en la composición de los clinopiroxenos, es el de Putirka (2008). Más recientemente Massotta *et al.* (2013) proponen uno nuevo específicamente para clinopiroxenos de rocas alcalinas evolucionadas (fonolitas y traquitas), como las de los roques, y reajustan las ecuaciones de Putirka (2008). El termobarómetro de Massotta *et al.* (2013) se basa en el equilibrio entre el clinopiroxeno y el líquido. El termómetro se obtiene a partir de la formulación en la reacción de intercambio Di-Hd-Jd (diópsido-hedenbergita-jadeíta). Mientras que la barometría se calibra utilizando la dependencia de la jadeíta con la presión en relación a la proporción de Na y Al, combinados con el volumen parcial molar de la jadeíta en el clinopiroxeno (Putirka *et al.*, 1996).

En la figura 7 se reflejan los resultados obtenidos para los clinopiroxenos, que cumplen las condiciones de equilibrio con el termobarómetro de Massotta *et al.* (2013) y en la tabla II las condiciones medias para cada afloramiento (valores obtenidos a partir del programa de cálculo de Masotta *et al.*, 2013).

En la figura 7 se reflejan los resultados obtenidos para los clinopiroxenos, que cumplen las condiciones de equilibrio con el termobarómetro de Massotta *et al.* (2013) y en la tabla II las condiciones medias para cada afloramiento (valores obtenidos a partir del programa de cálculo de Masotta *et al.*, 2013).

En la figura 7 se reflejan los resultados obtenidos para los clinopiroxenos, que cumplen las condiciones de equilibrio con el termobarómetro de Massotta *et al.* (2013) y en la tabla II las condiciones medias para cada afloramiento (valores obtenidos a partir del programa de cálculo de Masotta *et al.*, 2013).

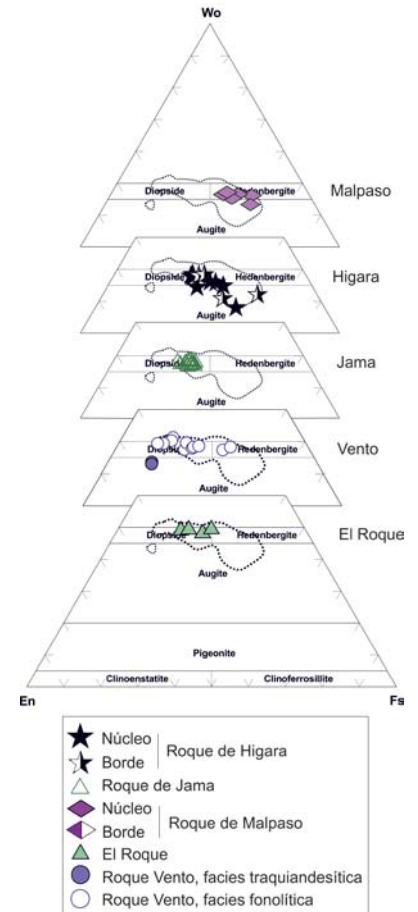


Fig. 4.- Diagramas de clasificación de los clinopiroxenos de los diferentes roques (Morimoto *et al.*, 1988). Ver figura en color en la web.

*Fig. 4.- Classification diagrams of clinopyroxenes from different roques (Morimoto *et al.*, 1988). See color figure in the web.*

mismo rango de presión que sus anfíboles.

Las nefelinas son de cristalización más tardía. Los elevados contenidos en cationes de Si libres de las mismas (Fig. 5) reflejan elevadas temperaturas de formación (700° a 875°C Hamilton, 1961).

Conclusiones

Las rocas sálicas que forman los roques del sur de la isla de Tenerife, están compuestas fun-

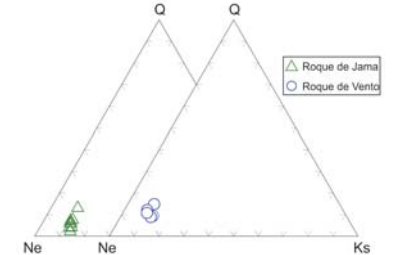


Fig. 5.- Composición de las nefelinas de los roques de Jama y Vento (Hamilton, 1961). Ver figura en color en la web.

Fig. 5.- Nepheline composition of Jama and Vento (Hamilton, 1961). See color figure in the web.

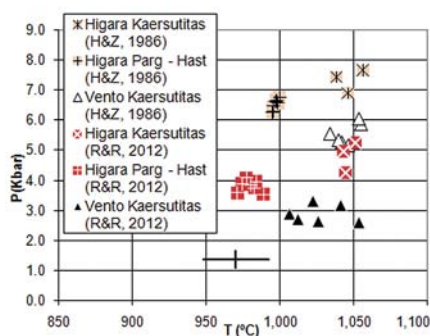


Fig. 6.- P y T de formación de los anfíboles (Hammarstrom y Zen 1986; Ridolfi y Renzulli, (2012)). Ver figura en color en la web.

Fig. 6.- P-T conditions of amphiboles formation (Hammarstrom and Zen, 1986; Ridolfi and Renzulli (2012)). See color figure in the web.

damentalmente por feldespatos alcalinos. Aparecen tanto en fenocristales como en la matriz. Son sanidinas con composiciones entre Or^*_{30} y Or^*_{56} y anortoclasas (Or^*_{14} a Or^*_{28}). Las plagioclasas se encuentran en las rocas menos evolucionadas (traquiandesitas de Roque Vento y El Roque) y son labradoritas con bordes de andesina, andesinas y oligoclasas. En las rocas más evolucionadas las plagioclasas o no aparecen o son albitas, oligoclasas y andesinas. El clinopiroxeno es el mineral máfico más abundante y se encuentra en todas las rocas. Aparecen como fenocristales y en la matriz, y presentan una amplia variedad composicional, siendo de tipo diópsido y augita en las traquiandesitas, en las fonolitas diópsido, ocasionalmente con bordes de augita, y henderbergita con bordes de augita en las traquitas.

Los anfíboles se encuentran en los roques de Jama, Higara y Vento; bien frescos o bien transformados a otros minerales anhidros. Con un tamaño variado y normalmente zonados, son todos anfíboles cálcicos, que pueden variar composicionalmente dentro de un mismo roque. Se han encontrado ferropargasitas, magnesio-hastingsitas, pargasitas y kaersutitas. Los feldespatoides son de tipo sodalita con hasta un 7% de flúor y, sobre todo, nefelina rica en K_2O .

	Hammarstrom y Zen (1986)		Hollister <i>et al.</i> (1987)	Johnson y Rutherford (1989)	Schmidt (1992)	Ridolfi y Renzulli (2012)	
	T°C	P kbar	P kbar	P kbar	P kbar	T°C	P kbar
Higara: kaersutitas	1047	7,3	7,8	6,0	7,6	1025	4,7
Higara: pargasitas y hastingsitas	997	6,5	6,9	5,3	6,9	980	3,8
Vento: kaersutitas	1045	5,5	5,8	4,5	5,9	1027	2,9

Tabla I.- Valores medios de P y T calculados a partir de los anfíboles de Higara y Vento.

Table I.- P-T average values calculated from Higara and Vento amphiboles.

	T(°C)	P(kbar)
El Roque	932	3,1
Jama	890	3,5
Vente	890	3,3
Higara	844	2,3
Malpaso	803	2,8
Media	872	3,0

Tabla II.- Valores medios de P y T calculados a partir de los piroxenos de los roques.

Table II.- P-T average values calculated from the roques pyroxenes.

Se ha estimado la temperatura y presión de formación de algunas de las principales fases minerales. Para los anfíboles se han obtenido temperaturas de formación entre 980°C y 1050°C y presiones de entre 2,5 y 4 kbar. Los clinopiroxenos se han formado a menor temperatura (entre 800°C y 950°C) y similares presiones: entre 2,3 y 3,8 kbar. Estos datos parecen indicar que estos magmas diferenciados se habrían formado entre unos 8 y 12 km de profundidad, lo que, para esta isla, correspondería a niveles corticales profundos (Watts *et al.*, 1997).

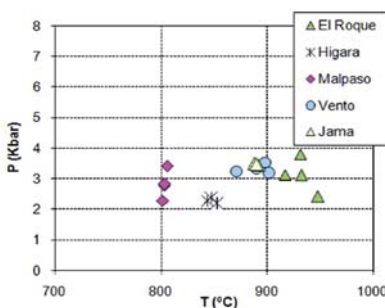


Fig. 7.- P y T de formación de los clinopiroxenos (Massotta *et al.*, 2013). Ver figura en color en la web.

Fig. 7.- P-T conditions of clinopyroxene formation (Massotta *et al.*, 2013). See color figure in the web.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto CGL2012-32135. Los datos de química mineral se han obtenido en el Centro Nacional de Microscopía Luis Bru de la Universidad Com-

plutense de Madrid. Nuestro agradecimiento a los revisores (anónimo y A. Ahijado).

Referencias

Ancochea, E. Fúster, J.M. Ibarrola, E. Cendrero, A. Coello, J. Hernán, F. Cantagrel, J.M. y Jamond, C. (1990). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44, 231-249.

Bellido, F. (1973). *Estudio geoquímico de los diques y pitones sálicos intrusivos en los materiales volcánicos de la serie antigua de la isla de Tenerife*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas. Univ. Complutense de Madrid, 98 p.

Brändle, J.L. (1973). *Estudios Geológicos* 29, 5-51.

Deer, W.A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1992). *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longmann, London, 696 p.

Hamilton, D. L. (1961). *The Journal of Geology* 69, 321-329.

Hammarstrom, J.M. y Zen, E.A. (1986). *American Mineralogist* 71, 1297-1313.

Hernández-Pacheco, A., De la Nuez, J., Cubas, C.R., Hernán, F. y Fernández, S. (1990). *Estudios Geológicos* 46, 175-184.

Hollister, L.S., Grissom, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.H. y Sisson, V.B. (1987). *American Mineralogist* 72, 231-239.

IGME (1978). *Mapa Geológico de España, escala 1:25.000. Hoja y Memoria N° 1118 III, Granadilla de Abona. N° 1118-1124 II-I, Valle de San Lorenzo. N° 1118-1124 III-IV, Los Cristianos. N° 1118 IV, Adeje*.

Johnson, M.C. y Rutherford, M.J. (1989). *Geology* 17, 837-841.

Leake, B. E., Woolley, A.R., Birch, W.D., Burke, E.A., Ferraris, G., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Schumacher, J.C., Stephenson, C.N. y Whittaker, E. (2004). *European Journal of Mineralogy* 16, 191-196.

Massotta, M., Mollo, S., Freda, C., Gaeta, M. y Moore, G. (2013). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 166, 1545-1561.

Morimoto, N., Fabries, J., Fergunson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M. Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. y Gottardi, G. (1988). *American Mineralogist* 73, 1123-1133.

Putirka, K.D. (2008). *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 69, 61-120.

Putirka, K.D., Johnson, M., Kinzler, R. y Walker, D. (1996). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 123, 92-108.

Ridolfi, F. y Renzulli, A. (2012). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 163, 877-895.

Schmidt, M.W. (1992). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 110, 304-310.

Watts, A. B., Peirce, C., Collier, J., Dalwood, R., Canales, J-P. y Henstock, T.J. (1997). *Earth and Planetary Science Letters* 146, 431-448.