

# Geoquímica de las rocas intrusivas sálicas del sur de la isla de Tenerife

## *Geochemistry 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

*In Roque del Conde Old Edifice at the south of Tenerife Island there are domatic structures called "roques" that are formed by intrusive salic rocks of acidic and intermediate compositions, and alkaline and strongly alkaline: trachyandesites, phonolites and trachytes. Some of the roques are compositionally homogeneous whereas others have a compositional variation in different zones. Trachyandesites follow a lineal pattern with the most basic rocks of Roque del Conde edifice and have been formed by a process of fractional crystallization. Trachytes and phonolites follow different patterns from the former. They are essentially controlled by fractional crystallization processes, where plagioclase and K-feldspars are the main removed phases. Accessory phases like Ti-magnetite, sphene and apatite, or amphibole have also an important role in these processes.*

**Key-words:** Tenerife, old edifice, salic rocks, geochemistry.

### RESUMEN

*En el sur de la isla de Tenerife, en el Edificio Roque del Conde, se encuentran estructuras en forma de domo denominadas "Roques", formadas por rocas intrusivas sálicas de composiciones ácidas e intermedias, fuertemente y moderadamente alcalinas: traquiandesitas, fonolitas y traquitas. Algunos de los roques son homogéneos composicionalmente, mientras que otros varían de composición de unas zonas a otras. Las traquiandesitas siguen pautas composicionales lineales con las rocas más básicas del edificio Roque del Conde y parecen haberse formado por un proceso de cristalización fraccionada relativamente sencillo y continuo. Las traquitas y las fonolitas siguen pautas composicionales diferentes a las anteriores. Están también esencialmente controladas por procesos de cristalización fraccionada, en los que las plagioclasas y los feldespatos potásicos, en diferentes proporciones según los casos, son las fases principales extraídas. Las fases accesorias, como la titanomagnetita, la esfena y el apatito, y el anfíbol han tenido también un papel importante en estos procesos.*

**Palabras clave:** Tenerife, edificio antiguo, rocas sálicas, geoquímica.

*Geogaceta*, 62 (2017), 79-82  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 31 de enero de 2017  
Revisión: 23 de marzo de 2017  
Aceptación: 26 de abril 2017

## Introducción

En el sur de la isla de Tenerife destacan unas elevaciones rocosas muy escarpadas, que en Canarias reciben el nombre de "Roques" y que, en este caso, representan los restos erosivos de intrusiones de composición sálica. Se trata de rocas que presentan bastante variedad composicional. Variedad que no sólo se da entre un roque y otro, sino incluso, en algunos casos, dentro del mismo roque. El objetivo principal de este trabajo consiste en la caracterización geoquímica de esas rocas y en el estudio de su variabilidad y origen.

## Marco geológico

En el SO de Tenerife se encuentra el Edificio Antiguo Roque del Conde, uno de los tres grandes edificios miocenos que constituyen la isla (Ancochea *et al.*, 1990).

Los materiales de este edificio, mayoritariamente basálticos o traquibasálticos, han sido erosionados intensamente y cubiertos por las coladas del posterior edificio Cañadas, de edad plio-cuaternaria, encontrándose en la actualidad como afloramientos aislados.

Atravesando a esos materiales basálticos existen varias intrusiones sálicas que

dan lugar a "roques" (Hernández Pacheco *et al.*, 1990) y que constituyen uno de los rasgos más característicos del paisaje del sur de Tenerife. En total son seis los afloramientos de este tipo: el Roque de Jama, El roque, el Roque de Higara, el Roque Vento, el Roque de Malpaso y el Domo de Adeje (Fig. 1). Detalles sobre su petrografía y composición mineral se hallan en Sanz-Mangas *et al.* (2017).

## Composición química

Bellido (1973) analizó los elementos mayores de algunos de estos roques. Por su



Fig. 1.- Situación de los Roques sálicos del Sur de Tenerife. Ver figura en color en la web.  
 Fig. 1.- Position of salic rocks intrusions of the south of Tenerife. See color figure in the web.

parte, Thirlwall *et al.* (2000) analizaron elementos mayores y algunos traza de las rocas de todo el edificio Roque del Conde, incluyendo dos de los roques sálicos. Se han analizado ahora 57 elementos mayores y traza en ocho rocas representativas de todos los roques. Se trata de rocas fuerte o moderadamente alcalinas, ácidas e intermedias: fonolitas, traquitas y traquiandesitas (benmoreitas) (Fig. 2). La variación composicional en cada uno de los roques no suele ser muy importante, excepto en Roque Vento donde aparecen dos facies muy dife-

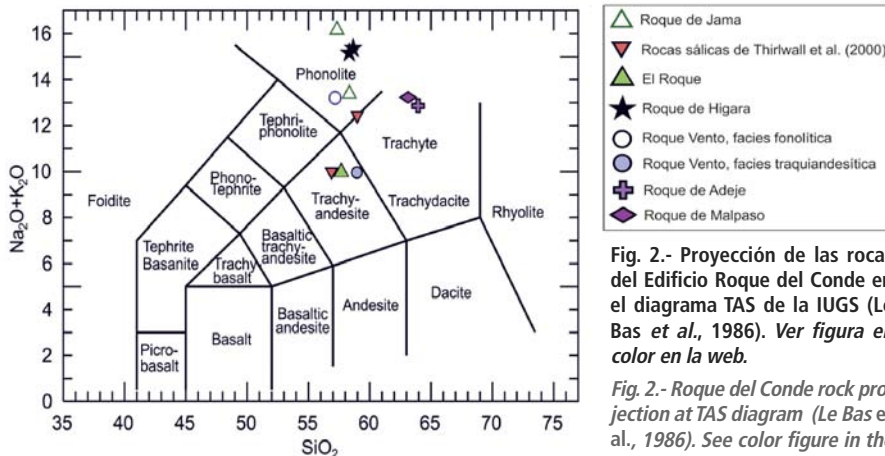


Fig. 2.- Proyección de las rocas del Edificio Roque del Conde en el diagrama TAS de la IUGS (Le Bas *et al.*, 1986). Ver figura en color en la web.  
 Fig. 2.- Roque del Conde rock projection at TAS diagram (Le Bas *et al.*, 1986). See color figure in the web.

rentes, una central fonolítica y otra traquiandesítica bandeada situada en el borde. En Jama las fonolitas tienen también diferencias en alcalinidad.

Todas las rocas estudiadas son muy evolucionadas, pudiendo distinguirse tres grupos. Las traquiandesitas constituyen El Roque y la facies bandeada de Roque Vento; las fonolitas aparecen en la facies central de Roque Vento y en los Roques de Jama e Higara y las traquitas en el Roque de Malpaso y en el Domo de Adeje. En Adeje, Jama e Higara algunas de las rocas son peralcalinas, pero otras facies de Jama

y El Roque son peraluminicas. El resto de las rocas analizadas son metaluminicas.

**Elementos mayores**

Considerando todo el conjunto de rocas del edificio Roque del Conde se observa que, de forma general, con el aumento en SiO<sub>2</sub> o la disminución del MgO, aumentan notablemente el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, el Na<sub>2</sub>O y el K<sub>2</sub>O (Fig. 3), mientras que disminuyen de forma marcada FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO y TiO<sub>2</sub>. El P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aumenta al principio y luego disminuye. Las traquitas son las más ricas en SiO<sub>2</sub> y más pobres en CaO.

Sin embargo, estas variaciones no son homogéneas, sino que en muchos de los elementos se aprecian variaciones en sus pautas que reflejan cambios en los procesos de evolución. En los diagramas del MgO se reconoce un primer tramo correspondiente a las rocas menos evolucionadas con MgO > 5%; un segundo tramo con MgO entre 2 y 5%; y el último tramo, por debajo del 2%, al que pertenece las muestras de los roques. La primera inflexión es especialmente destacable en diagramas como MgO-CaO y MgO-TiO<sub>2</sub> y la segunda, menos evidente, en MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Fig. 4).

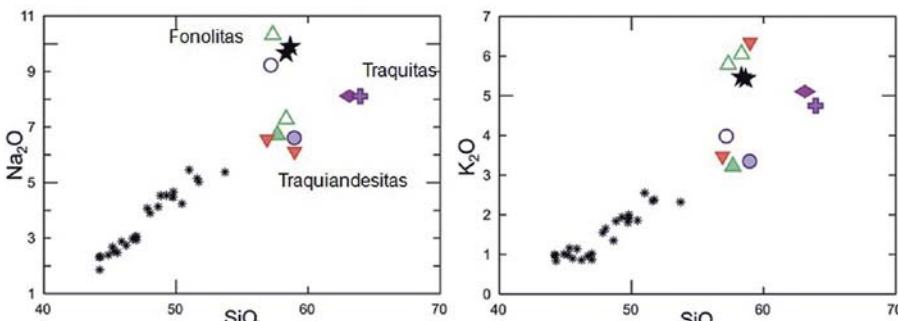


Fig. 3.- Diagramas de variación SiO<sub>2</sub> frente a Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O. Símbolos: ver figura 2, los asteriscos representan los datos de Roque del Conde de Thirlwall *et al.* (2000). Ver figura en color en la web.  
 Fig. 3.- Variation diagram of SiO<sub>2</sub> vs Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O. Symbols: see figure 2. Asterisks represent Roque del Conde data from Thirlwall *et al.* (2000). See color figure in the web.

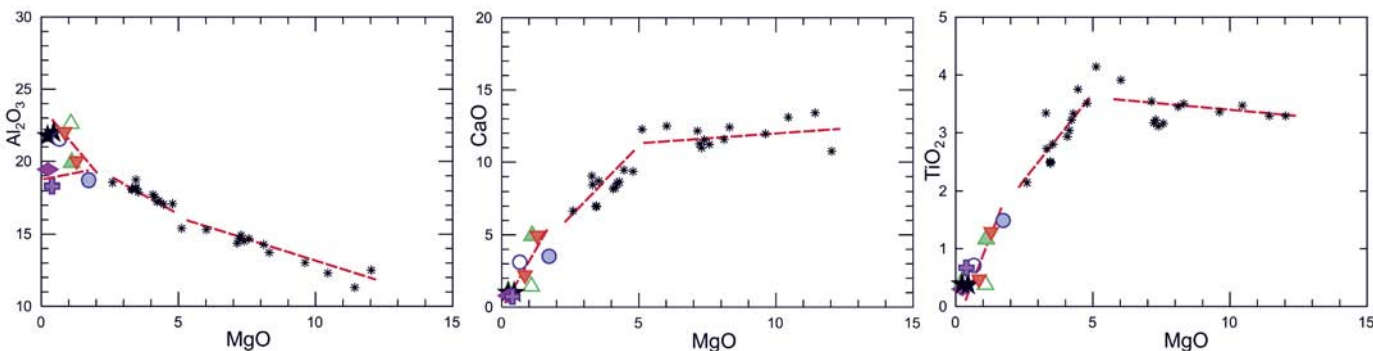


Fig. 4.- Diagramas de variación MgO frente a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO y TiO<sub>2</sub>. Símbolos: ver figura 2 y 3. Ver figura en color en la web.  
 Fig. 4.- Variation diagram of MgO vs Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO y TiO<sub>2</sub>. Symbols: see figure 2 and 3. See color figure in the web.

Considerando exclusivamente los roques, se puede reconocer que entre las traquiandesitas y las traquitas, la mayor parte de los elementos mantienen las pautas de variación de las rocas más básicas del edificio. Sin embargo, las rocas fonolíticas se separan claramente de esa tendencia general, con un notable aumento en el contenido en  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  y  $K_2O$  y empobrecimientos en  $CaO$ ,  $FeO$ ,  $MgO$  y  $MnO$ , con el aumento en  $SiO_2$ .

**Elementos traza**

En los elementos traza se observa que el contenido en Zr, Rb, Ba, Sr, Th, U, y REE aumenta de las traquiandesitas a las traquitas, manteniéndose, en general, las pautas de las otras rocas del edificio. Sin embargo, no sucede lo mismo en las fonolitas, en las que los contenidos en Sr, Ba, Y y REE disminuyen notablemente, mientras que Rb, Th, Zr y Ga aumentan mucho más que en las traquitas.

Los diagramas de tierras raras (Fig. 5) evidencian que todas las rocas tienen un marcado enriquecimiento en tierras raras ligeras (LREE), superior a 100 veces los valores condriticos, y un empobrecimiento en tierras raras pesadas (HREE), entre 8 y 20 veces la condrita. Se observan dos tipos de pautas, una la de las traquiandesitas y la traquita de Adeje, con una pendiente a grandes rasgos continua y otra la de la traquita de Malpaso y las fonolitas con una forma cóncava característica.

**Petrogénesis**

El principal proceso petrogenético que ha dado lugar a la variedad de lavas de Tenerife ha sido la cristalización fraccionada.

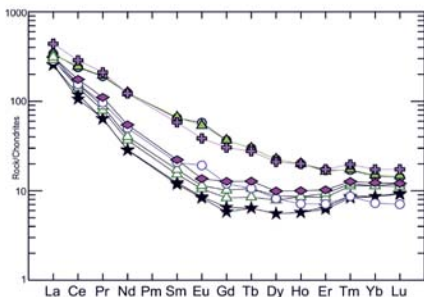


Fig. 5.- Contenido en REE de las muestras de los roques, normalizadas a la condrita de Nakamura (1974). Símbolos como en las figuras 2 y 3. Ver figura en color en la web.

Fig. 5.- REE content of studied samples normalized to chondrite of Nakamura (1974). Symbols: see figures 2 and 3. See color figure in the web.

Ese es el caso de los Edificios Antiguos (p.ej., Thirwall *et al.* 2000), del edificio Cañadas (p.ej., Brändle, 1973) o del edificio Teide – Pico Viejo (p.ej., Ablay *et al.*, 1998). En general, este proceso explica bastante bien la variabilidad de las rocas básicas e intermedias, pero tiene algunos problemas en el caso de las rocas más evolucionadas (traquitas y fonolitas), para las que se han sugerido mecanismos más complejos o la actuación conjunta de la cristalización fraccionada con otros procesos, como asimilación, contaminación, fusión parcial de rocas máficas, transferencia gaseosa, etc. (p.ej., Legendre *et al.*, 2005).

En los roques, los elementos que más se enriquecen, son los más incompatibles: el Rb, Th, U, Zr y Hf. En los diagramas que enfrentan dos elementos incompatibles como el Rb-Th (Fig. 6) o Nb-Zr, las rocas se alinean en una recta con el origen, tanto en las traquitas, como en las fonolitas, indicando que se pueden descartar los procesos de contaminación o la mezcla de magmas (Treuil y Joron, 1975; Allegre y Minster, 1978).

En diagramas en los que se enfrentan un elemento incompatible frente al mismo partido por uno moderadamente incompatible, como el Th-Th/La o el Rb-Rb/Ce se observa como los roques y las muestras de Thirwall *et al.* (2000) no se alinean con el origen, lo que confirmaría que están relacionados por mecanismos de cristalización fraccionada (Treuil y Joron, 1975; Allegre and Minster, 1978).

En las rocas con  $MgO > 5\%$  (basaltos y traquibasaltos), se observa con la disminución del  $MgO$  una drástica disminución de Ni y Cr, lo que implica una cristalización importante de olivino y clinopiroxeno. El notable aumento en  $Al_2O_3$  implica que la plagioclasa no interviene en esa fase de la evolución. Que el contenido en  $CaO$  se mantenga, sin intervenir la plagioclasa, con-

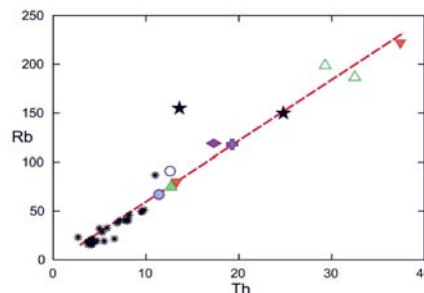


Fig. 6.- Diagrama Th-Rb. Símbolos como en figuras 2 y 3. Ver figura en color en la web.

Fig. 6.- Th-Rb diagram. Symbols: see figures 2 and 3. See color figure in the web.

firma la participación de clinopiroxeno, pero con el olivino. Las rocas con contenidos en  $MgO$  entre 5% y 2% (traquiandesitas basálticas) tienen un comportamiento diferente: disminuye bruscamente el  $FeO$ , el  $TiO_2$  y el  $CaO$ , mientras que  $Al_2O_3$  y  $Na_2O$  siguen creciendo. Esto indica una escasa participación de plagioclasa y que el clinopiroxeno pasa a ser la fase principal, acompañada de los óxidos de hierro y titanio. El fósforo que se había mantenido constante en las rocas más básicas, ahora aumenta bruscamente, indicando que el apatito deja de intervenir en esta segunda fase de la evolución. La tercera fase de la diferenciación afecta a las rocas con menos del 2% de  $MgO$ : a las de los roques. En ellas la mayor parte de los elementos tienen comportamientos variados y diferentes de unas rocas a otras.

En la figura 7 se representan los contenidos en elementos traza de las muestras de los roques normalizadas a la roca de los roques menos evolucionada (la traquiandesita de Roque Vento). Se representan por separado los tres grupos de rocas mencionados: en la parte superior la traquiandesita de El Roque y la fonolita de Roque Vento, en la intermedia las otras fonolitas y en la inferior las traquitas. En general, se aprecian tres marcadas anomalías negativas en Ba, Sr, P y Ti.

En el caso de las traquitas la notable anomalía negativa en Sr se explicaría por una importante extracción de plagioclasa y la anomalía en Ba implicaría también la extracción feldespato potásico. La anomalía negativa en P indicaría una extracción de apatito, que también se aprecia en las LREE, siendo ésta más acusada en Malpaso que en Adeje. Además la traquita de Malpaso tiene ligeras anomalías negativas en Ta y Ti originadas posiblemente por la extracción de esfena.

Las fonolitas de Higara y Jama tienen anomalías similares a las de las traquitas, pero con significativas diferencias: la anomalía en Ba es mucho mayor y la de Sr menor, por lo que, en estas fonolitas, la extracción de plagioclasa es menos importante, siendo mayor la del feldespato potásico. Los mayores empobrecimientos en Ta (Nb) y Ti implican una mayor participación de la esfena, al igual que del apatito que genera mayores empobrecimientos en P y REE.

La fonolita de Vento presenta un comportamiento diferente, con pequeñas anomalías en Ba y Sr, lo que implicaría la escasa

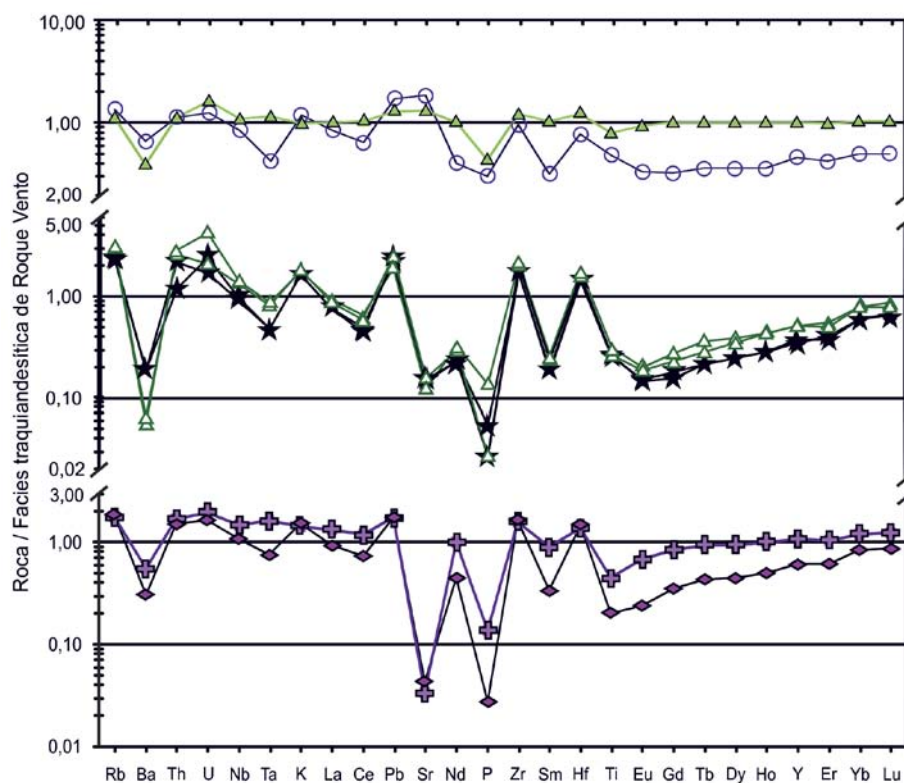


Fig. 7.- Diagrama multielemental normalizado a la facies traquiandesítica de Roque Vento. Elementos traza ordenados según Legendre et al., 2005. Explicaciones en el texto. Símbolos como en la figura 2. Ver figura en color en la web.

Fig. 7.- Multielemental diagram standardized to Roque Vento trachyandesite. Minor elements ordered by Legendre et al., 2005. See text. Symbols: see figure 2. See color figure in the web.

extracción de feldespatos. La marcada anomalía negativa en Ta y Nb indicaría la participación de la esfena y la menor anomalía de P indicaría la escasa participación del apatito.

La forma cóncava de los espectros de REE (Fig. 5) puede ser debida a la extracción de anfíboles y/o apatitos.

## Conclusiones

Los roques sálicos del sur de la isla de Tenerife tienen diferencias composicionales marcadas tanto de unos a otros, como dentro del mismo roque. Se trata de rocas traquiandesíticas, traquíticas y fonolíticas, tanto peralcalinas, como metaaluminicas e incluso, en algún caso peraluminicas.

El Roque de Malpaso y el Domo de Adeje están formados por traquitas, El Roque y la facies de borde de Roque Vento son traquiandesíticos y la facies central de Roque Vento y los Roques de Jama e Higara son fonolíticos.

Las rocas que constituyen el edificio Roque del Conde siguen pautas homogéneas en sus términos básicos e intermedios.

Sin embargo, esas pautas son mucho más variadas cuando se llega a los términos más evolucionados (los roques objeto de estudio de este trabajo). Las traquiandesitas y las traquitas siguen pautas similares a las del resto de las rocas básicas e intermedias del edificio. Las fonolitas se desmarcan de la pauta general, con aumentos muy notables en  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , empobrecimientos en  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{MnO}$  y dispersión en el contenido de muchos de los elementos traza. Existe un enriquecimiento continuo en las REE, de basaltos a traquiandesitas y a la traquita de Adeje, con pautas rectilíneas y con mayores enriquecimientos en LREE que en HREE. El espectro de REE del resto de las rocas sálicas presenta una forma cóncava característica, originada posiblemente por extracción de apatito y/o anfíbol.

El proceso que ha controlado la formación de los diferentes tipos rocosos del edificio Roque del Conde ha sido esencialmente la cristalización fraccionada. Éste ha sido controlado por clinopiroxeno y olivino en el tránsito de basaltos a traquibasaltos; clinopiroxeno y plagioclasa en el tránsito a traquiandesitas; y plagioclasa y feldespatos

potásicos en el tránsito de traquitas y fonolitas. La participación de fases accesorias como Ti-magnetita fue importante en los primeros estadios de la fraccionación, mientras que la esfena y el apatito lo fueron en los últimos estadios evolutivos.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto CGL2012-32135. Los análisis químicos han sido obtenidos mediante ICP-MS en Activation Laboratories Ltd. en Ontario (Canadá). Nuestro agradecimiento a los revisores (R. Herrera Espada y M. Lago San José).

## Referencias

- Ablay, G. J., Carroll, M. R., Palmer, M. R., Martí, J., y Sparks. R. S. J. (1998). *Journal of Petrology* 39, 905-936.
- Allegre, C. J. y Minster, J. F. (1978). *Earth and Planetary Science Letters* 38, 1-25.
- 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 las materiales volcánicas 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.
- Hernández-Pacheco, A., De la Nuez, J., Cubas C.R., Hernán, F. y Fernández, S. (1990). *Estudios Geológicos* 46, 175-184.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. y Zanettin, B. (1986). *Journal of Petrology* 27, 745-750.
- Legendre, C., Maury, R. C., Caroff, M., Guillou, H., Cotten, J., Chauvel, C., Bollinger, C., Guille, G., Blais, S., Rossi, P. y Savanier, D. (2005). *Journal of Petrology* 46, 1925-1962.
- Nakamura, N. (1974). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 38, 757-775.
- Sanz-Mangas, D., Huertas, M.J. y Ancochea, E. (2017). *Geogaceta* 62, 75-78.
- Thirlwall, M.F., Singer, B.S. y Marriner G.F. (2000). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 103, 247-297.
- Treuil, M. y Joron, J. L. (1975). *Società Italiana di Mineralogia y Petrologia* 31, 125-174.