

Las rocas volcánicas del Edificio Submarino de la isla de La Gomera: características composicionales.

The volcanic rocks of the Submarine Edifice of La Gomera island. compositional features.

R. Herrera ⁽¹⁾, E. Ancochea ⁽²⁾ y M.J. Huertas ⁽²⁾

⁽¹⁾ Área de Geología. ESCET. Universidad Rey Juan Carlos. C/ Tulipán s/n. 28933 Madrid. raquel.herrera@urjc.es

⁽²⁾ Departamento de Petrología y Geoquímica. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

ABSTRACT

The Submarine Edifice rocks are the oldest rocks in La Gomera. This edifice is made up of submarine lava and breccias, with marine sediments associated, all of which is transverse by a very dense network of dikes. This essay shows the first geochemical and mineralogical submarine volcanic rocks data. These rocks are intensely altered and have an alkaline chemical affinity. Compositions vary between alkaline basalts and trachyandesites, and all of them show typical Within Plate and Ocean Island basalts immobile elements contents. The latter Subaerial Edifice volcanic rocks are similar in composition, although they are slightly less alkaline and they have less evolved types.

Key words: Seamounts, Submarine Edifice, Ocean Island Basalts, La Gomera, Canary Islands.

Geogaceta, 39 (2006), 43-46

ISSN: 0213683X

Introducción

La Gomera es una de las islas canarias más pequeñas (Fig. 1 A), la única del archipiélago que no ha tenido actividad volcánica durante el Cuaternario y una de las tres islas (junto con Fuerteventura y La Palma) en las que aflora el denominado "Complejo Basal" (Fig. 1 B). Éste está compuesto por rocas plutónicas y la denominada "Serie Submarina" (Cendrero, 1967, 1970 y 1971) constituida por rocas volcánicas y sedimentos, ambos de carácter submarino.

El Complejo Basal fue descrito inicialmente por Bravo (1964), pero fue Cendrero (1967) el primero en citar en él materiales volcánicos y sedimentarios. Este autor lo interpretó como depósitos submarinos pertenecientes a una cuenca marginal del primitivo continente africano, posteriores y discordantes sobre las rocas plutónicas. Hernández-Pacheco (1973) consideró que las rocas gabroideas de todos los Complejos Basales representan intrusiones múltiples, intra y subvolcánicas, o facies granudas profundas, tanto de la malla de diques, como de raíces de edificios volcánicos antiguos ya erosionados; por lo que, las rocas gabroideas estarían intruyendo a los materiales volcánicos y sedimentarios submarinos, que serían los más antiguos. Ancochea *et al.* (1996) demuestran que en Fuerteventura buena parte de las rocas subvolcánicas son coetáneas no sólo con edificios antiguos ya erosionados, sino también con los edificios subaéreos que forman la isla actual, y que por tanto los Complejos Basales representan la

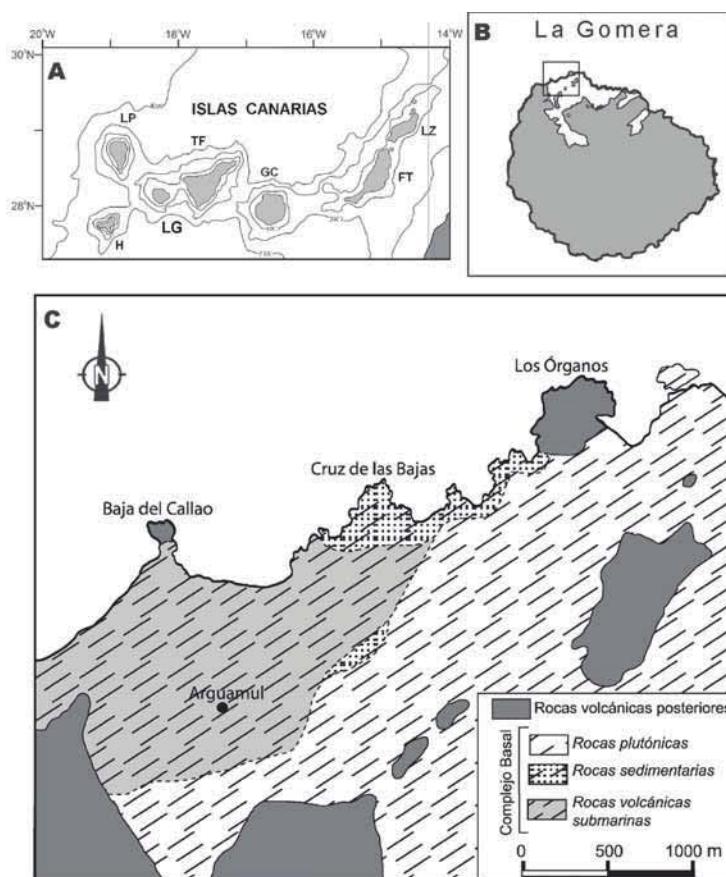


Fig. 1.- A: Mapa batimétrico de las Islas Canarias. - B: Localización del área de estudio (en blanco, Complejo Basal; en gris, unidades posteriores). - C: Esquema cartográfico de la zona del Complejo Basal en la que afloran las rocas submarinas (modificado de Cendrero, 1970).

Fig. 1.- A: Bathymetric map of the Canary Islands. - B: Location of study area (white area: Basal Complex; grey area: later units). - C: Sketch map of the Basal Complex zone where de Submarine Rocks outcrop (modified after Cendrero, 1970).

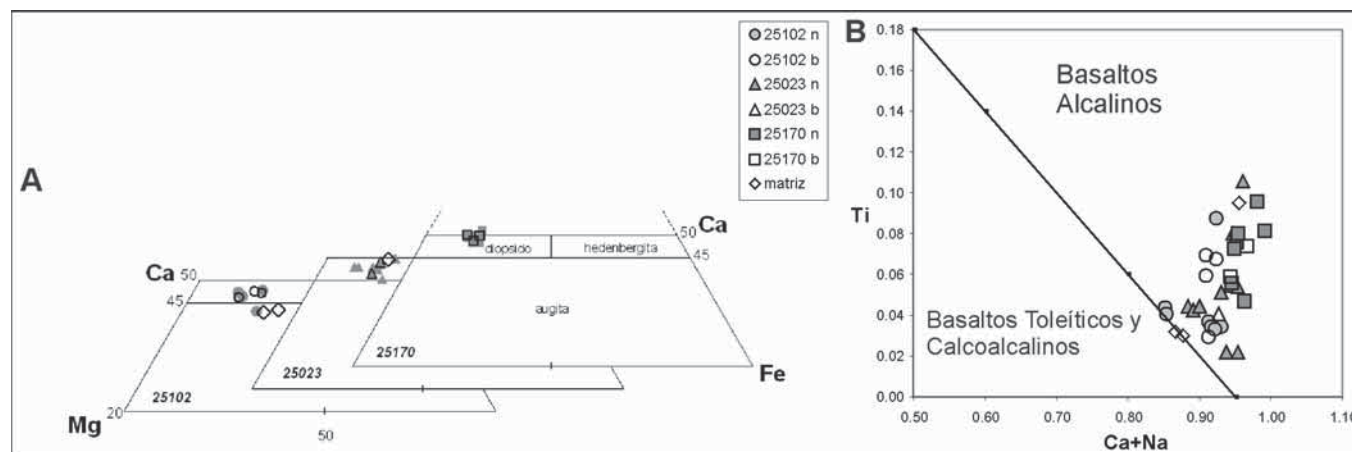


Fig. 2.- A: Clasificación de los piroxenos de las rocas volcánicas submarinas. - B: Diagrama de discriminación de Letterrier *et al.* (1982). (n: núcleo; b: borde).

Fig.2.- A: Piroxenes classification diagram. - B: Letterrier *et al.* (1982) discrimination diagram. (n: core; b: rim).

fase de crecimiento submarino de las islas y las raíces subvolcánicas de todas sus fases de crecimiento.

Los datos existentes sobre las rocas volcánicas submarinas de La Gomera se deben casi exclusivamente a Cendrero (1967, 1970 y 1971) y se refieren a su localización, descripción y características petrográficas. Sin embargo, no hay datos sobre la afinidad geoquímica de estas lavas y por lo tanto, existe una importante laguna sobre cómo fueron los primeros estadios de crecimiento de la isla y cómo evolucionó posteriormente.

El objeto de este trabajo es caracterizar composicionalmente el vulcanismo submarino de La Gomera. Para ello se han utilizado las muestras que en su día tomó Cendrero, que se encuentran depositadas en la litoteca del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense y que constituyen el muestreo existente más completo del Complejo Basal. Dado su elevado grado de alteración, ha resultado muy difícil encontrar ejemplares con un mínimo de garantías de no haber sufrido transformaciones composicionales mayores.

Las rocas submarinas

Las rocas submarinas aparecen en una estrecha banda al NO de la isla (Fig. 1 C), al Oeste de Los Órganos (Cendrero, 1967). Están siempre atravesadas por una intensa malla de diques.

Los materiales volcánicos son lavas y tobas. Las primeras son de color verdoso y, a pesar del elevado grado de alteración y de intrusión filoniana, se reconocen en algunos casos restos de estructuras almohadilladas. Las tobas o aglomerados submarinos son también de color verdoso y en ocasiones tienen fragmentos tanto de rocas plutónicas como volcánicas (Cendrero, 1971). Las rocas sedimentarias asociadas afloran en la parte

más oriental (Fig. 1 C) y, al igual que las volcánicas, se presentan en pequeños afloramientos entre los diques. Según Cendrero (1967) se trata de “restos de rocas sedimentarias detríticas finas, a veces con estratificación cruzada, ligeramente metamorizadas”, también aparecen otros materiales como sílex, jaspe y rocas carbonáticas.

El elevado grado de alteración y los procesos metamórficos posteriores que han afectado a las rocas volcánicas submarinas hacen muy difícil su datación directa. Al ser los materiales submarinos previos a la intrusión de las rocas plutónicas del Complejo Basal, deben tener una edad mínima superior a las obtenidas para éstas (entre 20 y 15 Ma; Abdel Monem *et al.*, 1971 y Cantagrel *et al.*, 1984).

Petrográficamente se trata principalmente de rocas básicas, que varían entre basaltos y traquiandesitas. Los primeros tienen una textura porfídica con fenocristales de clinopiroxeno y olivino, mientras que en los tipos más evolucionados se observa una textura fluidal, definida por microlitos de plagioclasa, con fantasmas de fenocristales de plagioclasa, de feldespato alcalino o de ambos tipos. En los términos intermedios se reconocen también cristales de piroxeno. En todos los tipos litológicos son frecuentes las fracturas y vacuolas rellenas de carbonatos, ceolitas y productos de alteración.

Características composicionales

Para la determinación de la composición química mineral se han escogido las muestras más porfídicas y cuyos minerales presentan menor grado de alteración y transformación (dos basaltos, 25170 y 25023, y un traquibasalto, 25102).

Como acabamos de indicar, las fases minerales que componen estas rocas son mayoritariamente clinopiroxeno, plagioclasa y minerales opacos, así como

olivino muy alterado en los basaltos. Además, uno de los basaltos (25170) presenta también anfíbol y apatito, y el otro tiene pequeñas cantidades de biotita.

| | 25170 | 25102 | 25167 |
|--------------------------------|--------|-------|--------|
| SiO ₂ | 40,22 | 45,40 | 47,66 |
| Al ₂ O ₃ | 13,05 | 12,59 | 15,92 |
| Fe ₂ O ₃ | 13,87 | 11,68 | 7,94 |
| MnO | 0,13 | 0,13 | 0,17 |
| MgO | 6,88 | 5,48 | 2,94 |
| CaO | 10,39 | 7,29 | 8,02 |
| Na ₂ O | 2,53 | 3,25 | 3,15 |
| K ₂ O | 1,31 | 2,07 | 4,42 |
| TiO ₂ | 4,82 | 3,63 | 2,37 |
| P ₂ O ₅ | 1,08 | 0,45 | 0,83 |
| LOI | 5,15 | 7,39 | 5,72 |
| CO ₂ | 1,36 | 3,80 | 3,50 |
| TOTAL | 99,43 | 99,36 | 99,14 |
| Ba | 616,8 | 251,6 | 1140,2 |
| Rb | 24,2 | 48,6 | 88,0 |
| Sr | 1068,0 | 550,7 | 1361,9 |
| Hf | 8,5 | 7,7 | 10,9 |
| Y | 39,0 | 31,3 | 39,2 |
| Zr | 342,6 | 317,5 | 540,9 |
| Nb | 68,5 | 47,5 | 118,8 |
| Th | 4,0 | 3,3 | 8,9 |
| Ta | 5,3 | 3,5 | 9,0 |
| La | 54,7 | 34,0 | 90,4 |
| Ce | 123,4 | 73,5 | 180,3 |
| Nd | 67,7 | 38,9 | 78,1 |
| Ni | 105,4 | 86,4 | 0,0 |
| Cr | 73,8 | 64,8 | 0,0 |
| V | 405,9 | 353,1 | 126,2 |

Tabla I.- Composición química de las rocas volcánicas submarinas.

Table I.- Submarine volcanic rocks geochemical composition.

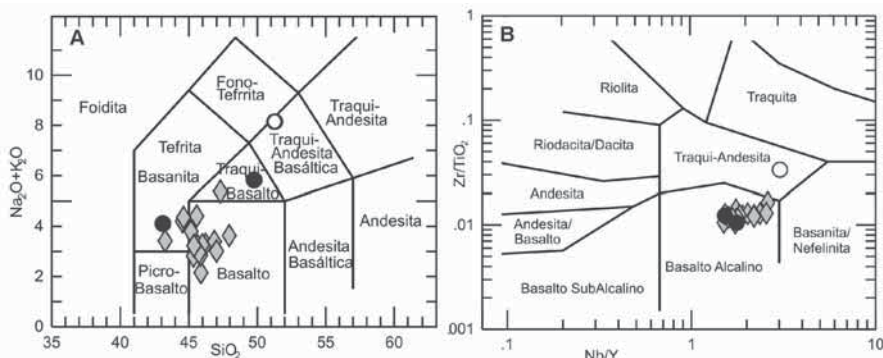


Fig. 3.- A: Diagrama Total Alkalís Sílice (T.A.S.). - B: Diagrama de clasificación química de Winchester y Floyd (1977). Símbolos: círculos: rocas submarinas (en negro, rocas 25170 y 25102; en blanco, roca 25167). Rombos grises: Basaltos Antiguos Inferiores.

Fig. 3.- A: Total Alkalies Silica (T.A.S.) diagram. - B: Chemical classification diagram of Winchester and Floyd (1977). Symbols: circles: submarine rocks (black ones, 25170 and 25102; white one, 25167). Diamond shape: Lower Old Basalts.

El piroxeno se presenta en todas las rocas, en fenocristal y como constituyente de la matriz; la mayor parte son diópsidos y sólo hay augitas en el traquibasalto analizado (Fig. 2 A). Los núcleos de los fenocristales tienen una composición que varía entre $En_{37-46}Wo_{51-43}$, mientras que en los cristales de la matriz la variación es de $En_{38-41}Wo_{50-44}$. Algunos fenocristales exhiben un ligero zonado composicional normal, disminuyendo de núcleo a borde el contenido en enstatita, con una diferencia máxima del 5%. El contenido en Ca+Na en relación con el de Ti es característico de clinopiroxenos de basaltos alcalinos (Letterrier *et al.*, 1982. Fig. 2 B).

La plagioclasa aparece fundamentalmente en la matriz, aunque existen también algunos microfenocristales dispersos. Está siempre muy alterada. En las rocas 25102 y 25170 todas las plagioclasas analizadas han sufrido procesos de albitización; en la 25023 esta transformación ha sido menor y se reconocen términos entre labradorita y andesina (An_{51-43}).

Los minerales opacos analizados son óxidos de la serie magnetita-ulvoespínula ($Mt_{46-42}Usp_{54-58}$), siendo todos cristales de la matriz.

El anfíbol es una kaersutita con una relación $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ entre 0,72 y 0,70. Varía en tamaño desde microfenocristales hasta grandes fenocristales de 1 cm. El contenido en Al total de los fenocristales de anfíbol indica una presión media de cristalización de 8 kbar (geobarómetro de Hammarstrom y Zen, 1986).

La biotita aparece como microcristales tabulares y poseen un porcentaje de componente de flogopita del 61% al 68% y una relación $Fe^{2+}/(Mg+Fe^{2+})$ entre 0,39 y 0,32.

Debido a la gran transformación y alteración total que han sufrido no hemos podido analizar ningún olivino.

Para el análisis geoquímico de Roca Total (Tabla I) se han seleccionado las tres muestras representativas menos alteradas. Antes del análisis, se eliminaron los carbonatos mediante su disolución en ácido nítrico al 5%, y se extrajeron manualmente los posibles carbonatos restantes y las ceolitas.

Las muestras se proyectan en el diagrama T.A.S. (Fig. 3 A) en los campos de basanita (25170), traquibasalto (25102) y traquiandesita basáltica (25167). Aunque se han seleccionado las rocas más frescas de entre las existentes, es posible que la composición primaria de las mismas haya sido modificada por procesos posteriores en mayor o menor medida, por lo que es conveniente usar diagramas de clasificación con elementos inmóviles. En el diagrama Zr/TiO₂ frente a Nb/Y de Winchester y Floyd (1977) dos de las muestras se proyectan más agrupadas que en el TAS, correspondiendo ambas a basaltos alcalinos. La otra se proyecta en el campo de las traquiandesitas (Fig. 3 B), si bien este diagrama no discrimina ni los traquibasaltos ni las traquiandesitas basálticas. En el mismo diagrama, pero modificado por Pearce (1996), las tres rocas corresponden de nuevo a basaltos alcalinos. El carácter alcalino se confirma tanto en el diagrama SiO₂-álcalis de McDonald y Katsura (1964), como en los diagramas TiO₂ y Nb/Y frente a Zr/(P₂O₅*10.000) de Winchester y Floyd, 1976 (Fig. 4 A). Las relaciones Y/Nb (<1) y Zr/Nb (<10) son también propias de basaltos alcalinos (Pearce y Cann, 1973; Wilson, 1989).

Los espectros de Tierras Raras presentan enriquecimientos en Tierras Raras Ligeras frente a las Pesadas ($(La/Yb)_N = 11$ a 23) lo que también es indicativo de rocas de afinidad alcalina. Las pautas de las tres muestras siguen, en general, tendencias paralelas.

La proyección de las muestras en los diagramas de ambiente tectónico o de formación pone de manifiesto que estas rocas tienen características composicionales de

basaltos de intraplaca (Ti/Y vs Zr/Y, Pearce y Gale, 1977; Zr vs Zr/Y, Pearce y Norry, 1979. Fig. 4 B), de basaltos alcalinos de intraplaca (Nb/Y vs Ti/Y, Pearce, 1982) y de basaltos de isla oceánica, OIB (Th-Ta-Hf/3, Wood, 1980; $Zr-Y^*3-Ti/100$, Pearce y Cann, 1973).

Comparación con las unidades volcánicas posteriores

La unidad volcánica más antigua de La Gomera posterior al Complejo Basal son los Basaltos Antiguos Inferiores o Basaltos del Edificio Antiguo Inferior, que afloran siem-

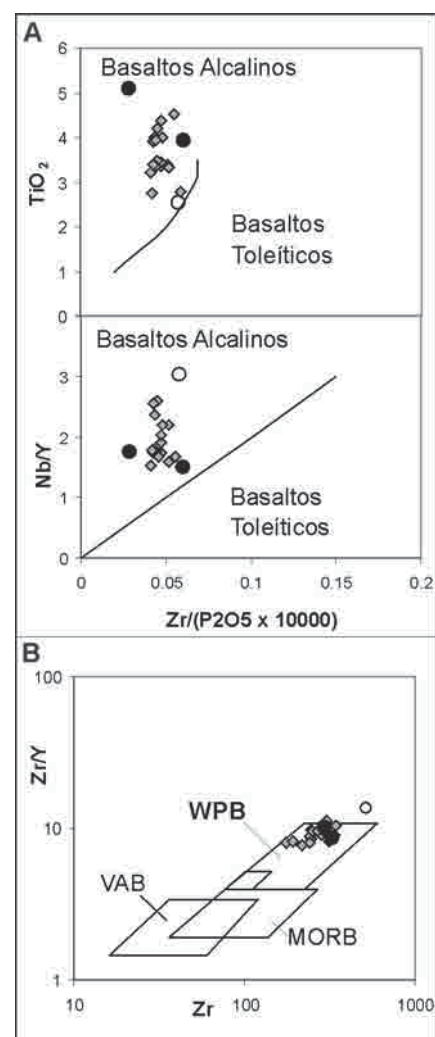


Fig. 4.- A: Diagramas de clasificación química de Winchester y Floyd (1976). - B: Diagrama de discriminación de ambiente geodinámico (Pearce y Norry, 1979). VAB: basaltos de arco volcánico. MORB: basaltos de dorsal medio-oceánica. WPB: basaltos de intraplaca. Símbolos como en la figura 3.

Fig. 4.- A: Chemical classification diagram of Winchester and Floyd (1976). - B: Geodynamic setting discrimination diagram (Pearce and Norry, 1979). VAB: Volcanic Arc Basalts. MORB: Mid-Ocean Ridge Basalts. WPB: Within Plate Basalts. Symbols as in figure 3.

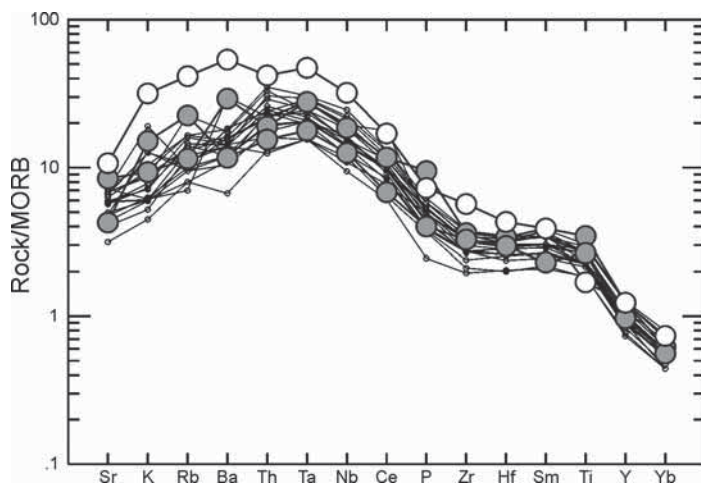


Fig. 5.- Diagrama multi-elemental normalizado al MORB de las rocas volcánicas submarinas y los Basaltos Antiguos Inferiores. Símbolos: círculos: rocas submarinas (en negro, rocas 25170 y 25102; en blanco, roca 25167. Puntos: Basaltos Antiguos Inferiores.

Fig. 5.- MORB normalized multi-element diagram for submarine volcanic rocks and Lower Old Basalts. Symbols: circles: submarine rocks (black ones, 25170 and 25102; white one, 25167). Dots: Lower Old Basalts.

pre discordantes sobre él. Se trata de una sucesión esencialmente subaérea, aunque su base es de origen submarino, al menos en el sector NE (Cubas *et al.*, 1994).

La principal diferencia mineralógica entre las rocas volcánicas subaéreas y las rocas volcánicas submarinas es la presencia de fenocristales de anfíbol primario en algunos de los basaltos submarinos y su ausencia en las rocas volcánicas del Edificio Antiguo Inferior.

A grandes rasgos, la composición química de las rocas de ambos edificios es similar, aunque en los Basaltos Antiguos Inferiores no aparecen términos tan evolucionados como los existentes en la unidad submarina. Así, en el diagrama T.A.S. se proyectan principalmente en el campo de los basaltos, pasando algunos al de las basanitas, y siendo el término más evolucionado un traquibasalto (Fig. 3 A).

En los diagramas de afinidad química basados en elementos inmóviles las rocas volcánicas del Edificio Antiguo Inferior corresponden también a basaltos alcalinos (Fig. 3 B y Fig. 4 A), así como a basaltos de intraplaca o de isla oceánica en los de discriminación de ambiente geodinámico (Fig. 4 B).

Las rocas de este edificio presentan un enriquecimiento en Tierras Raras Ligeras frente a las Pesadas prácticamente idéntico al de las rocas volcánicas submarinas ($(La/Yb)_N = 12$ a 22 frente a $(La/Yb)_N = 11$ a 23). El contenido en Tierras Raras y sus espectros de variación son igualmente muy parecidos. Las pautas de variación en los arcnigramas son así mismo similares, con mayor contenido en elementos traza de las rocas más evolucionadas (en concreto la 25167, Fig. 5). La diferencia más notable es la ausencia de anomalía ne-

gativa en K en las rocas volcánicas submarinas en relación con los basaltos de las Islas Canarias, lo que probablemente refleja la alcalinización que estas rocas submarinas han sufrido.

Conclusiones

Los análisis efectuados en las rocas volcánicas submarinas del Complejo Basal de La Gomera permiten concluir que se trata de rocas de clara afinidad alcalina, que varían, al menos, desde basaltos alcalinos a traquiandesitas. No se han encontrado términos traquíticos como los mencionados por Cendrero (1970).

Las relaciones entre elementos inmóviles de estas rocas son características de basaltos intraplaca y de basaltos de isla oceánica.

En su composición mineral destaca la total albitización de las plagioclasas y el contenido en anfíbol, más frecuente y de mayor tamaño que en las rocas volcánicas subaéreas posteriores. Los datos de geobarometría obtenidos a partir de los fenocristales de anfíbol indican una presión media de formación de 8 kbar.

Sus características composicionales son similares a las de las rocas basálticas que constituyen el Edificio Antiguo Inferior, aunque en éstas no existen términos tan evolucionados.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con el Proyecto BTE2003-02153 PR27105-13868 y forma parte de las actividades del grupo 910469 de la UCM y de la Comunidad de Madrid.

Referencias

- Abdel-Monem, A., Watkins, N.D. y Gast, P.W. (1971). *American Journal of Science*, 271, 490-521.
- Ancochea, E., Brändle, J.L., Cubas, C.R., Hernán, F. y Huertas, M.J. (1996). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 70, 193-204.
- Bravo, T. (1964). *Estudios Geológicos*, 20, 1-21.
- Cantagrel, J.M., Cendrero, A., Fúster, J.M., Ibarrola, E. y Jamond, C. (1984). *Bulletin Volcanologique*, 47-3, 597-609.
- Cendrero, A. (1967). *Estudios Geológicos*, 23, 71-79.
- Cendrero, A. (1970). *Estudio geológico y petrológico del complejo basal de la isla de La Gomera (Canarias)*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense, 264 p.
- Cendrero, A. (1971). *Estudios Geológicos*, 27, 3-73.
- Cubas, C.R., Hernán, F., Ancochea, E., Brändle, J.L. y Huertas M.J. (1994). *Geogaceta*, 16, 15-18.
- Hammarstrom, J.M. y Zen, E. (1986). *American Mineralogist*, 71, 1297-1313.
- Hernández-Pacheco, A. (1973). *Estudios Geológicos*, 29, 549-557.
- Leterrier, J., Maury, R.C., Thonon, P., Girard, D. y Marchal, M. (1982). *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 139-154.
- McDonald, G.A. y Katsura, J. (1964). *Journal of Petrology*, 5, 82-133.
- Pearce, J.A. (1982). En: *Andesites* (Thorpe, R.S. Ed.). Wiley, 525-548.
- Pearce, J.A. (1996). En: *Trace element geochemistry of volcanic rocks; applications for massive sulphide exploration, Short Course Notes*. (Bailes, A. H. Christiansen, E. H., Galley, A.G., Jenner, G.A., Keith, Jeffrey D., Kerrich, R., Lentz, David R., Lesher, C. M., Lucas, Stephen B., Ludden, J. N., Pearce, J. A., Peloquin, S.A., Stern, R. A., Stone, W. E., Syme, E.C., Swinden, H. S., Wyman, D. A. Eds.). Geological Association of Canada, 12, 79-113.
- Pearce, J.A. y Cann, J.R. (1973). *Earth and Planetary Science Letters*, 19, 290-300.
- Pearce, J.A. y Gale, G.H. (1977). *Geological Society of London Special Publication*, 7, 14-24.
- Pearce, J.A. y Norry, M.J. (1979). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 33-47.
- Wilson, M. (1989). *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman, 466 p.
- Winchester, J.A. y Floyd, P.A. (1976). *Earth and Planetary Science Letters*, 28, 459-469.
- Winchester, J.A. y Floyd, P.A. (1977). *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Wood, D.A. (1980). *Earth and Planetary Science Letters*, 50, 11-30.