

Petrología y geoquímica del Edificio Antigo de la isla de Santa Luzia (archipiélago de Cabo Verde)

Petrology and geochemistry of the Old Edifice of Santa Luzia island (Cape Verde Archipelago)

Mar Alonso Cótchico¹, María José Huertas Coronel² y Eumenio Ancochea Soto²

¹ Calle Atxo Apellaniz 6C, 01007 Vitoria-Gasteiz, Álava, España. maralcot@gmail.com

² Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas, UCM. C/ Jose Antonio Novais s/n. 28040 Madrid, España. huertas@ucm.es, anco@ucm.es

ABSTRACT

Santa Luzia island is essentially formed by erosional remnants of, at least, one volcanic edifice: the Old Edifice. The remains of this edifice are now a NW-SE trending mountain range. It is a fissural edifice that follows this trend and is formed by hundreds of meters of aa-type lava flows cross-cut by dikes. Lithologic compositions are basic and ultrabasic (picrobasalts, basanites, basalts and trachybasalts), intermediate (trachyandesites) and felsic (trachytes and phonolites). The main process generating these compositional differences is fractional crystallization.

Key-words: Santa Luzia, Cape Verde, Old Edifice, alkaline rocks, fractional crystallization.

RESUMEN

La isla de Santa Luzia está formada esencialmente por los restos erosivos de, al menos, un edificio volcánico: el Edificio Antigo. Los restos de este edificio forman en la actualidad una alineación montañosa de dirección NW-SE. Se trata de un edificio fisural alineado en la mencionada dirección formado por centenares de metros de coladas de lava de tipo aa y por diques que lo atraviesan. Las rocas que lo forman son básicas y ultrabásicas (basaltos picríticos, basanitas, basaltos y traquibasaltos), intermedias (traquiandesitas) y félsicas (traquitas y fonolitas). El principal proceso generador de estas diferencias composicionales es la cristalización fraccionada.

Palabras clave: Santa Luzia, Cabo Verde, Edificio Antigo, rocas alcalinas, cristalización fraccionada.

Geogaceta, 56 (2014), 79-82.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 22 de enero de 2014
Fecha de revisión: 29 de abril de 2014
Fecha de aceptación: 30 de mayo de 2014

Introducción

El archipiélago de Cabo Verde está situado entre 550 y 800 km al Oeste de la costa de Senegal y está formado por diez islas y algunos islotes de menor tamaño. La isla de Santa Luzia es una de las islas menores del archipiélago con una extensión de 35 km². La parte occidental de la isla es la más elevada, formada por una alineación montañosa de unos 5 km de longitud, orientada en una dirección NO-SE que desciende suavemente hacia el SE y abruptamente hacia el NE hasta llegar al mar (Fig. 1). Aquí se localizan las mayores elevaciones de la isla, la más alta es el monte Topona de 397 m de altitud. El extremo NO lo forma la cima de Agua Doce de 316 m y el extremo SE el Monte Espia de 295 m. La parte oriental de la isla, por el contrario, presenta una altitud media menor, de unos 20-30 metros y está cubierta en buena

parte por extensas dunas. En el extremo NE de la misma se reconocen unos cerros de escasa altitud, el principal de los cuales es el monte Creoulo de 98 m.

El objetivo general de este trabajo es la caracterización desde el punto de vista petrológico y geoquímico del Edificio Antigo de la isla de Santa Luzia, así como plantear modelos sobre los procesos magmáticos responsables de la variedad litológica encontrada.

El Edificio Antigo

La dirección dominante del relieve del Edificio Antigo (NO-SE) coincide con la dirección principal de los diques que lo atraviesan, lo que hace pensar que posiblemente se trate de los restos de un edificio fisural. La dirección de los paquetes de coladas (similar a la de los diques) y buzamientos opuestos en las coladas avalan su inter-

pretación como un edificio fisural. Debido a estudios geocronológicos realizados, concluimos que el edificio se formó a lo largo de unos 3 M.a. (en el Mioceno superior-Plioceno).

El espesor visible del Edificio supera los 400 m. Dominan las lavas sobre los piroclastos y son más frecuentes las coladas de varios metros de espesor de tipo aa, que las coladas poco potentes de tipo pahoehoe. La mayor parte son basaltos y traquibasaltos, aunque también son abundantes los basaltos picríticos, esencialmente ankaramíticos, sobre todo en los niveles más bajos estratigráficamente. No se han encontrado coladas de traquitas o de fonolitas, rocas que son relativamente frecuentes entre los diques.

Los diques son abundantes, particularmente al NE del Edificio Antigo. Suelen tener espesores superiores al metro y son subverticales, pero en algunos casos se trata

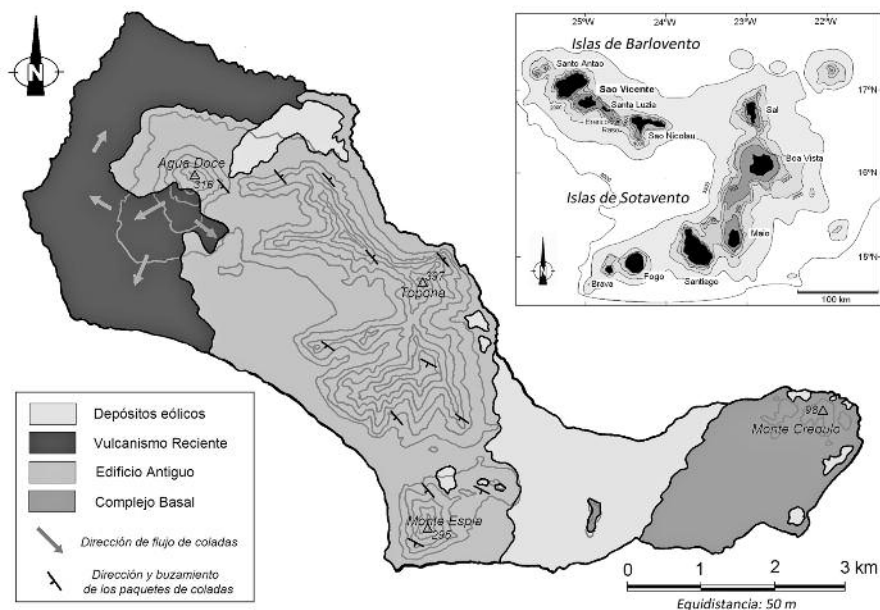


Fig. 1.- Esquema geológico y topográfico de la isla de Santa Luzia. Ver localización en el mapa insertado.

Fig. 1.- Geology and topography of Santa Luzia island. Inset shows its location within the Cape Verde archipelago.

de sills subhorizontales. Mayoritariamente son basálticos, pero también los hay fonolíticos y traquíticos de mayor espesor que los basálticos.

Petrografía, mineralogía y química mineral

En el Edificio Antigo de Santa Luzia afloran cuatro grupos litológicos principales: 1: basaltos picríticos, 2: basaltos y traquibasaltos, 3: traquiandesitas y 4: rocas félsicas (traquitas y fonolitas), todos ellos con textura porfídica. Las principales fases minerales que los componen son: olivino forsterítico, clinopiroxeno diopsídico, plagioclasa cálcica y óxidos de Fe-Ti de la serie magnetita-ulvoespinela. En los términos más evolucionados hay también anortoclasas y feldespatoides del grupo de la sodalita-haüyna. El apatito y la esfena son las fases accesorias más frecuentes.

De los ferromagnesianos, el clinopiroxeno es el más abundante y aparece en todas las rocas estudiadas. La composición química media de los fenocristales, microfenocristales y cristales de la matriz en términos básicos e intermedios varía muy poco (de media $En_{38}Fs_{12}Wo_{50}$ para los núcleos de los fenocristales, $En_{36}Fs_{14}Wo_{50}$ para sus bordes y $En_{39}Fs_{10}Wo_{51}$ para los de la matriz). Los diópsidos de las rocas félsicas son más pobres en enstatita ($En_{30}Fs_{21}Wo_{49}$). La

plagioclasa es el feldespato mayoritario, aparece en todas las muestras estudiadas, en fenocristales y microfenocristales y en microlitos de la matriz. Son labradoritas o bytownitas en los basaltos y basanitas y oligoclasas en las fonolitas. Las anortoclasas aparecen en las traquitas y fonolitas como fenocristales y cristales de la matriz y composicionalmente varían entre $Or_{38}-Ab_{62}$ y $Or_{24}-Ab_{76}$.

Geoquímica

Se han realizado 18 análisis químicos de elementos mayores y traza en el laboratorio comercial Actlab (Ontario, Canadá). La composición química de las rocas indica que se trata de rocas alcalinas, tanto moderadamente alcalinas (basaltos, traquibasaltos, traquiandesitas y traquitas) como fuertemente alcalinas (basanitas y fonolitas). Hay además basaltos picríticos.

Los diagramas de variación (Fig. 2) ponen de manifiesto varias fases de evolución magmática. La primera de ellas afecta a las rocas menos evolucionadas

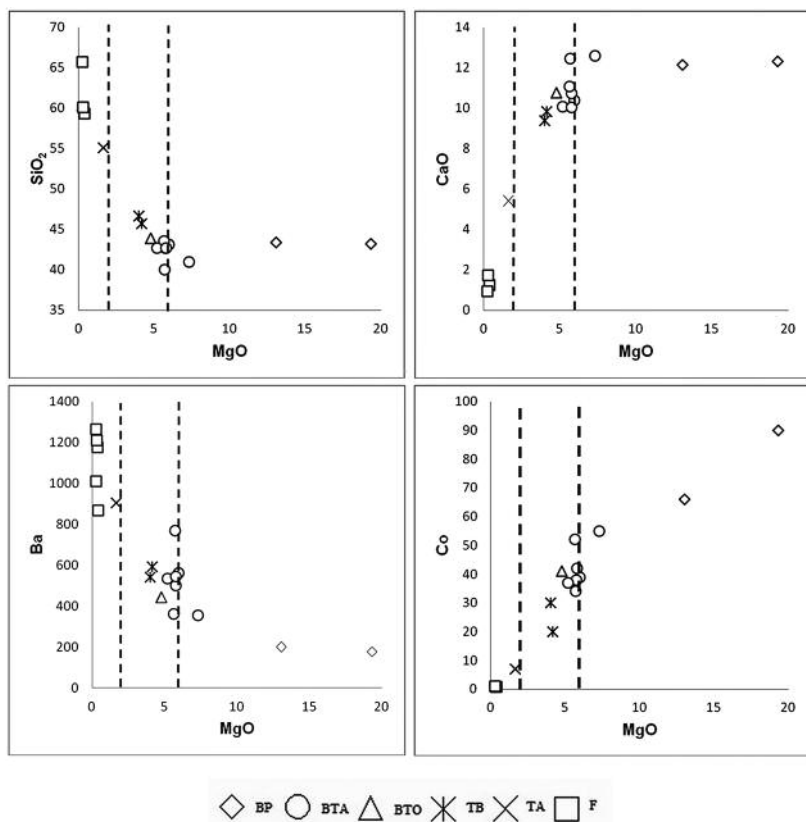


Fig. 2.- Diagramas de variación MgO frente a elementos mayores y menores de las muestras analizadas. BP: basalto picrítico, BTA: basanita, BTO: basalto, TB: traquibasalto, TA: traquiandesita, F: rocas félsicas (fonolitas y traquitas).

Fig. 2.- MgO vs. major and minor elements variation diagrams of analyzed samples. BP: picritic basalt, BTA: basanite, BTO: basalt, TB: trachybasalt, TA: trachyandesite, F: felsic rocks (fonolites and trachytes).

(MgO>6%), el contenido en algunos de los elementos mayores aumenta (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , P_2O_5 y TiO_2), en cambio, en CaO, $Fe_2O_3(t)$ y SiO_2 , se mantienen más o menos constantes. La segunda fase incluye las rocas con contenido en MgO entre el 6% y 2% y en ellas la concentración de algunos de los elementos crece (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , P_2O_5) excepto el CaO, $Fe_2O_3(t)$ y el TiO_2 . En la última fase de la evolución que corresponde a las rocas con menos del 2% de MgO, SiO_2 y álcalis aumentan mucho, mientras que Al_2O_3 , CaO, $Fe_2O_3(t)$, TiO_2 y P_2O_5 disminuyen de forma considerable.

Por lo que respecta a la variación de los elementos menores, solo el Cr, Ni y el Co se comportan como elementos claramente compatibles y disminuyen con la evolución magmática. Todos los demás analizados (Ba, Be, Hf, Ni, Rb, Th, U, Zr, Ce, Eu, La, Nb, Sr, Ta, Y e Yb) se comportan esencialmente como incompatibles. También en ellos se observan cambios en las pautas de evolución en torno al 6% de MgO.

Los diagramas multielementales (normalizados en cuanto al manto primitivo de Sun y McDonough, 1989) tanto para los términos básicos como para las fonolitas y traquitas son característicos de rocas alcalinas, con anomalías positivas en Nd, y negativas en el P y en K en las rocas básicas, y anomalías positivas en Zr y negativas en P y en Ti en las rocas más evolucionadas. Todas ellas han debido originarse por la acumulación o extracción de fases minerales ricas en estos elementos. Los diagramas de Tierras Raras muestran un enriquecimiento significativo en las Tierras Raras Ligeras frente a las Tierras Raras Pesadas. Los espectros de las rocas basálticas y de la traquiandesita muestran el comportamiento homogéneo de todos los elementos, con pautas paralelas entre sí. Por el contrario, los diagramas de Tierras Raras para algunas traquitas y para las fonolitas son muy diferentes. Presentan pautas muy similares entre sí, contenidos en La y Lu parecidos a los de las otras rocas, pero con un marcado empobrecimiento en las Tierras Raras Intermedias, lo que ha sido interpretado en casos similares resultado de la cristalización de feldespato junto a anfíbol, apatito y esfena (Ancochea *et al.*, 2014) (Fig. 3).

Discusión

Los procesos petrogenéticos que han controlado la formación del Edificio Antiguo

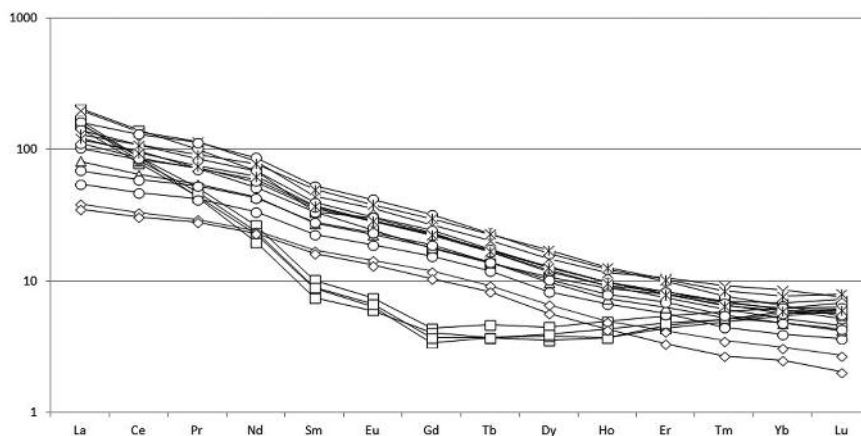


Fig. 3.- Contenido en Tierras Raras de las rocas analizadas, normalizadas al manto primitivo según Sun y McDonough (1989). La leyenda es la misma que en la Fig. 2.

Fig. 3.- Values of Rare Earths in analyzed rocks, normalized to a primitive mantle by Sun and McDonough (1989). Legend is the same that in Fig. 2.

de la isla de Santa Luzia son probablemente, la fusión y la cristalización fraccionada.

Procesos de fusión

Para tratar de conocer cómo ha sido el proceso de fusión mantélica que ha dado lugar a los magmas primarios de los que derivan estas rocas, es necesario identificar cuáles representan o se aproximan al magma primario. Independientemente de cuál haya sido el proceso de fusión parcial (en equilibrio, fraccionada,...), en el caso de elementos totalmente incompatibles ($D=0$) la concentración de esos elementos en el magma (C_L) es inversamente proporcional al grado de fusión parcial ($C_L=C_0/F$) (Allégre y Minster, 1978). Se puede por tanto hacer una aproximación al grado de fusión parcial si utilizamos elementos muy incompatibles a la mineralogía mantélica como pueden ser K o P. Se ha utilizado como concentración en el manto (C_0) la del manto primordial de Sun (1980) y como concentración en el magma (C_L) la extrapolada en los diagramas de Harker al 10% de MgO (Herrera, 2008). Con ello obtenemos que, suponiendo que el P y el K se comportan como totalmente incompatibles, el magma primario del Edificio Antiguo se habría formado por un grado de fusión parcial de entre 3,34% y 5,50% si el manto tuviera la composición que propone Sun (1980) para el manto primordial.

Una vez calculado el grado de fusión parcial (F) y deducida por interpolación la composición de los líquidos (C_L) que admi-

timos como primarios ($[X]_{10\%MgO}$), podemos obtener información sobre la composición en elementos traza de la fuente mantélica. Se observa que hay un enriquecimiento general en todos los elementos en comparación con el manto primordial de Thompson (1982). Cabe destacar ciertos elementos como Sr y Zr que están muy enriquecidos, un 25,2% y 18,5% respectivamente. En cuanto a las Tierras Raras están enriquecidas en mayor medida las Tierras Raras Ligeras, seguido de las Tierras Raras Intermedias y por el contrario las Tierras Raras Pesadas están empobrecidas.

Caracterización de procesos de cristalización fraccionada

Como se ha señalado anteriormente, en torno al 6-7% de MgO se reconocen marcadas inflexiones en los diagramas de variación MgO frente a SiO_2 , TiO_2 , $Fe_2O_3(t)$, CaO, P_2O_5 y álcalis, lo que refleja que la cristalización fraccionada ha variado substancialmente en ese momento de la evolución.

Los diagramas de la Figura 4 confirman que el fraccionamiento del olivino y clinopiroxeno explican la mayor parte de las variaciones composicionales de las rocas con más del 6-7% de MgO. Se observa que las pautas de evolución de los términos más magnésicos (basaltos picríticos) están condicionadas por la acumulación conjunta de olivino y clinopiroxeno. Se obtienen proporciones medias alrededor del 50-60% de cristalización de clinopiroxeno y aproximadamente un 40-50% de olivino. La inflexión que se observa en los diagramas en torno al

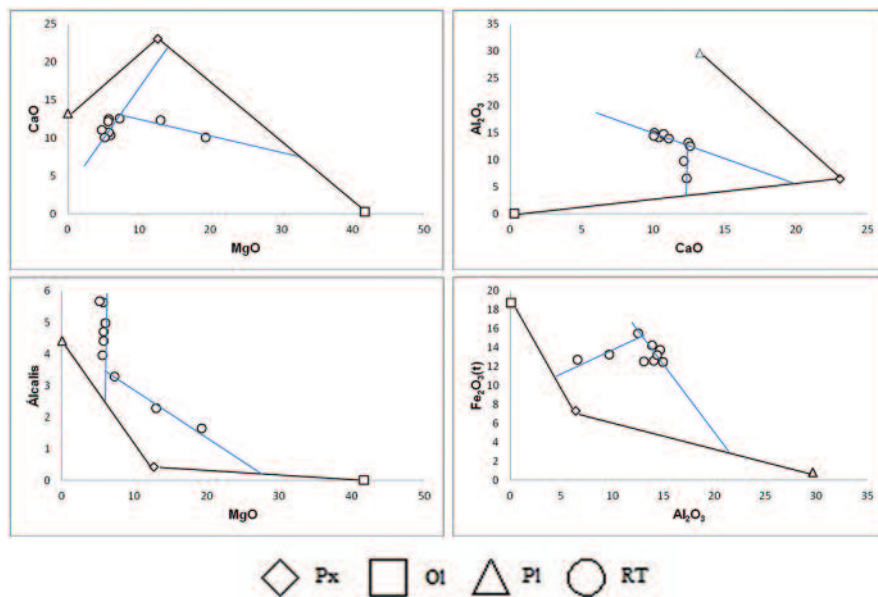


Fig. 4.- Diagramas que muestran la composición de roca total de las muestras con más del 5% de MgO y la composición media de olivino, piroxeno y plagioclasa. Px: piroxeno, Ol: olivino, Pl: plagioclasa, RT: roca total. Álcalis: Na2O+K2O. Las líneas azules muestran tendencias de cristalización.

Fig. 4.- Diagrams of whole rock composition with more than 5% MgO and the mean composition of olivine, piroxene and plagioclase. Px: piroxene, Ol: olivine, Pl: plagioclase, RT: whole rock. Álcalis: Na2O+K2O. Blue lines are indicating crystallization trends.

6-7% de MgO implica un cambio importante en el proceso de cristalización, es el paso de basanitas o basaltos a traquibasaltos (aproximadamente con el 4-5% de MgO), que implica la entrada de plagioclasa en la cristalización y la reducción notable (o total) de la participación del olivino.

Por lo tanto, el paso de basanitas a basaltos picríticos habría tenido lugar por acumulación de un 35-40% de cristales. El paso de basanitas a traquibasaltos por la cristalización de un 60-70% y el paso de traquibasaltos a traquiandesitas por una cristalización de un 35-40%. En la génesis de los términos félsicos intervienen otros procesos de evolución magmática que podrían involucrar a fases accesorias o incluso

podrían derivar de magmas primarios diferentes no encontrados aún en la isla.

Conclusiones

En el Edificio Antiguo de la isla de Santa Luzia afloran cuatro tipos de rocas: basaltos picríticos, basaltos y traquibasaltos, traquiandesitas y rocas félsicas (traquititas y fonolitas).

Las diferencias composicionales observadas en estas rocas se deben a un proceso de cristalización fraccionada. La acumulación de un 35-40% de clinopiroxeno y olivino en proporciones más o menos similares ha dado lugar a las rocas picríticas a partir de los magmas basálticos y que,

por extracción de hasta un 70% de esencialmente clinopiroxeno, con plagioclasa y en menor medida olivino, ha generado a partir de los basaltos, los términos traquibasálticos y traquiandesíticos. La génesis de los términos félsicos ha sido más compleja.

No existen rocas con características de magmas primarios pero se ha podido calcular la composición aproximada de los mismos y, a partir de ella, deducir que se ha formado por fusión parcial en pequeñas proporciones de un manto enriquecido en elementos incompatibles.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con los Proyectos CGL2009-07946, CGL2012-32135 y forma parte de las actividades del Grupo de Investigación UCM-CAM 910469 "Vulcanismo". Los autores agradecen a los revisores los comentarios constructivos.

Referencias

Allégre, C.J. y Minster, J.F. (1978). *Earth Planet Science Letters* 38, 1-25.
 Ancochea, E., Huertas, M.J., Hernán, F. y Brändle, J.L. (2014). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 274, 1-15.
 Herrera, R. (2008). *Volcanoestratigrafía, composición y evolución de los edificios volcánicos subaéreos de La Gomera*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 560 p.
 Sun, S.S. (1980). *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A297, 409-445.
 Sun, S.S. y McDonough, W.F. (1989). En: *Magma-tism in ocean basins* (A.D. Saunders and M.J. Norry, Eds.). Geological Society of London, Special Publication 42, 313-345.
 Thompson, R.N. (1982). *Scottish Journal of Geology* 18, 49-107.