

Edad de las rocas volcánicas submarinas y plutónicas del Complejo Basal de La Palma: implicaciones en la evolución geológica temprana de la isla

Age of the submarine volcanic and plutonic rocks of the Basal Complex of La Palma: implications in the early geological evolution of the island

Ramón Casillas Ruiz¹, Julio de la Nuez Pestana¹, Carlos Fernández Rodríguez², Juan Ramón Colmenero Navarro³, Fred Jourdan⁴, Szabolcs Harangi⁵ y Réka Lukács⁵

¹ Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de La Laguna. C/Astrofísico Francisco Sánchez S/N. 38206. La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.

rcasilla@ull.es, jnuezpes@ull.es.

² Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias Experimentales. Campus de El Carmen. Universidad de Huelva. 21071. Huelva. fcarlos@uhu.es.

³ Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Univ. de Salamanca, Plaza de la Merced s/n 37008 Salamanca. colme@usal.es.

⁴ Department of Applied Geology. School of Science and Engineering. Curtin University. Hayman road, Bentley, WA6102, Australia. fjourdan@curtin.edu.au.

⁵ Department of Petrology and Geochemistry. MTA-ELTE Volcanology Research Group & Eötvös Loránd University. H-1117 Budapest, Pázmány sétány 1/C, Hungary. szabolcs.harangi@geology.elte.hu, reka.harangi@gmail.com.

ABSTRACT

The first reliable geochronological results (U-Pb method in zircons and Ar-Ar in biotites) of the plutonic and submarine volcanic rocks of the La Palma Basal Complex are presented. Bearing in mind that the submarine trachytic lobe-hyaloclastitic complex is the oldest outcropping rock formation on the island, a minimum age can be estimated for the submarine growth stage of the La Palma island of 3.10 Ma. The trachybasaltic pillow lavas found above these trachytic rocks have an age of 2.48 Ma. On the other hand, from the ages obtained here for the plutonic rocks it is deduced that the subaerial volcanic edifices of Garafía and Lower-Taburiente constitute two successive volcano-plutonic complexes: with volcanic or extrusive rocks, on one side, forming two large shield volcanoes, and, on the other side, with plutonic rocks that represent the magmatic chambers that fed the activity of these volcanic edifices and that large gravitational landslides occurred in this sector of the island and the erosion itself have partially left uncovered in the bottom of the Caldera de Taburiente. An interesting snapshot of these volcano-plutonic complexes can be observed at the walls and the bottom of the impressive Caldera de Taburiente.

Key-words: La Palma, Basal Complex, geochronology, submarine volcanic rocks, plutonic rocks.

RESUMEN

Se presentan los primeros resultados geocronológicos (método U-Pb en circones y Ar-Ar en biotitas y anfíboles) fiables de las rocas volcánicas submarinas y plutónicas del Complejo Basal de La Palma. Teniendo en cuenta que el complejo lóbulo-hyaloclastítico traquítico submarino es la formación rocosa aflorante más antigua de la isla, se puede estimar un mínimo de edad para la etapa de crecimiento submarino de la isla de La Palma de 3,10 Ma. Las lavas almohadilladas traquibasálticas que se encuentran por encima de estas rocas traquíticas tienen una edad de 2,48 Ma. Por otro lado, de las edades aquí determinadas en las rocas plutónicas datadas se deduce que los edificios volcánicos subaéreos de Garafía y Taburiente Inferior constituyen dos complejos vulcano-plutónicos sucesivos: con rocas volcánicas o extrusivas, por un lado, formando dos grandes edificios en escudo, y, por otro, con rocas plutónicas que representan las cámaras magmáticas que alimentaban la actividad de estos edificios volcánicos y que los grandes deslizamientos gravitacionales acaecidos en este sector de la isla y la propia erosión han dejado parcialmente al descubierto en el fondo de la Caldera de Taburiente. Una interesante radiografía de estos complejos vulcano-plutónicos lo constituyen las paredes y el fondo de la impresionante Caldera de Taburiente.

Palabras clave: La Palma, Complejo Basal, geocronología, rocas volcánicas submarinas, rocas plutónicas.

Geogaceta, 67 (2020), 47-50
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 25/06/2019
Fecha de revisión: 17/10/2019
Fecha de aceptación: 22/11/2019

Introducción

En La Palma (Fig. 1) aflora una potente secuencia submarina dentro del Complejo Basal (C.B., Hernández-Pacheco, 1971; Hernández-Pacheco y Fernández-Santín, 1974; De la Nuez, 1983; Staudigel y Schmincke, 1984; Staudigel *et al.*, 1986; Carracedo *et al.*, 2001) y unas series volcánicas subaéreas (Coello,

1987; De la Nuez y Quesada, 1989; Ancochea *et al.*, 1994; Guillou *et al.*, 1998; 2001; Carracedo *et al.*, 1999a y b; 2001; Singer *et al.*, 2002; Hildenbrand *et al.*, 2003; Quidelleur *et al.*, 2003).

El Complejo Basal (Fig. 2) está formado por rocas basálticas y traquíticas submarinas intruidas por piroxenitas, gabros, gabros olivínicos, gabros anfíbólicos, gabros alcalinos y sienitas, y

una densa red de diques basálticos (De la Nuez, 1983; 1990; Staudigel y Schmincke, 1984; Demeny *et al.*, 2008).

Dentro de las rocas volcánicas submarinas del Complejo Basal de La Palma podemos distinguir una formación sálica, más antigua, y una secuencia basáltica-traquibasáltica más moderna que se apoya sobre la primera según un contacto concordante y en continuidad

estratigráfica. La formación sálica, constituida por traquitas porfídicas, afaníticas o vítreas forma un complejo lóbulo-hialoclastítico traquítico submarino ("trachytic lobe-hyaloclastite complex"), previo a la formación traquibasáltica-basáltica submarina aflorante y, relacionado con la evolución de un magma basáltico anterior que daría lugar a la formación de un edificio basáltico en escudo submarino, no aflorante actualmente en la superficie de la Isla (Casillas *et al.*, 2016).

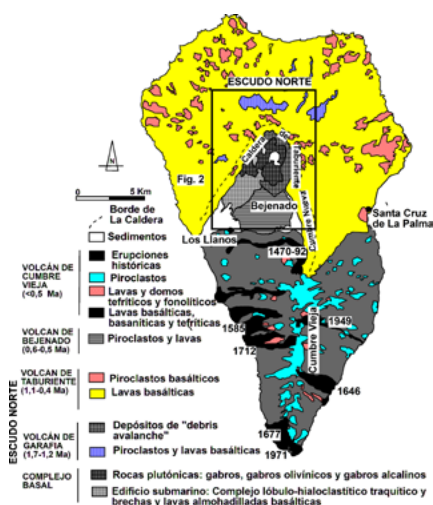


Fig. 1. - Mapa geológico de la isla de La Palma (modificado de Carracedo et al., 2001).
 Fig. 1.- Geological map of La Palma island (modified from Carracedo et al., 2001).

Dentro de las rocas plutónicas, teniendo en cuenta sus relaciones de contacto y sus características petrológicas y geoquímicas, se pueden separar dos grupos claramente diferenciados (De la Nuez, 1983; Demeny *et al.*, 2008):

1. Gabros, gabros olivínicos, gabros anfíbólicos, monzodioritas, theralitas, essexitas y sienitas forman una serie moderadamente –fuertemente alcalina.
2. Melteigitas y sienitas nefelínicas que constituyen una serie fuertemente alcalina-ultracalina.

Hasta el momento, los intentos que se han realizado para determinar la edad absoluta de las rocas volcánicas submarinas, las rocas plutónicas y los diques que las atraviesan, con el empleo del método K-Ar, han resultado infructuosas, debido, fundamentalmente, al exceso de Ar radiogénico que estas rocas contienen (Staudigel *et al.*, 1986).

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos en la datación de estas rocas utilizando los métodos U-Pb en circones, con el empleo de la micro-

sonda iónica, y el de Ar-Ar en anfíboles y biotitas.

Metodología

Se han tomado 4 muestras de traquitas que forman parte de lóbulos del complejo lóbulo-hialoclastítico submarino (TAB-12, TAB-23, TAB-24 y TAB-33B) y 1 de lavas almohadilladas traquibasálticas que se encuentra por encima de las rocas traquíticas (TAB-28B), a diferentes alturas dentro de la columna estratigráfica, a lo largo del Barranco de las Angustias. Por otra parte, dentro de las rocas plutónicas de la serie moderadamente alcalina se tomaron 2 muestras de monzodioritas (TAB-27 y TAB-64) y una de gabro con feldespatoides (TAB-57). La posición de todas ellas se marca en la figura 2.

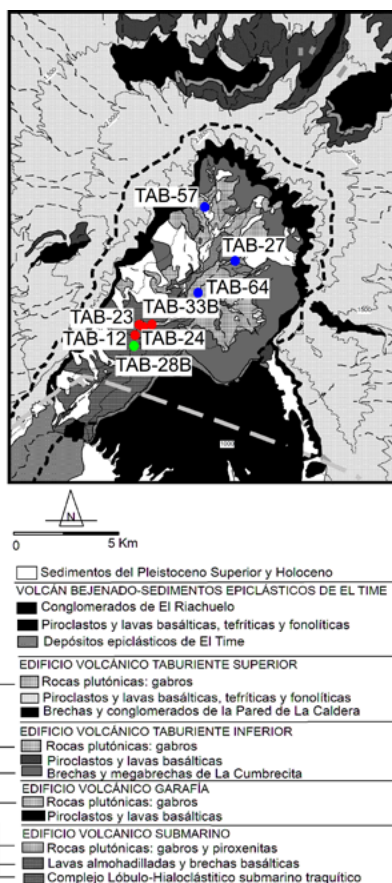


Fig. 2. - Mapa geológico de la Caldera de Taburiente (Colmenero et al., 2012).
 Fig. 2.- Geological map of the Caldera de Taburiente (Colmenero et al., 2012).

En estas muestras se realizaron tareas de separación mineral para obtener concentrados de cristales de circón, anfíbol y biotita. Estos procesos se realizaron en el Laboratorio de Separación

Mineral del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Eötvös Loránd de Budapest, en Hungría.

Las separaciones realizadas permitieron obtener cristales de circón de las cuatro muestras de traquita y de una monzodiorita (TAB-64). También se pudo contar con concentrados de biotita de la otra muestra de monzodiorita (TAB-27) y del gabro con feldespatoides (TAB-57); y de concentrados de anfíbol de la lava almohadillada traquibasáltica (TAB-28B).

Las determinaciones isotópicas del método U-Pb en los concentrados de circones (20 medidas por muestra) se realizaron en una microsonda iónica SHRIMP II/mc del Servicio de Laboratorio IBERSIMS del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada.

Las determinaciones isotópicas del método Ar-Ar en las biotitas y anfíboles separados se realizaron en el espectrómetro de masas MAP 215/50 del Western Australian Argon Isotope Facility de la Universidad de Curtin (Australia).

Resultados obtenidos

En la Tabla I se recogen las edades obtenidas por el método U-Pb en circones de cuatro muestras de traquitas y de una monzodiorita. La edad de las traquitas se sitúa en los $3,10 \pm 0,03$ Ma. Esta edad es compatible con la obtenida por la datación de foraminíferos recogidos en capas de hialoclastitas de la parte superior de las rocas basálticas submarinas (más modernas que las traquitas), que se sitúa entre 2,8 y 4 Ma (Staudigel *et al.*, 1986, Castillo *et al.*, 2002). La muestra de monzodiorita analizada por este método da una edad de $1,05 \pm 0,02$ Ma.

Por otro lado, en la figura 3 y en la Tabla II se muestran los datos obtenidos con el empleo del método Ar-Ar de las biotitas de las dos muestras analizadas de rocas plutónicas, un gabro con feldespatoides (1,68 Ma) y una monzodiorita (1,20 Ma). También se muestran los datos de los anfíboles de las lavas almohadilladas traquibasálticas (2,48 Ma).

Las edades Ar-Ar en biotitas del gabro con feldespatoides (1,68 Ma) y de una de las monzodioritas (1,20 Ma) se sitúan en el intervalo de edades del Edificio Garafía (1,77-1,20 Ma Carracedo *et al.*, 2001; Guillou *et al.*, 2001), mientras que la edad U-Pb en circones de la otra

muestra de monzodiorita (1,05 Ma) está dentro del intervalo de formación del edificio volcánico Taburiente Inferior (1,12-0,8 Ma, Carracedo *et al.*, 2001; Guillou *et al.*, 2001).

que formaron parte de las cámaras magmáticas que alimentaron la actividad de los edificios volcánicos. Los grandes deslizamientos gravitacionales (Colmenero *et al.*, 2012) y la continua erosión

que afectaron a estos complejos volcánico-plutónicos han dejado parcialmente al descubierto las rocas plutónicas más tempranas aflorantes en el fondo de la Caldera de Taburiente.

Discusión y conclusiones

Los resultados geocronológicos presentados en el presente trabajo, y teniendo en cuenta los existentes en la bibliografía, permiten establecer un mínimo de edad para la etapa de crecimiento submarino de la isla de La Palma de 3,10 Ma, considerando que la formación rocosa aflorante más antigua de la isla de La Palma es el complejo lóbulo-hialoclastítico traquítico submarino (Casillas *et al.*, 2016). Tras este vulcanismo submarino sálico, se produciría la formación de las lavas almohadilladas traquibasálticas (2,48 Ma) y basálticas que aparecen en el Barranco de Las Angustias.

Por otro lado, la determinación de las edades de las rocas plutónicas que forman parte del Complejo Basal de La Palma permite, teniendo en cuenta la edad, la naturaleza y la composición de los edificios volcánicos subaéreos de Garafía y Taburiente Inferior, establecer una relación genética precisa entre estas rocas plutónicas y los edificios volcánicos subaéreos mencionados. De esta forma, los edificios volcánicos subaéreos de Garafía y Taburiente Inferior forman dos complejos volcánico-plutónicos en los que se pueden distinguir las rocas puramente volcánicas o extrusivas, que se han ido derramando y superponiendo a lo largo del tiempo hasta construir grandes edificios en escudo, y los materiales intrusivos o subvolcánicos que han ido atravesando las rocas anteriores y

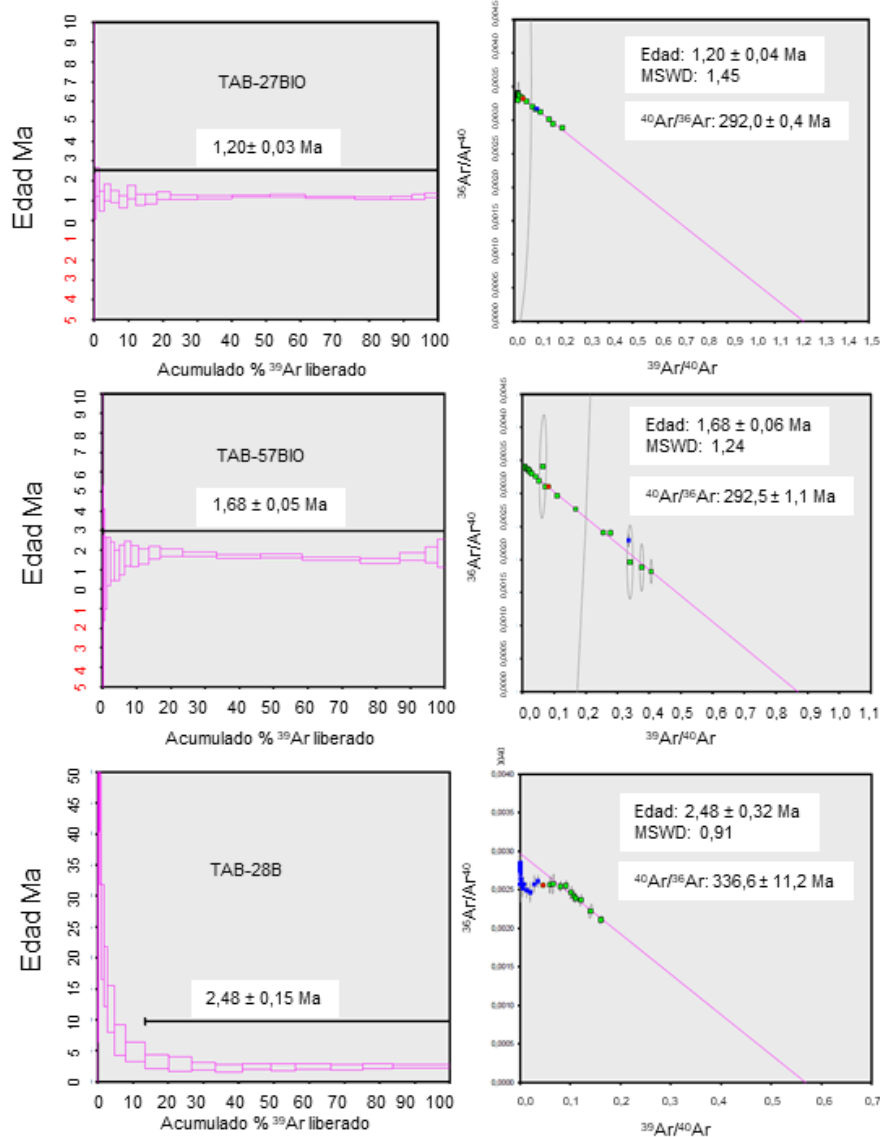


Fig. 3. – Edades "plateau" y de isócrona inversa de las muestras analizadas. Fig. 3.- "Plateau" and reverse isochron ages of the analyzed samples.

Muestra	Clasificación química	Localización	N (Nº de circones)	Concordia ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (207 Corregido)	Edad (Ma)
TAB-12	Traquita	Bco. de las Angustias cota 380	20	3,08±0,1	3,10±0,03
TAB-23	Traquita	Bco. de las Angustias cota 380	19	3,14±0,05	
TAB-24	Traquita	Bco. de las Angustias cota 360 (El Carbón)	20	3,13±0,05	
TAB-33B	Traquita	Bco. de las Angustias cota 390	20	3,06±0,1	
TAB-64	Monzodiorita	Bco. Almendro Amargo cota 500	20	1,05±0,02	1,05±0,02

Tabla I. Dataciones U-Pb en circones de rocas del Complejo Basal de La Palma.

Table I. U-Pb ages on zircons from rocks of La Palma Basal Complex.

Muestra	Clasificación química	Localización	Edad (Ma)			
			Fusión total	Isocrona normal	Isocrona inversa	Plateau
TAB-27 (biotita)	Monzodiorita	Bco. Almendro Amargo, cota 740	1,19±0,03	1,20±0,04	1,20±0,04	1,20±0,03
TAB-57 (biotita)	Gabro con Feldespatoides	Bco. de los Cantos, cota 1025	1,64±0,06	1,68±0,06	1,68±0,06	1,68±0,05
TAB-28B (anfíbol)	Traquibasalto	Bco. de las Angustias cota 350 (El Carbón)	4,28± 0,9	2,49±0,33	2,48±0,32	2,48±0,15

Tabla II. Dataciones ⁴⁰Ar-³⁹Ar de anfíboles de lavas almohadilladas traquibasálticas y biotitas de gabros del Complejo Basal de La Palma.
 Table II. ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages on amphibole from the trachybasaltic pillow lavas and biotite from the gabbros from La Palma Basal Complex.

Agradecimientos

Trabajo financiado por los Proyectos CGL2009-07775/BTE del MICI; CGL2016-75062-P del MCI; PIL2190901 del GC; y 529/2012 del MIMAA. Agradecemos a D. Ángel Palomares, Director-Conservador del P. N. Caldera de Taburiente, y al resto del personal del Parque, en especial a D. Álvaro Rodríguez y D. Valentín Abel Rodríguez su inestimable e imprescindible ayuda. También agradecemos a D^a Gloria Martín Velázquez su colaboración en las actividades de campo. Los autores agradecen las correcciones del revisor anónimo y de la Dra. D^a Meritxell Aulinas Junca que con sus interesantes sugerencias han ayudado a mejorar este artículo. Esta es la publicación IBERSIMS n^o 63.

Referencias

Ancochea, E., Hernán, F., Cendrero, A., Cantagrel, J.M., Fuster, J.M., Ibarrola, E. y Coello, J. (1994). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 60, 243-262.
 Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H. y Gravestock, P. (1999a). *Geological Society of America Bulletin* 111, 755-768.
 Carracedo, J.C., Day, S.J., Guillou, H. y Pérez-Torrado F.J. (1999b). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 94, 169-190.

Carracedo, J.C., Badiola, E.R., Guillou, H., De la Nuez, J. y Pérez Torrado, F.J. (2001). *Estudios Geológicos* 57, 175-273.
 Casillas, R., De la Nuez, J., Colmenero, J.R. y Fernández, C. (2016). *Geo-Temas* 16 (1), 399-402.
 Castillo, C., Usera, J., Liché, D., De la Nuez, J. y Casillas R. (2002). En: *XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología-II Congreso Ibérico de Paleontología*. Libro de Resúmenes, 29-30.
 Coello, J. (1987). *Simposio Internacional de Recursos Hidráulicos «Canarias Agua 2000»*. 19 p.
 Colmenero, J.R., de la Nuez, J., Casillas, R. y Castillo, C. (2012). *Geomorphology* 177-178, 108-127.
 De la Nuez, J. (1983). *El Complejo intrusivo subvolcánico de la Caldera de Taburiente (La Palma, Canarias)*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 401 p.
 De la Nuez, J. (1990). En: *Homenaje al Profesor Dr. Telesforo Bravo. Tomo I*. Secretariado de Publicaciones. Univ. De La Laguna, 543-557.
 De la Nuez, J. y Quesada, M.L. (1989). *Boletín Geológico y Minero* 110, 19-24.
 Demeny, A., Casillas, R., Vennemann, T.H., Hegner, E., Nagy, G., Ahijado, A., de la Nuez, J., Sipos, P., Pilet, S. y Milton, J. (2008). En: *Metasomatism in oceanic and continental lithospheric Mantle* (M. Coltorti y M. Grégoire, Eds.) Geological Society, London, Special Publications 293, 155-175.
 Guillou, H., Carracedo, J.C. y Day, S. (1998). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 86, 137-149.
 Guillou, H., Carracedo, J.C. y Duncan, R.A. (2001). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 106, 175-194.
 Hernández-Pacheco, A. (1971). *Estudios Geológicos* 27, 255-265.
 Hernández-Pacheco, A. y Fernández Santín, S. (1974). En: *Proc. Symp. Andean and Antarctic Volcanology Problems*. IA-VCEI. Santiago, Chile, 98-111.
 Hildenbrand, A., Gillot, P.-Y., Soler, V. y Lahitte, P. (2003). *Earth and Planetary Science Letters* 210, 277-289.
 Quidelleur, X., Carlut, J., Soler, V., Valet, J.P., Gillot, P.Y. (2003). *Earth and Planetary Science Letters* 208 (3-4), 149-163.
 Singer, B.S., Relle, M.K., Hoffman, K.A., Battle, A., Laj, C., Guillou, H. y Carracedo, J.C. (2002). *Journal of Geophysical Research* 107, 2307.
 Staudigel, H. y Schmincke, H.U. (1984). *Journal of Geophysical Research* 89 (B13), 11.195-11.215.
 Staudigel, H., Feraud, G. y Giannerini, G. (1986). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 27, 299-322.