

Las rocas de la erupción del Hierro (Islas Canarias). Octubre-Diciembre 2011

The rocks of Hierro eruption (Canary Islands). October-December 2011

Alfredo Aparicio¹ y Carmen Solana²

1. Departamento Dinámica Terrestre. Instituto de Geociencias CSIC-UCM. J. Gutierrez Abascal 2
Madrid 28006 .a.aparicio.yague@csic.es

2. Department of Solid Earth and Environmental Sciences. Portsmouth University.
Burnaby Road. Portsmouth, UK

Recibido: 02-diciembre-2014. Aceptado: XX-marzo-2015. Publicado en formato electrónico: xxxxx

PALABRAS CLAVE: Basanita, Riolita, Pómez, Erupción 2011-2012, Hierro, Islas Canarias, España
KEYWORDS: Basanite, Rhyolite, Pumice, 2011-2012 Eruption, Hierro, Canary Islands, Spain

RESUMEN

La erupción submarina del Hierro ocurrida en los meses de octubre-diciembre de 2011, emitió lavas de composición básica que emergieron en superficie en forma de *pillows* flotantes que presentaron una corteza basanítica de unos pocos milímetros o centímetros de espesor y en su interior una pómez de composición muy silícea (riolitas-traquitas). Los datos texturales, geoquímicos y mineralógicos muestran que se trata de materiales provenientes de un magma único de naturaleza basanítica en el que las rocas pumíticas constituyen los primeros diferenciados magmáticos que son incluidos y arrastrados por sus propios fluidos.

ABSTRACT

The submarine eruption happened in october-december 2011 in El Hierro island emitted basic lavas forming floating pillows. These pillows are constituted by a border of a few millimeters or centimeters wide of basanitic material and a nucleus constituted by pumice materials of rhyolitic-trachytic composition.

The textural, mineralogical and geochemical data indicate that the origin of these peculiar pillows is a basanitic magma and the pumice rocks represent the earlier magmatic differentiates of this magma carry to the surface by the fluids joint with the magma.

1. INTRODUCCIÓN

En los meses de julio de de 2011 y marzo de 2012 tuvo lugar en las proximidades del sur de la isla del Hierro una erupción submarina según una fractura que comenzó a 6 km de distancia y 1000 m de profundidad y llegó a alcanzar un punto próximo a los dos kilómetros de la costa, con un cono que pudo levantar unos 300 m sobre el fondo marino (Informes PEVOLCA en www.ign.es y AVCAN en www.avcan.org). En la Figura 1 se puede observar la situación aproximada de la erupción así como la situación de las series recientes basaníticas de la isla del Hierro.

La principal característica de esta erupción submarina fue la emisión durante los meses de octubre y noviembre del 2011 de *pillows* flotantes de hasta 30 cm de longitud, constituidas de una corteza oscura de varios milímetros o centímetros de basanita vacuolar y en su interior una roca de

color claro muy vacuolar y de tipo pumítico con una composición fuertemente silícea (Fig. 2).

Desde el comienzo de la erupción estas rocas fueron analizadas por diversos grupos de investigadores (Informes de PEVOLCA, 2011) y publicaciones (TROLL *et al.*, 2011; PÉREZ TORRADO *et al.*, 2012; MELETLIDIS *et al.*, 2012; SIGMARSSON *et al.*, 2013) dando lugar a diversas interpretaciones. Así, se ha interpretado esta pómez bien como un posible proceso de magma *mixing* entre dos magmas ácido y básico erupcionando al mismo tiempo o como un magma basanítico que arrastra rocas traquíticas más antiguas a las que funde, o bien que el material pumítico represente un fundido de rocas silíceas sedimentarias (TROLL *et al.*, 2011; RODRÍGUEZ-LOSADA *et al.*, 2015). En la génesis planteada por MELETLIDIS *et al.* (2012) consideran a estos materiales pumíticos como el resultado de una interacción entre las basanitas y magmas traquíticos asociado a la generación hidrotermal de un halo riolítico. PÉREZ

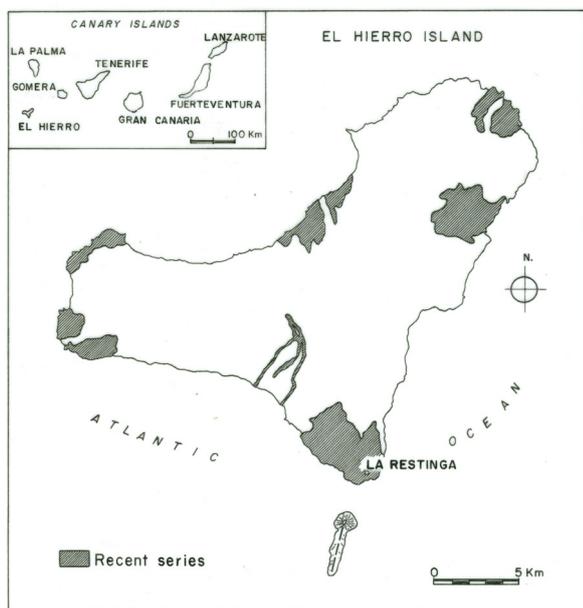


Figura 1. Esquema de situación de la erupción submarina y de las series recientes basáníticas de la isla de El Hierro.

— Sketch of situation of the Hierro submarine eruption and location of the recent volcanic series.



Figura 2. Aspecto de la muestra de *pillow* con el borde basánítico y el núcleo pumítico. El eje longitudinal mide 20 cm. Muestra expuesta en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid.

— Sample of pillow showing the pumice nucleus with the basaltic border. 20 cm length.

TORRADO *et al.* (2012) hacen provenir las pumitas directamente de un magma anatóxico, por la fusión de rocas sedimentarias silíceas de la corteza. SIGMARSSON *et al.* (2013) interpretan las rocas riolíticas como el resultado de la contaminación por rocas sedimentarias silíceas de un diferenciado traquéutico de las basanitas.

Más recientemente PEDRAZZI *et al.* (2014) mantienen la duda de si el magma félsico de esta erupción representa un producto asimilado de una erupción previa o por el contrario si representa un componente juvenil (producto diferenciado).

Sin embargo un estudio textural, geoquímico y mineralógico de estas rocas apunta hacia otra posibilidad más sencilla y acorde con los materiales emitidos en las últimas erupciones (de composición básica) ocurridas en las Islas Canarias, y que indican la existencia de un magma único de tipo basánítico con diferenciados primarios de composición silíceas. RODRÍGUEZ-LOSADA *et al.* (2015) interpretan la roca silícea como una interacción entre la roca volcánica básica y un sedimento submarino rico en sílice.

2. TÉCNICAS

Las muestras recogidas fueron estudiadas por microscopía óptica y microscopía electrónica SEM con un equipo QUANTA 2000 de la casa FEI utilizando, para los análisis puntuales, energía dispersiva (EDS) con un equipo OXFORD-Inca. Los análisis mineralógicos fueron completados con modelos de difracción de rayos X (DRX) con un equipo Philips PW 2010 SST y los elementos menores por FRX con un equipo Philips PW1404. Los análisis fueron realizados en los laboratorios de Microscopía Electrónica y Rayos X del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).

3. RESULTADOS

El estudio por microscopía óptica revela que tanto la corteza basánítica como el núcleo de pumita son muy vacuolares, la basanita contiene un 40 % de vacuolas y la pumita un 80 %. Se observa una continuidad textural entre ambas rocas, que son muy vítreas, y presentan texturas microperlíticas (Fig. 3).

Una observación detallada permite observar en la basanita la presencia de pequeños cristales incoloros subidiomorfos (olivino), otros de color marrón débil, ligeramente pleocroicos y tabulares (anfíbol) y opacos idiomorfos de color oscuro (titano magnetita) (Fig. 4). El tamaño de estos cristales es inferior a 0,2 mm. En la roca pumítica no se han podido observar minerales, salvo la presencia de carbonatos y ópalo-A, junto a texturas de desvitrificación de las perlitas silíceas (Fig. 5). En las dos rocas se aprecia, por microscopía electrónica, la existencia de cristales de halita provenientes del contacto con el agua de mar, impregnación que aparece reflejada igualmente en los resultados analíticos.

Los estudios de DRX detallan la presencia de olivino en la basanita y de sanidina y ópalo-A en la pómez, aunque en los barridos realizados ópticamente y por SEM no se pudo comprobar la presencia de sanidina. Autores como TROLL *et al.* (2011) advierten de la presencia de otros minerales como biotita, cuarzo e illita que en las muestras analizadas por nosotros no se han podido confirmar.

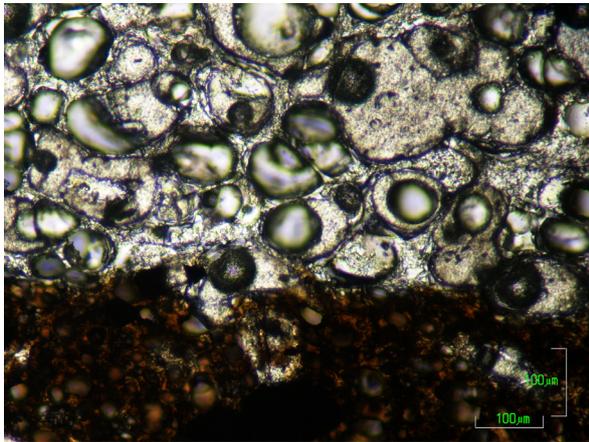


Figura 3. Aspecto, por microscopía óptica, del contacto entre ambas rocas mostrando el carácter vacuolar y perlítico de ambos materiales. Nícoles paralelos. Escala de 1 mm en el borde inferior de la figura.
 — Optical microscopic view of the contact between the pumice and basanitic rocks showing the vesicular and perlitic textures. Parallel nicols. Scale of 1 mm at the right corner.

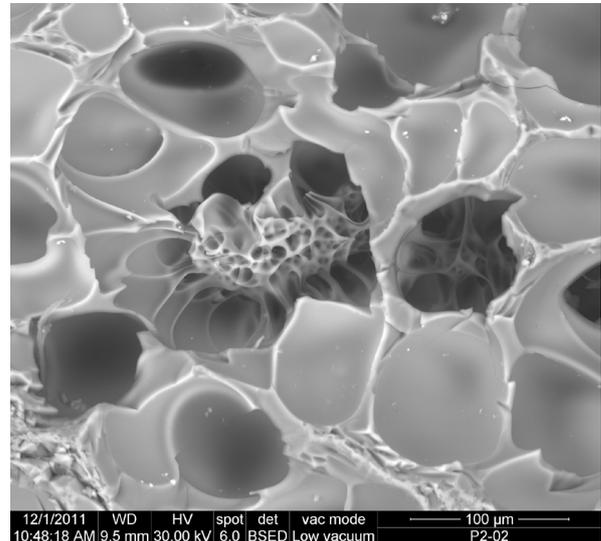


Figura 5. Pumita con texturas de desvitrificación. Escala en el borde inferior de la foto.
 — Pumice with desvitrification textures. Scale at the lower border.

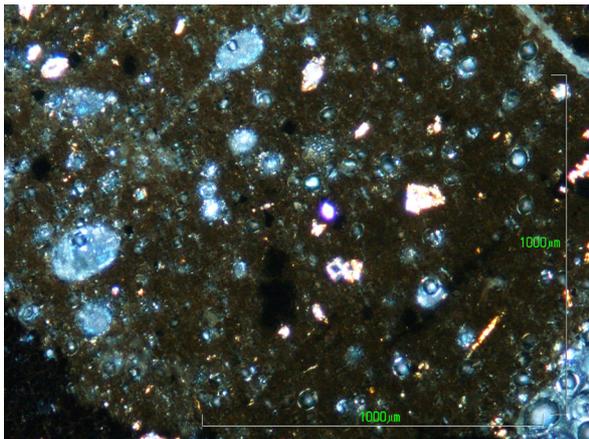


Figura 4. Microcristales de olivino, opacos y anfíbol en la basanita. Nícoles cruzados. Escala de 1 mm en el borde de la figura.
 — Microcrystals of olivine, opaque and amphibole in basanitic rock. Crossed nicols. Scale of 1 mm at the right corner.

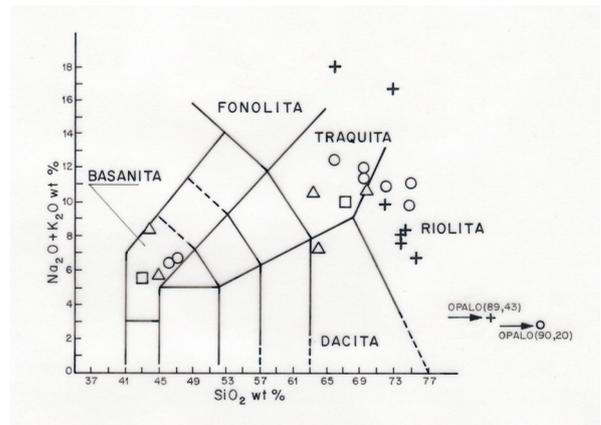


Figura 6. Diagrama de clasificación TAS mostrando la variabilidad geoquímica de la roca de la roca pumítica. Incluye muestras de este trabajo o, PEVOLCA Δ , TROLL *et al.* (2011) +, SIGMARSSON *et al.* (2013)
 — Diagram of TAS classification showing the geochemical diversity of pumitic rocks, including rocks of: this paper o, PEVOLCA Δ , TROLL *et al.* (2011) +, SIGMARSSON *et al.* (2013) .

Los análisis geoquímicos de estas rocas (Tabla I) dan composiciones de basanita (Fig. 6), mientras que la pómez presenta extensas variaciones en el contenido en sílice (66 a 90%) y cuyos porcentajes pueden ser asimilados en algunos casos a traquitas, riolitas y, en otros, a composiciones de ópalo. En este diagrama TAS se han proyectado también los análisis químicos de basanitas y pómez obtenidos por TROLL *et al.* (2011) y PEVOLCA (2011), siendo visible la fuerte variabilidad geoquímica de la pómez en donde se alcanzan composiciones fonolíticas, traquíticas, riolíticas y dacíticas, junto a composiciones de minerales silíceos como el ópalo A, siendo este

mineral el resultado de una fuerte desvitrificación del vidrio y que llega a constituir el 90% de la pumita. Esta transformación del vidrio en ópalo A, en mayor o menor grado, sería una posible explicación para la variabilidad composicional de la roca pumítica y en cierto modo considerar la composición fonolítica como la composición original de la pómez que, posteriormente, es enriquecida en sílice durante la desvitrificación.

En la Tabla II se relacionan los elementos menores de la pómez y basanita con diferencias en sus contenidos, excepto en Sr, Ce, Cr y

V. En la Tabla III se presentan análisis de los minerales observados en la corteza basáltica. Los olivinos son de composiciones intermedias,

aproximadamente 40 % de Mg y 60% de Fe. Los anfíboles son de tipo hornbléndico, ricos también en Mg, Fe y Ca.

Tabla I. Composición de basanitas, riolitas y traquitas de la erupción del Hierro (octubre-diciembre 2011). Análisis normalizados a 100%.

— Chemical composition of basanites, rhyolites and trachytes of the Hierro eruption (October-december, 2011) (100% normalized).

Muestra	Basanita	Basanita	Riolita	Riolita	Riolita	Riolita	Traquita	Riolita
Oxidos								
SiO ₂	47.96	47.07	70.38	72.45	70.33	75.42	66.75	73.16
TiO ₂	3.53	3.44	0.30					0.16
Al ₂ O ₃	15.68	15.40	15.59	15.74	14.13	1.16	15.74	15.77
Fe ₂ O ₃	9.95	10.16	0.97	0.50	3.26	2.27	3.93	0.58
MnO	0.14	0.12						
MgO	5.48	6.03						
CaO	8.95	8.76	0.40	0.25			0.95	0.41
Na ₂ O	5.19	5.28	7.02	7.25	6.67	3.55	8.60	6.36
K ₂ O	1.60	1.59	5.14	3.63	4.91	7.60	4.03	4.05
P ₂ O ₅	1.07	1.13						
SO ₃	0.24	0.55						
Cl	0.22	0.47	0.21	0.17				

Tabla II. Minerales en basanita de la erupción del Hierro (octubre-diciembre 2011).

— Minerals in the basanite of Hierro eruption (october-december 2011).

Elementos	Zr	Y	Rb	Sr	Ni	Co	Ce	Ba	Cr	V	Th	La	Zn	Cs	Mo	As
Basanita	77	6	8	205	119	39	55	-	222	175	-	22	9	23	5	4
Pómez	85	6	13	50	107	10	105	23	395	5	4	40	-	14	2	-

Tabla III. Elementos menores en basanita y pómez de la erupción de El Hierro.

— Minor elements in basanite and pumice of Hierro eruption.

Muestra	Olivino	Olivino	Anfibol	Anfibol	Magnetita	Magnetita	Ópalo A
Oxidos							
SiO ₂	39.24	40.13	41.25	43.11	6.18	5.31	90.20
TiO ₂	0.86	0.69	2.05	4.43	14.25	14.02	0.21
Al ₂ O ₃	2.49	2.47	8.49	13.07	6.87	7.13	4.68
Fe ₂ O ₃	19.26	17.59	17.94	15.99	62.58	63.28	0.81
MnO	0.32	0.30			0.34	0.42	
MgO	34.28	35.19	19.98	6.32	6.03	6.49	
CaO	1.79	1.64	5.56	10.75	1.04	1.05	0.33
Na ₂ O	1.14	1.41	2.90	4.07	1.13	1.06	2.10
K ₂ O	0.38	0.36	1.23	1.90	0.30		1.48
V ₂ O ₅					00.44	0.53	
Cl	0.25	0.24	0.52	0.37	0.21	0.17	0.20
Cr ₂ O ₃					0.69	0.51	
Total	100.01	100.02	99.92	100.01	100.06	99.97	100.01

4. DISCUSIÓN

Las erupciones más recientes en la Isla del Hierro PELLICER (1977, 1979), HERNÁNDEZ-PACHECO (1982) y CARRACEDO *et al.* (2001) corresponden a erupciones aéreas de basanitas principalmente aflorantes en el Oeste y Sur de la isla. APARICIO *et al.* (2003) observaron un alto contenido en Fe de estas rocas en contraste con las basanitas de las otras islas del archipiélago canario. Tanto PELLICER (1977, 1979) como CARRACEDO *et al.* (2001) citan la presencia, en series más antiguas, de traquitas que pudieran ser la posible fuente por fusión de la roca pumítica, aunque como ya se ha indicado los rasgos texturales y geoquímicos no favorecen la hipótesis de la fusión de estas rocas.

La existencia de rocas pumíticas en las erupciones recientes e históricas de las islas Canarias es un hecho conocido pero escasamente estudiado y referenciado. ARAÑA & IBARROLA (1973) hicieron un extenso estudio sobre la presencia de pumitas entre los piroclastos de la erupción del volcán Teneguía (1971) en la Isla de La Palma, reseñando además la aparición de pumitas en volcanes históricos de otras islas Canarias. BUSTILLO *et al.* (1994) y APARICIO *et al.* (2006, 2010) citan la presencia de estos enclaves en basanitas de la isla de Lanzarote, si bien la textura es vítrea y no micropelítica.

ARAÑA & IBARROLA (1973) explican la presencia de pumitas en las erupciones basaníticas del volcán Teneguía en la isla de La Palma, como una fase ácida del magma básico que es expulsado y arrastrado en el momento de la erupción por los propios gases magmáticos, estos mismos autores descartan la hipótesis de fusión de rocas silíceas aflorantes en diques y pitones fonolíticos más antiguos (próximos al punto de erupción) por sus características geoquímicas.

Un proceso semejante es totalmente asimilable a la erupción del Hierro. El carácter distintivo más importante residiría en el tipo de erupción, que no es aérea sino submarina, lo que propiciaría las modificaciones mineralógicas y composicionales que presentan las basanitas y pumitas del Hierro.

La salida bajo el agua de las basanitas formando *pillows* explicaría que el interior de estas *pillows* se rellenara de estos diferenciados silíceos cuyo rápido enfriamiento formaría condensados de composición muy variable, los gases acompañantes vacuolizan la roca produciendo la menor densidad que propiciaría su salida a la superficie hasta que los gases escapasen y su mayor densidad produjera el hundimiento de estas *pillows*.

5. CONCLUSIONES

Un magma básico único es el origen de las basanitas y pumitas de la erupción submarina del Hierro (octubre-diciembre 2011). Diferenciados

ricos en sílice de estas basanitas son la causa de la presencia de pumitas en el núcleo de las *pillows* flotantes típicas de esta erupción. El nombre de Restingolitas dado a estas pómez debe ser eliminado, pues se trata de rocas volcánicas con nomenclatura ya existente (fonolitas, riolitas, dacitas, traquitas).

Se descarta la hipótesis de que fundidos de rocas más antiguas traquíticas o riolíticas puedan ser el origen de estas pumitas. No se descarta que, muy puntualmente, algunos enclaves de origen sedimentario puedan haber fundido originando una pequeña contaminación, no perceptible en las basanitas, pero en ningún caso darían como resultado la génesis de pumitas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado totalmente por el proyecto del Ministerio de Investigación e Innovación número CGL 2011-27826-C02-02. A los dos revisores cuyas críticas contribuyeron a mejorar el texto. A Alberto Jorge por su ayuda con el SEM. A José Arroyo por los trabajos de delineación.

BIBLIOGRAFÍA

- APARICIO, A., BUSTILLO, M.A., GARCIA, R. & ARAÑA, V. 2006. Metasedimentary xenoliths in the lavas of the Timanfaya eruption (1730-1736). Lanzarote, Canary Islands: metamorphism and contamination processes. *Geological Magazine*, **143**: 181-193.
- APARICIO, A., HERNÁN, F., CUBAS, C.R. & ARAÑA, V. 2003. Fuentes mantélicas y evolución del volcanismo canario. *Estudios Geológicos*, **59**: 5-14.
- APARICIO, A., TASSINARI, C.G., GARCÍA, R. & ARAÑA, V. 2010. Sr and Nd isotope composition of the metamorphic, sedimentary and ultramafic xenoliths of Lanzarote (Canary Islands): implications for magma sources. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **189**: 143-150.
- ARAÑA, V. & IBARROLA, E. 1973. Rhyolitic pumice in the basaltic pyroclasts from the 1971 eruption of Teneguía volcano, Canary Islands. *Lithos*, **6**: 273-278.
- BUSTILLO, M.A., NISHIMURA, A., ARAÑA, V. & HATTORI, I. 1994. Paleocene radiolarians from xenoliths hosted in Holocene lavas of Lanzarote (Canary Islands). *Geobios*, **27**: 181-188.
- CARRACEDO, J.C., BADIOLA, E.R., GUILLOU, H., DE LA NUEZ, J. & PÉREZ TORRADO, F.J. 2001. Geology and volcanology of La Palma and El Hierro western Canaries. *Estudios Geológicos*, **57**: 175-273.
- MELETLIDIS, S., ROBERTO, A.D., POMPILIO, M., IRIBARREN, I., FELPETO, A., TORRES, P.A. & D'ORIANO, C. 2012. Xenopumices from the 2011-2012 submarine eruption of El Hierro (Canary Islands, Spain): constraints on the plumbing system and magma ascent. *Journal Geophysical Research Letter*, **39**: L17302.

- PEDRAZZI, D., BECERRIL, L., MARTÍ, J., MELETIDIS, S. & GALINDO, I. 2014. Explosive felsic volcanismo El Hierro (Canary Islands). *Bulletin of Volcanology*, **76**: 863. DOI 10.1007/s00445-014-0863-1.
- PELLICER, M.J. 1977. Estudio volcánológico de la isla de El Hierro (Islas Canarias). *Estudios Geológicos*, **33**: 181-197.
- 1979. Estudio geoquímico del volcanismo de la isla de El Hierro, archipiélago canario. *Estudios Geológicos*, **35**: 15-29.
- PÉREZ TORRADO, F.J., CARRACEDO, J.C., RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, A., SOLER, V., TROLL, V.R. & WIESMAIER, S. 2012. La erupción submarina de La Restinga en la isla de El Hierro, Canarias: Octubre 2011-Marzo 2012. *Estudios Geológicos*, **68**: 5-27.
- PEVOLCA (2011). *Informe petrológico de la erupción de la isla de El Hierro*. 5 págs.
- RODRÍGUEZ-LOSADA, J.A., EFF-DARWICH, A., HERNÁNDEZ, L.E., VIÑAS, R., PÉREZ, N., HERNÁNDEZ, P., MELIÁN, G., MARTÍNEZ-FRÍAS, J., ROMERO-RUIZ, M.C. & COELLO-BRAVO, J.J. 2015. Petrological and geochemical highlights in the floating fragments of the October 2011 submarine eruption offshore El Hierro (Canary Islands): relevance of submarine hydrothermal processes. *Journal of African Earth Sciences*, **102**: 41-49.
- SIGMARSSON, O., LAPORTE, D., CARPENTIER, M., DEVOUARD, B., DEVIDAL, J.L., MARTÍ, J. 2013. Formation of U-depleted rhyolite from a basanite at El Hierro, Canary Islands. *Contributions Mineralogy. Petrology*, **165**: 601-622.
- TROLL, V.R., KLÜGEL, A., LONGPRRE, M.A., BURCHARDT, S., DEEGAN, F.M., CARRACEDO, J.C., WIESMAIER, S., KUEPPERS, U., DAHREN, B., BLYTHE, L.S., HANSTEEN, T., FREDÁ, C., BUDD, D.A., JOLIS, E.M., JONSSON, E., MEADE, F., BERG, S., MANCINI, L. & POLACCI, M. 2011. Floating sandstones of El Hierro (Canary Islands, Spain): the peculiar case of the October 2011 eruption. *Solid Earth Discussions*, **3**: 975-999.