

# Geo-Temas



## Volumen 13

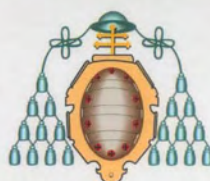
**VIII Congreso Geológico de España**

**Oviedo, 17-19 julio, 2012**

VIII Congreso  
Geológico de España



2012-Oviedo



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

# La erupción submarina de 2011-12 en El Hierro (Islas Canarias): cronología de eventos y gestión de la crisis

## *2011-12 submarine eruption at El Hierro (Canary Islands): chronology and crisis management*

F.J. Perez-Torrado<sup>1</sup>, A. Rodriguez-Gonzalez<sup>1</sup> y J.C. Carracedo<sup>1</sup>

1. Dpto. Física (GEOVOL), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. fperez@dfis.ulpgc.es; arodriguez@proyinv.es; jcarracedo@proyinv.es

**Resumen:** A pesar de ser la isla más joven de las Canarias, El Hierro no tiene volcanismo histórico (< 500 años) subaéreo, que sí existe en La Palma, Tenerife y Lanzarote. Los primeros indicios de una posible erupción volcánica en la isla se percibieron a partir de julio de 2011 en forma de sismos de baja intensidad pero anormalmente numerosos. La intensificación de la sismicidad culminó con el inicio de la erupción submarina el 10 de octubre de 2011 a unos 2 km al sur de La Restinga y a unos 350-400 m de profundidad. Esta erupción submarina se prolongó durante 5 meses hasta marzo 2012, donde oficialmente se ha comunicado su finalización. Los datos de sismicidad y deformación, que han precedido y acompañado a esta erupción, junto con los levantamientos batimétricos y la recogida de muestras en la superficie, han permitido reconstruir las principales características de esta erupción volcánica. Por otro lado, aunque se ha demostrado que se dispone de una infraestructura técnica adecuada para la detección temprana de crisis eruptivas en el archipiélago, ciertas deficiencias en el seguimiento científico del proceso eruptivo dieron lugar a la toma de decisiones de protección civil precipitadas, contradictorias e innecesarias.

**Palabras clave:** Erupción volcánica submarina, rift sur, gestión crisis volcánica, El Hierro, Islas Canarias.

**Abstract:** *Despite being the youngest of the Canary Islands, El Hierro did not exhibit subaerial volcanic activity in historical times (< 500 years), unlike in La Palma, Tenerife and Lanzarote. The first signs of volcanic activity in the island began in July 2011 with abundant, low magnitude earthquakes. This increasing seismicity culminated on October 10, 2011, with the onset of a submarine eruption, 2 km off La Restinga, and at 350-400 m depth. The eruption has been active for about five months and ended in March 2012. Seismic and terrain deformation data, prior and throughout the eruption, together with bathymetric data and petrologic data from samples picked up at the sea surface, allowed the reconstruction of the main characteristics of this eruption. Although it has been demonstrated that Canary Islands have adequate technical equipment for the early detection of eruptive activity, scientific monitoring was sometimes controversial, limiting the necessary information for protection decision makers, giving rise at times to precipitated, contradictory and potentially unnecessary civil protection measures.*

**Key words:** *Submarine volcanic eruption, south rift zone, volcanic crisis management, El Hierro, Canary Islands.*

## INTRODUCCIÓN

La isla de El Hierro es la más occidental y joven del Archipiélago Canario, con 1,12 Ma. Esta juventud geológica que está puesta de manifiesto no solamente en la geocronología de sus formaciones volcánicas, sino en el propio paisaje, estructuras geológicas predominantes, etc., contrasta con la ausencia de erupciones subaéreas en tiempos históricos. En este escenario, la erupción submarina que comenzó en octubre de 2011 al sur de La Restinga ha corroborado los conocimientos geológicos previos que se tienen de esta isla y, en general, de Canarias, remarcando tres

aspectos claves: i) se produce en la isla geológicamente más joven, actualmente en la vertical de la anomalía térmica del manto que ha generado el Archipiélago Canario; ii) es submarina, lo que está en consonancia con el mayor volumen submarino de las islas (en el caso de El Hierro, más del 90% de su volumen se localiza bajo el mar) y iii) se ha localizado en el rift sur de la isla, estructura que concentra un volumen importante de las erupciones más recientes de la isla.

El objetivo de este trabajo es presentar una interpretación geológica de la erupción submarina ocurrida en El Hierro (octubre 2011-marzo 2012) en

base a los datos de sismicidad y deformación obtenidos por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), los datos batimétricos adquiridos por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) y al conocimiento previo sobre su volcanismo (e.g., Carracedo et al., 2001). Asimismo, se discuten los aspectos más destacados en el seguimiento y gestión de esta crisis sismo-volcánica, poniendo de manifiesto consideraciones básicas a mejorar en futuros eventos.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

El crecimiento geológico de El Hierro consiste en la yuxtaposición de dos volcanes en escudo de rápido desarrollo (edificios Tiñor y Golfo) que culminan con deslizamientos gigantes en sus flancos (Carracedo et al., 2001). Posteriormente, el volcanismo se concentra en un sistema triple de rifts (NO, NE y S), con la característica geometría en “estrella Mercedes”. Una de las características más relevantes de los rifts en El Hierro es su prolongación submarina, especialmente la del rift S que alcanza unos 38 km de longitud (Fig. 1). En esta prolongación submarina del rift S destacan sus primeros 13 km que forman una cresta de 1 km de altura y flancos con pendientes superiores a los 30° surcados de profundos valles, en uno de los cuales se ha desarrollado la erupción submarina de La Restinga.

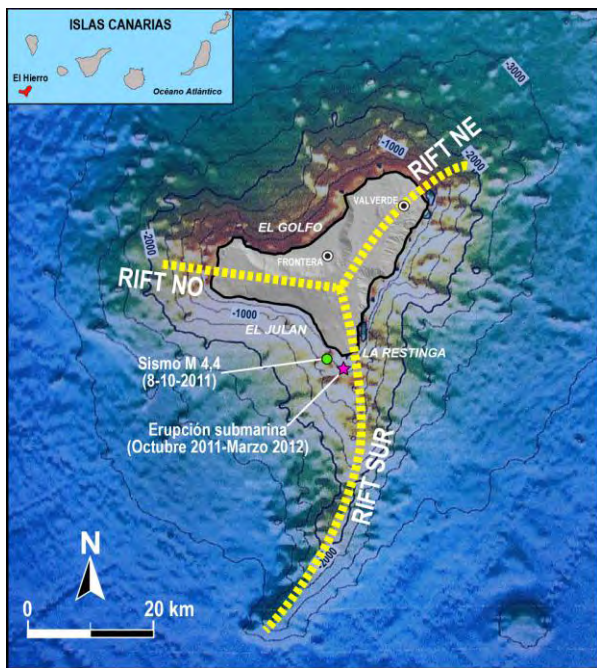


FIGURA 1. Mapa morfo-batimétrico de El Hierro en el que se han destacado los ejes de los tres rifts presentes en la isla, así como la localización del sismo M 4,4 y la erupción submarina ocurrida al sur de la población de La Restinga.

Un último aspecto a destacar en la evolución geológica de El Hierro es que, a pesar de ser la isla más joven de Las Canarias, no tiene volcanismo subaéreo histórico (los últimos 500 años), que sí existe en La Palma, Tenerife e incluso Lanzarote. Las erupciones más recientes datadas por radiocarbono en la isla se

corresponden con el complejo volcánico del Tanganasoga, de unos 4 ka emplazado en el rift NO (Pérez Torrado et al., 2011), y la alineación de Montaña Chamuscada, en el rift NE y con una edad de 2,5 ka (Carracedo et al., 2001). En 1793 terremotos de considerable magnitud sacudieron la isla de El Hierro entre el 27 de marzo y el 15 de junio, provocando gran temor en la población. Los temblores de mayor intensidad se registraron en la zona de El Golfo y se extendieron luego a toda la isla. Aunque se ha asociado esta crisis sísmica con una erupción en el extremo NO de la isla, las crónicas de la época no lo especifican por lo que es muy probable que, si realmente hubo una erupción volcánica asociada tuvo que ser submarina, idea que cobra peso a raíz del proceso eruptivo submarino de 2011-12 que ha sufrido la isla. Es probable, pues, que la inactividad eruptiva de los últimos 2,5 ka datada en El Hierro sea sólo aparente y que en ese periodo se hayan sucedido varias erupciones submarinas en los flancos sumergidos de los rifts.

## ERUPCIÓN SUBMARINA DE LA RESTINGA

La actividad sísmica precursora comenzó el 19 de julio de 2011 con terremotos de baja magnitud ( $M < 3$ ) localizados en la cuenca submarina de El Golfo, al N de la isla (Fig. 2A). Durante los meses de agosto y septiembre, así como la primera semana de octubre, se observó como el número de sismos fue aumentando paulatinamente y sus focos migraron hacia el sur, emplazándose en la zona de El Julan y el Mar de las Calmas (Fig. 2B y C). En este mismo periodo, el IGN, organismo encargado del seguimiento sísmico de la crisis, detecta deformaciones en el terreno con desplazamientos en la vertical de hasta 40 mm en algunos sectores de la isla. Finalmente, la noche del 8 de octubre se produjo un terremoto de M 4,4 en el Mar de las Calmas, a unos 3-4 km al sur de La Restinga y con el hipocentro a una profundidad de unos 15 km, que pudo ser ocasionado por la apertura de una importante fractura hidráulica al inyectarse el magma en su camino hacia la superficie. Dos días más tarde, el 10 de octubre, se inició la señal de tremor armónico que marcó el inicio de la erupción y que siguió acompañándola durante todo su periodo de actividad. Aparte del tremor armónico, las primeras muestras tangibles del proceso eruptivo que afloraron a la superficie el 12 de octubre fueron gases y materiales finos, posiblemente piroclastos y lodos removidos del fondo oceánico. Pero hubo que esperar más días para la observación de evidencias más directas como fueron la llegada a la superficie del mar de los primeros piroclastos humeantes (15 de octubre) y la realización de la primera campaña batimétrica (25 de octubre) a cargo del B/O Ramón Margalef, del IEO, que localizó el volcán con bastante precisión.

Las bombas piroclásticas que inicialmente alcanzaron la superficie del mar, rápidamente bautizadas como “restingolitas”, presentaban unas características muy peculiares, con una zona central de

color blanco y muy porosa que se interdigitaba y quedaba recubierta por una fina capa de material de color negro, de aspecto más vítreo y menos poroso. Con el transcurso de la erupción las bombas con núcleo blanco poroso desaparecieron, siendo sustituidas por otras huecas con una delgada corteza vítrea negra de

composición basanítica, conocidas como “lava balloons”. Este tipo de bombas flotantes, al contrario que las “restingolitas”, sí habían sido documentadas con anterioridad en varias erupciones submarinas, como la de La Serreta (1998-2001), en la isla de Terceira, Azores.

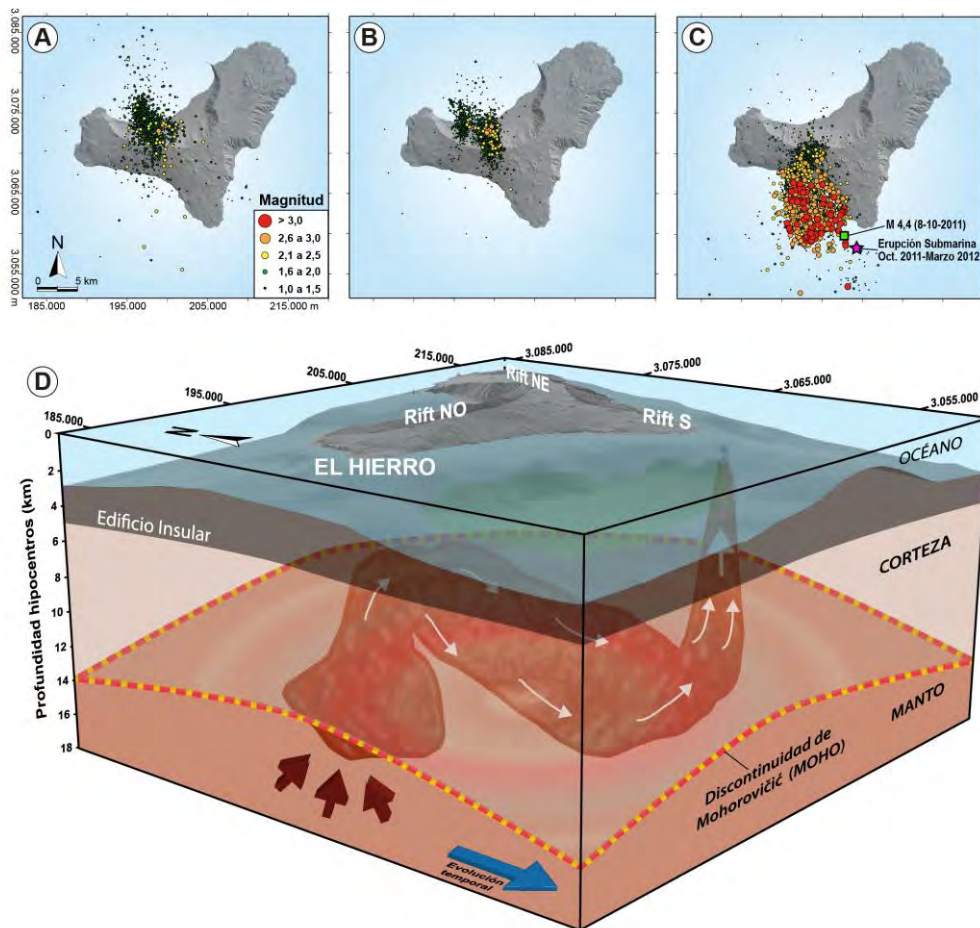


FIGURA 2. Sismicidad precursora de la erupción de El Hierro de 2011-12 según datos del IGN. A) Del 19-07 al 10-08-2011; B) Del 11-08 al 10-09-2011; C) Del 11-09 al 10-10-2011; D) Interpretación de la migración magmática en base a esos datos sísmicos (ver texto para más detalles).

En cuanto a las campañas batimétricas, desde la primera de ellas se pudo comprobar que el cono volcánico se había emplazado en la cabecera de un valle submarino, a una profundidad de 400-350 m, presentaba unos 100 m de altura y diámetros de unos 700 m en la base y 120 m en el cráter sumital. Por su lado, las lavas y gran parte del material piroclástico emitido se localizaban canalizados a través de ese valle submarino, fluyendo hacia profundidades de más de 2000 m. En las siguientes campañas batimétricas se observó como el cono iba cambiando de morfología, con deslizamientos de sus flancos, acentuación de sus pendientes y aumento de volumen y de altura hasta llegar a los 88 m de profundidad. Asimismo, los depósitos canalizados a través del valle iban aumentando progresivamente de volumen y, junto al cono, llegaban a cubrir casi por completo el escarpe occidental del mismo en su tramo alto. El volumen de

todo este material volcánico emitido ha sido estimado por el IEO en unos  $145 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

A mediados del mes de febrero de 2012 la señal del tremor disminuyó drásticamente su amplitud, lo que unido a otros parámetros (estabilidad e incluso deflación en la deformación del terreno, ausencia de ascenso de piroclastos a la superficie, etc) hizo que las autoridades comunicaran el final de la erupción con fecha de 5 de marzo de 2012.

## DISCUSIÓN

El escenario más probable para esta erupción muestra el ascenso de un magma mantélico de afinidad basanítica en julio de 2011 en la vertical de la zona de El Golfo, al N de la isla. La migración de los epicentros de N a S no vino acompañada por una dispersión vertical de los hipocentros que, en su mayoría, se concentraron en la parte inferior de la corteza oceánica,

a profundidades de 10-15 km (a una presión de 200-400 MPa), lo que concuerda con lo indicado en el estudio de inclusiones fluidas microscópicas en xenolitos de la parte NO de El Hierro (Hansteen et al., 1998). Por tanto, el magma mantélico en su ascenso se estanca cerca de la base de la corteza oceánica, debido a la trampa de densidad que supone la interfase corteza-manto (la discontinuidad de Mohorovičić). Este estancamiento llega a generar las deformaciones en la vertical del terreno de hasta 40 mm en algunos sectores de la isla, pero ese abombamiento resulta insuficiente para fracturar la corteza oceánica, por lo que el magma se ve obligado a expandirse lateralmente migrando hacia el S (Fig. 2D). En esa migración magmática de N a S de la isla, el magma cruza la zona de corteza oceánica afectada por las intrusiones previas que han alimentado el rift NO sin que se desencadene la erupción en este rift. Sin embargo, al alcanzar el área de influencia del rift S tiene lugar el terremoto de M 4,4 que permite al magma atravesar la corteza oceánica, alcanzar el edificio insular y ascender rápidamente (menos de 2 días) a la superficie aprovechando la menor resistencia que suponen las estructuras de los rifts. Este hecho puede explicar la aparente ausencia de sismicidad somera (< 3-5 km).

En cuanto a la propia erupción, durante todo su periodo de actividad se mantuvo con un estilo fisural de baja explosividad, acorde tanto con la profundidad donde se ubicó el foco eruptivo como con la composición química de naturaleza básica del magma. Muchas de las características que presentó, incluyendo la formación de “*lava balloons*”, resultaron ser muy similares a las observadas en la erupción de la Serreta (1998-2001) en la isla de Terceira (Azores), para la que se designó un nuevo estilo eruptivo dentro de las erupciones submarinas. Para este nuevo estilo se aplicó el nombre de serretiano (*serretyan eruption*) y suponía una variante más profunda y menos explosiva que las erupciones surtseyanas (Forjaz et al., 2000). En consecuencia, la erupción submarina de El Hierro (2011-2012) se puede definir como de estilo serretiano.

## GESTIÓN DE LA CRISIS

Aunque el seguimiento técnico de la sismicidad y deformación por parte del IGN fue aceptable, no lo han sido en igual medida las interpretaciones derivadas de esa información. Por otro lado, al ocurrir la erupción en ambiente submarino se pusieron de manifiesto serias carencias en el seguimiento de otros parámetros igual de importante para la vigilancia de la erupción como son la evolución morfológica del foco eruptivo y la evolución petrológica de los materiales emitidos.

A lo largo de los 5 meses de actividad de la erupción, el B/O Ramón Margalef del IEO sólo realizó 7 campañas morfológicas distribuidas de forma irregular en el tiempo, no llevó a cabo un muestreo sistemático de los materiales emitidos y no fue capaz de obtener ninguna imagen directa del foco eruptivo.

De esta forma, el desconocimiento de la profundidad del cono en momentos clave del periodo eruptivo (aspecto crucial en erupciones submarinas ya que a partir de menos de 100 m de profundidad se pueden desencadenar los mecanismos surtseyanos altamente explosivos), indujo a las autoridades del Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Riesgo Volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA) a dos evacuaciones innecesarias de la población de La Restinga, con el consiguiente malestar y pérdida económica de la población. Por otro lado, la prevalencia de un modelo “tectónico” en el seno del PEVOLCA para explicar la sismicidad precursora y acompañante del proceso eruptivo ligada a una falla que cruzaba la isla y que podía generar sismos de alta magnitud, fue el argumento esgrimido para el cierre del túnel de Los Roquillos, principal vía de comunicación en la isla, durante amplios periodos de tiempo. Sin embargo, la distribución de los hipocentros, sin pautas de dispersión vertical y concentrada en profundidades cercanas al Moho, indicaba que ese modelo carecía de fundamento científico.

En conclusión, ha quedado de manifiesto en este primer “ensayo general real” de una erupción en época actual en Canarias que, aunque se dispone de una infraestructura técnica y humana adecuada para la detección temprana y seguimiento de crisis eruptivas en el archipiélago, de poco vale la instrumentación y las medidas administrativas planificadas sin un seguimiento científico adecuado y continuado, evitando comportamientos excluyentes en la participación científica como el habido en esta erupción y abriendo la colaboración a toda la comunidad científica (nacional e internacional).

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto SolSubC200801000047 del Gobierno de Canarias.

## REFERENCIAS

- Carracedo, J.C., Rodríguez Badiola, E., Guillou, H., de La Nuez, J. y Pérez Torrado, F.J. (2001): Geology and Volcanology of the Western Canaries: La Palma and El Hierro. *Estudios Geológicos*, 57: 171-295.
- Forjaz, V.H.; Rocha, F.M.; Medeiros, J.M.; Menezes, L. y Sousa, C. (2000): *Noticias sobre o Vulcão Oceânico da Serreta, Ilha Terceira dos Açores*. Observatorio Vulcanológico e Geotérmico dos Açores, Azores, 41 p.
- Hansteen, T.H.; Klugel, A. y Schmincke, H.U. (1998): Multi-stage magma ascent beneath the Canary Islands: evidence from fluid inclusions. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 132: 48-64.
- Pérez Torrado, F.J.; Rodríguez Gonzalez, A.; Carracedo, J.C.; Fernández Turiel, J.L.; Guillou, H.; Hansen, A. y Rodríguez Badiola, E. (2011). Edades C-14 Del Rift ONO de El Hierro (Islas Canarias).

En: *XIII Reunión Nacional del Cuaternario. El Cuaternario en España y Áreas Afines*, 101-104.