

Análisis multidisciplinar del fenómeno sismo-volcánico de El Hierro (Julio 2011)

Laura Acosta Armas

Licenciatura de Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Barcelona

Dirigido por: Albert Folch ^a y Ramón Casillas ^b

a) Departamento de Geología; UAB. b) Departamento de Edafología y Geología, Universidad de La Laguna.

RESUMEN

La erupción volcánica submarina de La Restinga (10 de octubre) ha permitido, por primera vez, poner en marcha el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Riesgo Volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias.

En este proyecto se ha realizado un análisis multidisciplinar de los principales elementos que han estado involucrados en la gestión de la crisis y sus repercusiones sociales, económicas y ambientales. Los resultados indican que, hoy en día, se cuenta con los medios necesarios para realizar la detección temprana y el seguimiento de procesos similares que tengan lugar en el Archipiélago pero, no obstante, sería necesario actualizar el presente Plan PEVOLCA, debido a las deficiencias detectadas. Estas deficiencias, además de afectar a la gestión del fenómeno sismo-volcánico, han provocado que se tomasen medidas de protección civil que han generado grandes repercusiones sociales y económicas en la Isla. Respecto a las consecuencias ambientales en la Reserva Marina de Punta La Restinga-Mar de Las Calmas se prevé una recuperación a corto plazo, siempre que se apliquen las medidas necesarias.

Palabras clave: erupción, crisis sismo-volcánica, gestión de la crisis, consecuencias, La Restinga, El Hierro.

RESUM

L'erupció volcànica submarina de La Restinga (10 d'octubre) ha permès, per primera vegada, engegar el Pla Especial de Protecció Civil i Atenció d'Emergències per Risc Volcànic en la Comunitat Autònoma de Canàries.

En aquest projecte s'ha realitzat una anàlisi multidisciplinària dels principals elements que han estat involucrats en la gestió de la crisi i les seves repercussions socials, econòmiques i ambientals. Els resultats indiquen que, avui dia, es compta amb els mitjans necessaris per realitzar la detecció primerenca i el seguiment de processos similars que tinguin lloc en l'Arxipèlag però, no obstant això, seria necessari actualitzar el present Pla PEVOLCA, a causa de les deficiències detectades. Aquestes deficiències, a més d'afectar a la gestió del fenomen sisme-volcànic, han provocat que es prenguessin mesures de protecció civil que han generat grans repercussions socials i econòmiques a la Illa. Respecte a les conseqüències ambientals en la Reserva Marina de Punta La Restinga-Mar de Las Calmas es preveu una recuperació a curt termini, sempre que s'apliquin les mesures necessàries.

Paraules clau: erupció, crisi sisme-volcànica, gestió de la crisi, conseqüències, La Restinga, El Hierro.

ABSTRACT

The volcanic submarine eruption of "La Restinga" (October 10th) has allowed, for the first time, to start the Special Plan of Civil Protection and Emergency care for Volcanic Risk in the Canary Community.

In this project there has been realized a multidisciplinary analysis of the main elements that have been involved in the crisis management and his social, economic and environmental repercussions. The results indicate that, nowadays, they possess the necessary resources to realize an early detection and the follow-up of similar processes that take place in the Canary Islands but, nevertheless, it would be necessary to update the "Plan PEVOLCA", due to detected deficiencies. These deficiencies, concerned the management of the phenomenon volcanic earthquake, and provoked that were taking measurements of civil protection that have generated big social and economic repercussions in the Island. With regard to the environmental consequences in the Marine Reservation of "Punta La Restinga-Mar de Las Calmas" foresees a short-term recovery, always applying the necessary measures.

Key words: eruption, crisis earthquake volcanic, crisis management, consequences, La Restinga, El Hierro,

Introducción

Canarias es la única Comunidad Autónoma volcánicamente activa dentro del territorio del Estado Español, habiendo sufrido en el siglo anterior tres crisis volcánicas de relevancia (una en Tenerife y dos en La Palma). La crisis sísmica acontecida en mayo de 2004 en la isla de Tenerife supuso el empuje definitivo para la aprobación en julio de 2010 de un Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Riesgo Volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (Plan PEVOLCA). Un año después (7 de julio de 2011), la detección de señales precursoras de una posible erupción en la isla de El Hierro condujeron a que el 22 de julio se activase por primera vez dicho Plan.

La erupción submarina de La Restinga ha supuesto la primera oportunidad en Canarias y en el Estado Español de realizar un seguimiento sísmico, geofísico, geológico, petrológico, geodésico y geoquímico de una crisis sismo-volcánica, gracias al avance en las últimas décadas en instrumentación y metodologías. Estos avances y la aplicación del Plan PEVOLCA han permitido por lo tanto realizar una gestión íntegra de una crisis volcánica gracias al análisis e interpretación de la información obtenida. Además, al tratarse de la primera erupción volcánica submarina que se detecta y observa en Canarias, el fenómeno ha sido de un gran interés para científicos de diferentes disciplinas.

El IGN (Instituto Geográfico Nacional), responsable del seguimiento volcanológico en España, desplegó desde un primer momento un sistema de vigilancia multi-paramétrico y junto con el comité de emergencia del gobierno regional, ha participado en la gestión de la crisis. La gestión técnica de los diferentes precursores contribuirá al

conocimiento sobre la actividad precursora de procesos eruptivos en las Islas Canarias y servirá para mejorar la gestión de las futuras crisis que se sucedan en el Archipiélago.

La erupción submarina acontecida frente a las costas de La Restinga (que dio comienzo el 10 de octubre de 2011) la ha convertido en la segunda erupción histórica más longeva de Canarias y la que mayor volumen ha emitido después de la erupción del Timanfaya en Lanzarote (1730-1736). Si bien la mayoría de las erupciones volcánicas en Canarias se asocian principalmente a un volcanismo basáltico efusivo, caracterizado por su baja peligrosidad, el proceso sismo-volcánico que ha tenido lugar en El Hierro ha tenido una gran repercusión en la sociedad y en la economía de la Isla. Asimismo, dada la localización del foco eruptivo, son destacables las consecuencias ambientales que se han originado en la Reserva Marina de Punta La Restinga-Mar de Las Calmas, uno de los litorales mejor conservados del Archipiélago Canario.

En este contexto, el objetivo principal de este estudio es realizar una síntesis de todo el proceso sismo-volcánico que se ha desarrollado en la Isla de El Hierro, así como un análisis multidisciplinar de los principales elementos que han estado involucrados y sus repercusiones. Para alcanzar este objetivo el estudio se ha centrado en tres puntos:

- Descripción de los procesos geológicos involucrados en la crisis sismo-volcánica.
- Análisis de la gestión de la crisis sismo-volcánica.
- Análisis de las repercusiones sociales, económicas y ambientales como consecuencia de la crisis sismo-volcánica.

Metodología

La realización de este proyecto se ha basado principalmente en el análisis e interpretación de la información obtenida a través de diferentes fuentes. La búsqueda de información se ha concretado en dos aspectos:

1. Búsqueda bibliográfica

- **Internet.** Consulta de páginas web elaborados por el IGN, por el Gobierno de Canarias y por el ISTAC. También se han consultado recursos de instituciones volcanológicas de Canarias y diversas páginas web de prensa.
- **Tesis y estudios previos.** Consulta de documentos sobre la geología de las Islas Canarias, y concretamente de la Isla de El Hierro, y de la Legislación vigente sobre el riesgo volcánico. También se han consultado los primeros estudios que se han publicado sobre el episodio sismo-volcánico de la Isla de El Hierro.

2. Trabajo de campo

- **Entrevistas.** Se han realizado entrevistas a diversos especialistas de las disciplinas de Geología y de Biología, y al personal que ha estado directamente afectado por este fenómeno.
- **Charlas y conferencias.** Se ha obtenido importante información gracias a la asistencia a diversas charlas, conferencias y cursos que se han realizado a lo largo de 2011-2012 sobre la temática relacionada.

Una vez obtenida toda la información se ha procedido al tratamiento de ésta para organizarla y sintetizarla en los diferentes apartados de los que consta el proyecto. Posteriormente se analizan todos los aspectos involucrados en la crisis sismo-

volcánico y sus repercusiones para elaborar unas conclusiones.

Zona de estudio

La isla de El Hierro es la más distante de África y la más occidental del Archipiélago Canario. Es la isla más joven y más pequeña, con unos 287 km² de superficie y cuyas rocas subaéreas más antiguas se fechan hace 1,12 millones de años (Guillou et al., 1996). A pesar de ser la isla más joven, en El Hierro no existen referencias históricas de vulcanismo, aunque hay autores que afirman que la crisis sísmica que sacudió a la Isla en 1793 podría corresponderse con la erupción del Lomo Negro, al sureste de la Isla (Hernández Pacheco, 1982).

El edificio insular de la isla se asienta sobre un fondo oceánico de 3400-4000 metros de profundidad y crece hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar. El edificio subaéreo representa solamente un 10% del total. Los rifts y los deslizamientos gravitacionales han actuado de forma conjunta para levantar una isla en forma de pirámide triangular, con las aristas (dorsales) formadas por los rifts y depresiones calderiformes originadas por deslizamientos gravitacionales masivos (Figura 1).

La isla de El Hierro tiene una población de 10.995 habitantes (ISTAC, 2011) y consta de 3 municipios: Valverde, Frontera y El Pinar. Gracias al ambicioso proyecto de sostenibilidad iniciado en 1997 por el Cabildo de El Hierro la isla fue declarada como Reserva de la Biosfera en enero de 2000. Desde ese momento se han impulsado varios proyectos, entre los que cabe destacar el proyecto 100% Energías Renovables, que convertiría a la isla en la primera del mundo en autoabastecerse totalmente de energías

renovables. Además, se presenta a finales de este año para formar parte de la red mundial de Geoparques dependientes de la UNESCO.



Figura 1: Isla de El Hierro (Fuente: GRAFCAN). Se observan claramente las 3 dorsales y las 3 depresiones calderiformes originadas por los deslizamientos gravitacionales: El Julan, Las Playas y El Golfo.

El pueblo de la Restinga, perteneciente al municipio de El Pinar, ha sido el principal afectado por la erupción submarina. Se trata de un pequeño pueblo, principalmente de pescadores, en donde se sitúa la Reserva Marina de Punta La Restinga-Mar de Las Calmas. Esta Reserva fue creada en 1996 por iniciativa de los pescadores de la isla, y ha permitido que los hábitats presenten un elevado grado de conservación. Este hecho ha favorecido que el pueblo de La Restinga se convierta en uno de los destinos turísticos más importantes de la isla, sobre todo para los amantes de las actividades subacuáticas.

Resultados

1. El fenómeno sismo-volcánico.

Desde que comenzaron a detectarse las primeras señales de una posible reactivación magmática el IGN desplegó una red multi-paramétrica para realizar un seguimiento minucioso de la actividad precursora y obtener datos en tiempo real para

ayudar a las autoridades en el manejo de las emergencias. Esta red incluyó técnicas para obtener información sobre la sismicidad, la deformación, los parámetros geoquímicos en suelos y aguas subterráneas (CO_2 , ^{222}Rn , pH, temperatura...), el geomagnetismo y la gravimetría. De acuerdo con los cambios significativos en la evolución de los procesos geofísicos y geoquímicos se han podido establecer cinco fases pre-eruptivas (López et al., 2012):

- **Fase I (7-18 de julio de 2011):** Se detecta una ligera deformación y algunos eventos locales de baja intensidad.
- **Fase II (19 de julio-3 de septiembre de 2011):** Incremento de la sismicidad, localizada en el norte de la isla, y de la deformación. Se detectan anomalías en las mediciones de flujo de CO_2 en el sur de El Golfo, cerca de Sabinosa.
- **Fase III (4-26 de septiembre de 2011):** Aumenta la magnitud de los seísmos y se observa una migración de éstos hacia el sur de la isla. Se detecta un aumento considerable de las concentraciones de ^{222}Rn en el norte de la Isla.
- **Fase IV (27 de septiembre-7 de octubre de 2011):** Se produce una aceleración drástica de la actividad sísmica y su ubicación continúa migrando hacia el sur. En esta fase se observa un proceso de hundimiento súbito y levantamiento en todas las estaciones, además de un incremento en la tasa de variación del campo magnético. También se detectaron nuevos picos de ^{222}Rn en el norte de la isla.
- **Fase V (8-10 de octubre de 2011):** El 8 de octubre se produjo un terremoto de magnitud 4,3 (la más alta hasta el momento) en la costa sureste de la Isla y el 10 de octubre se inicia la señal del tremor que confirma la llegada del magma a zonas superficiales del edificio insular.

El proceso eruptivo se inició el 10 de octubre a 2,5 km de la costa y a una profundidad de 220 metros, aunque las primeras muestras de materiales volcánicos no aparecieron hasta el 15 de octubre. Las primeras muestras, las “restingolitas”, se trataban en su mayoría de “bombas” volcánicas de hasta unos 30 cm de tamaño y tenían un aspecto y forma similar a los fragmentos del mismo tipo generados en erupciones estrombolianas subaéreas de magmas basálticos, pero algunas de ellas presentaba en su interior un material blanco de aspecto altamente poroso. Los primeros informes de las “restingolitas” (Gimeno, 2011 y CSIC) señalaban que las muestras se habían formado a partir de dos magmas de composiciones diferentes (basanita-riolita, según Gimeno, 2011 y basalto-traquita, según el CSIC) en los que no hubo una mezcla química. Estas interpretaciones incrementaron la alarma social puesto que suponían un importante incremento del riesgo eruptivo, dado que indicaban la existencia de un magma más diferenciado y ácido, y por tanto, más viscoso, lo que elevaba extraordinariamente la posibilidad de la ocurrencia de pulsos eruptivos de elevada explosividad. Actualmente existe un claro consenso en la comunidad científica en relación al origen de la parte externa (magma de composición basanítica), pero no es así respecto al origen de la parte interna, el cual ha generado un gran debate en el entorno científico debido a que nunca había sido observado en erupciones anteriores. El análisis de su naturaleza y origen ha sido objeto de numerosas interpretaciones (figura 2).

Con el transcurso de la erupción, las “restingolitas” desaparecieron y fueron sustituidas por otras “bombas” huecas, muy similares a las documentadas en la erupción de La Serreta, en Terceira, Azores (1999). En esta erupción se formuló un modelo para este tipo de material

volcánico, proponiéndose el término de *lava balloons* (Forjaz et al., 2001), y se propuso el establecimiento de un nuevo estilo eruptivo, “serretyan eruption”, un tipo de erupción submarina más profunda y menos explosiva que la surtseyana.

ORIGEN DE LAS “RESTINGOLITAS”	
Coello, 2011	El vidrio blanco microvesiculado se asocia a una perlita expandida, producto de la expansión natural producida por la liberación, en forma de vapor, de agua molecular presente en materiales hidratados producto de la alteración de vidrios volcánicos originados en erupciones anteriores y presentes en el fondo marino.
Castro et al., 2011	Al atravesar la corteza, el magma basanítico a más de 1100°C puede inducir la formación de fundidos ricos en sílice y agua. Estos fundidos tienen a ascender a través del líquido basanítico y durante el ascenso se separan en forma de vacuolas. Estos cuerpos silíceos se consolidan en forma de vidrio y son expelidos a la superficie arrastrando una delgada capa de magma basanítico.
Troll et al., 2011 y 2012	El interior procede de la fusión parcial de sedimentos oceánicos ricos en cuarzo. Cuando el magma asciende, funde parcialmente esos depósitos y se produce una mezcla física (“mingling”) entre ambos materiales.

Figura 2: Hipótesis sobre el origen de la parte interna, de color blanco, de las “restingolitas”. Elaboración propia.

Una vez iniciada la erupción, la sismicidad volvió a concentrarse en la cuenca de El Golfo, al norte de la Isla, en una zona donde no se habían registrado movimientos sísmicos durante la fase pre-eruptiva. Durante las primeras semanas de noviembre se produjeron los seísmos de mayor magnitud del proceso sismo-volcánico, y los hipocentros se localizaron a una profundidad de 20-25 km, a diferencia de los movimientos sísmicos de la fase pre-eruptiva, que se localizaron a una profundidad de entre 10 y 15 km. Estos acontecimientos hicieron temer una nueva erupción, pero las campañas batimétricas realizadas no llegaron a detectar actividad eruptiva. Posteriormente la sismicidad volvió a trazar un camino migratorio similar al descrito en los meses previos a la

erupción. El análisis petrológico de los materiales volcánicos ha revelado que en las muestras se identifican cristales de clinopiroxeno formados a diferentes presiones, lo que indica que se han formado a distintas profundidades. Estos datos hacen posible el establecer la hipótesis de 2 reservorios magmáticos diferentes en el Manto superior: el más superficial sería el causante de la sismicidad en la interfase corteza- manto durante julio y octubre, alimentando a la erupción submarina en sus inicios; Y otro más profundo que, seguramente, se habría estado llenando durante años, y que realimentó a partir de noviembre al reservorio más superficial y a la propia erupción volcánica (Casillas, comunicación personal, López et al., 2012).

2. Gestión de la crisis sismo-volcánica

El 22 de julio, 3 días después de iniciarse el enjambre sísmico, se convocó por primera vez al C.C.E.S (Comité Científico de Evaluación y Seguimiento) recogido en el Plan PEVOLCA. El Comité, tras valorar la información, estableció que la situación era de total normalidad, correspondiente al semáforo verde para

conocimiento de la población. En la figura 3 se muestran los sucesos más relevantes del proceso sismo-volcánico, así como las diferentes medidas adoptadas por el comité del Plan PEVOLCA.

El IGN se encargó de la gestión técnica de los diferentes fenómenos precursores a lo largo de fenómeno sismo-volcánico. Es destacable el seguimiento técnico de la sismicidad y deformación que se realizó durante las diferentes fases, así como el hecho de que se presentara información en tiempo real sobre sismicidad, energía sísmica acumulada, deformaciones y tremor armónico.

Hay ciertos aspectos en la gestión del proceso sismo-volcánico que han generado grandes controversias, tanto en el entorno científico, como entre los organismos públicos de la Isla. Por un lado, en la composición inicial que se estableció del C.C.E.S. se excluyó la participación de científicos de las dos universidades canarias (ULL- Universidad de la Laguna, y ULPGC-Universidad de Las Palmas de Gran Canaria) y de la Estación Volcanológica de Canarias, a pesar de que cuentan con una amplia experiencia sobre la

FECHA	SUCESO/ EVENTO	MEDIDAS ADOPTADAS (PEVOLCA)
23/9/2011	Incremento de la magnitud y frecuencia de los movimientos sísmicos y aumento significativo de las tasas de deformación del terreno.	El PEVOLCA eleva el color del semáforo a amarillo (Fase de preemergencia).
27/9/2011	Caída de piedras. Se prevé un aumento de la frecuencia e intensidad sísmica.	Cierre del túnel de Los Roquillos (hasta el 18 de octubre). Evacuaciones en el municipio de Frontera.
11/10/2011	Vibraciones en La Restinga. Posible acercamiento del fenómeno eruptivo a la costa.	El PEVOLCA eleva el color del semáforo a rojo (Fase de emergencia). Evacuación del pueblo de La Restinga hasta el 21 de octubre.
5/11/2011	Incremento de la magnitud y frecuencia de los movimientos sísmicos en el norte de la Isla. Se produce un intenso burbujeo en las costas de La Restinga.	Cierre del túnel de Los Roquillos (hasta el 25 de noviembre). Evacuaciones en el municipio de Frontera (hasta el 14 y 25 de noviembre) y en el pueblo de La Restinga (hasta el 14 de noviembre).
7/12/2011	Reducción del número de movimientos sísmicos e intensidad de la señal de tremor. Estabilización de los parámetros de deformación.	El pueblo de La Restinga pasa a semáforo amarillo. Se limita el semáforo rojo a la zona marina donde está la erupción, que coincide con la zona de exclusión marítima de 4 millas.
5/3/2012	La señal de tremor se hace muy baja.	Se da por finalizada la erupción.
19/4/2012		Semáforo de color verde en la zona terrestre de la Isla (Fase de normalidad).

Figura 3: Sucesos más relevantes del proceso sismo-volcánico y medidas de protección civil adoptadas. Elaboración propia.

geología y volcanología del Archipiélago Canario. Esto propició que inicialmente el Comité del Plan PEVOLCA tomara una serie de medidas en función del modelo explicativo que utilizaba el C.C.E.S. El 10 de noviembre se convocó una jornada de trabajo científico en el CSIC, en Madrid, para tratar el fenómeno sísmico-volcánico de El Hierro. A ella fueron invitados investigadores de la ULPGC, la ULL y la Estación Volcanológica de Canarias, y fueron incorporados finalmente al comité científico del Plan PEVOLCA el 14 de noviembre. Otro aspecto que afectó a la gestión fue el seguimiento que se realizó de la erupción. La progresiva migración en las fases pre-eruptivas de los movimientos sísmicos hacia el océano, al sur de la isla, aumentaron las probabilidades de una erupción submarina, pero en ningún momento se procedió a solicitar la presencia de un buque oceanográfico, imprescindible para la observación de un proceso eruptivo. Esto provocó que hasta la llegada del buque oceanográfico *Ramón Margalef*, el 24 de octubre, no se determinase la localización exacta del foco eruptivo. Según diversos autores (Pérez-Torrado et al., 2012), ambos aspectos (la interpretación de los datos y la falta de un correcto seguimiento de la erupción) propiciaron que se adoptasen medidas de protección civil que posiblemente hubiesen resultado innecesarias. Por otro lado, es destacable que durante los primeros en el entorno del PEVOLCA siempre se hablase de un mecanismo eruptivo de tipo surtseyano, a pesar de que el cono eruptivo se mantuvo casi siempre por debajo de los 100 metros, límite por el cual una erupción submarina presenta peligrosidad.

Además, y en cuanto al tratamiento que se le dio al fenómeno, desde la prensa, cabe resaltar que, los medios de comunicación, ejercieron un papel beneficioso al proporcionar muchas veces en tiempo real información sobre los procesos que

estaban teniendo lugar en la Isla. No obstante, el tratamiento nacional e internacional que se le ha dado al fenómeno y la intervención en los medios de comunicación de personal no cualificado ha aumentado innecesariamente la alarma, generando el pánico y la confusión entre la población.

Por último, destacar el distanciamiento que se ha producido durante la gestión de la crisis sismo-volcánica entre el presidente del Cabildo de El Hierro (director del plan de actuación insular en emergencia volcánica, tal como viene estipulado en el Plan PEVOLCA) y los miembros del Plan PEVOLCA. En declaraciones a los medios de comunicación, el presidente del Cabildo herreño ha afirmado que nunca contaron con él en la toma de decisiones y que en la etapa final del proceso (julio de 2012) se rompió el compromiso de unidad informativa adquirido al comienzo del fenómeno sismo-volcánico.

3. Consecuencias

A continuación se describen brevemente las consecuencias sociales, económicas y ambientales que originó el fenómeno sismo-volcánico en la Isla de El Hierro.

I. Consecuencias sociales

- Durante los primeros meses la población herreña vivió en una total incertidumbre.
- Las primeras medidas adoptadas (el cierre del túnel de Los Roquillos y las primeras evacuaciones en el norte de la Isla) crearon una alarma social, por lo que aumentó el temor entre la población.
- El cierre del túnel, infraestructura esencial para la Isla por unir las dos zonas más pobladas (Valverde y Frontera), interfirió notablemente en la vida cotidiana de la población.

- Las dos evacuaciones del pueblo de La Restinga, ambas justificadas por la posibilidad de que se originasen pulsos eruptivos surtseyanos, afectaron también a la vida cotidiana de sus habitantes.
- Los primeros informes de las “restingolitas” implicaban un incremento del riesgo eruptivo, hecho que creó también una gran alarma social.
- Los tres municipios de la Isla llegaron a declarar un estado de emergencia social y económica.

II. Consecuencias económicas

- La desconfianza que reflejó el fenómeno pre-eruptivo en el exterior provocó numerosas cancelaciones de visitas turísticas. Durante todo el proceso se ha observado una notable disminución de la actividad turística en la totalidad de la Isla.
- El inicio de la erupción provocó la paralización de la actividad pesquera desde el 10 de octubre hasta la actualidad, e interrupción de las actividades de buceo hasta el mes de abril.
- Se produjo el cierre de varias empresas, sobre todo en el municipio de Frontera.

III. Consecuencias ambientales

- Cambios significativos en las condiciones físico-químicas de las aguas: incremento de la temperatura, disminución del pH y de la concentración de oxígeno, incrementos en las concentraciones de hierro y otros metales...etc.
- Inicialmente se produjo una mortandad masiva de peces (hasta 80 especies se

detectaron) y la selección de especies de fitoplancton.

- Los efectos más importantes se han dado sobre las especies de algas submareales, algunas especies de invertebrados y sobre los peces más ligados al fondo. Destaca la importante disminución del número de especies y ejemplares de peces de fondo.
- El mayor peligro para la recuperación del ecosistema es el incremento poblacional que se ha observado del erizo *Diadema*, un herbívoro muy poderoso capaz de dejar los fondos limpios de vegetación y empobrecidos, formando los conocidos blanquiales tan comunes en otras islas del Archipiélago.
- Gracias al informe elaborado por el equipo de investigación BIOECOMAC de la ULL y a la colaboración del sector pesquero, el Gobierno de Canarias ha proporcionado ayudas para paralizar la actividad pesquera durante un periodo máximo de 6 meses y favorecer así la recuperación del ecosistema.

Discusión y conclusiones

La crisis sismo-volcánica que ha tenido lugar en la isla de El Hierro a lo largo de 2011-2012 ha permitido poner en práctica por primera vez el Plan PEVOLCA, pero un análisis detallado de la gestión del fenómeno es útil y necesario para detectar las deficiencias que se han dado en el mismo y mejorar la gestión de futuras crisis en el Archipiélago.

La labor desempeñada por el IGN en la gestión técnica de los diferentes fenómenos precursores ha puesto de manifiesto que actualmente se dispone de la infraestructura técnica y humana adecuada para detectar y prevenir erupciones futuras en Canarias. Es innegable que el papel

ejercido por el IGN ha permitido realizar un seguimiento continuo de los principales fenómenos pre-eruptivos, permitiendo la detección temprana de la erupción submarina mediante el registro de la señal del tremor armónico pero, no obstante, la gestión global del proceso se ha visto afectada por varios aspectos. En primer lugar, la exclusión de científicos de las Universidades Canarias y de la Estación Volcanológica de Canarias en el C.C.E.S. pudo haber interferido en la interpretación de los datos obtenidos, llegando a tomarse ciertas medidas que pudieron haber sido innecesarias (como el cierre del túnel de Los Roquillos). Por otro lado, en la última fase pre-eruptiva no se consideró necesaria la presencia de un buque oceanográfico, a pesar de que durante un mes los movimientos sísmicos se localizaban en el océano, por lo que en el momento de la erupción no se pudo determinar su localización, temiéndose un mecanismo eruptivo de tipo surtseyano que justificó la primera evacuación del pueblo de La Restinga. Además, la falta de un seguimiento sistemático de la evolución morfológica del cono eruptivo durante la erupción por parte de los buques oceanográficos provocó que el intenso burbujeo observado en la superficie el 5 de noviembre justificase la segunda evacuación del pueblo de La Restinga, a pesar de que el cono eruptivo se encontraba todavía por debajo del límite de los 100 metros. En este sentido, es importante mencionar que a pesar de que en el entorno del PEVOLCA siempre se habló de un mecanismo eruptivo de tipo surtseyano, lo más correcto hubiese sido hablar de una erupción serretiana, por sus grandes similitudes con la erupción de la Serreta en la isla de Terceira (Azores). Por último, otro punto crítico que ha obstaculizado la gestión del fenómeno se debe al papel ejercido por los medios de comunicación, que en muchas ocasiones han magnificado la

situación, provocando una mayor alarma entre la población, y en otras ocasiones han propiciado y permitido la intervención en los periódicos y noticiarios radiofónicos y televisivos de personal no cualificado en aspectos vulcanológicos, generando una confusión innecesaria entre la población. En consecuencia, estas deficiencias han provocado que se tomaran medidas de protección civil posiblemente innecesarias, que han generado grandes repercusiones sociales y económicas en la Isla.

Finalmente, cabe mencionar las importantes repercusiones de la erupción submarina en la Reserva Marina de Punta La Restinga-Mar de Las Calmas. Del informe preliminar elaborado por el equipo de investigación BIOECOMAC de la ULL se extrae que los efectos más importantes son una notable disminución del número de especies y ejemplares de peces de fondo, y el incremento poblacional del erizo *Diadema*, un gran peligro para la biodiversidad de los ecosistemas marinos. Ante esta situación el Gobierno de Canarias ha aprobado un plan para implantar un paro biológico durante un periodo máximo de 6 meses y acelerar así la recuperación del ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis dos tutores, el Dr. Ramón Casillas, del Departamento de Edafología y Geología de la ULL y el Dr. Albert Folch del Grupo de Hidrogeología del Departamento de Geología de la UAB. También quisiera agradecer a todas aquellas personas que me han suministrado información: Verónica Montero Herrera, María del Pilar González Acosta, Carmen López, Alberto Brito Hernández, Iñaki Cayón y Fernando Gutiérrez. Por último, agradecer a familia y amigos el apoyo mostrado durante todo el proceso de elaboración del presente proyecto.

Bibliografía

Artículos

Forjaz, V.H., França, Z. y Nunes, J.C. (2001). Serretian: a new type of submarine eruptions. *Cities on Volcanoes 2*. Auckland, New Zealand, p.39.

Guillou, H.; Carracedo, J.C.; Pérez Torrado, F. y Rodríguez Badiola, E. (1996). K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island: El Hierro, Canary Islands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 73, p.141-155.

Hernández-Pacheco, A. (1982). Sobre una posible erupción en 1793 en la isla de El Hierro (Canarias). *Estudios Geológicos*, 38, p.15-25.

López, C.; Blanco, M.J.; Abella, R.; Brenes, B.; Cabrera Rodríguez, V.M.; Casas, B.; Domínguez Cerdeña, I.; Felpeto, A.; Fernández de Villalta, M.; del Fresno, C.; García, O.; García-Arias, M.J.; García-Cañada, L.; Gomis Moreno, A.; González-Alonso, E.; Guzmán Pérez, J.; Iribarren, I.; López-Díaz, R.; Luengo-Oroz, N.; Meletlidis, S.; Moreno, M.; Moure, D.; Pereda de Pablo, J.; Rodero, C.; Romero, E.; Sainz-Maza, S.; Sente Domingo, M.A.; Torres, P.A.; Trigo, P. y Villasante-Marcosi, V. (2012). Monitoring the volcanic unrest of El Hierro (Canary Islands) before the onset of the 2011-2012 submarine eruption, *Geophysical Research Letters*, vol.39.

Pérez-Torrado F.J.; Carracedo, J.C.; Rodríguez-González, A.; Soler, V.; Troll, V.R. y Wiesmaier, S. (2012): La erupción submarina de La Restinga en la isla de El Hierro, Canarias: Octubre 2011- Marzo 2012. *Estudios Geológicos*, 68, p. 5-27.

Troll V.R.; Klügel, A.; Longpré, M.A.; Burchardt, S.; Deegan, F.M.; Carracedo, J.C.; Wiesmaier, S.; Kueppers, U.; Dahren, B.; Blythe, L.S.; Hansteen, T.H.; Freda, C.; Budd, D.A.; Jolis, E.M.; Jonsson, E.; Meade, F.C.; Berg, S.E.; Mancini, L. y Polacci, M. (2011). Floating sandstones off El Hierro (Canary Islands, Spain): the peculiar case of the October 2011 eruption. *Solid Earth Discussions*, 3, p.975-999.

Troll, V.R.; Klügel, A.; Longpré, M.A.; Burchardt, S.; Deegan, F.M.; Carracedo, J.C.; Wiesmaier, S.; Kueppers, U.; Dahren, B.; Blythe, L.S.; Hansteen, T.H.; Freda, C.; Budd, D.A.; Jolis, E.M.; Jonsson, E.; Meade, F.C.; Harris, C.; Berg, S.E.; Mancini, L.; Polacci, M. y Pedroza, K. (2012). Floating stones off El Hierro, Canary Islands: xenoliths of pre-island sedimentary origin in the early products of the October 2011 eruption. *Solid Earth*, 3, p.97-110.

Direcciones de internet

Coello, J.J. (2011). Sobre el origen de la 'restingolita', Actualidad Volcánica de Canarias. Noticias, 10 Oct., 2011: http://www.avcan.org/varios/Informe_restingolitas.pdf.

Gobierno de Canarias (2011-2012). Fenómeno sismo-volcánico en El Hierro. Comunicados de prensa: http://www.gobiernodecanarias.org/dgs/e/sismo_hierro.html

Instituto Canario de estadística (ISTAC): <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/>

Instituto Geográfico Nacional (IGN): <http://www.ign.es/ign/resources/volcanologia/HI/ERRO.html>

Informes

Brito, A. (2012): Informe preliminar sobre el impacto del volcán submarino de El Hierro en la biodiversidad y los recursos litorales. Grupo de investigación BIOECOMAC, ULL.

Castro, A.; Rodríguez, C. y Martí, J. (2011). El volcán submarino de La Restinga, Isla de El Hierro (Canarias). Mecanismos y condiciones eruptivas de la fase inicial.

Gimeno, D. (2011). Informe realizado para el Ayuntamiento de El Pinar, El Hierro, Islas Canarias, sobre un piroclasto de la erupción en curso, Informe Interno.

Normativas

Decreto 73/2010, de 1 de julio, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA).