

## La hidrografía aplicada a la cartografía de los volcanes submarinos

### *Hydrography applied to the mapping of submarine volcanoes*

D.C. Savi (1), J.T. Vazquez (2) J.M. Santana-Casiano (3), C. Presas-Navarro (4), D. Palomino (1), O.Tello (5), M. Gómez-Ballesteros (5), P. Lozano (6), S. Meletlidis (7), A. Arias (8), J. Escanez Pérez (4), M. González Carballo (9), C. Santana (3) & P. Sola-La Serna (4, 10)

- (1) Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - Marinha do Brasil, Arraial do Cabo, Rio do Janeiro, Brasil. david\_canabarro@uol.com.br
- (2) Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga, Fuengirola, Spain.
- (3) Facultad de CC del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, Spain.
- (4) Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, Spain.
- (5) Instituto Español de Oceanografía. Corazón de María 8, Madrid, Spain
- (6) Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz., Puerto Real, Spain.
- (7) Centro Geofísico de Canarias, Instituto Geográfico Nacional, Santa Cruz de Tenerife, Spain.
- (8) Facultad de Biología, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain.
- (9) Observatorio Ambiental de Granadilla, Santa Cruz de Tenerife, Spain.
- (10) Facultad de Ciencias, Universidad de La Laguna, La Laguna, Spain.

**Abstract:** Technical advances in hydrographic studies of the seafloor and the progressive use of these techniques in oceanographic expeditions with scientific objectives, is generating greater collaborations between the hydrographic and oceanographic institutions. Coordination between the different institutions and the use of IHO criteria in the acquisition of bathymetric data in oceanographic expeditions, allow regional hydrographic offices to have an additional source of data for the improvement of the navigation charts. Meanwhile the Oceanographic Institutions will benefit by having validated bathymetric data of high precision. This product is of great interest in studies of submarine geological hazards where is necessary to have a very detailed knowledge of the seabed to determine possible morphological changes associated with the risk processes and the possible active structures. In addition, monitoring of active volcanoes need to have a good knowledge of changes in the physico-chemical properties of the water column, the possible changes in low intensity emissions (hot water, gas) can be detected with these studies in the overlying water masses.

**Key words:** multibeam, hydrography, mapping, volcanic activity

## 1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de la hidrografía moderna tienen una amplia aplicación a la investigación científica, ya sea por la escasez de datos actualizados, porque estos datos no hubieran sido adquiridos o porque no estuvieran disponibles. La gran evolución que los métodos de levantamientos hidrográficos han tenido en los últimos 20 años ha producido un cambio en la mentalidad con la que los científicos observan el fondo marino, proporcionándoles imágenes cada vez más realistas de la morfología de la superficie del fondo marino.

Los requisitos de precisión, exigidos por la navegación global, dado el crecimiento exponencial del sector, junto con la evolución de los equipos de adquisición de distinto tipo, desde las ecosondas de fondos, los perfiladores acústicos y los sonares de barrido, condujeron a los servicios hidrográficos del mundo a realizar una revisión completa, tanto de sus equipamientos como de sus metodologías de trabajo,

alcanzando una renovación de más del 80% de su instrumental. De forma que gran parte de los equipos anteriores al año 1995 han sido destinados a su conservación en museos o a su reciclaje como chatarra.

También fue necesaria una reclasificación del personal, adecuando sus conocimientos y habilidades a las necesidades de funcionamiento actuales que implican las nuevas técnicas de adquisición y de procesado de datos, y obligó además a mantener una constante actualización.

La Organización Hidrográfica Internacional (OHI) evalúa las cartas náuticas producidas por los servicios regionales hidrográficos. Esta organización establece normas de estricto cumplimiento, buscando una uniformidad global de la precisión, para que la navegación no se vea afectada por diferencias regionales. De esta forma, se puedan generar cartas

globales a partir de productos regionales que mantienen siempre las mismas normas de exigencia.

Estos importantes cambios metodológicos y técnicos han acercado a los investigadores oceanógrafos a los servicios hidrográficos nacionales, e incluso a los modernos equipos hidrográficos y a sus programas informáticos de análisis e interpretación de datos.

En la actualidad, las campañas oceanográficas de adquisición de datos científicos marinos utilizan equipos hidrográficos para los estudios de referencia, utilizando otros equipos específicos para la ejecución de los problemas científicos concretos, así como la construcción de "cartas" batimétricas geo-referenciadas para la inclusión tanto de los datos adquiridos como de los resultados obtenidos. La mayor parte de los estudios geológicos de la superficie del fondo marino necesitan de estudios hidrográficos rigurosos que permitan validar su análisis.

## 2. CAMPAÑA VULCANA 0515

La campaña VULCANA 0515 (VULcanología CANaria SubmariNA) desarrollada en la región de las Islas Canarias a bordo del buque oceanográfico "Ángeles Alvariño", entre el 4 y el 16 de mayo de 2015, se ha tomado como un ejemplo de la utilización de herramientas hidrográficas buscando, en este caso particular, el seguimiento de la actividad volcánica submarina.

Este proyecto junto con los anteriores proyectos BIMBACHE y VULCANO, desarrollados por el Instituto Español de Oceanografía, pretende realizar un seguimiento detallado de la posible actividad volcánica en el entorno submarino de las Islas Canarias, centrándose principalmente en el volcán submarino de La Restinga, resultado de la última erupción submarina en la isla de El Hierro en octubre de 2011 (Fraile-Nuez *et al.*, 2012; López *et al.*, 2012), e incluyendo otros posibles volcanes donde pueda ser interesante el seguimiento de la actividad volcánica. Para ello se están realizando desde el año 2013 dos campañas oceanográficas al año de forma sistemática, utilizando los métodos hidrográficos más avanzados para la cartografía de las estructuras volcánicas, así como otros métodos físicos, químicos, biológicos y geológicos para estudiar tanto la posible actividad en cada momento del volcán como el estado de conservación de los ecosistemas en el entorno (Santana Casiano *et al.*, 2013, Ariza *et al.*, 2014; Eugenio *et al.*, 2014).

Los objetivos que persigue el proyecto VULCANA son básicamente:

a) Identificación y caracterización de las estructuras asociadas a procesos activos. Caracterización fisiográfica, morfológica y estructural de los fondos

marinos asociados a emisiones submarinas y zonas adyacentes.

b) Evaluación del estado de la actividad y de la evolución de estructuras singulares. Tanto desde el punto de vista de los cambios en la superficie del fondo, pero también desde el punto de vista del análisis físico-químico de la columna de agua que permitirá establecer los posibles cambios menores existentes en la actualidad, ahora que el volcán ha pasado a un estado latente.

c) Modelado y simulación numérica de las consecuencias de la posible actividad de estas estructuras.

d) Identificación y caracterización de geo-hábitats relacionados con la actividad volcánica. Colonización de las construcciones generadas en el último proceso eruptivo y reconocimiento del estado tanto de conservación de los hábitats bentónicos como de los presentes en la columna de agua.

En la campaña VULCANA 0515 se llevó a cabo la adquisición de datos batimétricos con la sonda multihaz EM710 tanto en el volcán submarino de Enmedio, situado entre las islas de Tenerife y de Gran Canaria, como en el volcán submarino de La Restinga situado al SSO de la punta meridional de la isla de El Hierro (Fig. 1). Simultáneamente se realizó la adquisición de datos acústicos con la sonda monohaz EA600, la sonda multifrecuencia EK60 y la sonda paramétrica geológica TOPAS PS18 (Fig. 2). Con los datos recogidos, se realizarán estudios morfológicos que puedan ser comparados con los realizados en anteriores campañas y observar así, los cambios tanto de crecimiento como de decrecimiento del terreno que puedan ser explicados como consecuencia de la actividad volcánica.

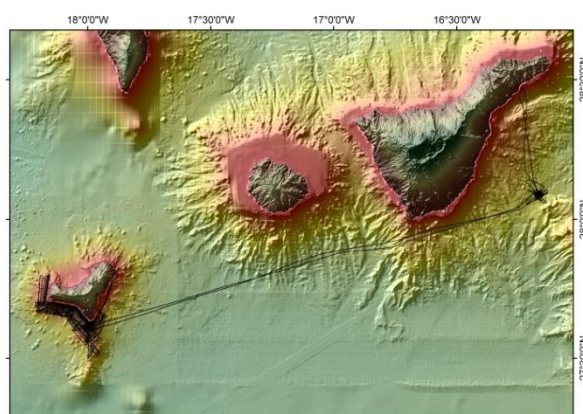


Fig. 1. Mapa de navegación de la campaña oceanográfica VULCANA 0515.

En el volcán de La Restinga se realizaron, además, 10 estaciones hidrográficas con una roseta oceanográfica equipada con un carrusel de 24 botellas Niskin, CTD y diversos sensores para estudiar

diferente parámetros químicos en la columna de agua como el oxígeno disuelto o el potencial redox, que se desplegaron desde superficie hasta el fondo en una malla de alta resolución sobre el volcán submarino de El Hierro (Figs. 3 y 4) y 8 perfiles *tow-yos* con los sensores montados en la roseta oceanográfica.



Fig. 2. Equipo geológico de la campaña VULCANA 0515 en la sala de control y adquisición de datos acústicos que cuenta con un panel de ocho monitores integrados para el monitoreo y adquisición de datos de diferentes sensores acústicos, como ecosondas multihaz y monohaz, sonda paramétrica geológica, perfilador acústico, ADCP.

Después de analizar los resultados de los *tow-yos* y los datos acústicos obtenidos simultáneamente, se plantearon otras 6 estaciones con la roseta oceanográfica con el objetivo de localizar puntos de emisión de calor o gases en otras áreas. Esta actividad es fundamental para conocer la actividad de los procesos volcánicos cuando los edificios no están en un proceso eruptivo. Por último se realizaron 2 dragas de arrastres sobre este volcán para la obtención de muestras en un punto considerado como una anomalía acústica.

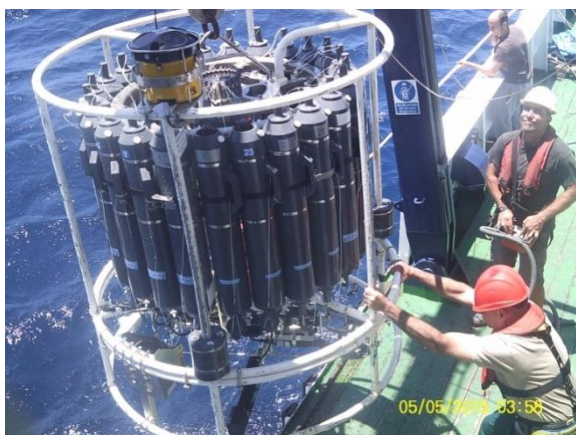


Fig. 4. Roseta oceanográfica utilizada en la campaña VULCANA 0515

Por otro lado en el volcán de Enmedio se realizaron 5 estaciones hidrográficas con roseta oceanográfica desde superficie hasta los 1200 metros de

profundidad alrededor del volcán, estando una de ella lo suficientemente alejada para ser utilizada como estación de referencia, así como dos dragas de arrastre en diferentes flancos de este monte submarino (Fig. 5).

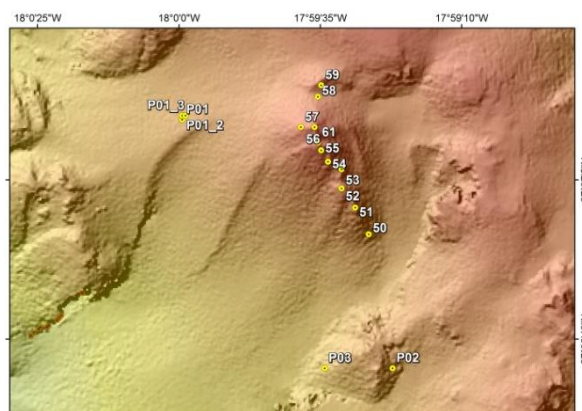


Fig. 4. Modelo batimétrico realizado en la campaña Vulcana 0415 y distribución de los puntos de muestreo con roseta oceanográfica.

Invariably, the field work in the sea suffers changes caused by its state. It was not possible to carry out in its entirety the planning of the campaign in the area of the volcano of Enmedio, due to the conditions of the sea, which did not allow the recording of the data with an acceptable resolution.



Fig. 5. Maniobras durante la recogida de una draga de arrastre realizada durante la campaña VULCANA 0515.

### 3. CONCLUSIONES

La precisión y la atención a los detalles técnicos de los estudios científicos en las últimas décadas conducirán, en poco tiempo, al establecimientos de acuerdos de cooperación y coordinación con las Oficinas Regionales Hidrográficas, de forma que pueda existir un flujo de entrada de datos externos de alta calidad para ser utilizado como una fuente de actualización de las cartas náuticas, dado que la tendencia en la actualidad es que en estos trabajos de tipo científico se utilicen la mayoría de los criterios

de resolución de la OHI, incluidas las correcciones de marea para ajustar la batimetría.

Por otro lado la cooperación de los equipos científicos con los equipos hidrográficos es fundamental para tener una validación de los datos batimétricos obtenidos. Esto es especialmente clave en el caso de los estudios sobre riesgos geológicos submarinos, como es el seguimiento de la actividad volcánica submarina. En estos casos es básico medir con precisión y fiabilidad las variaciones de la batimetría y de la morfología de los fondos marinos.

Los procesos volcánicos se van a alternar momentos de latencia, donde el volcán parece dormido con una actividad casi ínfima, con momentos donde se pueden producir importantes variaciones tanto de crecimiento como de destrucción de un edificio volcánico a gran velocidad. Por otro lado el conocimiento de la variabilidad de la profundidad de un edificio volcánico es un dato fundamental pues la explosividad del proceso volcánico aumenta muy rápidamente con la disminución de la profundidad para aguas más someras de 100 m. Así mismo es básico en este tipo de riesgo realizar estudios multidisciplinares que incluyan el estudio de las propiedades físico-químicas en la columna de agua, pues se trata de un método infalible de reconocer el estado de la actividad volcánica o asociada.

#### **Agradecimientos**

Esta es una contribución al proyecto VULCANA (VULcanología CANaria SubmarINA) financiado por el Instituto Español de Oceanografía. Agradecemos al Dr. Eugenio Fraile Nuez, Investigador Principal del proyecto VULCANA, por las facilidades que dio para la participación en la campaña VULCANA 0515 del Dr. Savi. Así mismo agradecemos al capitán y a la tripulación del B/O Ángeles Alvariño del Instituto Español de Oceanografía su alta profesionalidad y su disposición a lo largo de toda la campaña.

#### **REFERENCIAS**

- Ariza, A., Kaartvedt, S., Røstad, A., Garijo, J.C., Arístegui, J., Fraile-Nuez, E. & Hernández-León, S. (2014) The submarine volcano eruption off El Hierro Island: Effects on the scattering migrant biota and the evolution of the pelagic communities. *PLoS ONE*, 9, art. no. e102354.
- Eugenio, F., Martin, J., Marcello, J. & Fraile-Nuez, E. (2014) Environmental monitoring of El Hierro Island submarine volcano, by combining low and high resolution satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 29, 53-66.
- Fraile-Nuez, E., González-Dávila, M., Santana-Casiano, J.M., Arístegui, J., Alonso-González, I.J., Hernández-León, S., Blanco, M.J., Rodríguez-Santana, A., Hernández-Guerra, A., Gelado-Caballero, M.D., Eugenio, F., Marcello, J., De Armas, D., Domínguez-Yanes, J.F., Montero, M.F., Laetsch, D.R., Vélez-Belchí, P., Ramos, A., Ariza, A.V., Comas-Rodríguez, I. & Benítez-Barrios, V.M. (2012) The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: Physical-chemical perturbation and biological response. *Scientific Reports*, 2, 486.
- López, C., Blanco, M.J., Abella, R., Brenes, B., Cabrera Rodríguez, V.M., Casas, B., Domínguez Cerdea, I., Felpeto, A., De Villalta, M.F., 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., De Pablo, J.P., Rodero, C., Romero, E., Sainz-Maza, S., Sentre Domingo, M.A., Torres, P.A., Trigo, P. & Villasante-Marcos, V. (2012) Monitoring the volcanic unrest of El Hierro (Canary Islands) before the onset of the 2011-2012 submarine eruption. *Geophysical Research Letters*, 39, art. no. L13303.
- Rivera, J., Lastras, G., Canals, M., Acosta, J., Arrese, B., Hermida, N., Micallef, A., Tello, O. & Amblas, D. (2013) Construction of an oceanic island: Insights from the El Hierro (Canary Islands) 2011-2012 submarine volcanic eruption. *Geology*, 41, 355-358.
- Santana-Casiano, J.M., González-Dávila, M., Fraile-Nuez, E., De Armas, D., González, A.G., Domínguez-Yanes, J.F. & Escánez, J. (2013) The natural ocean acidification and fertilization event caused by the submarine eruption of El Hierro. *Scientific Reports*, 3, art. no. 1140.