

INFORME CIENTÍFICO-TÉCNICO

Campaña SUBVENT-2 CGL2012-39524-C02

SARMIENTO DE GAMBOA



9 de marzo al 13 de Abril de 2014

Jefe Científico: Luis Somoza Losada (IGME)
Co-Jefe Científico: Juan Tomás Vazquez Garrido (IEO)



Instituto Geológico
y Minero de España



Universidad
de Cádiz



Autores: Luis Somoza Losada, Juan-Tomás Vázquez Garrido, Aldino Campos, Andreia Afonso, Antonio Calado, María del Carmen Fernández Puga, Francisco Javier González Sanz, Luis Miguel Fernández-Salas, Miguel Ferreira, Olga Sanchez Guillamón, Enrique López Pamo, Nuno Lourenço, Vanessa Luque Gómez, Amal Mamouni, Teresa Medialdea Cela, Pedro Madureira, Desireé Palomino Cantero, Blanca Rincón Tomás, Cristina Roque, Renato Paulo Santos Bettencourt, María Toyos Simón



INDICE INFORME

1. RESUMEN EJECUTIVO	
1.1. Resumen	
1.2. Abstract	
1.3. Agradecimientos	
1.4. Foto de campaña	
2. PERSONAL PARTICIPANTE Y FICHA TÉCNICA	
2.1. Ficha técnica de la campaña	
2.2. Investigadores y técnicos participantes.	
2.3 Distribución del personal por fases.	
2.4 Turnos de trabajo	
2.5 Listado completo y direcciones email	
3. INTRODUCCION Y OBJETIVOS CIENTÍFICOS	
3.1 Introducción	
3.2 Objetivos	
4. TÉCNICAS UTILIZADAS	
4.1 Técnicas utilizadas	
ROV Luso	
Sistema de sísmica multicanal	
Sistemas acústicos	
Testigos de gravedad	
Sondas Multiparámetro Ctd (O2, Turbidez), Correntímetro LADCP y Roseta de Botellas Niskin.	
4.2 Resumen de equipamiento científico utilizado	
5. OPERATIVIDAD Y RESULTADOS	
5.1. Zona 1: Golfo de Cádiz	
5.2. Zona 2: Canarias-Madeira	
Zona 2a: Este de Lanzarote	
Zona 2b: Isla de El Hierro	
Zona 2c: Sur de Isla de Madeira	
5.5. Síntesis de los trabajos y distribución de tiempos.	
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	
Anexo 1: Diario de campaña	
Anexo 2: Tabla de operatividad: navegación, sísmica y ROV	
Anexo 3: Tabla resumen y listado de archivos (Zona 1): Golfo de Cádiz	
Anexo 4: Tabla resumen y listado de archivos (Zona 2): Canarias-Madeira	
Anexo 5: Configuración sísmica	
Anexo 6: Notas de prensa	

1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1. Resumen

La campaña SUBVENT-2 se ha desarrollado entre los días 10 de marzo y 13 de abril a bordo del buque oceanográfico Sarmiento de Gamboa con puerto de embarque y desembarque en Vigo. El proyecto SUBVENT (CGL2012-39524-C02-02) financiado por el Plan Nacional de I+D+i plantea el estudio multidisciplinar de diferentes tipos de emisiones de fluidos en diferentes contextos geológicos. En este el objetivo de la campaña SUBVENT-2 ha sido la de identificar emisiones activas de fluidos en aguas profundas y filmar los ecosistemas relacionados con episodios de vulcanismo de fango y/o magmático ricos en volátiles tanto en el Golfo de Cádiz como en la Cuenca Canaria.

La campaña científica SUBVENT-2 ha sido dirigida por Luis Somoza, científico titular del Instituto Geológico y Minero de España y coordinada conjuntamente con el Instituto Español de Oceanografía. El equipo técnico ha estado compuesto por la Unidad de Tecnología Marina del CSIC y por técnicos de EMEPC de Portugal que se encarga del pilotaje del mini-submarino no tripulado ROV (Remoted Operated Vehicule) LUSO. Asimismo participan investigadores españoles que trabajan en las universidades de Ciencias del Mar de Cádiz (UCA), del Departamento de Geobiología de la Universidad de Göttingen de Alemania y de la Universidad de Tetuán de Marruecos.

En la campaña SUBVENT-2 se han utilizado diferentes técnicas de exploración submarina: (1) el ROV Luso con características de ROV-6000 aportado al proyecto SUBVENT mediante Acuerdo de Colaboración científica hispano-portuguesa firmado entre el IGME y el EMEPC, (2) el sistema de sísmica de reflexión de alta resolución compuesto de un sarta de Sleeve/G-guns airguns con una capacidad total de 860 pulgadas cúbicas y un hidrófono de 3 canales, (3) la ecosonda paramétrica Chirp ATLAS PARASOUND-35, (4) la sonda multihaz ATLAS HYDROSWEEP DS; (5) las ecosondas EK60 y EA600; (6) las sondas multiparámetro CTD (O2, turbidez), correntímetro LADCP y roseta de botellas Niskin y (7) las lanzas de 2 y 5 m de los testigos de gravedad. La utilización del ROV Luso ha permitido además, una gran variedad de objetivos: (1) filmar videos de alta resolución de los fondos marinos; (2) toma de muestras de micro-cores tapetes microbianos y (3) toma de muestras de agua profunda mediante cuatro botellas Niskin, muestras biológicas y muestras de roca. Asimismo, el ROV Luso cuenta con sensores en continuo de datos de temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno, así como sondas de metano y CO2.

Se han realizado un total de 16 inmersiones con el ROV Luso, 11 en el Golfo de Cádiz y 5 en Canarias, entre profundidades de 87 metros (en la Isla del Hierro) y 3.060 metros en el Golfo de Cádiz. Las horas de filmación de los fondos marinos suman un total de 107 horas y 40 minutos. Además, se ha realizado un total de 113 líneas con ecosonda parámetrica CHIRP sumando una longitud total de 3,952 kilómetros y 58 líneas de sísmica multicanal con una longitud total de 1,838 kilómetros. Se han tomado 15 testigos de gravedad y se han realizado 10 estaciones de CTD con rosetas de botellas Niskin. Al total de 3.952 km de líneas navegadas con adquisición de datos hay que sumar 2.646 kilómetros de navegación entre zonas, lo que ha supuesto un total de 6.618 kilómetros de navegación (3.577 millas náuticas) durante la campaña SUBVENT-2.

Como resultados preliminares cabe destacar el hecho que se ha filmado bancos de mejillones vivos quimiosintéticos del género *Bathymodiolus* alrededor de emanaciones activas de metano a cerca de 900 metros de profundidad en el Golfo de Cádiz. Es la primera vez que se identifican y filman estos grandes bancos vivos de mejillones quimiosintéticos en el Golfo de Cádiz. Asimismo se han filmado edificios volcánicos submarinos profundos al Este de las Islas de Lanzarote y Fuerteventura, en una zona oriental donde se descartaba llegarían las emisiones volcánicas canarias submarinas. Asimismo,

se ha realizado una inmersión en la erupción submarina de La Restinga de El Hierro a lo largo de los conos submarinos secundarios que resultaron de la última actividad de dicho volcán submarino. Se han obtenido imágenes y datos de emisiones de CO₂ y metano de los conos y "hornillos" en la cima de este volcán submarino reciente.

1.2. Abstract

The oceanographic mission SUBVENT-2 has been carried out from the 10th March to 13rd April, 2014 aboard the research vessel (R/V) *Sarmiento de Gamboa* being the departure from the Vigo port. The project SUBVENT (CGL2012-39524-C02-02) funded by the Spanish National Programme for Research and Development (R&D) is focused on the multidisciplinary study of fluid venting in distinct marine geological settings. In this sense, the main aim of the SUBVENT-2 cruise has been to explore and find submarine active fluid venting and to image deep-sea ecosystems hosted on hydrocarbon-enriched cold seeps or volatile-enriched hydrothermal-related vents located both on the Gulf of Cadiz and Canary basin.

The oceanographic mission SUBVENT-2 conducted by Luis Somoza, scientist staff of the Geological Survey of Spain (IGME) has been coordinated jointly with the Spanish Oceanographic Institute (IEO). The technical team has been composed by the Spanish Marine Technological Unit (UTM-CSIC) and the Portuguese EMEPC, responsible of the management of the Remoted Operated Vehicle (ROV) Luso. Furthermore, scientist of the Sea-Sciences University of Cadiz (UCA), Geobiology Dpt. of the Göttingen University (Germany) and University of Tetuan (Université Addelmalek Essaadi) de Marruecos has been involved into the cruise.

A complete set of techniques of submarine exploration has been employed during this survey: (1) the mini-submarine ROV Luso capable to 6000 m water depth immersions was supported to the mission as part of the Spanish-Portuguese scientific agreement signed between the IGME and EMEPC organisms; (2) the system of multichannel high-resolution seismic reflection composed by a 860 cubic inches array of sleeve/G-guns airguns and a 3-channels streamer; (3) the Chirp parametric echosounder ATLAS PARASOUND-35; (4) the multibeam echosounder (ATLAS HYDROSWEEP DS); (5) the fish-type echosounder SIMRAD E60 and EA600; (6) the multiparametric sound composed of CTD with O₂ and turbidity sounds, LACDP correntimeter and a rosette NISKIN bottles and (7) the 2-5 m length gravity core. Furthermore, the use of the ROV Luso has abled to investigate a variety a targets as: (1) to record high-resolution video images of deep-sea ecosystems and biomimeticizations (2) to obtain samples by means of micro-cores of bacterial mats on seafloor and (3) to sample fluid, biological or rock samples at the identified sites. In addition, continuous measurements of methane, CO₂, temperature, salinity, turbidity, oxygen was record during ROV surveys on venting sites.

A total of 16 inmersiones has been carried out with the ROV Luso, 11 of them in the Gulf of Cadiz and 5 in the Canary Islands, at water depths between 87 meters (El Hierro Island) and 3060 meters in the Gulf of Cádiz. A total of 107 hours and 40 minutes of videos of deep-sea floor has been recorded during the mission. Furthermore, a total of 3,952 kilometers of lines of high-resolution seismic of Chirp parametric echosounder and 1,838 kilometers of lines of multichannel seismic reflections have been recorded during the mission SUBVENT-2. In addition, it has been taken 15 gravity cores and 10 stations with CTD and Niskin bottles. A total of 3,952 kilometers has performed with acquisition of data apart of 2646 kilometers of

navigation between zone. The total navigation carried out during the SUBVENT-2 mission has been of 6,618 kilometers (3577 nautical miles).

As preliminary results of the SUBVENT-2 mission, one of the most striking discovering has been the identification of banks of live chemosynthetic mussels (*generus Bathymodiolus*) living around active seeps of hydrocarbon-enriched fluids in the Gulf of Cádiz. Is the first time that such living deep-sea ecosystems have been filmed and sampled in the Gulf of Cádiz. At same time, deep-water submarine volcanic cones has been filmed east off Lanzarote Island meaning the easternmost area of the Canarian volcanism. In addition, an immersion was performed on the submarine volcano south off El Hierro Island, active during 2011-2012. The survey of the ROV allow us to image and sample CO₂ and methane emissions sourced from secondary hydrothermal vents on the summit of the volcano active during the last stages.

1.3. Agradecimientos

Queríamos agradecer a D. Manuel Pinto de Abreu, Secretario de Estado do Mar de Portugal, por las facilidades dadas para la cooperación científica marina entre España y Portugal, en especial el uso del ROV Luso. A D. Aldino Santos, Director de EMEPC de Portugal por las facilidades dadas y por su apoyo logístico en todo momento. Un agradecimiento especial al equipo del ROV Luso (Andreia, Antonio, Renato y Miguel) por su profesionalidad, entusiasmo y dedicación en todo momento. Asimismo a los geólogos marinos Pedro Madureira, Director Adjunto del EMEPC y a Nuno Lourenço, Subdirector del Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) por su entusiasmo y experiencia en la utilización del ROV Luso durante la campaña SUBVENT-2. Asimismo, agradecer al Capitán del Sarmiento de Gamboa, y a toda la tripulación por su profesionalidad y entusiasmo durante la campaña. Asimismo a todos los técnicos embarcados de la UTM, coordinados por Ramón Ametller. Y a Miguel Ojeda y a Luis Ansorena de la Unidad Tecnológica Marina de Vigo por los esfuerzos logísticos previos para poder llevar a cabo en un tiempo record y de forma exitosa la instalación y ajuste del ROV Luso a bordo del Sarmiento de Gamboa. Al Club de Buceo de la Restinga, por su apoyo en la realización del barqueo en la Isla de El Hierro.

1.3. Foto de campaña



Equipo científico y técnico con la dotación del Sarmiento de Gamboa. Arriba: personal de la primera fase en el puerto de Vigo. Abajo: personal de la segunda fase en la Isla de El Hierro.

2. PERSONAL PARTICIPANTE Y FICHA TÉCNICA

2.1. FICHA TÉCNICA

Campaña oceanográfica: SUBVENT-2

Fechas: del 9 de Marzo al 12 de Abril del 2013

INFORMACIÓN GENERAL

TITULO DEL PROYECTO: EMISIONES SUBMARINAS DE FLUIDOS EN LOS MÁRGENES CONTINENTALES DE LAS ISLAS CANARIAS Y DEL GOLFO DE CÁDIZ: CGL2012-39524-C02

Submarine vents along the continental margins of the Canary Island and Gulf of Cádiz.

ACRÓNIMO DEL PROYECTO: SUBVENT

ORGANISMOS PARTICIPANTES: Instituto Geológico y Minero de España, (IGME); Instituto Español de Oceanografía (IEO); Universidad de Cádiz (UCA); Escuela Superior de Ingenieros de Minas (ETSIM); Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (EMEPC) (Portugal); Universidad de Göttingen (Alemania); Universida de Tánger

JEFE DE CAMPAÑA:

Nombre: Dr. Luis Somoza Losada, Servicio de Geología Marina, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas 23, 28003 Madrid Teléfono: 34 + 913495763. E-mail: l.somoza@igme.es

CHIEF OF CRUISE:

Dr. Luis Somoza Losada, Marine Geology Dv., Geological Survey of Spain, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid Teléfono: 34 + 913495763. E-mail: l.somoza@igme.es

CO-JEFE DE CAMPAÑA:

Nombre: Dr. Juan Tomás Vázquez Garrido, Instituto Español de Oceanografía (IEO), Puerto Pesquero, s/n Apdo. 285, 29640-Fuengirola (Málaga) Tel: +34 952 197 124 Fax: +34 952 463 808 E-mail: juantomatas.vazquez@ma.ieo.es

CO-CHIEF OF THE CRUISE

Dr. Juan Tomás Vázquez Garrido, Spanish Oceanographic Institute (IEO), Puerto Pesquero, s/n Apdo. 285, 29640-Fuengirola (Málaga) Tel: +34 952 197 124 Fax: +34 952 463 808 E-mail: juantomatas.vazquez@ma.ieo.es

JEFE TÉCNICO: Ramón Ametller

NOMBRE DE LA CAMPAÑA: SUBVENT-2

FECHAS DE CAMPAÑA: 9 DE MARZO -13 DE ABRIL DE 2014

2.2. CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS PARTICIPANTES

Jefe de campaña: Luis Somoza (IGME) l.somoza@igme.es

Co-jefe científico: Juan Tomás Vazquez (IEO) juantomas.vazquez@ma.ieo.es

Jefe Técnico: Ramón Ametller (UTM-CSIC)

Técnicos UTM-CSIC:

- Mario Sanchez Mosquera (Mecánico)
- Gustavo Agudo Gonzalez (Laboratorio)
- Manuel Paredes Alonso (Acústica)
- Javier Vallo Rodríguez (CTD)
- Roberto Gonzalez Alvares (Mecánico)
- Antonio Sandoval Diaz (Informática)
- Peregrino Cambeiro Beiro (Mecánica)
- Ezequiel Gonzalez Bernardez (Sísmica)

Técnicos ROV LUSO:

- Aldino Campos (EMEPC, Portugal) aldino.campos@emepec.mamaot.pt
- Pedro Madureira (EMEPC, Portugal) pedro.madureira@emepec.mamaot.pt
- Nuno Lourenço (IPMA, Portugal) Nuno.lourenco@ipma.ptv
- Antonio Calado (EMEPC, Portugal) antonio.calado@emepec.mamaot.pt
- Andreia Afonso (EMEPC, Portugal) andreia.afonso@emepec.mamaot.pt
- Miguel Ferreira (EMEPC, Portugal) miguel.souto@emepec.mamaot.pt
- Renato Paulo Santos Bettencourt (EMEPC, Portugal)
- Cristina Roque (EMEPC, Portugal) cristina.roque@emepec.mamaot.pt
- Luis Miguel Felix Bernardes Luis.bernardes@emepec.mam.gov.pt

Investigadores proyecto SUBVENT:

- Teresa Medialdea (IGME) t.medialdea@igme.es
- Francisco J. Gonzalez (IGME) fj.gonzalez@igme.es
- Enrique López Pamo (IGME) e.lopez@igme.es
- Maria Toyos (IGME) maria.toyos@gmail.com
- Luis Miguel Fernandez Salas (IEO) luismi.fernandez@cd.ieo.es
- Desiree Palomino (IEO) desiree.palomino@ma.ieo.es
- Vanessa Luque Gómez (IEO/UCA) vaneluagg@gmail.com
- Olga Guillamon (IEO) olga.sanchez@ma.ieo.es
- M. Carmen Fernández Puga (UCA) mcarmen.fernandez@uca.es
- Blanca Rincón Tonás (U. Göttingen, Alemania) brt.90@live.com
- Mamouni Amal (U. Tetuan, Marruecos)

2.3. DISTRIBUCION DEL PERSONAL POR FASES

FASE 2A: Vigo-Lanzarote

1. Teresa Medialdea	Maria Carmen Fernández Puga
2. Francisco J. González	Enrique López Pamo
3. Tomás Vázquez	Luis Miguel Fernández Salas
4. Desireé Palomino	Olga Guillamón
5. Blanca Rincón	Andreia Afonso
6. Vanessa Luque Gómez	Mamouni Amal
7. Pedro Madureira	Antonio Calado
8. Miguel Ferreira	Renato Paulo Santos Bettencourt

Desembarco en Lanzarote:

- Pedro Madureira (EMEPC)
- Mamouni Amal (U. Tetuan)
- Teresa Medialdea (IGME)

Embarque en Lanzarote:

- Nuno Lourenço (IPMA)
- Maria Toyos (IGME)

FASE 2B: Lanzarote-El Hierro

	Maria Carmen Fernández Puga
2. Francisco J. González	Enrique López Pamo
3. Tomás Vázquez	Luis Miguel Fernández Salas
4. Desireé Palomino	Olga Guillamón
5. Blanca Rincón	Andreia Afonso
6. Vanessa Luque Gómez	Maria Toyos
7. <u>Nuno Lourenço</u>	Antonio Calado
8. Miguel Ferreira	Renato Paulo Santos Bettencourt

Desembarque en El Hierro:

- Nuno Lourenço (IPMA)
- Antonio Calado (EMEPC)
- Miguel Ferreira (EMEPC)
- Renato Paulo Santos Bettencourt (EMEPC)

Embarque en El Hierro

- Aldino Campos (EMEPC)
- Cristina Roque (EMEPC)
- Maria Toyos (IGME)

FASE 2C El Hierro-Funchal

Desembarque en Funchal:

- Aldino Campos (EMEPC)
- Cristina Roque (EMEPC)
- Andreia Afonso (EMEPC)

Embarque en Funchal

- Luis Bernardes (EMEPC)

2.4. TURNOS DE GUARDIA

Turno 8-12 h/20-24 h	Turno 12-16 h/0-4 h	Turno 16-20 h/4-8 h
<u>Teresa Medialdea</u>	<u>Juan Tomás Vázquez</u>	<u>Luis Miguel Fernández</u>
Desiree Palomino	Mª Carmen Fernández Puga	Olga Sánchez Guillamón
Enrique López Pamo	Blanca Rincón Tomás	Vanessa Luque
Javier González Sanz	Amal Mamouni	

3. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

3.1 INTRODUCCIÓN

La campaña SUBVENT-2 se enmarca dentro de las actividades del proyecto de investigación SUBVENT titulado “**EMISIONES SUBMARINAS DE FLUIDOS EN LOS MARGENES CONTINENTALES DE LAS ISLAS CANARIAS Y DEL GOLOF DE CÁDIZ**” (CGL2012-39524-C02-02) financiado por el Plana Nacional de I+D+i. El proyecto SUBVENT plantea el estudio multidisciplinar de diferentes tipos de emisiones de fluidos en diferentes contextos geológicos en España. Se trata de emisiones asociadas a la presencia de fluidos con hidrocarburos, hidrotermales o magmáticos sometidos a sobrepresión y a la presencia de niveles de fangos plásticos susceptibles de fluidificarse y ascender hacia la superficie. El

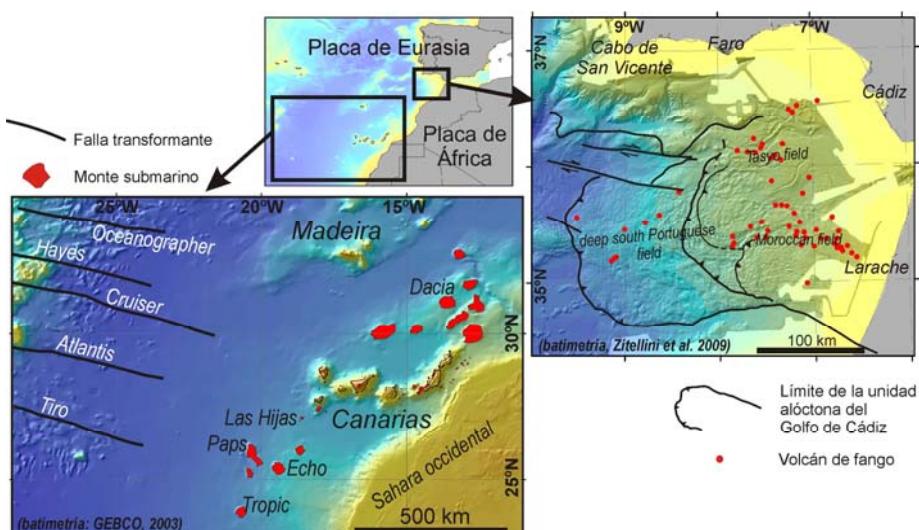


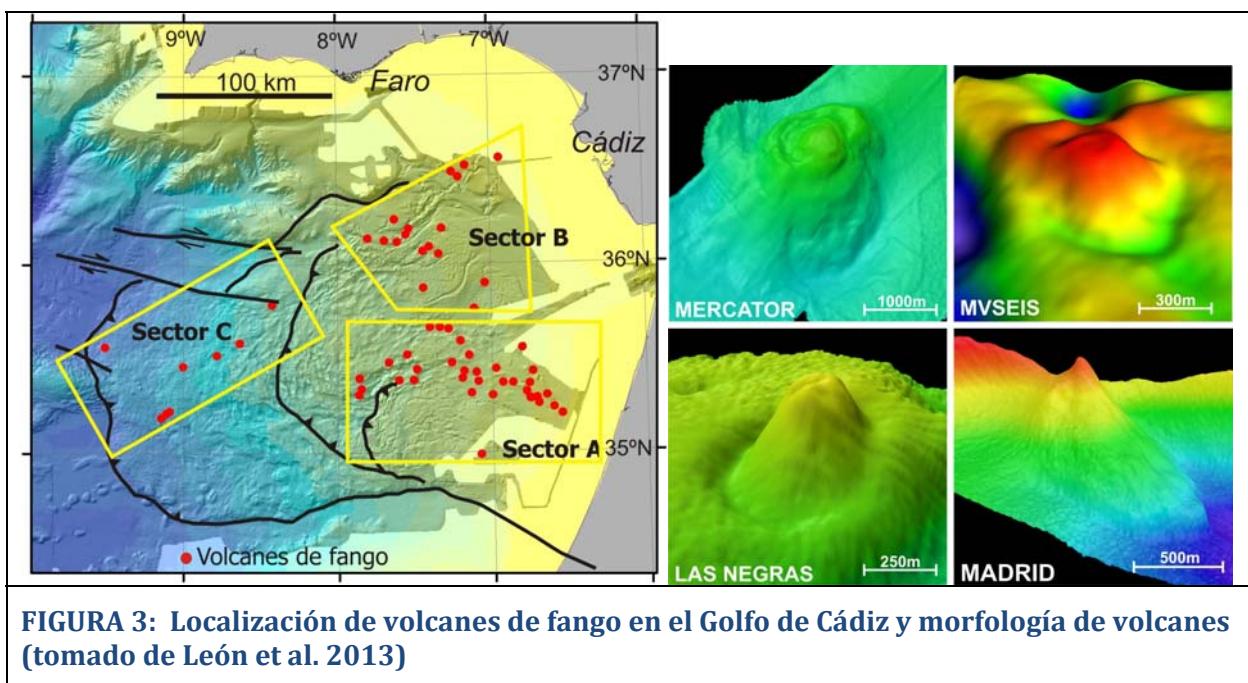
Figura 1: Zonas de trabajo de la campaña SUBVENT-2: Golfo de Cádiz (Zona 1) y Cuenca Canaria (Zona 2)

proyecto se centra en el estudio de los márgenes continentales y en aguas profundas del Golfo de Cádiz y la Cuenca Canaria donde el equipo de trabajo posee conocimientos previos o evidencias de este tipo de actividad (Fig. 1)

3.2. OBJETIVOS CIENTÍFICOS

Los objetivos científicos generales del proyecto SUBVENT son los siguientes: 1) Detectar manantiales activos submarinos; 2) Caracterizar los edificios y productos construidos por dichas emanaciones submarinas: morfología, depósitos y organismos asociados, 3) Estudiar los procesos de (bio)-mineralizaciones y alteraciones ligadas a dichas zonas de emanaciones de fluidos; 4) Determinar la arquitectura 3D de los sistemas de migración de fluidos desde sus áreas fuente hasta las emisiones submarinas, 5) Establecer modelos evolutivos de las emisiones submarinas y su posible relación con eventos geológicos a escala global.

Para alcanzar estos objetivos se pretende estudiar tanto la columna de agua como el fondo y subsuelo marino utilizando diferentes técnicas de adquisición de datos de batimetría multihaz, sísmica de alta y muy alta resolución, y toma de muestras de agua mediante rosetas de botellas Niskin, dragas de roca, ROV y testigos de sedimento.



Los objetivos específicos de la campaña SUBVENT-2 han sido los siguientes:

- 1) Detectar, muestrear y filmar emisiones activas de fluidos en los fondos submarinos profundos del Golfo de Cádiz y de la Cuenca Canaria.

- 2) Caracterizar la arquitectura de los edificios construidos por dichas emisiones submarinas: su morfología y su estructura interna.
- 3) Muestrear los procesos de (bio)-mineralizaciones y alteraciones ligadas a las zonas de emisiones submarinas y los ecosistemas asociados como (micro)-organismos quimiosintéticos.
- 4) Determinar los sistemas y vías de migración de los fluidos desde el subsuelo hacia el fondo marino mediante perfiles de sísmica multicanal.

4. TÉCNICAS UTILIZADAS

Durante la campaña SUBVENT-2 se han utilizado las siguientes técnicas de investigación:

4.1. ROV LUSO

El ROV Luso (Fig. 4) está equipado con una cámara de alta resolución, sondas continuas de medición continua de temperatura, salinidad, oxígeno, así como dos sensores específicos de metano y CO₂. El ROV está equipado con los siguientes sistemas de toma de muestras (Fig. 5): (1) dos brazos mecánicos en la parte delantera para toma de muestras de roca (R) o biológicas (B); (2) un sistema de manguera de succión (S) para toma muestras tanto biológicas y microbiológicas como de sedimento y agua; (3) Un sistema de 3-4 micro-“cores” (C) activados con el brazo mecánico derecho para la toma de microtestigos en sedimento así como tapices microbiológicos; (4) un sistema de 4 botellas Niskin (N) en la parte trasera para la toma de muestras de agua.



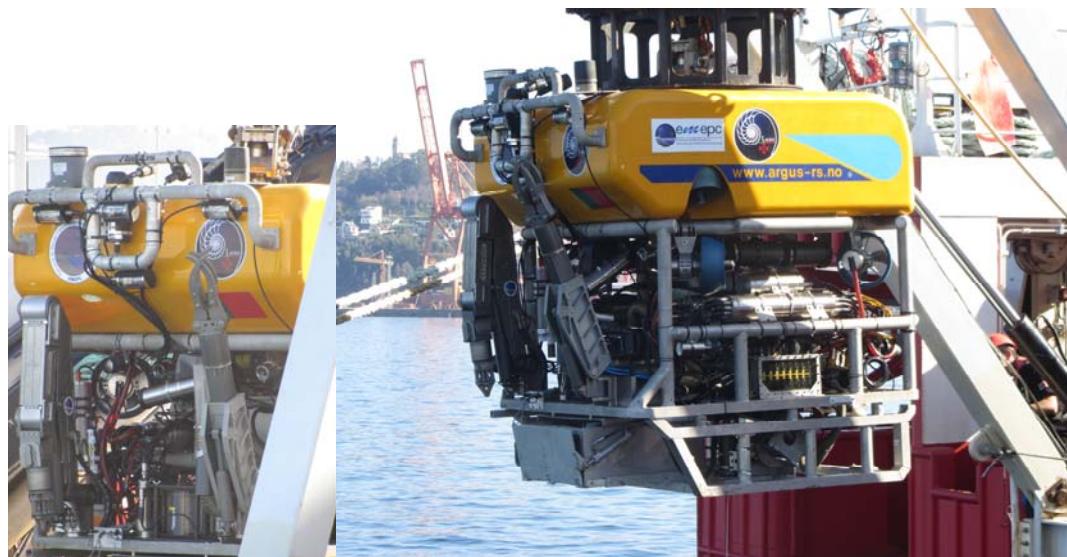


FIGURA 4: Vistas frontales y laterales de ROV Luso durante las maniobras de arriado e izado.

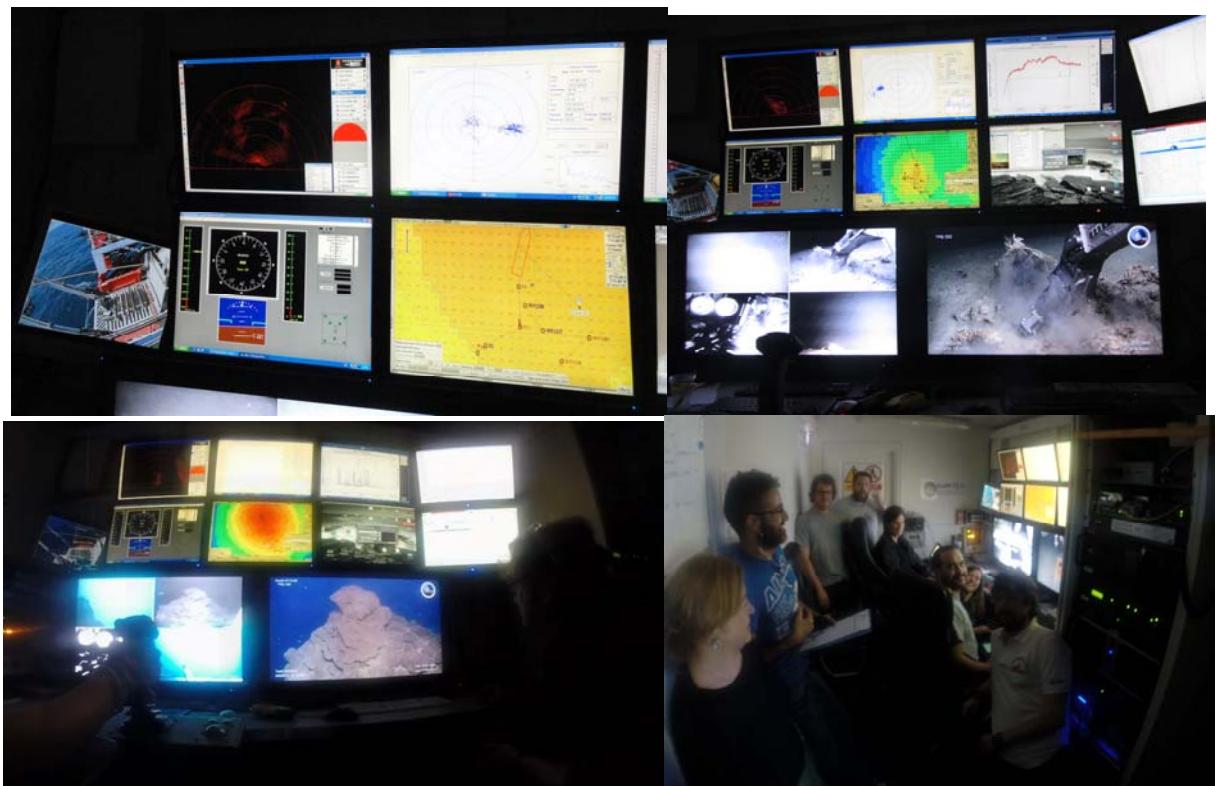


FIGURA 5: Controles del ROV Luso. Arriba Izquierdo, radar, situación GPS y altímetro. Arriba derecho: cámaras de popa y principal de alta resolución y los sensores CTD y de CO₂ y metano. Abajo: sistema de joystick del ROV y pantallas de control.

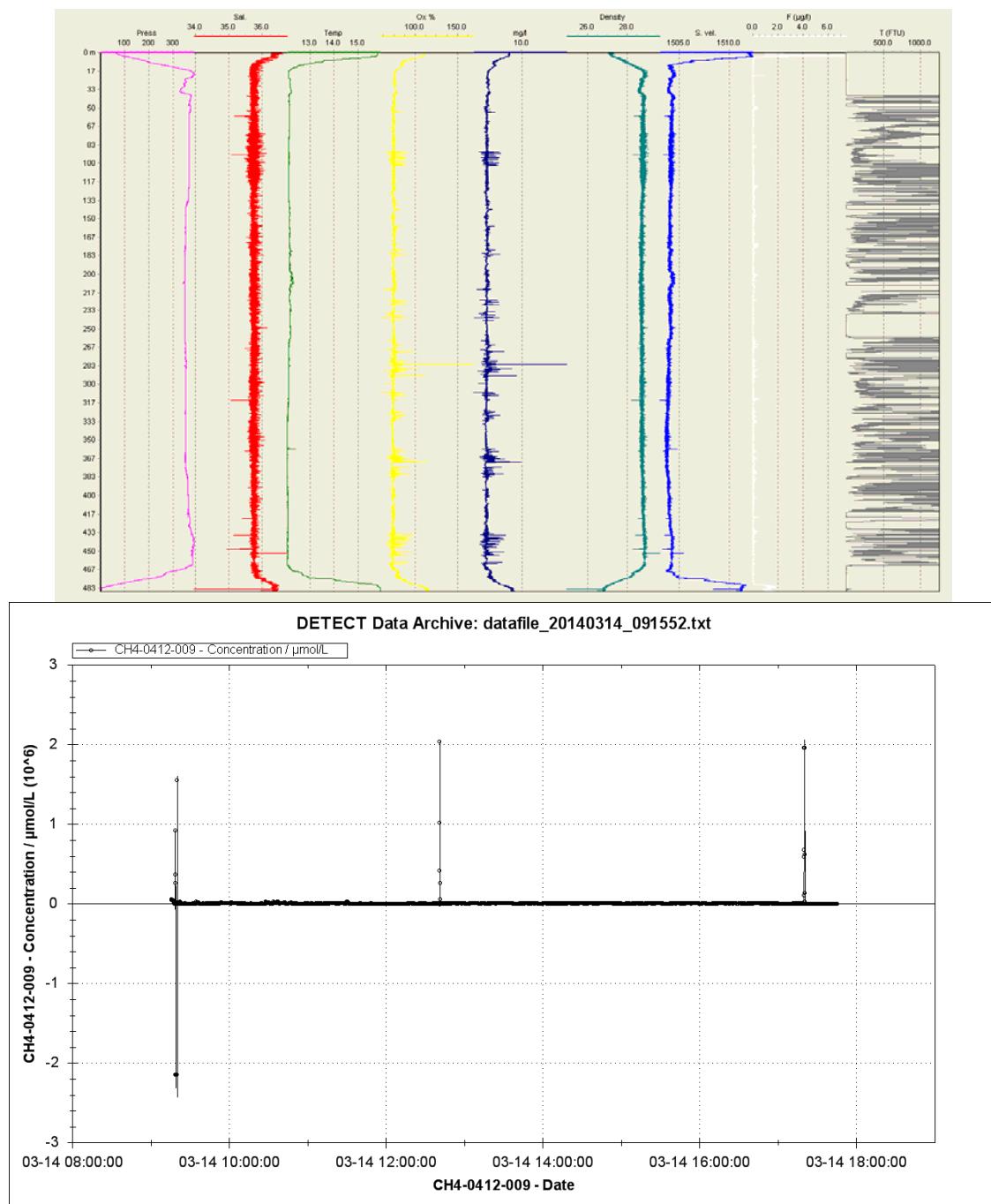


FIGURA 6: Arriba: Sensores de temperatura, salinidad y oxígeno del ROV Luso. Abajo: Sensor de metano.



FIGURA 7: Sistemas de muestreo del ROV LUSO: Tomas de rocas, succión y microtestigos.

4.2. SISTEMA DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN

La configuración del sistemas de sísmica de alta resolución ha sido la siguiente:

a) Ristra de hidrófonos SIG®16.3x40.175 de tres canales con 40 hidrofonos cada uno y con una longitud de 50 metros por sección. La longitud total del “streamer” es de 240 m con 90 m de sección inactiva.

b) Configuración de la ristra de cañones de aire: Para la fuente de la señal acústica se ha utilizado 7 cañones de aire comprimido GI-GUN de SERCEL con la siguiente configuración de popa a proa: 250, 150-150, 110-110, 45-45 con un total de 860 pulgada cúbicas. En las zonas someras, con menos de 2,000 metros de columna de agua se ha desactivado el cañón de 250 pulgadas cúbicas.

La profundidad de trabajo de los cañones ha sido de 4 metros con una frecuencia de disparo entre 6-8 segundos dependiendo de la profundidad. Para la adquisición de la señal sísmica se ha utilizado el programa Informático DELPH SEISMIC digitalizando la señal

analógica en el formato Estándar SGY de IBM. En los anexos se presenta el estudio completo de la configuración sísmica.

Configuración fuente 860cuin (250 - 150+150 - 110+110 - 45+45)

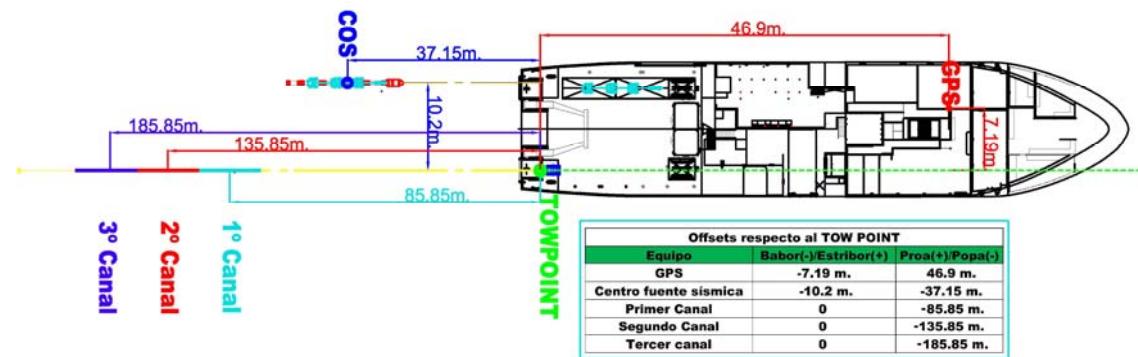


FIGURA 8.: Geometria del sistema de sísmica de reflexión multicanal utilizado durante la campaña SUBVENT-2..

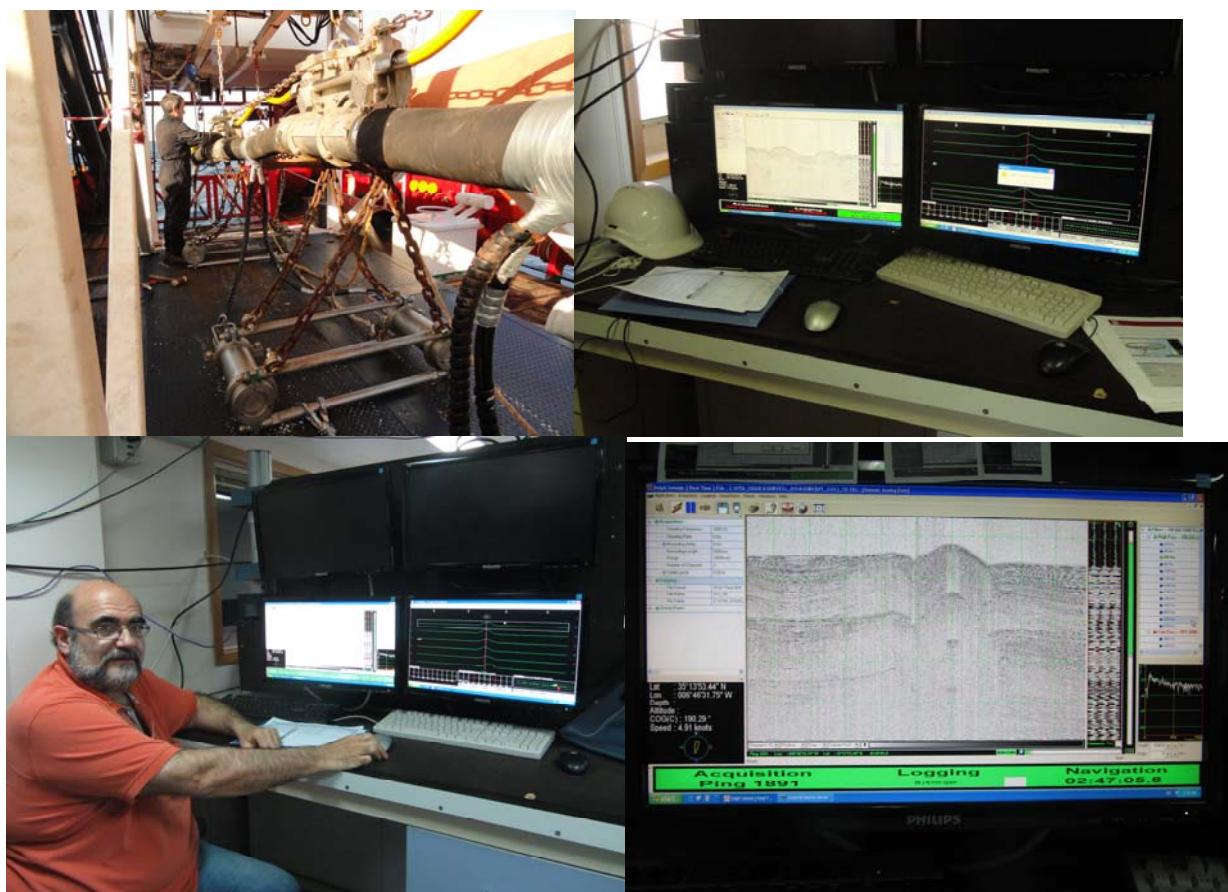


FIGURA. 9: Equipo de sísmica multicanal. Arriba. Array de cañones y controlador de disparo de cañones. Abajo: Sistema de control y adquisición DELPH

4.3. SISTEMAS ACÚSTICOS

Se han utilizado en continuo las siguientes sondas:

- Sonda Multihaz ATLAS HYDROSWEET DS,
- Sonda Paramétrica PARASOUND-35 (SLF y PSF)

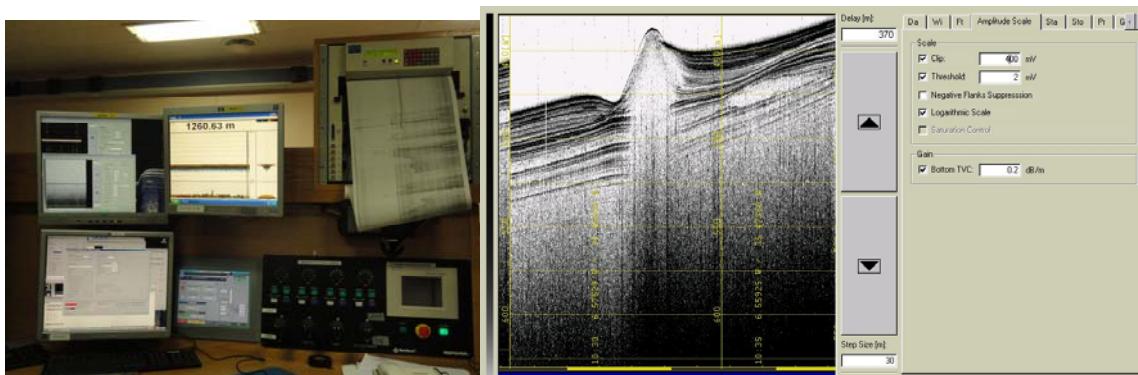


FIGURA 10: Arriba: Perfilador Chirp de alta resolución Sonda Paramétrica PARASOUND-35 y perfil de alta resolución Subvent.

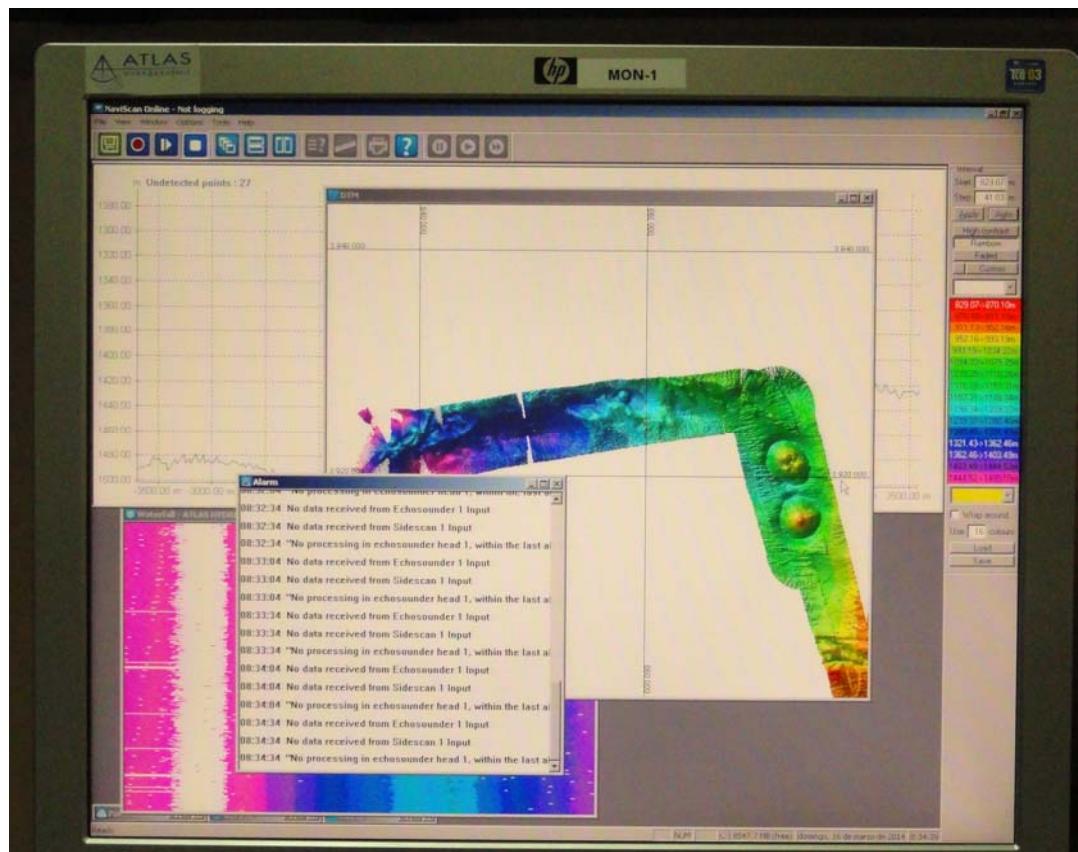


FIGURA 11: Pantalla de control de la sonda multihaz ATLAS HYDROSWEET DS.

4.4. TESTIGOS DE GRAVEDAD

Se han utilizado lanzas de 2 y 5 m. La apertura y muestreo de la columna sedimentaria se ha realizado inmediatamente a bordo suna vez recuperado el testigo.



FIGURA 12: Labores de corte y muestreo del testigo de gravedad. Labores de corte del PVC del testigo en el laboratorio húmedo.

4.5 SONDAS MULTIPARÁMETRO CTD (O2, TURBIDEZ), CORRENTÍMETRO LADCP Y ROSETA DE BOTELLAS NISKIN.



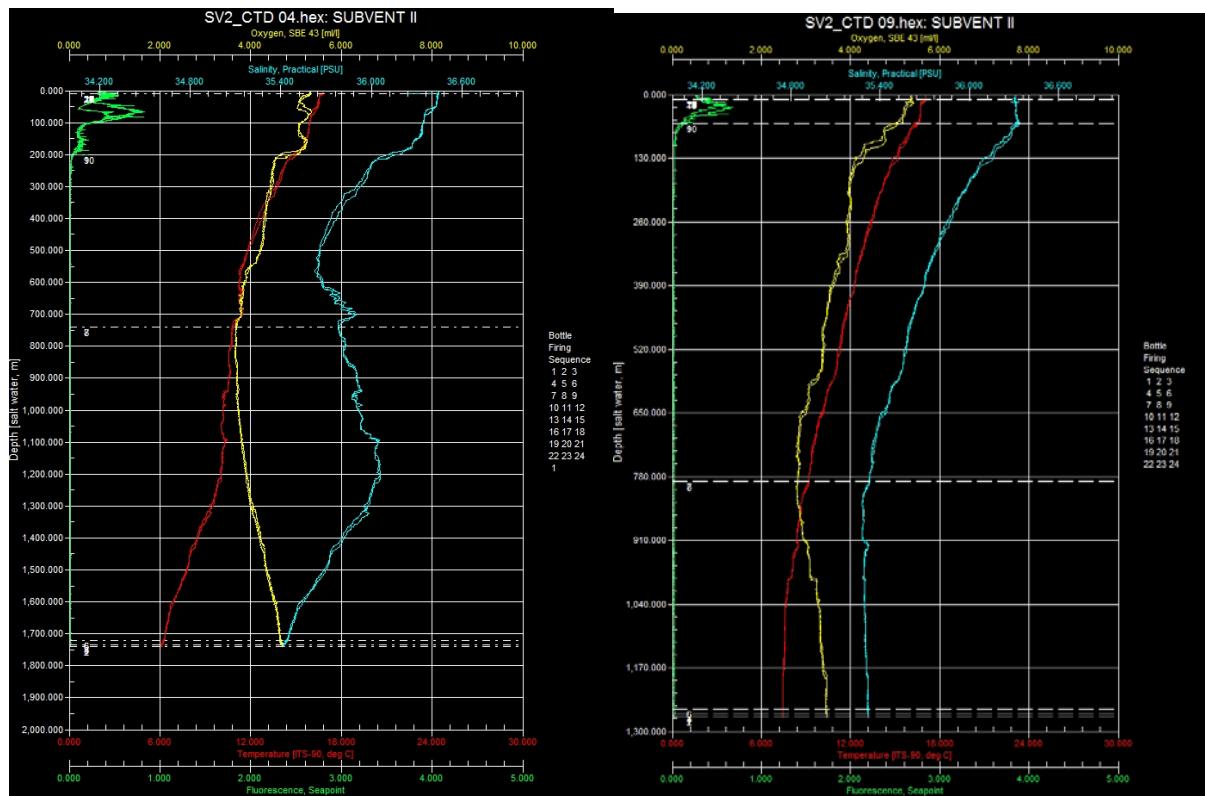


FIGURA 13: Arriba: Roseta de botellas Niskin (izquierdo) y sensores CTD (derecha). Abajo: graficos de temperatura, salinidad, oxigeno y turbidez.

4.6. RESUMEN DE EQUIPAMIENTO UTILIZADO

01. Termosalinógrafo.
02. GPS diferencial activo.
03. Ecosonda multihaz ATLAS Hydrosweep.
04. Ecosonda paramétrica ATLAS.
05. Ecosonda monohaz EA600.
06. Ecosonda multifrecuencia EK60
07. Perfilador de velocidad del sonido SVP+, sondas batitermográficas XBTs
08. Sistema de sísmica de alta resolución 3 canales.
10. Sacatestigo de gravedad (lanzas 3 y 5m)
11. Roseta de 24 botellas Niskin + CTD + LADCP + sondas multiparámetro (O2, turbidez)
12. ADCP
13. Cámara frigorífica (4°C) y congeladoras (-20°C y -80°C).
14. Campana de extracción de gases para trabajos con líquidos tóxicos
15. Lupa binocular para observaciones y fotografía biológicas y geológicas de detalle, y luz fría externa
16. Centrífuga para obtención de agua intersticial en los sedimentos
17. Agua destilada
18. Destilador millipore
19. Baño termostático
20. Estufa de desecación
21. Vehículo de Observación Remolcado - ROV 6000 (LUSO)
22. Perfilador de velocidades – SVP+
23. Licencia CARIS HIPS & SEEPS

5. OPERATIVIDAD Y RESULTADOS

La campaña SUBVENT-2 se inició a las 13:15 h (GMT) del día 10 de marzo de 2014. Debido a problemas de logística propios del buque se retrasó la salida del puerto de Vigo del domingo día 9 de marzo al lunes del 10 de marzo. Desde las 10 h a las 13 h del día 10 de marzo se realizaron pruebas de manipulación y arriado del ROV en el puerto de Vigo. A las 13h del día 10 de marzo se zarpó del puerto de Vigo. La campaña finalizó el día 13 de abril en el puerto de Vigo.

En función de los objetivos científicos perseguidos, la campaña SUBVENT-2 se ha desarrollado en varias zonas geográficas diferentes. La zona 1 localizada en el Golfo de Cádiz y las zonas 2 en Canarias-Madeira. La zona 2 se ha subdividido en tres subzonas: la zona 2A; al este de Lanzarote; la zona 2B en la Isla de El Hierro y la zona 2C al sur de la Isla de Madeira.

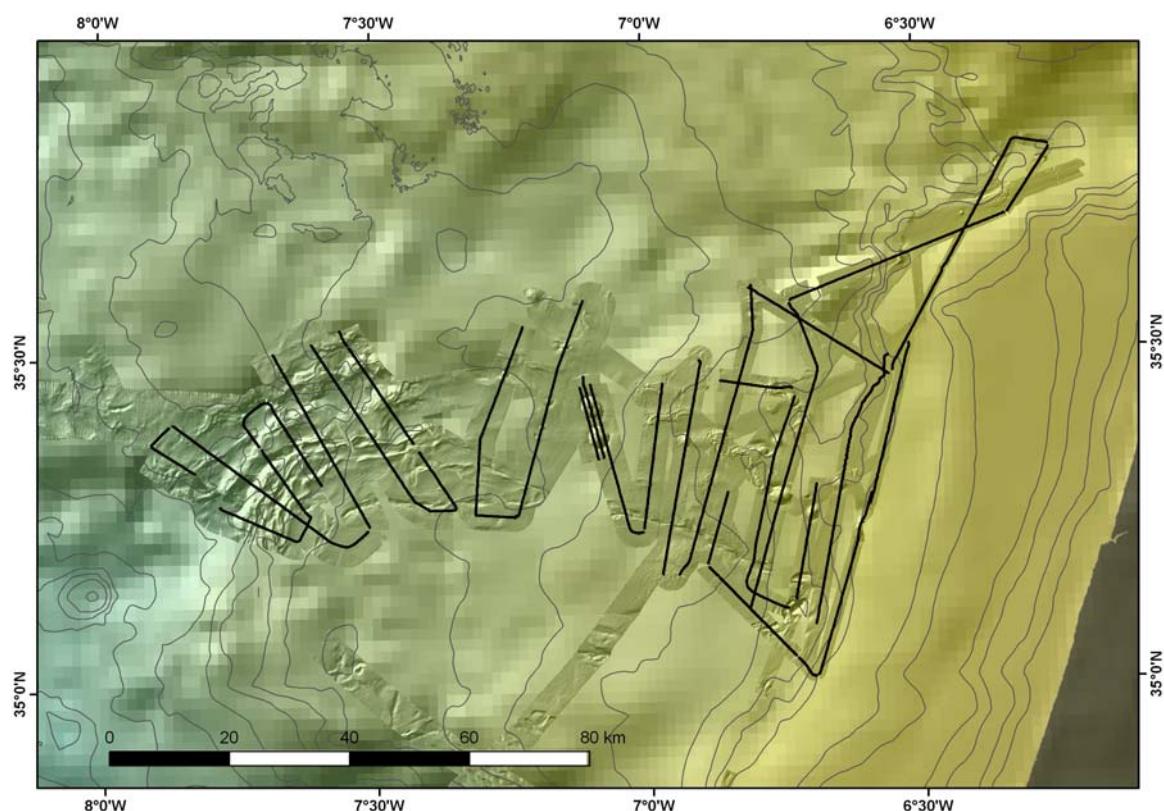
5.1. ZONA 1: GOLFO DE CADIZ

El día 12 de marzo a las 13:15 h se llegó a la zona de trabajo del Golfo de Cádiz. Debido al mal tiempo no se pudo realizar ninguna inmersión hasta las 7:59 h del día 13 de marzo. En el Golfo de Cádiz se desarrollaron los trabajos desde el día 12 de marzo al 26 de marzo con un total de 15 días. De dichos días, excepto el día 26 de marzo con mal tiempo, se pudieron realizar 11 inmersiones con el ROV sobre volcanes de fango identificados previamente. Se el total de tiempo empleado en inmersión fue de 77 horas y 19 minutos.

Las inmersiones se han realizado en horario diurno, entre las 8:00 h y las 20:00 h. Una vez, el ROV LUSO estaba en cubierta, y se había realizado las labores de muestreo de los micro-cores, botellas Niskin, cubetas de succión y muestras de roca, se procedía a realizar una roseta de botellas Niskin y/o testigo de gravedad. A las 21:00 h se procedía al arriado del sistema de sísmica de reflexión con un inicio previo siguiendo del protocolo “soft-start” con vistas a minimizar el riesgo de perturbaciones sónica a mamíferos marinos. A las 7:00 h se procedía al izado del sistema de sísmica de reflexión y se procedía a ir punto de inmersión. Previamente a la inmersión del ROV LUSO se ha realizado un protocolo de observación del sistema de navegación del sistema DP (Dynamic Position) y de una reunión conjunta (“Toolbox meeting”) entre oficiales de puente y maquinas, técnicos y pilotos del ROV y jefe científico cuya presencia ha sido obligatoria y firmado por los presentes. En cada estación de ROV se

han tomado una media de 10 muestras numeradas en orden secuencial y con las siguientes etiquetas: SV2_D02(Número de Inmersión)+(R Roca, B muestras biológica, S muestra de succión, C Core y N Niskin) de forma que las etiquetas de muestras quedarían SV2_D02R5 para designar una muestra de roca recogida en la inmersión 2 y que secuencialmente ha sido la 5^a dentro del trayecto del ROV.

Durante los períodos nocturnos se han realizado un total de 42 líneas de sísmica multicanal con un total de 923 km (Ver ANEXO 2) y 73 líneas de sísmica de alta resolución Chirp que han comprendido desde la línea SV2_01 hasta la línea SV2_73 (Ver ANEXO 3). Además se han realizado 14 testigos de gravedad (SV2_TG01 a SV2_TG12) y 7 estaciones de CTD y roseta de botellas Niskin (SV2_CTD01 a SV2_CTD07) (Ver ANEXO 3). El día 26 de marzo a las 2:10 h debido a las predicciones de mal tiempo en el Golfo de Cádiz y una vez realizada la mayor parte de los objetivos previstos en esta zona, se decidió realizar el tránsito hacia las Islas Canarias.



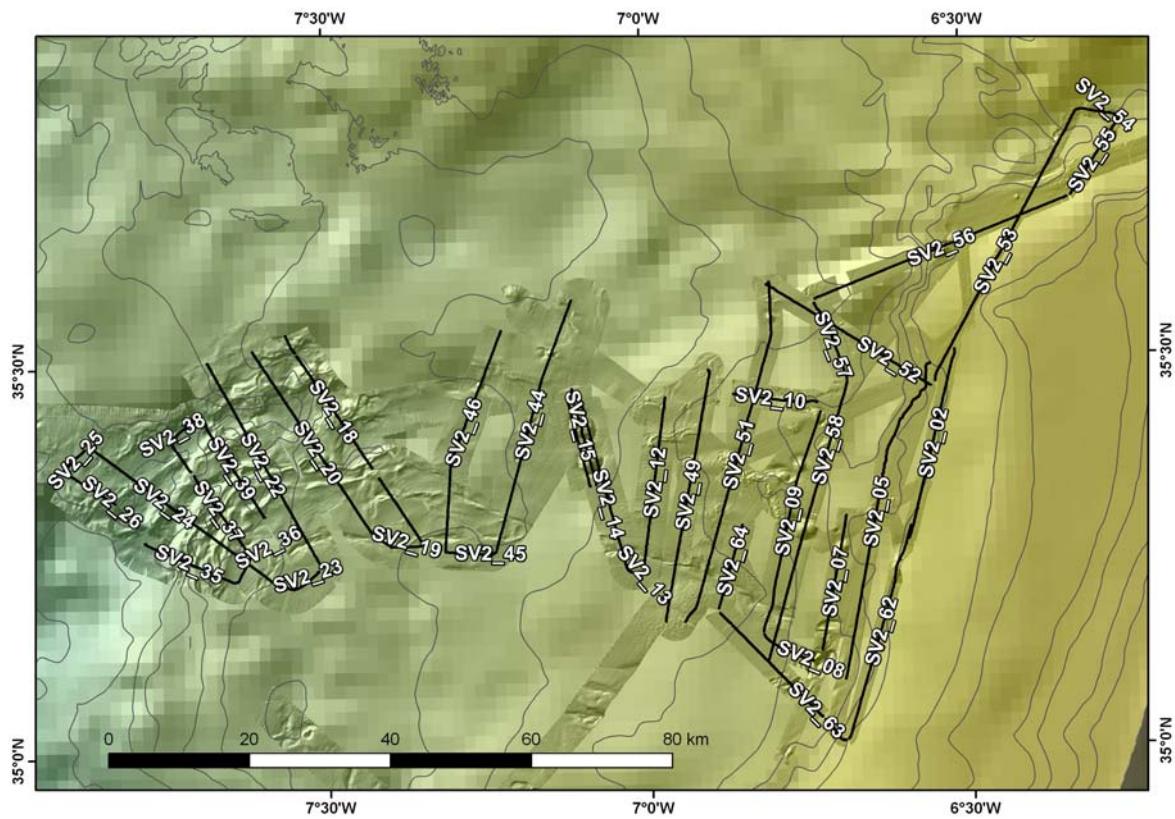


FIGURA 14: Líneas de ecosonda paramétrica (arriba) y sísmica multicanal (abajo) realizadas en el Golfo de Cádiz

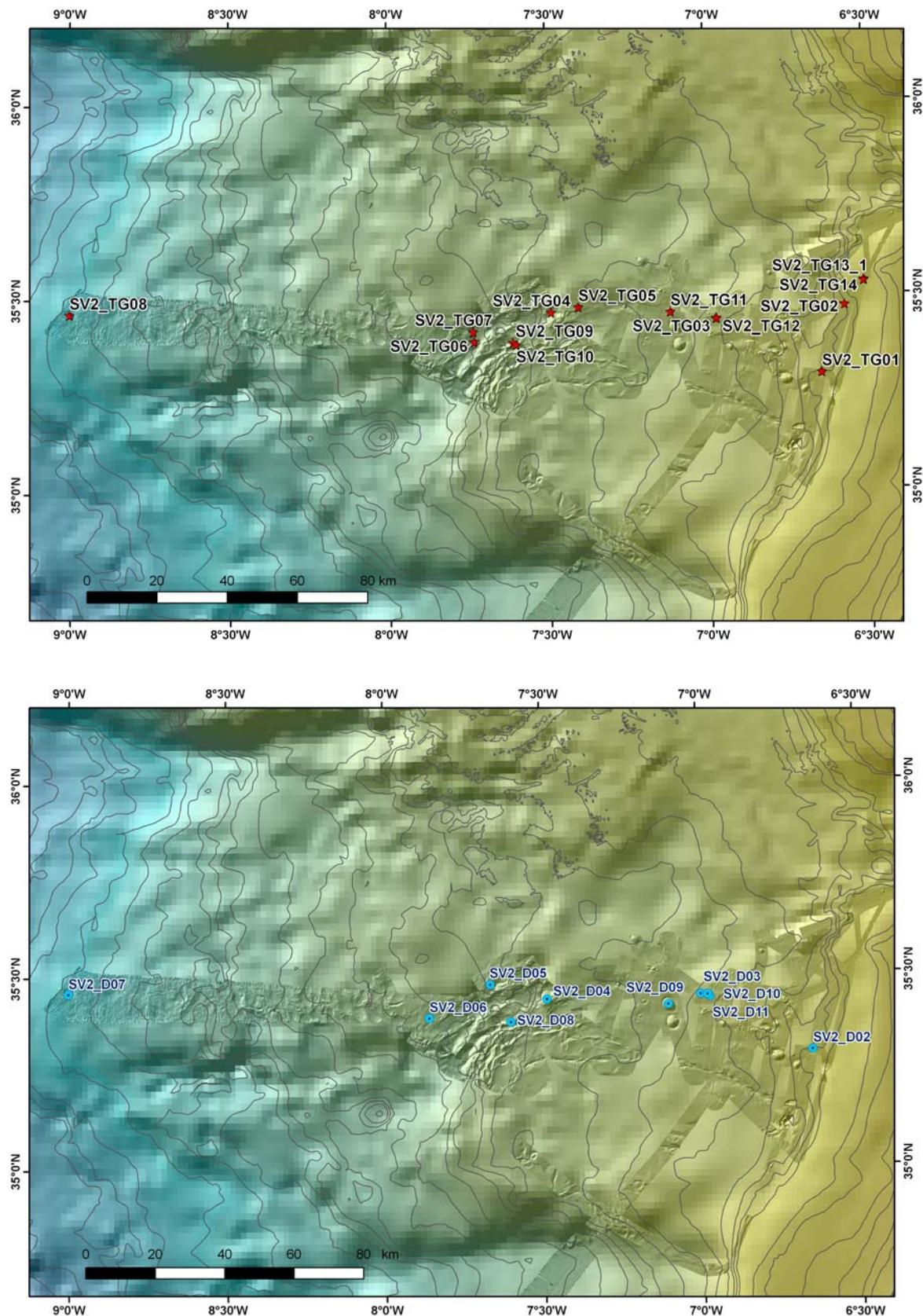


FIGURA 15: Arriba: Posición de testigos de gravedad; Abajo: localización de inmersiones realizadas con el ROV LUSO

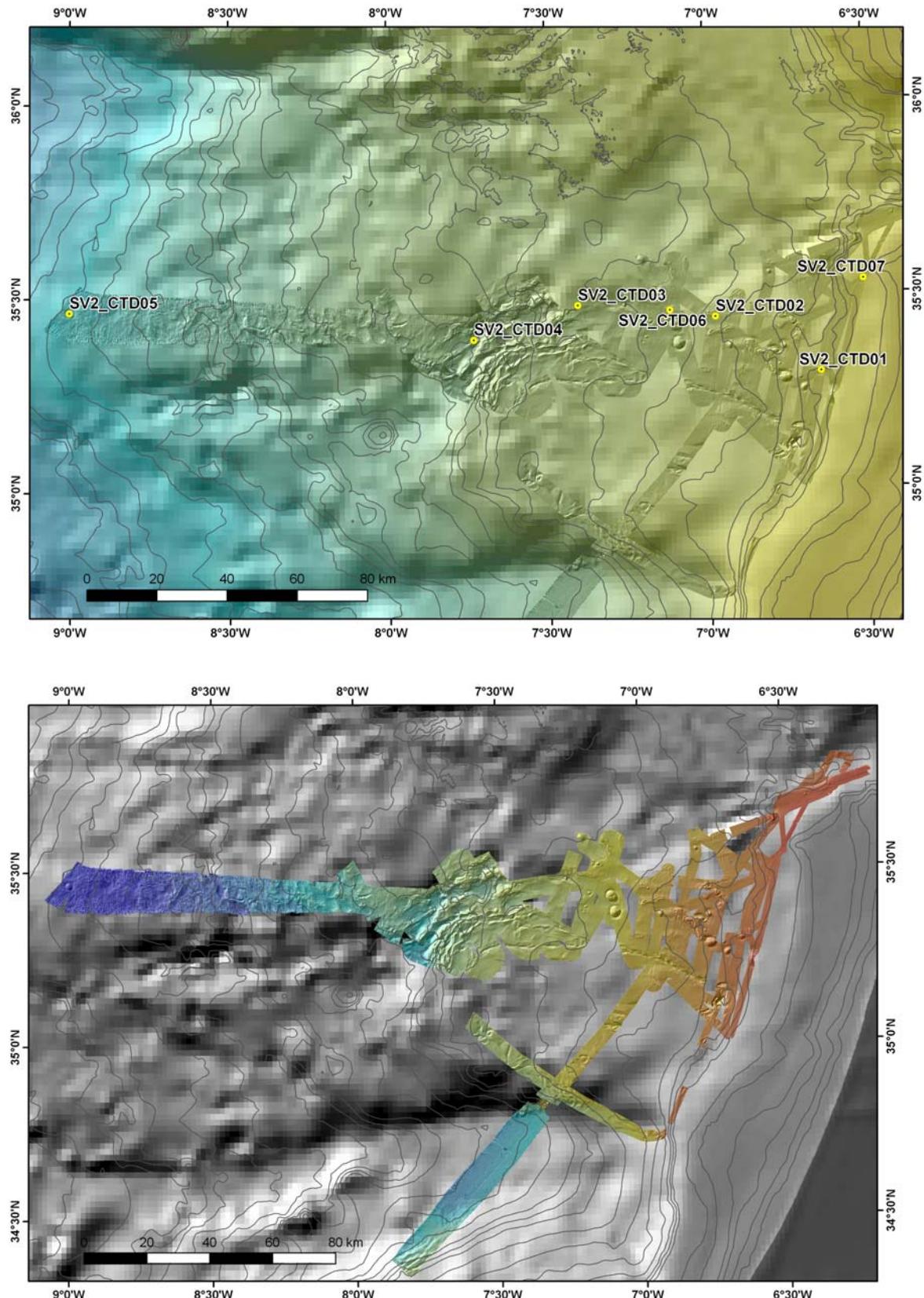


FIGURA 16: Arriba: Posición de estaciones de CTD y rosetas NISKIN; Abajo: Cobertura de sonda multihaz

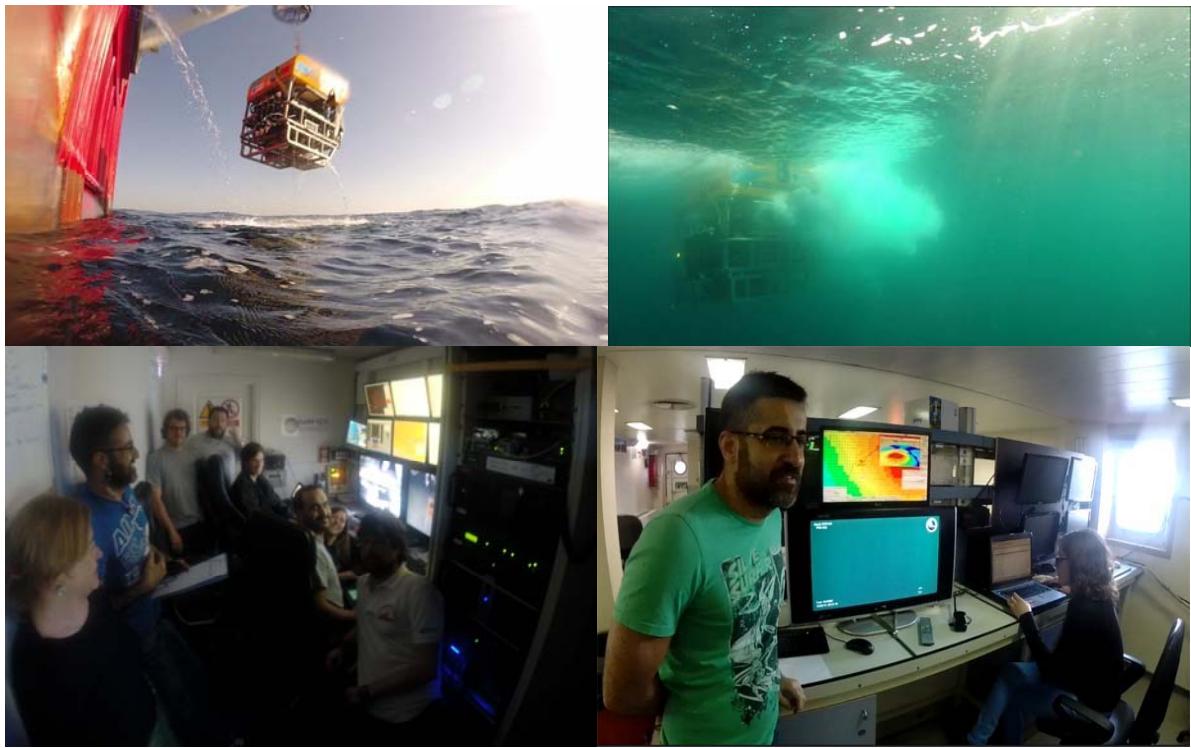


FIGURA 17: Arriba: Maniobras de arriado del ROV LUSO. Centro: Control de pilotaje del ROV LUSO y cámara auxiliar en el laboratorio de popa.

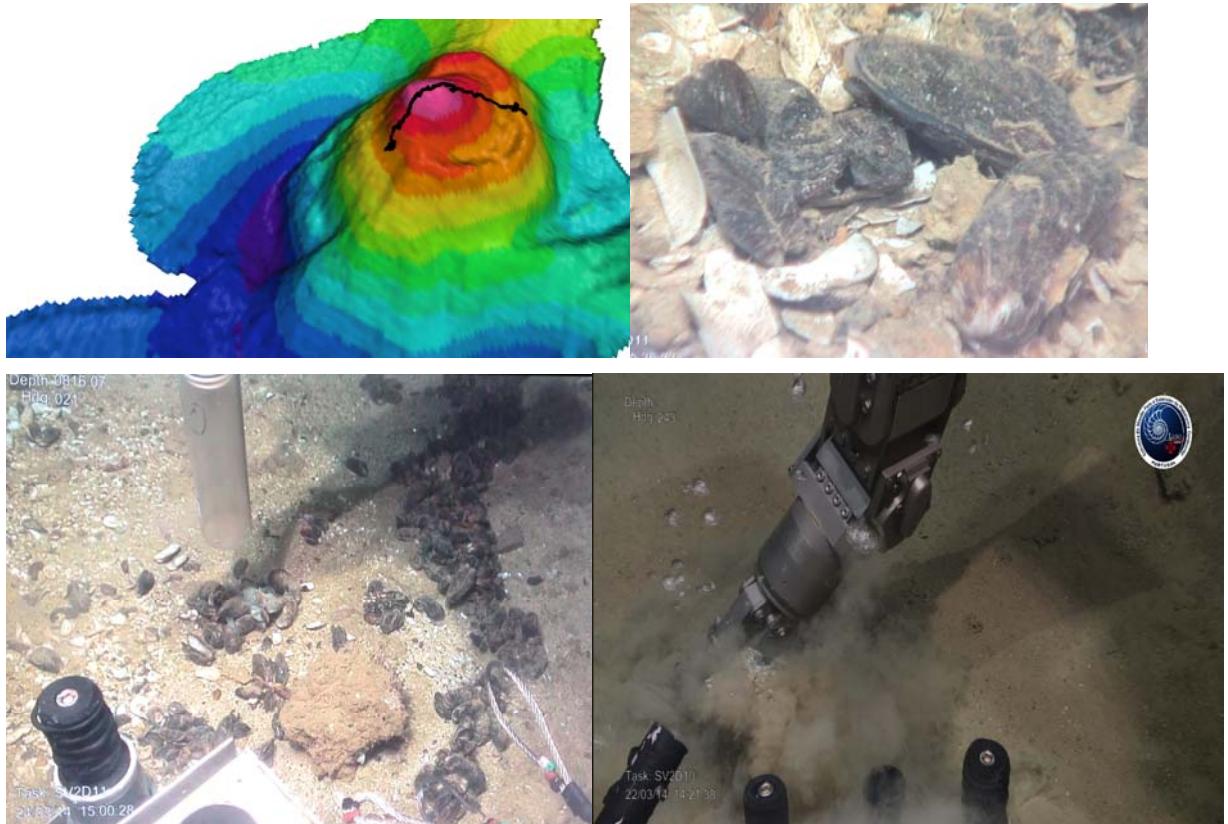


FIGURA 18: Itinerarios del ROV sobre un volcán de fango de gas. Bancos de mejillones quimiosintéticos vivos y emisiones burbujas de metano en el Golfo de Cádiz.



FIGURA 19: Arriba: Análisis de los mejillones quimiosintéticos y laboratorio de tratamiento de aguas; Abajo: Cortadora de testigos de gravedad y maniobra de arriado de roseta de botellas NISKIN y CDT.

5.2. ZONA 2: CANARIAS-MADEIRA

ZONA 2A: ESTE DE LANZAROTE

A la zona de trabajo 2A de Islas Canarias se llegó el día 28 de marzo, no pudiéndose realizar ninguna inmersión con el ROV debido al mal tiempo. En cambio se realizó levantamiento batimétrico con sonda multihaz de la zona de estudio a la espera de que el tiempo amainara. Debido a que las predicciones para el día siguiente 29 de marzo eran malas, se decidió realizar una entrada en el puerto de Arrecife (Lanzarote) para el cambio de personal y previsto inicialmente en el puerto de Portimao (Portugal). El día 30 de abril a las 9:00 h, se salió de nuevo a la mar rumbo al primer objetivo de inmersión. En la zona 2A localizada al Este de Lanzarote y Fuerteventura se realizaron 4 inmersiones entre los días 30 de marzo y 2 de abril durante 30 horas y 20 minutos (Estaciones SV2_D12 a SV2_D16) (Ver ANEXO 4).

En la zona de trabajo 2A se ha realizado 12 líneas de sísmica multicanal con un total de 309 kilómetros y 39 líneas de perfilador de fondo Chirp (LineaSV2_74 a LineaSV2_113) con un total de 2.041 kilómetros (Ver ANEXO 4).

Además se han realizado 3 estaciones de CTD y rosetas de botellas Niskin (SV2_CTD08 a SV2_CTD10), 3 XBT (SV2_XBT01 a SV2_XBT03) y 1 testigo de gravedad (SV2_TG15) (Ver ANEXO 4).

El día 3 de abril se abandonó la Zona 2A rumbo al volcán submarino de El Hierro.

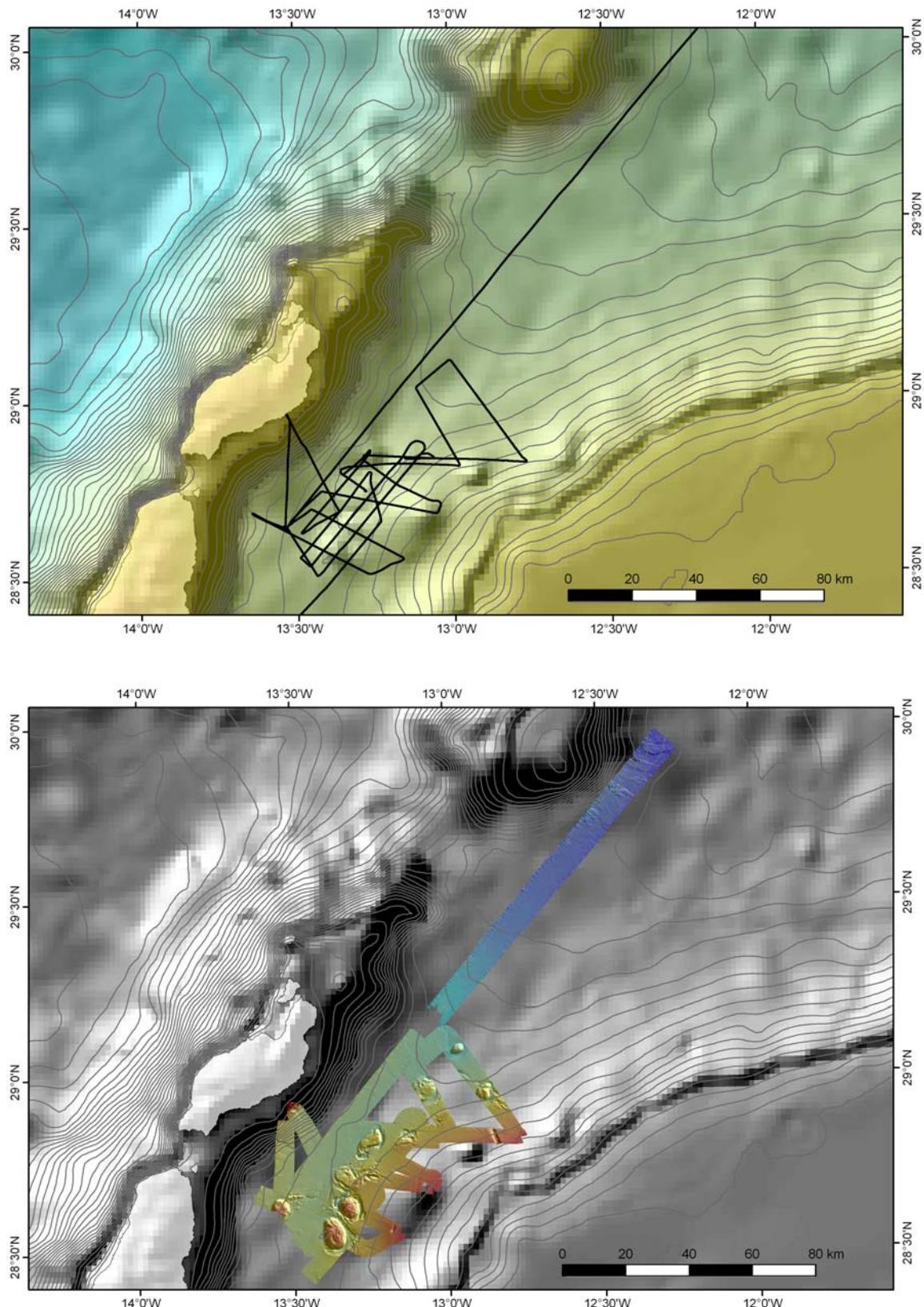


FIGURA 20: Arriba: Navegación con líneas de ecosonda paramétrica; Abajo: Mosaico de multihaz de la zona 2A.

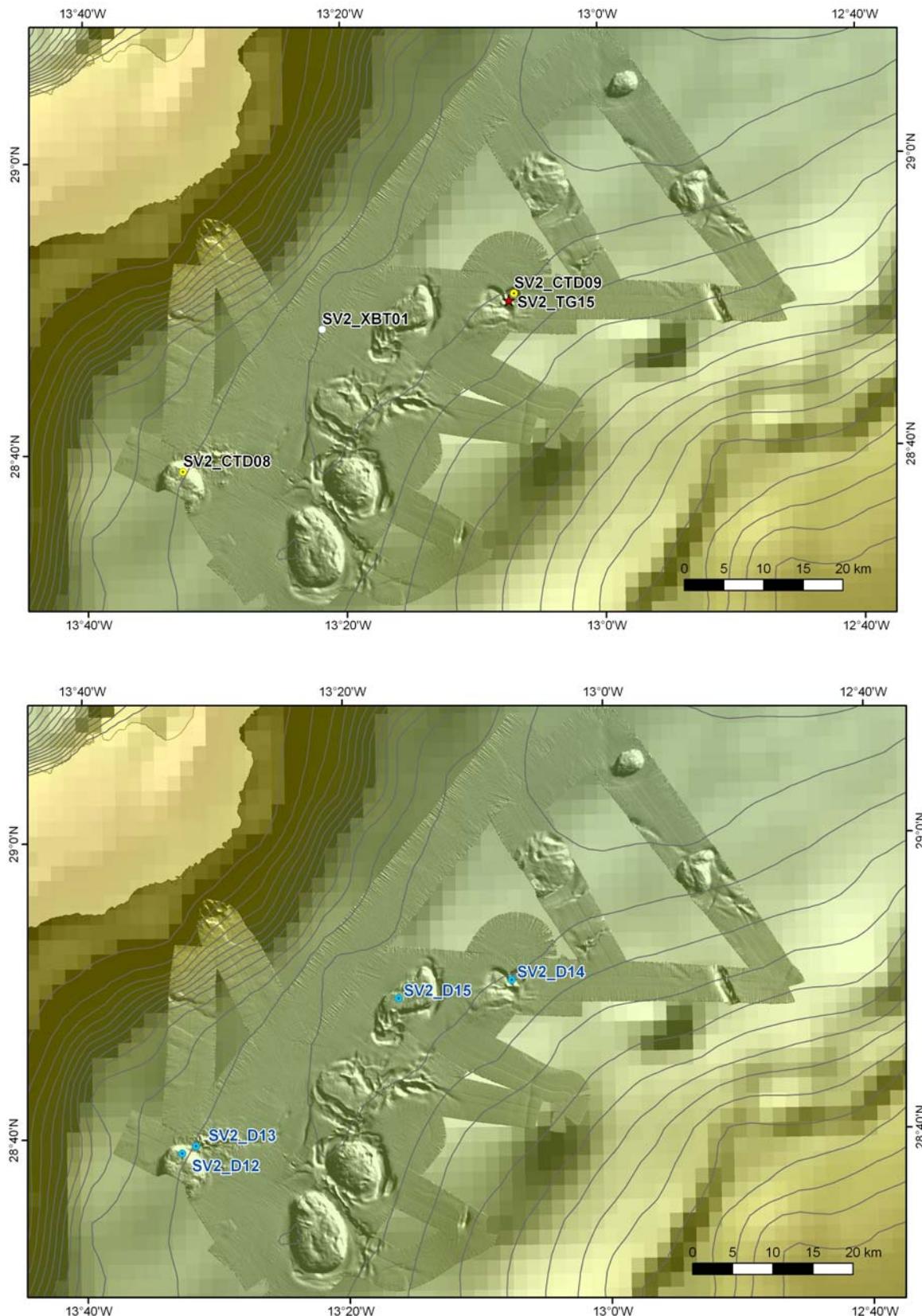


FIGURA 21: Arriba: Posición de estaciones de CTD y roseta de botellas NISKIN; Abajo: localización de inmersiones realizadas con el ROV LUSO.

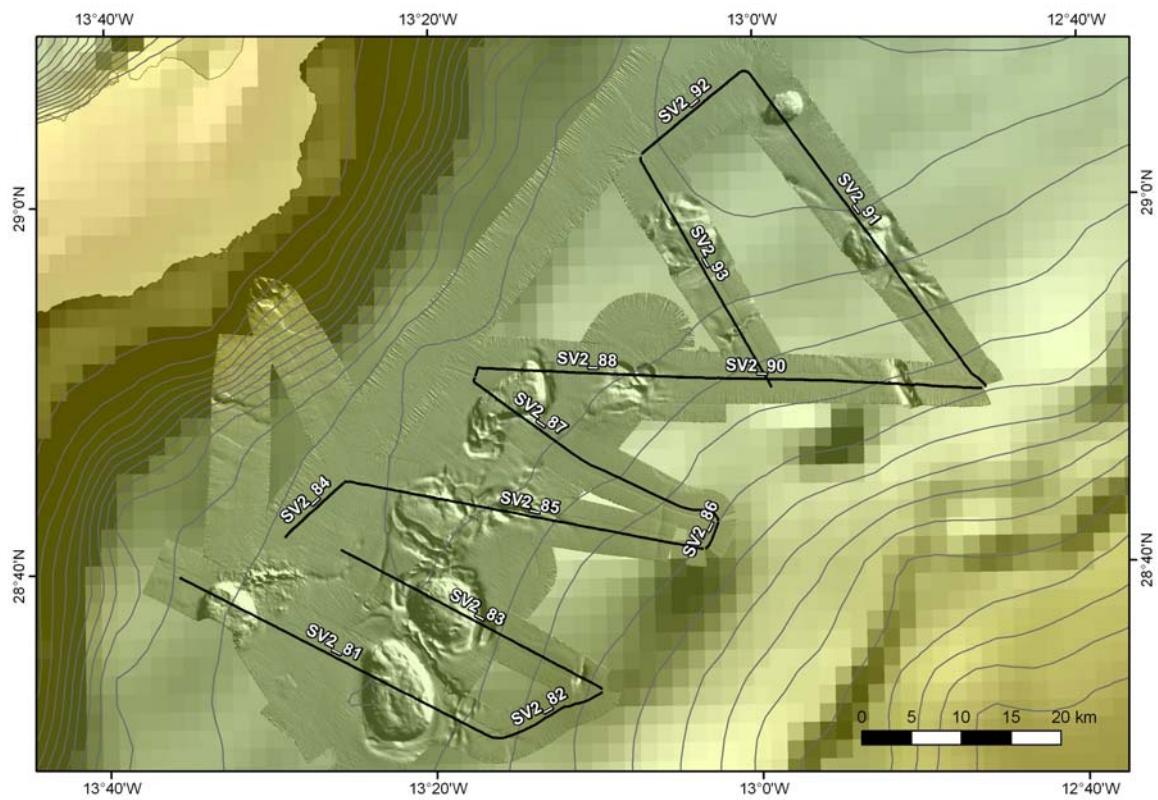


FIGURA 22: Líneas sísmicas realizada en la zona 2A.

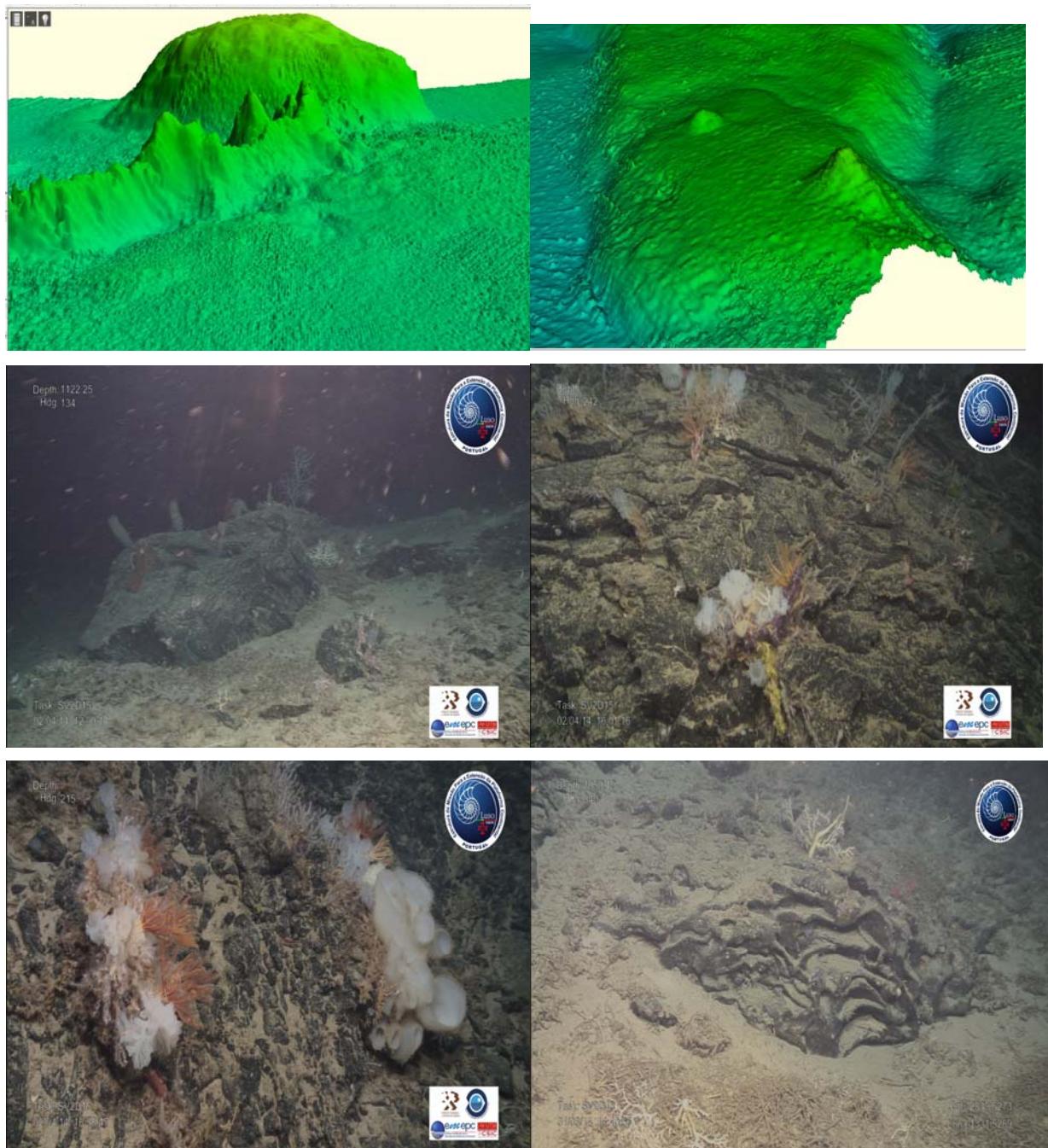


FIGURA 23: Arriba: Modelos de batimetría multihaz en los montes submarinos de la zona 2A: Abajo y centro: Imágenes del ROV LUSO de las dorsales y conos submarinas compuestas de coladas de lavas cordada y piroclastos volcánicos.

ZONA 2B: VOLCAN DE EL HIERRO

A la zona del volcán de El Hierro se llegó el día 4 de abril a las 2:00 h y se realizaron dos líneas previas con sonda multihaz. A las 7:00 h se realizó el “Tool-box meeting” y a las 8:00 comenzó la inmersión hasta las 17:00 h. La inmersión fue etiquetada como SV2_D16. Además se realizaron 5 líneas de perfilador de fondo Chirp y sonda multihaz para el levantamiento batimétrico de la zona del volcán (SV2_101 a SV_105)

A las 18:30 h se realizó el barqueo de los pilotos del ROV en el puerto de la Restinga, y se recogió el relevo de EMEPC. A las 20:00 h se puso rumbo hacia el sur de Madeira, grabándose el tránsito entre el Hierro y la Isla de Madeira (SV02_Transito04) por su interés en el proyecto SUBVENT.

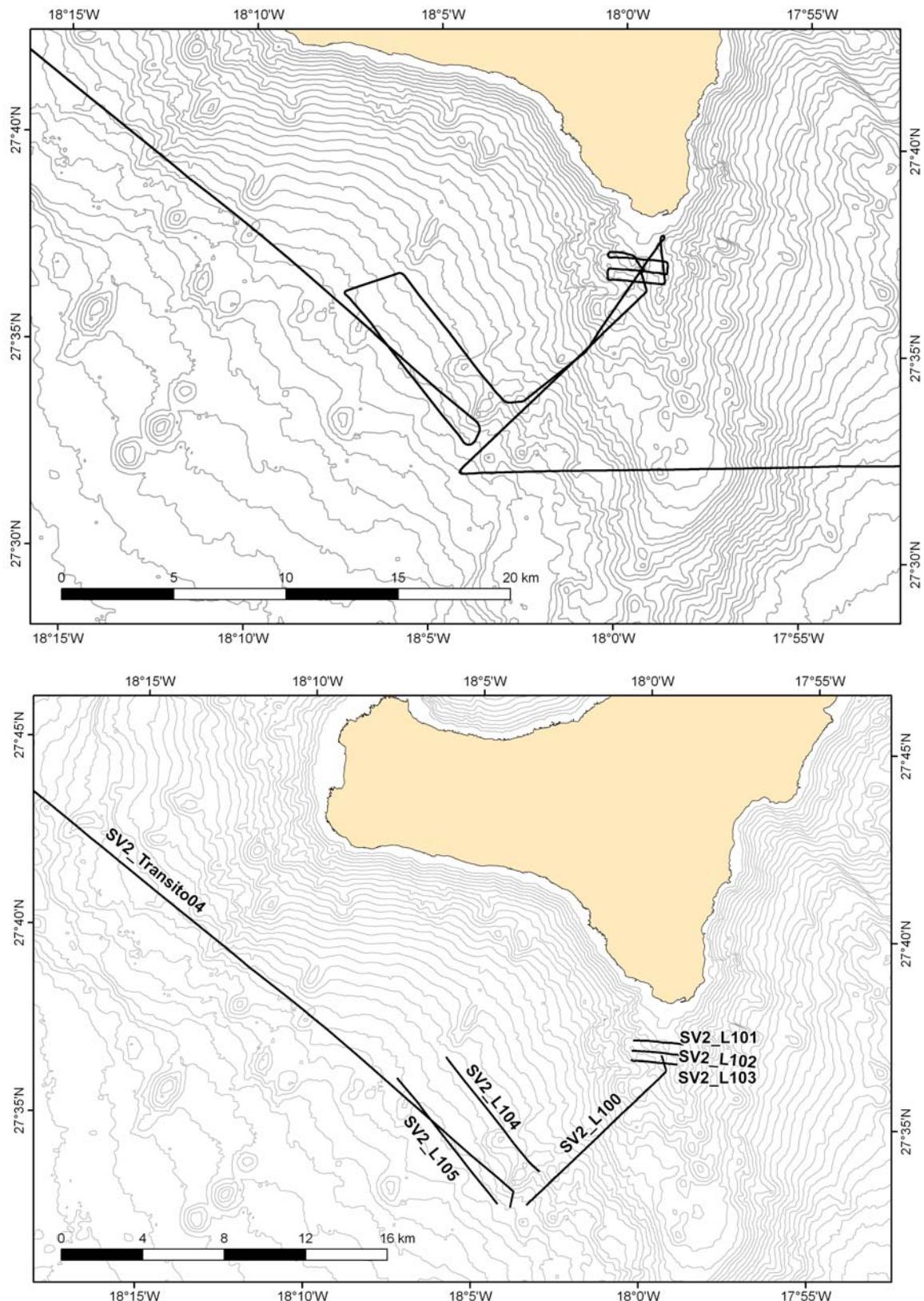


FIGURA 24: Arriba: itinerarios de navegación en la Isla de El Hierro (Zona 2B). Abajo: Líneas de ecosonda paramétrica.

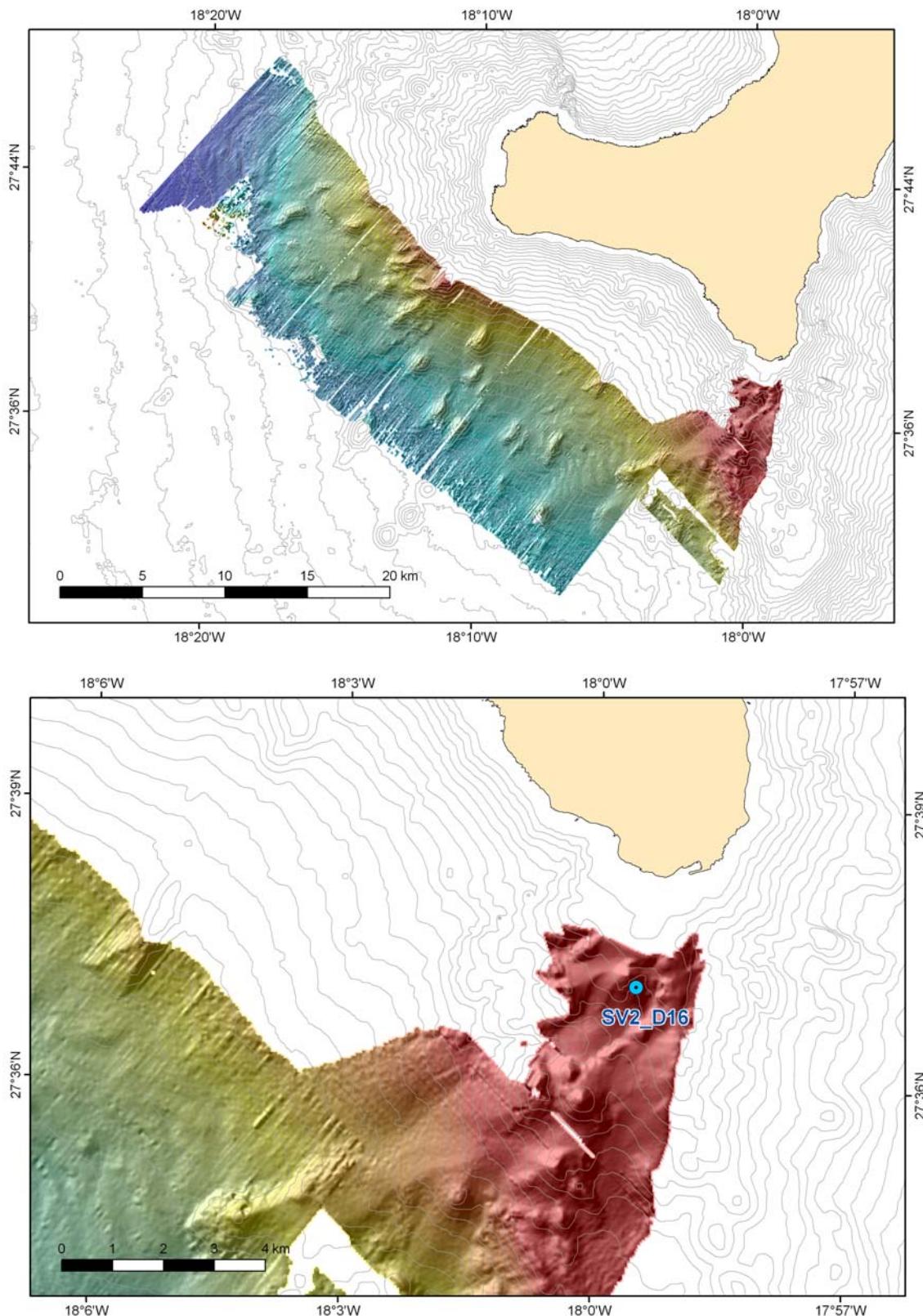


FIGURA 25: Mosaico de multihaz en la zona sur de el Hierro. Abajo: Inmersion con el ROV LUSO en el volcán submarino de El Hierro.

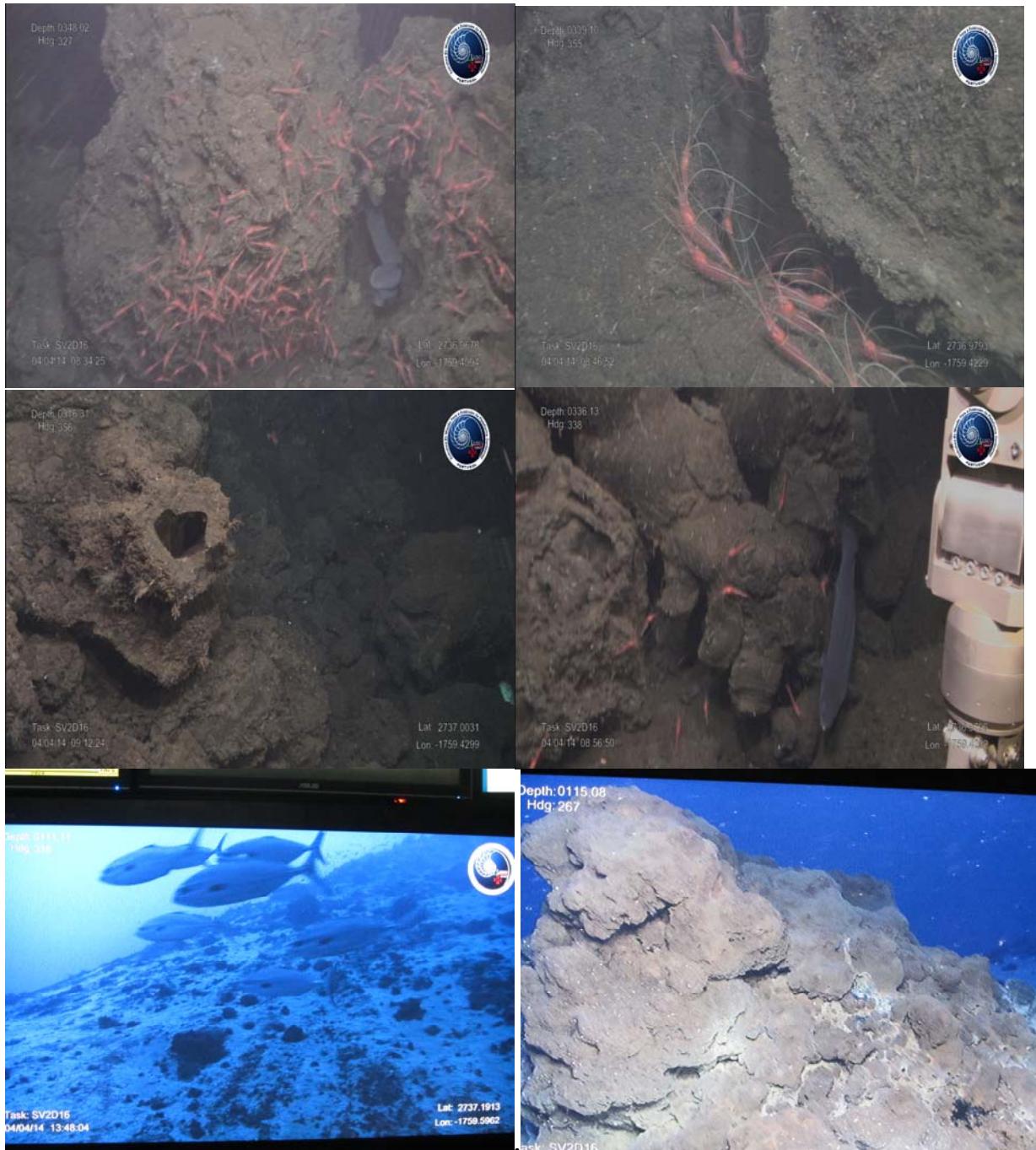


FIGURA 26: Imágenes del ROV Luso en la inmersión al volcán de la Restinga. Se puede observar la gran profusión de vida y chimeneas testigos de la reciente actividad del volcán submarino

ZONA 2C: SUR DE MADEIRA

A las 19:55h del día 5 de abril se comienza a desplegar los cañones de sísmica y el “streamer”. A las 21:07h, tras realizar un “soft-start” se comienza a registrar a adquirir los perfiles de sísmica con un volumen total de sísmica de 860 pulgadas cúbicas. En esta zona se comienza el perfil L-106. Al tiempo, se adquiere perfiles de perfilador paramétrico de fondo Chirp y de sonda de multihaz. A las 22:43h del día 8 de abril se finaliza la línea L-112. A las 22:45h se inicia la maniobra de estibación del cable del chigre de la roseta que finaliza a las 1:10h del día 9 de abril. Se realiza una línea de perfilador Chirp hasta el sur de Madeira que ocupa todo el día 9. A las 19:00h del día 9 de abril se finaliza dicha línea y se pone rumbo al puerto de Funchal para efectuar el barqueo del personal de EMEPC.

Se han realizado un total de 4 líneas de sísmica multicanal (SV2_106 a SV2_110) con una longitud total de 606 kilómetros, 8 líneas de perfilador Chirp y sonda multihaz (SV2_106 a SV2_113) y dos perfiladores de velocidad XBT (SV02_XBT02 y 03) durante 4 días (5/04/2014 a 9/04/2014) en la zona del sur de Madeira.

A las 6:00h del día 10 de abril se inicia el barqueo en Funchal. A las 7:00h, el buque Sarmiento de Gamboa pone rumbo al puerto de Vigo arribándose a puerto el día 13 de abril, según el calendario previsto.

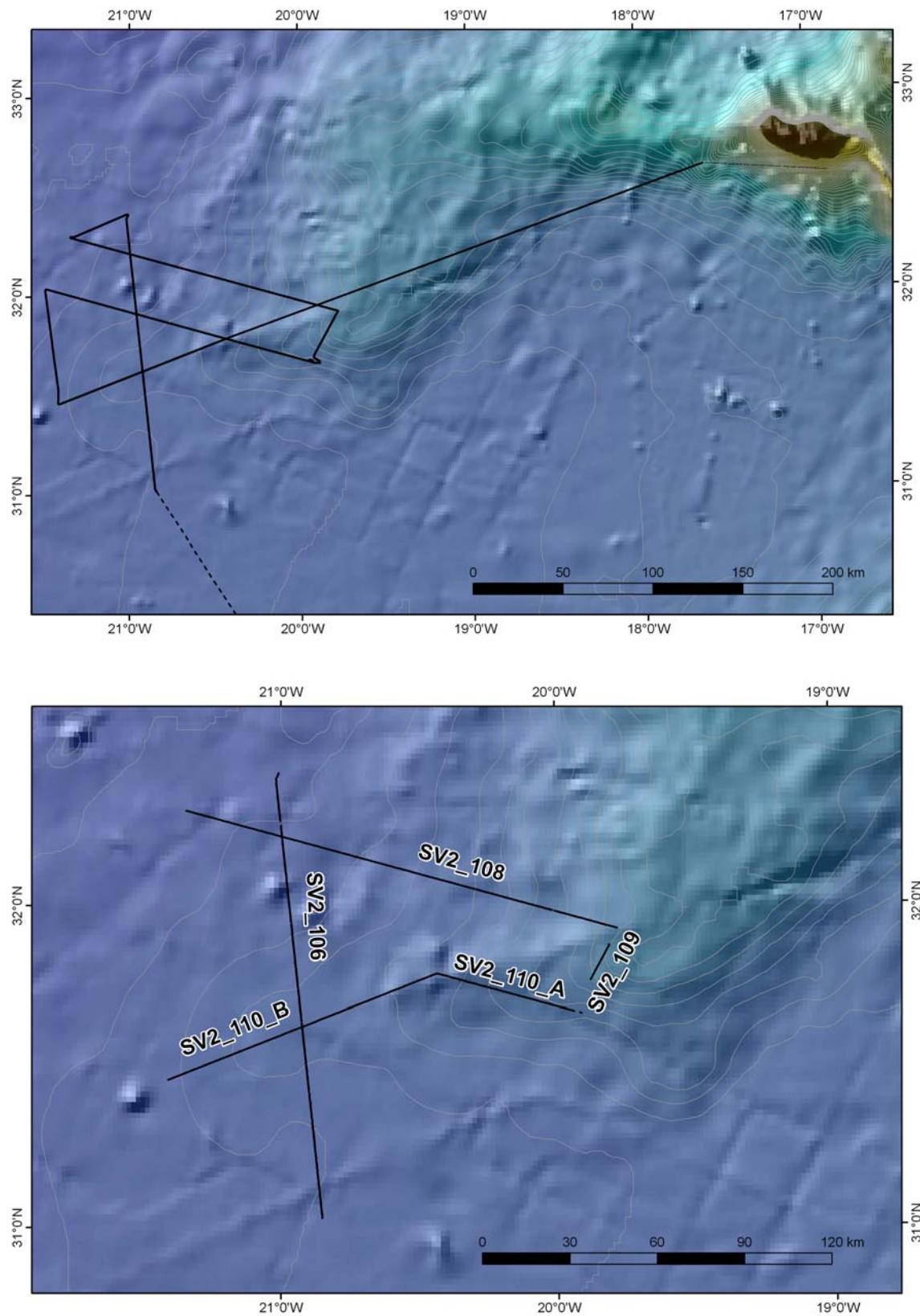


FIGURA 27: Arriba : Líneas de ecosonda paramétrica realizadas en la zona 2C. Abajo: Líneas de sísmica multicanal.

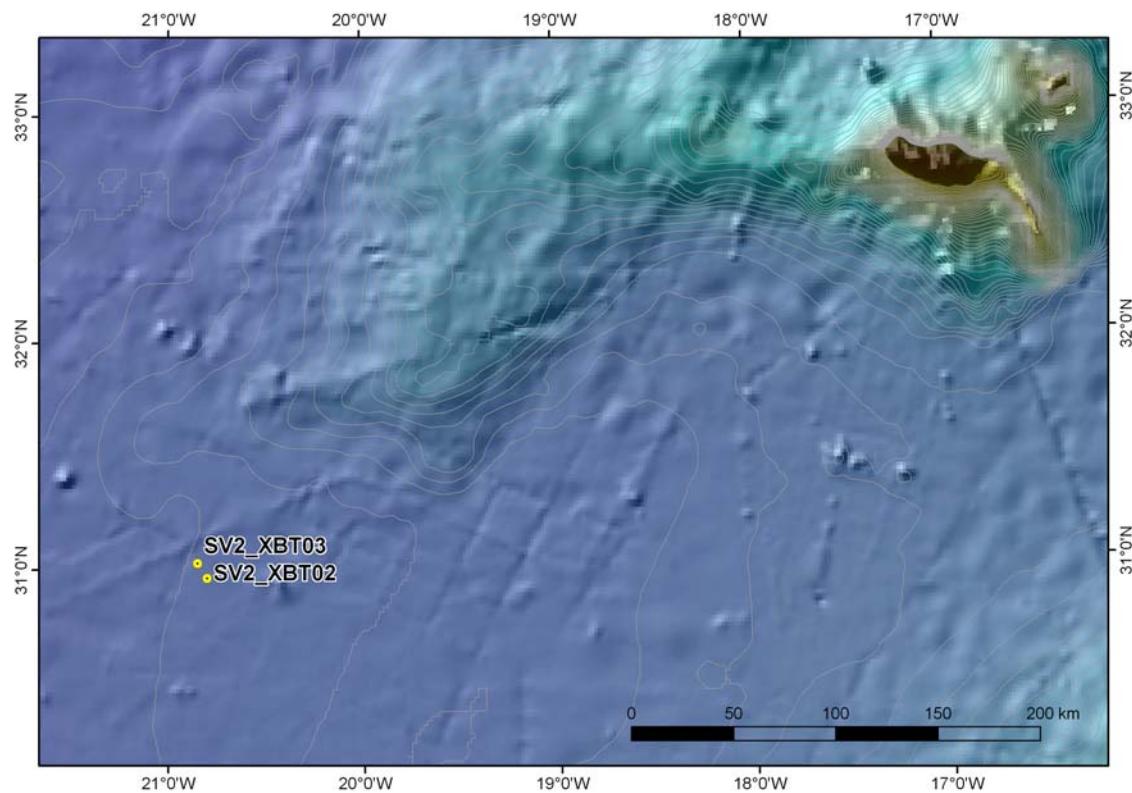


FIGURA 28: Estaciones perfiladoras de velocidad de sonidos XBTs realizadas en la zona 2C.

5.3. Síntesis de los trabajos y distribución de tiempos

Se han realizado un total de 3,952 km de líneas de adquisición de datos y 2,646 km de tránsito entre las zonas (Ver tabla y ANEXO 2). En el Golfo de Cádiz se han realizado un total de 1868 km con alta resolución, de las cuales 923 km de ellas también se ha desplegado el sistema de sísmica multicanal. En la zona 2A (Este de Lanzarote) se han realizado un total de 1374 km, de los cuales 309 km de ellas se ha empleado el sistema de sísmica multicanal. En la zona 2C (Madeira) se han realizado un total de 709 km de líneas, de las cuales 606 km han sido realizadas con sísmica multicanal.

	Cádiz (zona 1)	E Lanzarote (zona 2A)	S Madeira (zona 2C)	Tránsitos de navegación	Total
Tránsitos (km)				2646.49	2646.49
Chirp y Batimetría (km)	1868.03	1374.80	709.36		3952.20
Sísmica (km)	923.67	309.08	606.04		1838.81

RESUMEN DE LAS INMERSIONES REALIZADAS CON ROV

Se han realizado un total de 16 inmersiones con el ROV Luso, 11 en el Golfo de Cádiz (D02 a D011) y 5 en Canarias (D12 a D15 en Lanzarote y D16 en la Isla de El Hierro). Las inmersiones se han realizado entre profundidades de 87 metros (en el volcán de la Isla del Hierro) y 3.060 metros en el Golfo de Cádiz. Las horas de filmación de los fondos marinos suman un total de 107 horas y 40 minutos (ver tabla):

ZONA	NOMBRE	FECHA INICIO	HORA IN.	INICIO LAT. N	INICIO LONG. W	PROF. INICIO	HORA FIN	T (h)
CADIZ	SV2_D02	14/03/2014	08:36	35°17'47"	06°38'57"	383	17:21	08:45
	SV2_D03	15/03/2014	08:09	35°26.656'	06°59.94	840	13:45	05:36
	SV2_D04	16/03/2014	08:29	35°26'29"	7°29'14"	1350	15:16	06:47
	SV2_D05	17/03/2014	09:33	35°26.2573	7°28.8719	1379	16:08	06:35
	SV2_D06	18/03/2014	08:57	35°28.8034	7°39.8412	1612	18:15	09:18
	SV2_D07	19/03/2014	09:00	35°23.7128	8°51.4122	3060	19:32	10:32
	SV2_D08	20/03/2014	10:42	35°23'47"	7°35'91"	1389	18:20	07:38
	SV2_D09	21/03/2014	08:53	35°25.1157'	7°05.9327'	997	18:11	09:18
	SV2_D10	22/03/2014	11:05	36°26.52'	6°58.12'	802	15:58	04:53
	SV2_D11	24/03/2014	08:50	36°26.459'	6°58.288'	764	16:47	07:57

Lanzarote	SV2_D12	30/03/2014	13:54	28°38.94'	13°32.33'	--	18:27	04:33
Lanzarote	SV2_D13	31/03/2014	09:19	28°39.48'	13°31.46'	1083	16:07	06:48
Lanzarote	SV2_D14	01/04/2014	08:56	28°50.44'	13°07.28'	1309	14:23	05:27
Lanzarote	SV2_D15	02/04/2014	10:20	28°49.25'	13°16.01'	1070	16:43	06:23
Hierro	SV2_D16	04/04/2014	07:31	27°36.69'	17°59.37'	318	14:41	07:10

RESUMEN DE LAS ESTACIONES CON TESTIGOS DE GRAVEDAD Y CTD

Se han tomado 15 testigos de gravedad (TG) y se han realizado 10 estaciones de CTD con rosetas de botellas Niskin (CTD).

Tabla resumen de las estaciones de testigos de gravedad y estaciones de CTD.

NOMBRE	FECHA	HORA	LATITUD N	LONGITUD W
SV2_CTD01	13/03/2014	16:55	35°17'54"	6°38'43"
SV2_TG01	13/03/2014	17:54	35°17'54"	6°38'43"
SV2_TG02	13/03/2014	20:49	35° 28' 16"	6° 34' 10"
SV2_CTD02	15/03/2014	15:43	35°26'28"	6°58'22"
SV2_TG03	15/03/2014	16:35	35°26'28"	6°58'22"
SV2_TG04	16/03/2014	17:35	35°27'43"	7°29'27"
SV2_CTD03	16/03/2014	18:50	35°28'29"	7°24'18"
SV2_TG05	16/03/2014	20:21	35°28'29"	7°24'18"
SV2_CTD04	18/03/2014	19:56	35°23'34"	7°43'56"
SV2_TG06	18/03/2014	22:02	35°23'38"	7°43'57"
SV2_TG07	18/03/2014	23:45	35°24'53"	7°44'08"
SV2_CTD05	19/03/2014	20:20	35°27'49"	9°00'4.68"
SV2_TG08	19/03/2014	22:45	35°27'47"	9°00'04"
SV2_TG09	20/03/2014	08:06	35° 23'12"	7° 36'37"
SV2_TG10	20/03/2014	09:17	35° 22'52"	7° 36'04"
SV2_CTD06	21/03/2014	20:13	35° 27'34"	7° 06'57"
SV2_TG11	21/03/2014	20:32	35° 27'34"	7° 06'57"
SV2_TG12	22/03/2014	17:42	35°26'28"	6°58'15"
SV2_CTD07	25/03/2014	15:03	35°32'02"	6°30'24"
SV2_TG13_1	25/03/2014	15:44	35°31'59"	6°30'28"
SV2_TG13_2	25/03/2014	16:22	35°31'59"	6°30'28"
SV2_TG13_3	25/03/2014	17:02	35°32'02"	6°30'27"
SV2_TG14	25/03/2014	17:44	35°31'56"	6°30'30"
SV2_CTD08	30/03/2014	20:38	28°38.84'	13°32.58'
SV2_CTD09	01/04/2014	08:10	28°50'45"	13°06'45"
SV2_TG15	01/04/2014	16:23	28°50'25"	13°07'16"
SV2_XBT01	02/04/2014	18:35	28°48'28"	13°21'39"
SV2_CTD10	04/04/2014	03:39	27°31.8518	18°06.5945
SV2_XBT02	05/04/2014	20:09	30°57'53"	20°48'01"
SV2_XBT03	05/04/2014	21:30	31°01'51"	20°50'58"

6. PUBLICACIONES DE REFERENCIA

- Díaz-del-Río, V., Somoza, L., Martínez-Frias, J., Mata, M.P., Delgado, A., Hernandez-Molina, F.J., Lunar, R., Martín-Rubí, J.A., Maestro, A., Fernández-Puga, M.C., León, R., Llave, E., Medialdea, T., Vázquez, J.T. (2003). Vast fields of hydrocarbon-derived carbonate chimneys related to the accretionary wedge/olistostrome of the Gulf of Cádiz. *Marine Geology* 195, 1-4, 177-200.
- González, F. J., Somoza, L., Lunar, R., Martínez-Frías, J., Martín Rubí, J. A., Díaz del Río, V. (2007). Fe-Mn nodules associated with hydrocarbon seeps: the new discovery of the Gulf of Cadiz (eastern Central Atlantic). *Episodes* Vol. 30, n° 3, 187-196.
- León, R., Somoza, L., Medialdea, T., Vazquez, J.T., González, F.J., López-González, N., Casas, D., Mata, M.P., Fernández-Puga, M.C., Giménez-Moreno, C.J., Díaz-del-Río, V. 2012. New discoveries of mud volcanoes on the Moroccan Atlantic continental margin (Gulf of Cádiz): morpho-structural characterization. *Geo-Marine Letters*, doi: 10.1007/s00367-012-0275-1.
- Medialdea, T., Vegas, R., Somoza, L., Vázquez, J.T., Maldonado, A., Díaz-del-Río, V., Maestro, A., Córdoba, D, M. C. Fernández-Puga, (2004). Structure and evolution of the "Olistostrome" complex of the Gibraltar Arc in the Gulf of Cádiz (eastern Central Atlantic): evidence from two long seismic cross-sections. *Marine Geology* 209, 1-4, 173-19.
- Pinheiro L. M., Ivanov, M. K., Sautkin, A., Akhmanov, G., Magalhães, V.H, Volkonskaya, A., Monteiro J. H. , Somoza L, Gardner J. , Hamouni N., Cunha.M. R. (2003). Mud volcanism in the Gulf of Cadiz: results from the TTR-10 cruise. *Sedimentary Processes and Seafloor Hydrocarbon Emission on Deep European Continental Margins*. *Marine Geology* 195, 1-4, Pages 131-151.
- Somoza, L. V., Díaz-del-Río, R. León, M. Ivanov, M.C. Fernández-Puga, J.M. Gardner, F. J. Hernández-Molina, L.M. Pinheiro, J. Rodero, A. Lobato, A. Maestro, J.T. Vázquez , T. Medialdea , L.M. Fernández-Salas. (2003). Seabed morphology and hydrocarbon seepage in the Gulf of Cádiz mud volcano area: Acoustic imagery, multibeam and ultra-high resolution seismic data. *Marine Geology* 195, 1-4, 153-176
- Somoza, L., Gardner, J.M., Diaz-del-Rio, V., Vazquez, T., Pinheiro, L., Hernández-Molina, F. J. and TASYO/ANASTASYA shipboard scientific parties. (2002). Numerous methane gas related seafloor structures identified in the Gulf of Cádiz. *EOS Transactions AGU* 83 (47): 541-547.
- Somoza, L., Mascle, J., Ceramicola, S., León, R., Praeg, D., Medialdea, T. (2012). Mud Volcanoes in the Mediterranean Domain from the Levant to the Gulf of Cadiz: Deep-Water Hotspots for Geosphere-Biosphere Coupling. *The Deep-Sea & Sub-Seafloor Frontiers Conference- Barcelona, Spain 11-14 March, 2012*

7- ANEXOS

1. DIARIO DE CAMPAÑA

2. TABLAS DE OPERATIVIDAD: LINEAS NAVEGACIÓN; LÍNEAS SISMICAS Y ROV

3. TABLAS RESUMEN LINEAS Y LISTADO DE ARCHIVOS (ZONA 1) GOLFO DE CÁDIZ.

4. TABLAS RESUMEN LÍNEAS Y LISTADO DE ARCHIVOS (ZONA 2): CANARIAS-MADEIRA.

5. CONFIGURACIÓN SÍSMICA

6. NOTAS DE PRENSA