



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

Impreso de solicitud de tiempo operativo de buques Oceanográficos gestionados en COCSABO

INTRODUCCIÓN

Todos los solicitantes que precisen tiempo operativo de algunos de los buques coordinados por la “Comisión de Coordinación y Seguimiento de las Actividades de los Buques Oceanográficos” (COCSABO) en Proyectos del Plan Nacional de I+D+I, deberán adjuntar este impreso y el denominado “Plan de campaña” a la solicitud. **El coste del uso del barco y los equipamientos no deberá ser incluido en el presupuesto del proyecto. Dicho coste se solicitará mediante una Acción Complementaria una vez aprobado el proyecto.**

Las campañas oceanográficas que se realicen en espacios incluidos en la Red de Áreas Marinas Protegidas Red Natura 2000, deberán solicitar a la Subdirección General de Proyectos una evaluación de impacto ambiental nueve meses antes del inicio la realización de la campaña.

El Investigador Principal del Proyecto se compromete a presentar a la Subdirección General de Proyectos un informe de campaña en un plazo máximo de tres meses tras la finalización de la misma. Este informe deberá incluir la información básica de la campaña, derrota, posición de estaciones de muestreo, variables medidas, personal participante, porcentaje de los objetivos originales cumplidos, resultados esperados e incidencias. Asimismo incluirá la relación de metadatos recogidos durante la campaña.

Para una mayor información sobre el uso de buques oceanográficos coordinados por la COCSABO debe consultar el Manual de Procedimientos disponible en la página web del Ministerio.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

IMPRESO PARA LA SOLICITUD DE TIEMPO OPERATIVO EN BUQUES OCEANOGRÁFICOS GESTIONADOS EN COCSABO

1. Investigador Principal: LUIS SOMOZA LOSADA

Referencia:

Organismo: INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Centro: RECURSOS GEOLOGICOS MARINOS

Dirección: RIOS ROSAS 23, 28003
MADRID

Teléfono: 91 3495763

Fax:

E-mail: l.somoza@igme.es

2. Título del Proyecto:

Exploración de emisiones submarinas de fluidos hidrotermales, mineralizaciones y geobio-sistemas asociados: EXPLOSEA.

Indicar el Área de Gestión del Plan Nacional de I+D+I al que se solicita: (por ejemplo: CTM/MAR, CGL/CLIMA, CGL/ INVESTIGACIÓN POLAR O ANTÁRTIDA, otros)

Al tratarse de un proyecto en el que se solicitan dos campañas oceanográficas se solicita el Área de Gestión CTM/MAR.

Programa Europeo en el que ha sido financiado el Proyecto:

Coordinador del Proyecto Europeo:

Relación con grandes proyectos o programas internacionales:

El proyecto EXPLOSEA se enmarca en la línea estratégica "ATLANTIC SEABED MAPPING" dentro de la recién constituida "ATLANTIC OCEAN RESEARCH ALLIANCE" formada entre E.E.U.U., Canadá y U.E. y de la que España forma parte junto a Portugal, Irlanda, Reino Unido y Francia. Dicha alianza pretende promover el conocimiento del Océano Atlántico y sus recursos, así como la relación entre el Atlántico y el Ártico. Además los resultados del proyecto se integrarán en proyectos de infraestructura europea marina, actualmente en vigor como el proyecto EMODnet (www.emodnet.eu), Minerals4EU (www.Minerals4EU.eu)



3. Indicar cuántas campañas se solicitan para el proyecto:

Para cada campaña indicar acrónimo y fechas preferidas.

1ª Campaña: EXPLOSEA-1: Azores-Canarias (junio-julio 2017).

2ª Campaña: EXPLOSEA-2: Islas Shetland del Sur, Estrecho de Bransfield (Antártida) (enero-febrero 2018).

4. Indicar, en orden de preferencia, los buques en los que se podría desarrollar esta actividad. En el caso de necesitar un buque en concreto, justificarlo detalladamente.

1ª CAMPAÑA EXPLOSEA-1 (Azores-Canarias): Dada la necesidad de posicionamiento dinámico (DP) para el uso del **ROV-6000 Luso**, se sugiere la utilización del **B/O Sarmiento de Gamboa** que fue exitosamente adaptado a este buque para la campaña Subvent-2 del proyecto SUBVENT (CGL2012-39524-C02-02)

2ª CAMPAÑA EXPLOSEA-2 (Islas Shetland del Sur, Estrecho de Bransfield): Al desarrollarse en aguas antárticas por debajo de latitud 60ºS se solicita el **BIO Hespérides o B/O Sarmiento de Gamboa**. EL B/O Sarmiento de Gamboa tiene capacidad de **posicionamiento dinámico (DP)** para el manejo de **ROV6000 Luso** de alta profundidad. El BIO Hespérides no tiene posicionamiento dinámico (DP), por lo que se optaría por la utilización de un **mini-ROV Explorer**, que puede ser manipulado desde una embarcación semi-rígida.



5. Área geográficas de las campañas:

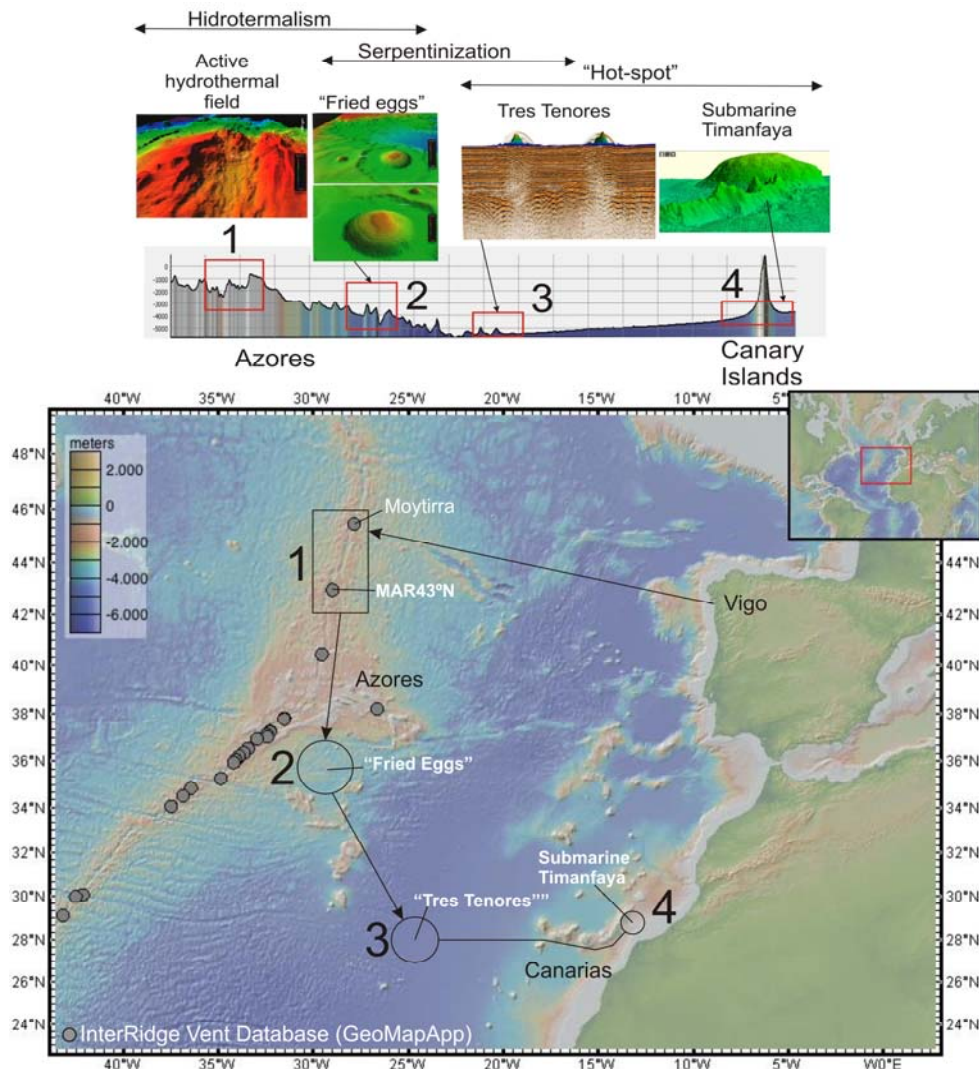
1ª CAMPAÑA EXPLOSEA-1 (Islas Azores-Canarias)

Adjuntar un Plan de Campaña preliminar (Máximo 4 páginas). Se adjunta (Anexo 1)

Indicar latitud y longitud inicial y final: **45° 30' N 27° 50' W y 28° 37' N 13° 30' W**

Adjuntar un mapa detallado señalando al menos las coordenadas de los puntos de muestreo más distantes en la zona de estudio.

Señalar los puertos de atraque más próximos al punto inicial y final de campaña en el área de estudio: **Vigo-Azores y/o Canarias**





MINISTERIO
DE ECONOMIA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

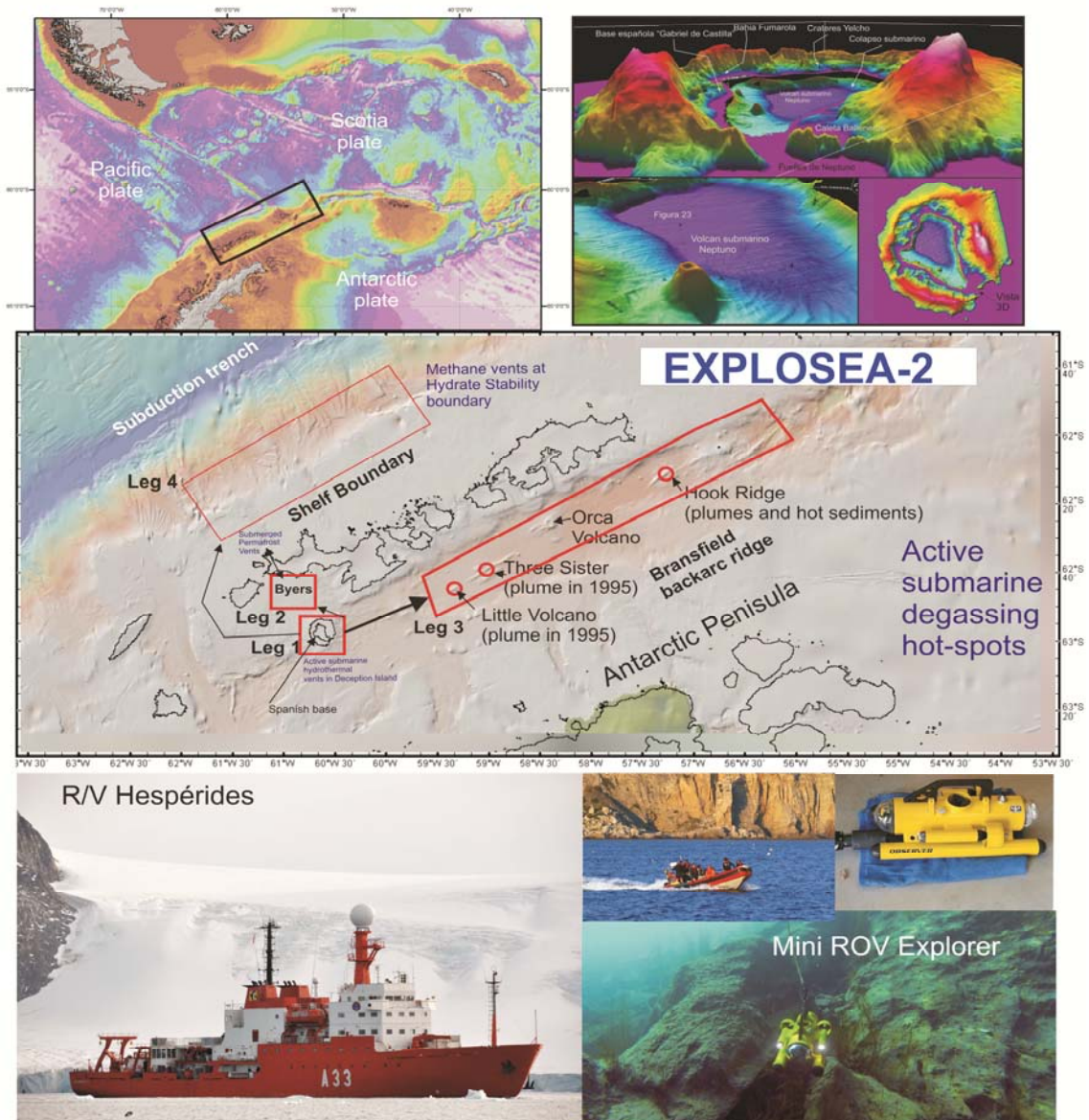
DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

2ª CAMPAÑA EXPLOSEA-2 (Isla Decepción, Península de Byers, Estrecho de Bransfield, Shetland del Sur)

Adjuntar un Plan de Campaña preliminar. Se adjunta (Anexo 2).

Indicar latitud y longitud inicial y final: 62° 58' S, 60° 39' W y 62° 58' S, 60° 39' W





6. Número de plazas necesarias:

Justificar:

- **1ª Campaña oceanográfica EXPLOSEA-1:** 20 (15 investigadores y 5 pilotos-técnicos ROV Luso)
- **2ª Campaña oceanográfica EXPLOSEA-2:** 25 (20 investigadores y 5 pilotos-técnicos mini-ROV Explorer)

7. Meses del año preferidos:

Restricciones temporales. Justificar detalladamente:

- **1ª Campaña oceanográfica EXPLOSEA-1:** Preferiblemente meses de verano. Ej. julio-agosto-septiembre dado que las condiciones de inmersión del ROV-6000 son restrictivas en cuanto a las condiciones del viento y oleaje.
- **2ª Campaña oceanográfica EXPLOSEA-2:** Por las mismas razones, preferiblemente el verano austral Enero-Febrero con condiciones algo más óptimas y ausencia de hielo procedente de la Península Antártica.

8. Nº de días necesarios exclusivamente para el trabajo científico:

(Excluyendo el tiempo de travesía) Nº mínimo aceptable de días de campaña. Justificar

- **1ª Campaña oceanográfica EXPLOSEA-1:** 45 días. Las labores de inmersión de un ROV 6000 requieren una cuidadosa planificación cada día. El tiempo de arriado e izado del ROV 6000 a profundidades mayores de 1000 metros es elevado en tiempo. La logística y planificación con el ROV 6000 solo hacen rentable científicamente un periodo largo de campaña.
- **2ª Campaña oceanográfica EXPLOSEA-2:** 35 días. La investigación con embarcación semirrígida y con el mini ROV Explorer está sujeta a las condiciones meteorológicas de la Antártida, altamente cambiantes. Desde el punto de vista científico, solo es rentable desarrollar la logística prevista si se cuenta con 30 días de campaña netos como mínimo.

9. Equipamiento Científico:

1ª CAMPAÑA EXPLOSEA-1 (B/O Sarmiento de Gamboa) (Anexo 1)

- a) Indicar de la lista de equipamientos adscritos a la Unidad de Tecnología Marina (UTM) que podrá encontrar en la página web: <http://www.utm.csic.es/buques.asp> , qué equipos se solicitan



para la campaña;

- Termosalinógrafo.
- GPS diferencial activo.
- Ecosonda multihaz ATLAS Hydrosweep.
- Ecosonda paramétrica ATLAS.
- Ecosonda monohaz EA600.
- Ecosonda multifrecuencia EK60
- Perfilador de velocidad del sonido SVP+, sondas batitermográficas XBTs
- Sistema de sismica de alta resolución 3 canales.
- Sacatestigo de gravedad (lanzas 3 y 5m)
- Roseta de 24 botellas Niskin + CTD + LADCP + sondas multiparámetro (O₂, turbidez)
- ADCP
- Perfilador de velocidades – SVP+
- Licencia CARIS HIPS & SEEPS
- ROV 6000 (LUSO)

b) Relacionar su utilización con los objetivos científicos planteados en el proyecto;

Ver Plan de Campaña EXPLOSEA-1 ([Anexo 1](#)).

c) Experiencia del personal que se embarcará en el manejo de los equipos que se solicitan;

Se embarcarán pilotos y técnicos del ROV LUSO con amplia experiencia en el manejo del ROV-6000. El personal científico, incluido Jefe Científico, ya tienen experiencia en las labores de inmersión, puesto que se utilizó en la campaña SUBVENT a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa en 2014.

d) Equipamiento propio que se aporta:

ROV-6000 de EMEPC gracias al Protocolo de Cooperación de Investigación entre España y Portugal.

10. Instalaciones del buque a utilizar (laboratorios, indicando explícitamente si se realizarán análisis con radioisótopos).

- Cámara frigorífica (4°C) y congeladoras (-20°C y -80°C).
- Campana de extracción de gases para trabajos con líquidos tóxicos
- Lupa binocular para observaciones y fotografía biológicas y geológicas de detalle, y luz fría externa
- Centrifuga para obtención de agua intersticial en los sedimentos
- Agua destilada
- Destilador millipore
- Baño termostático



- Estufa de desecación

Indicar si se realizarán actividades de buceo. NO

2ª CAMPAÑA EXPLOSEA-2 (BIO Hespérides/BO Sarmiento de Gamboa) (Anexo 2)

- a) Indicar de la lista de equipamientos adscritos a la Unidad de Tecnología Marina (UTM) que podrá encontrar en la página web: <http://www.utm.csic.es/buques.asp> , qué equipos se solicitan para la campaña;

- Termosalinógrafo.
- GPS diferencial activo.
- Ecosonda multihaz Konsberg EM120.
- Ecosonda paramétrica TOPAS.
- Ecosonda monohaz Konsberg EA600.
- Ecosonda multifrecuencia Konsberg EK60
- Perfilador de velocidad del sonido SVP+, sondas batitermográficas XBTs
- Sistema de sísmica de alta resolución 3 canales.
- Sacatestigo de gravedad (lanzas 3 y 5m)
- Dragas de rocas
- Roseta de 24 botellas Niskin + CTD + LADCP + sondas multiparámetro (O₂, turbidez)
- ADCP
- Perfilador de velocidades – SVP+
- Gravímetro
- Magnetómetro marino
- Licencia CARIS HIPS & SEEPS

- b) Relacionar su utilización con los objetivos científicos planteados en el proyecto;
Ver Plan de Campaña EXPLOSEA-2 (Anexo 2)

- c) Experiencia del personal que se embarcará en el manejo de los equipos que se solicitan;

Se embarcarán pilotos y técnicos del mini ROV Explorer con amplia experiencia en su manejo. El personal científico, incluido Jefe Científico, ya tienen experiencia en campañas antárticas (7 campañas antárticas). Ver experiencia del IP en campañas antárticas (Anexo 3).

- d) Equipamiento propio que se aporta:

Mini ROV Explorer y embarcación semirrígida del EMEPC gracias al Protocolo de Cooperación de Investigación entre España y Portugal. Sonar de barrido Lateral portátil de doble frecuencia de la Universidad de Sao Paulo



10. Instalaciones del buque a utilizar (laboratorios, indicando explícitamente si se realizarán análisis con radioisótopos).

- Cámara frigorífica (4°C) y congeladoras (-20°C y -80°C).
- Campana de extracción de gases para trabajos con líquidos tóxicos
- Lupa binocular para observaciones y fotografía biológicas y geológicas de detalle, y luz fría externa
- Centrífuga para obtención de agua intersticial en los sedimentos
- Agua destilada
- Destilador millipore
- Baño termostático
- Estufa de desecación

11. Personal Técnico Especializado adscrito al Buque.

Justificar la necesidad de su participación.

Se prevé la utilización de patrón y proel de la tripulación adscrita al BIO Hespérides para el manejo de embarcación semirrigida desde donde se manipula el mini ROV Explorer.

Informar si se dispone de apoyo técnico propio.

Si, pilotos de ROV-6000 y mini-ROV Explorer.

12. Colaboraciones, nacional/internacional previstas para esta campaña.

Indicar los nombres de colaboradores, departamentos y organismos.

1ª CAMPAÑA EXPLOSEA-1

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Dpto. Petrología, Universidad Complutense de Madrid (UCM).
- EMEPC, Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (Portugal).
- Instituto Portugues do Mar e da Atmosfera (IPMA, Portugal).
- Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM).
- Instituto Energías Renovables Canarias (ITER-INVOLCAN).
- Centre Geobiology Univ. Göttingen (Alemania).
- Universidad de Auckland (Nueva Zelanda).
- Instituto Oceanográfico Sao Paulo. Universidade de Sao Paulo (Brasil).



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

2ª CAMPAÑA EXPLOSEA-2

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Dpto. Petrología, Universidad Complutense de Madrid (UCM).
- Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (EMEPC, Portugal).
- Instituto Portugues do Mar e da Atmosfera (IPMA, Portugal).
- Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM)
- Instituto Energías Renovables Canarias (ITER-INVOLCAN).
- Centre Geobiology Univ. Göttingen (Alemania).
- Universidad de Auckland (Nueva Zelanda).
- Instituto Oceanográfico Sao Paulo. Universidade de Sao Paulo (Brasil)

¿Es la campaña complementaria de otra realizada o a realizar en buques extranjeros? Justificar razonadamente.

13. Otras consideraciones:

Adjuntar Curriculum-Vitae del Jefe de Campaña, (solo si es diferente del I.P.) con una reseña específica de la campañas en las que ha participado y de las que ha dirigido previamente

Fecha: 15/04/2016

Fdo. LUIS SOMOZA LOSADA
Investigador Principal Proyecto



Anexo 1: PLAN DE CAMPAÑA “EXPLOSEA-1”

RESUMEN DEL PLAN DE CAMPAÑA

El objetivo de la campaña EXPLOSEA-1 es investigar una serie de geo-sistemas inexplorados de emisiones hidrotermales de alta a baja temperatura en los fondos marinos atlánticos a lo largo de un transecto entre la dorsal Atlántica y el margen africano (Islas Azores-Islas Canarias). Estas emisiones hidrotermales fueron detectadas previamente en campañas realizadas para la Ampliación de la Plataforma Continental española al Oeste de las Islas Canarias. La campaña EXPLOSEA-1 estará dividida en 4 fases en las que se estudiará: Fase 1) una zona de actividad hidrotermal de alta temperatura parcialmente explorada que fué localizada en 2011 en la campaña VENTuRE en la dorsal atlántica al norte de las Islas Azores (Moytirra); Fase 2) una zona de actividad hidrotermal de baja temperatura relacionada con una posible emisión de metano abiogénico por serpentización de corteza oceánica atlántica al sur de las Islas Azores; Fase 3) una zona hidrotermal y vulcanismo profundo entre Azores y Canarias detectados en el proyecto de Extensión de la Plataforma Continental española al Oeste de las islas Canarias y Fase 4) una zona hidrotermal y de vulcanismo submarino asociado al vulcanismo histórico reciente de Timanfaya (Lanzarote). Para alcanzar los objetivos del proyecto se utilizará en cada zona de trabajo una secuencia de técnicas de prospección: 1) Levantamiento batimétrico y perfiles de sismica de alta resolución (sarta de cañones de aire y “streamer” SIG de 3 canales), sistemas acústicos monohaz (EK-60), sonda paramétrica (modo SLF y PHF) y sonda multihaz (Atlas Hydrosweep); 2) Ruta de exploración con ROV-6000 LUSO equipado con cámara de alta resolución, dos brazos robotizados para toma de muestras de roca y sedimento, sensores de temperatura, salinidad, turbidez, fluorescencia, potencial redox, metano y CO₂, así como cuatro botellas Niskin para toma de muestras de fluidos; y 3) sondas multiparámetro CTD y roseta de botellas Niskin para la columna de agua y/o muestreo de los fondos con testigo de pistón/gravedad dependiendo del tipo de fondo. EL ROV-6000 Luso se utilizará gracias al protocolo de cooperación científica hispano-portugués firmado entre la Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (EMEPC) de Portugal y el Instituto Geológico y Minero de España. Dada la necesidad de posicionamiento dinámico (DP) para el uso del ROV-6000 Luso se sugiere la utilización del B/O Sarmiento de Gamboa que fue exitosamente adaptado a este buque para la campaña SUBVENT-2 (CGL2012-39524-C02-02). Esta campaña pretende fomentar la colaboración internacional multidisciplinar de investigación marina profunda en una zona estratégica como son los archipiélagos meridionales del Atlántico Norte (eje Azores-Madeira-Canarias), enmarcándose dentro de la recién constituida “Atlantic Ocean Cooperation Research Alliance” (H2020-BG-2014-2) formada entre EEUU, Canadá y Unión Europea y de la que España forma parte junto con otros países atlánticos como Portugal, Irlanda, Reino Unido y Francia. En este sentido, en la campaña embarcarán un científico de EE.UU (NOOA) y otro de Canadá en virtud de esta alianza trilateral.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la campaña EXPLOSEA-1 es investigar una serie de emisiones submarinas hidrotermales de alta y baja temperatura inexploradas, que se localizan en un transecto entre el archipiélago de las Azores y las Islas Canarias. Dichas evidencias de emisiones hidrotermales han sido detectados gracias a los levantamientos cartográficos detallados (a) durante campañas destinadas los trabajos



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

de elaboración de las propuestas tanto de España como de Portugal al oeste de Canarias y en Azores, respectivamente para la Ampliación de la Plataforma Continental más allá de las 200 millas náuticas conforme a la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar; (b) durante campañas de exploración de la dorsal, como por ejemplo la campaña VENTuRE.

Esta campaña pretende fomentar la colaboración internacional multidisciplinar de investigación marina profunda en una zona estratégica como son los archipiélagos meridionales del Atlántico Norte (región de la Macaronesia, eje Azores-Madeira-Canarias). El proyecto se enmarcaba en la línea estratégica “Seabed and hábitat mapping” dentro de la “*Atlantic Ocean Cooperation Research Alliance*” (H2020-BG-2014-2) formada entre EEUU., Canadá y UE recientemente constituida y de la que España forma parte junto a Portugal, Irlanda, Reino Unido y Francia. Los objetivos de la “*Atlantic Ocean Cooperation Research Alliance*” son mejorar el conocimiento del Océano Atlántico y promover el desarrollo sostenible de sus recursos.

Las evidencias de emisiones hidrotermales profundas identificadas necesitan ser corroboradas y estudiadas en una campaña oceanográfica específica, dado que pueden ofrecer la oportunidad de observar emisiones de fluidos activos en sistemas de alta profundidad y conocer su naturaleza, su dinámica, los procesos que las generan y los materiales geológicos que forman. A partir de la bibliografía, en áreas próximas de la dorsal atlántica, se parte de la hipótesis de que estas plumas podrían tener su origen en emisiones profundas de metano y CO₂ asociadas a procesos volcánicos e hidrotermales. En este sentido, uno de los principales logros sería la observación directa con sistemas ROV de algunas de las emisiones de fluidos activos más profundas localizadas actualmente en el mundo junto con sus posibles hábitats extremófilos asociados.

El presente proyecto tiene como antecedente inmediato la experiencia adquirida en el proyecto SUBVENT. Durante dicho proyecto se realizaron dos campañas oceanográficas. La primera campaña SUBVENT-1/MAEC a bordo del BIO Hespérides, se llevó a cabo en combinación con el proyecto para la Ampliación de la Plataforma Continental al Oeste de las Islas Canarias. En dicha campaña, realizada en septiembre del 2013 se utilizaron métodos estándar de exploración en la Cuenca Canaria. En la segunda campaña SUBVENT-2 a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa, realizada en marzo-abril del 2014, se adaptó el ROV-6000 *Luso* a las condiciones de dicho buque (barquillas posicionamiento submarino). El ROV-6000 se encuentra en Lisboa y fue trasladado hasta el puerto de Vigo gracias al Acuerdo de Colaboración científico hispano-portugués firmado entre el IGME y el EMEPC. La campaña fue un éxito y se realizaron un total de 15 inmersiones con el ROV *Luso*, 10 en el Golfo de Cádiz y 5 en Canarias, entre 87 metros (Isla del Hierro) y 3.060 metros de profundidad



en el Golfo de Cádiz. Las horas de filmación de los fondos marinos sumaron un total de 107 horas y 40 minutos.

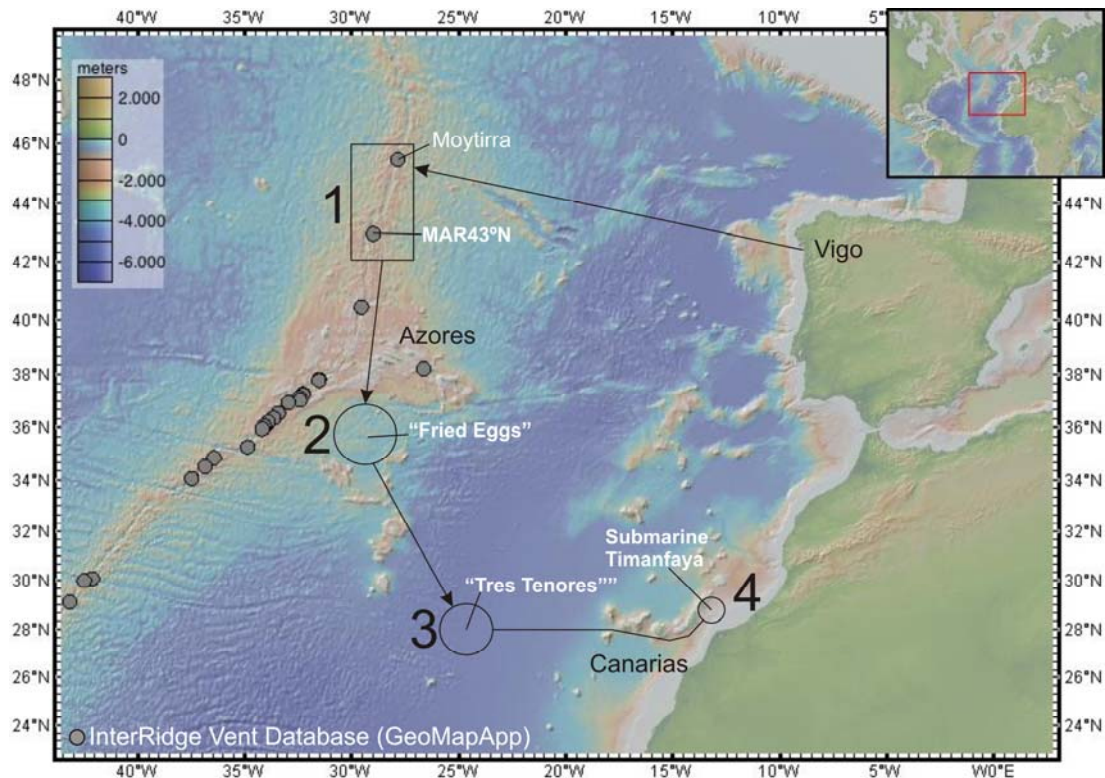


FIGURA 1: Mapa de los fondos marinos entre las Islas Azores y las Islas Canarias donde se muestra el itinerario y las áreas que se pretende explorar durante la campaña EXPLOSEA-1.

2. OBJETIVOS CIENTÍFICOS Y TRABAJOS PREVIOS

En la Macaronesia (**Fig. 1**) se pretende estudiar una serie de sistemas inexplorados o parcialmente inexplorados en un transecto entre la dorsal atlántica y el margen africano, entre los archipiélagos de las Azores y de las Canarias mediante una campaña a bordo del B/O *Sarmiento de Gamboa*, utilizando el ROV (*Remote Operated Vehicle*) 6000 Luso como plataforma de investigación principal. Al Norte del Archipiélago de Azores (Objetivo 1, **Figura 1**), el proyecto tiene como objetivo investigar el primer campo hidrotermal de alta temperatura (Moytirra) descubierto entre Azores e Islandia en 2011, a profundidades de más de 3.000 m (Wheeler et al., 2013). Este campo hidrotermal no ha sido investigado a profundidades elevadas, por lo que este proyecto tiene el reto de tomar muestras geológicas y biológicas hasta profundidades de 6.000 m. Asimismo, esta nueva exploración abre las puertas al



descubrimiento de nuevos campos hidrotermales en la dorsal nortatlántica al norte del Archipiélago de Azores. Al sur del Archipiélago de Azores (Objetivo 2, [Figura 1](#)), el proyecto EXPLOSEA tiene como objetivo el investigar una serie de domos submarinos (denominados coloquialmente como “huevos fritos”), localizados por el equipo de EMEPC, nunca antes filmados o muestreados, y que en una primera interpretación basada en su morfología se pudieran relacionar con domos serpentiniticos e hidrotermalismo de baja temperatura. El proyecto EXPLOSEA investigará con el ROV 6000 la naturaleza de estas emisiones considerando la posibilidad de que se relacionen con emisiones de “metano abiogénico”. En el tránsito entre el sur del Archipiélago de Azores y Canarias se investigará también la existencia de actividad volcánica/hidrotermal reciente con el ROV-6000 en una zona de volcanes submarinos denominada “Tres Tenores” descubierta durante la campaña GAROE-2010 (Objetivo 3, [Figura 1](#)), en la que se obtuvieron muestras de arcillas hidrotermales recientes a 5.000 metros de profundidad en la campaña SUBVENT-MAEC. Dichos volcanes submarinos podrían ser la evidencia de la migración del punto caliente canario hacia la dorsal atlántica y cambiarían de forma radical las hipótesis sobre la formación del punto caliente canario. En la última fase (Objetivo 4, [Figura 1](#)), el proyecto EXPLOSEA pretende explorar las evidencias de vulcanismo submarino e hidrotermalismo activo en las Islas Canarias. El objetivo principal es una serie de conos volcánicos submarinos en el margen africano descubiertos durante la campaña SUBVENT-2 y que pudieran ser coetáneos con el vulcanismo histórico subaéreo de Timanfaya (Lanzarote). Todas estas evidencias necesitan ser corroboradas y estudiadas en campañas oceanográficas específicas utilizando medios de alta tecnología como el ROV 6000, dado que pueden ofrecer la gran oportunidad de observar una de las emisiones activas más profundas del mundo, en algunos casos posiblemente compuestas de metano abiogénico, y sus posibles ecosistemas y mineralizaciones asociadas.

3. PLAN DE TRABAJO

Para cubrir todos los objetivos mencionados, la campaña EXPLOSEA-1 tendrá que tener una duración de 45 días efectivos teniendo en cuenta los cuantiosos tiempos de tránsito. Se sugiere el puerto de Vigo como puerto de embarque ya que el ROV-6000 *Luso* se puede trasladar desde Lisboa hasta Vigo por carretera para su instalación en el B/O Sarmiento de Gamboa. En caso de que el Sarmiento de Gamboa proceda de otra campaña y no retorne al puerto base, una alternativa sería embarcar el ROV-6000 *Luso* en las mismas Islas Azores, para lo que se necesitaría notificación previa para que el EMEPC transporte el ROV-6000 con anticipación en uno de los buques portugueses.



La campaña EXPLOSEA-1 estará dividida en dos fases, en función de los objetivos que se pretenden estudiar (Fig. 2):

Fase 1) Esta fase comprenderá los objetivos trazados alrededor del archipiélago de Azores (Objetivos 1 y 2):

- **Objetivo 1:** una zona de actividad hidrotermal parcialmente inexplorada en la dorsal atlántica al norte de las Islas Azores, que fue localizada en 2011 en la campaña VENTuRE en la dorsal atlántica al norte de las Islas Azores (Moytirra). Latitud N45ºN
- **Objetivo 2** una zona de actividad hidrotermal de baja temperatura relacionada con ascensos en corteza oceánica atlántica al sur de las Islas Azores

Fase 2) Esta fase comprenderá los objetivos trazados alrededor de las Islas Canarias (Objetivos 3 y 4):

Objetivo 3: zona hidrotermal y vulcanismo profundo localizada entre Azores y Canarias, 500 km al Oeste de la Isla de El Hierro, detectados en el proyecto de extensión de la Plataforma Continental española al Oeste de las Islas Canarias

Objetivo 4: zona hidrotermal y de vulcanismo submarino asociado a al vulcanismo histórico del complejo de Timanfaya (Lanzarote).

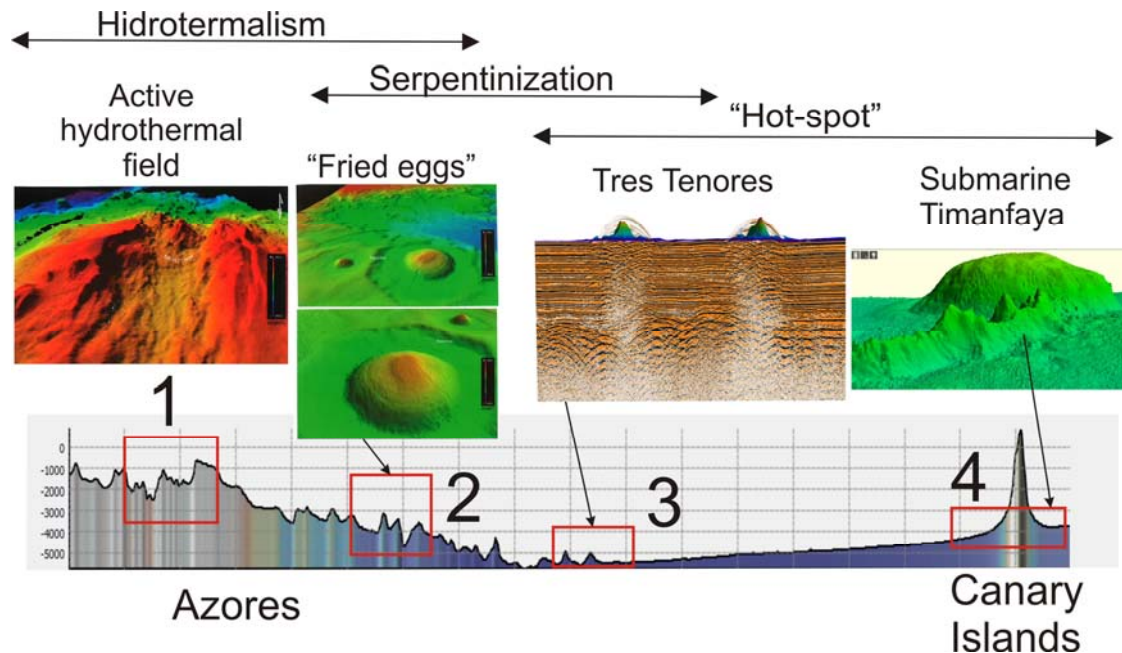


FIGURA 2: Objetivos de la campaña EXPLOSEA-1 situadas a lo largo de un transecto desde el Archipiélago de Azores a las Islas Canarias (ver localización en la Fig. 1). Las imágenes superiores muestran la batimetría multihaz en detalle realizada en las dlas zonas de trabajo.

El Plan de trabajo prevé la realización de *micro-surveys* con perfiles de sismica de alta resolución y sistemas acústicos sobre cada una de las estructuras detectadas (Fig. 2). El sistema de sismica de reflexión de alta resolución estará compuesto de un sarta de Sleeve/G-guns con una capacidad total aproximada de 860 pulgadas cúbicas y un hidrófono de 3 canales que permitirá obtener la estructura y geometría de los sistemas de migración de fluidos en el subsuelo. Se utilizarán, al tiempo sistemas acústicos de distintas frecuencias, como la ecosonda paramétrica Chirp ATLAS PARASOUND-35, la ecosonda multihaz ATLAS HYDROSWEEP DS y las ecosondas Konsberg EK60 y EA600. Dichos sistemas acústicos permitirán identificar posibles plumas acústicas en la columna de agua, así como la morfología en detalle de los objetivos a explorar.

En los periodos diurnos se realizarán *surveys* con el ROV-6000. La utilización del ROV Luso permitirá cubrir una gran variedad de objetivos: (1) filmar videos de alta resolución de los fondos marinos; (2) usar *micro-core* para toma de muestras de tapetes microbianos y de sedimentos y (3) toma de muestras de agua profunda mediante cuatro botellas Niskin, muestras biológicas y muestras de roca y mineralizaciones. Asimismo, el ROV-6000 Luso cuenta con sensores en continuo de datos de temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno, así como sondas de metano y CO₂.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

Se prevé el diseño de la instrumentación adecuada para la toma de muestras directa de gases procedentes de burbujeo del fondo marino.



FIGURA 3: Vistas frontales y laterales de ROV *Lusó* durante las maniobras de arriado e izado a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa en la campaña SUBVENT-2.

En aquellas estaciones donde se crea conveniente, se prevé realizar tomas de agua y de las componentes físicas con las sondas multiparámetro CTD (O₂, turbidez), correntímetro LADCP y roseta de botellas Niskin con el objeto de caracterizar la hidroquímica de las posibles emisiones de fluidos que se hayan podido identificar con los sistemas hidroacústicos. En las estaciones de interés con emisiones recientes y sedimentos sin consolidar, se realizará la testificación mediante testigos de pistón y/o gravedad.



FIGURA 4: Controles del ROV Luso. Arriba izquierda: radar, situación GPS y altímetro. Arriba derecha: cámaras de popa y principal de alta resolución y sensores CTD y de CO₂ y metano. Abajo: sistema de joystick del ROV y pantallas de control.

La secuencia de técnicas en cada uno de los objetivos marcados se describe a continuación, con los siguientes horarios aproximados:

- 22h-7h: Levantamiento batimétrico y realización de sísmica de reflexión de alta resolución y sistemas acústicos compatibles (ecosonda paramétrica Chirp ATLAS PARASOUND-35, ecosonda multihaz ATLAS HYDROSWEEP DS y ecosondas Konsberg EK60 y EA600).
- 7h-8h: “*Briefing*” previos a la inmersión del ROV-6000 en el puente del B/O Sarmiento de Gamboa. Definición de la ruta de exploración teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas.
- 8h-20h: Ruta de exploración con el ROV-6000 (**Figs. 3 y 4**).
- 20h-22h: Realización de sonda multiparamétrica CTD (O₂, CO₂, CH₄, temperatura, turbidez) y roseta de botellas Niskin y/o muestreo mediante testigo de pistón o gravedad.



4. EQUIPAMIENTO E INSTALACIONES UTILIZADAS

- Termosalinógrafo.
- GPS diferencial activo.
- Ecosonda multihaz ATLAS Hydrosweep.
- Ecosonda paramétrica ATLAS.
- Ecosonda monohaz EA600.
- Ecosonda multifrecuencia EK60
- Perfilador de velocidad del sonido SVP+, sondas batitermográficas XBTs
- Sistema de sismica de alta resolución 3 canales.
- Sacatestigo de gravedad (lanzas 3 y 5m)
- Roseta de 24 botellas Niskin + CTD + LADCP + sondas multiparámetro (O₂, turbidez)
- ADCP
- Cámara frigorífica (4°C) y congeladores (-20°C y -80°C).
- Campana de extracción de gases para trabajos con líquidos tóxicos
- Lupa binocular para observaciones y fotografía biológicas y geológicas de detalle, y luz fría externa
- Centrifuga para obtención de agua intersticial en los sedimentos
- Agua destilada
- Destilador millipore
- Baño termostático
- Estufa de desecación
- ROV 6000 (LUSO)
- Perfilador de velocidades – SVP+
- Licencia CARIS HIPS & SEEPS

5. ORGANISMOS PARTICIPANTES

1) Investigadores.

Se prevé la participación de investigadores de los siguientes organismos:

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- EMEPC, Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (Portugal).
- Universidad Complutense de Madrid (UCM).
- Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER), Canarias



- Centre Geobiology Univ. Göttingen (Alemania).
- Universidad de Sao Paulo (Brasil)
- Universidad de Auckland (Nueva Zelanda)
- Institución pendiente de designar (Canadá)
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAAA, Estados Unidos)

2) Pilotos del ROV-6000 Luso:

- Antonio Calado (EMEPC, Portugal)
- Andreia Afonso (EMEPC, Portugal)
- Miguel Ferreira (EMEPC, Portugal)
- Renato Paulo Santos Bettencourt (Centro de Azores Portugal)
- Bruno Ramos (EMEPC, Portugal)

6. REFERENCIAS RELEVANTES:

- Somoza L., Vázquez, J.T, Rengel, J.A., Medialdea, T., León, R., Fernández-Salas, L.M., González, F.J., Palomino, D., Pérez, L., Alonso, V., Delgado, S., García, J.M., García, M., González Hernández, P., González Graullera, P., Jiménez, B., Luengo, J., Martín, D., Muñoz, M., Pellicer, E., Sánchez, O., Tornell, A. (2011) Campaña GAROÉ HE-148. Ampliación de la Plataforma Continental de España al Oeste de las Islas Canarias. Bio Hespérides 2-31 Agosto 2010. Informes Técnicos – IGME, nº 4, pp. 1-74. ISBN: 978-84-7840-870-2.
- Somoza L., Vázquez, J.T., Campos, A., Afonso A., Calado, A, Fernández Puga, M.C, González, F.J., Fernández-Salas L.M., Ferreira, M., Sanchez-Guillamón, O., López-Pamo, E., Lourenço N., Luque V., Mamouni A., Medialdea T., Madureira, P., Palomino, D., Rincón, B., Roque, C., Paulo Santos, R., Toyos, M. (2014).INFORME CIENTÍFICO-TÉCNICO Campaña SUBVENT-2. CGL2012-39524-C02 SARMIENTO DE GAMBOA.
- Presentación parcial sobre los límites de la Plataforma Continental de España al Oeste de las Islas Canarias, conforme la Parte VI y el Anexo II de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Web de las Naciones Unidas.

http://www.un.org/depts/los/clcs_new/submissions_files/esp77_14/esp_2014_es.pdf



Anexo 2: PLAN DE CAMPAÑA “EXPLOSEA-2”

RESUMEN DEL PLAN DE CAMPAÑA

El objetivo de la campaña EXPLOSEA-2 es investigar emisiones submarinas hidrotermales en los fondos marinos de las Islas Shetland del Sur (Antártida). Dichas emisiones se relacionan con la actividad magmática/volcánica de la cuenca de retro-arco de Bransfield (Estrecho de Bransfield, Isla de Decepción y Península de Byers) y de la zona de subducción al norte de las Islas Shetland del Sur. Para ello, la campaña oceanográfica EXPLOSEA-2 se compone de cuatro Fases en función de la metodología utilizada: (Fase 1) Exploración de emisiones hidrotermales activas submarinas en Puerto Forster (I. Decepción); (Fase 2) Exploración de estructuras de desestabilización en el permafrost submarino relacionadas emisiones hidrotermales en la zona sur frente a la Península de Byers (I. Livingstone); (Fase 3) Exploración de las emisiones hidrotermales asociadas a los volcanes submarinos de las dorsal activa del Bransfield y (Fase 4) Exploración de las emisiones activas relacionadas con actividad tecto-volcánica en el prisma de acreción del norte de las Islas Shetland del Sur. En las fases 1 y 2, se utilizará el mini ROV *Explorer* portátil desde una embarcación rígida para la detección y muestreo de burbujes submarinos con capacidad de inmersión hasta los 150 metros y sistemas de muestreo portátiles. EL ROV portátil *Explorer* y la embarcación semirrígida se utilizarán gracias al protocolo de cooperación científico-técnica hispano-portugués firmado entre EMEPC e IGME. Durante las fases 3 y 4 se utilizarán únicamente los sistemas de investigación del el buque de oceanográfico con la siguiente secuencia de técnica de exploración: 1) “surveys” nocturnos previos con realización de perfiles de sísmica de reflexión de alta resolución y sistemas acústicos y geofísicos compatibles: monohaz (EK-60), sonda paramétrica TOPAS y sonda multihaz (Kongsberg EM120), magnetómetro y gravímetro ; 2) Muestreo de fondo con dragas de roca y/o testigos gravedad y 3) Realización de sonda multiparámetro CTD y roseta de botellas Niskin, si se detectan plumas de degasificación. El orden de secuencia de los “legs” dependerá de las ventanas meteorológicas y será flexible en función de las necesidades logísticas de las bases españolas Juan Carlos I y Gabriel de Castilla. La elección del buque oceanográfico dependerá de la disponibilidad del Hespérides y Sarmiento de Gamboa para las campañas de investigación antártica. El buque Sarmiento de Gamboa dispone de DP (Posición diferencial) por lo que permitiría el uso de un ROV de más alta profundidad que en el Hespérides. Esta campaña pretende fomentar la colaboración internacional multidisciplinar de investigación marina profunda en el marco del Tratado Antártico con la participación de investigadores de Portugal, Alemania, Nueva Zelanda y Brasil así como en la línea estratégica de la UE BG (Blue Growth) 15 – 2014: “*European polar research cooperation*”.

1. INTRODUCCIÓN

En la Antártida, los estudios sobre hidrotermalismo activo se han focalizado principalmente en la Isla de Decepción y en la cuenca volcánica de Bransfield. Evidencias de hidrotermalismo en el subsuelo marino de Puerto Forster (Isla de Decepción (Antártida) han sido relacionados episodios cortos de actividad volcánica que han tenido lugar en la isla en 1967, 1969, 1970 y 1987 (Somoza et. al. 2004). En el Estrecho de Bransfield, las emisiones submarinas de fluidos han sido relacionadas con



fluidos de baja temperatura (<150°C) por interacción entre fluidos hidrotermales y fluidos ricos en hidrocarburos procedentes de la cuenca de retro-arco (Suess et al. 1987). En este sentido, plumas hidrotermales activas han sido detectadas en 1995 y 1999 en relación con volcanes submarinos como “Little Volcano” (62,75°S 59,25°W) y “Three Sisters” (62,64°S 58,98°W) en el segmento central de la dorsal volcánica de Bransfield (InterRidge Vents Database v2.1, Beaulier et al. 2013).

El objetivo de la campaña EXPLOSEA-2 es investigar las emisiones submarinas hidrotermales en los fondos marinos de las Islas Shetland del Sur (Antártida). Dichas emisiones se relacionan con la actividad magmática/volcánica de la cuenca volcánica de retro-arco de Bransfield (Estrecho de Bransfield, Isla de Decepción y Península de Byers) y de la zona de subducción al norte de las Islas Shetland del Sur (**Fig. 1**).

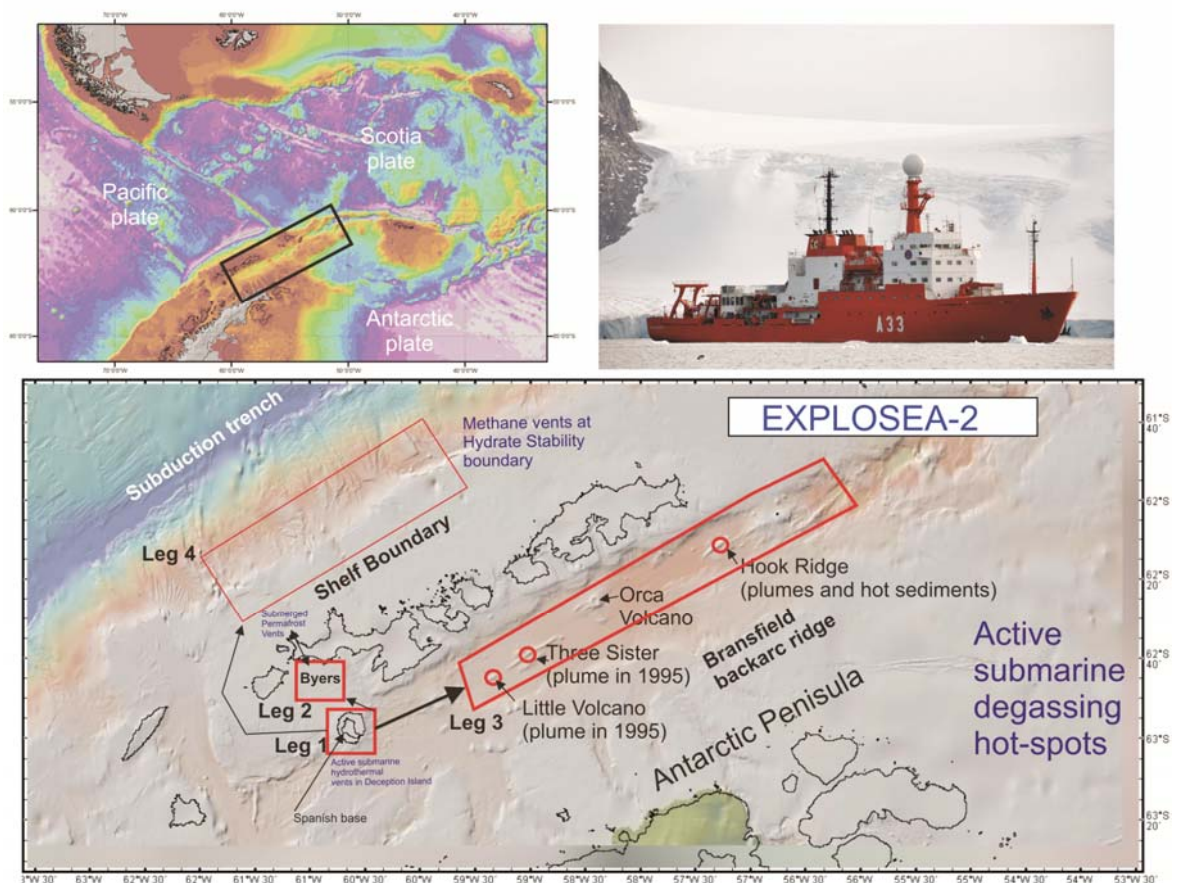


FIGURA 1: Mapa de las islas Shetland del Sur donde se muestran el itinerario y las fases de trabajo (“legs”) donde se propone realizar la campaña EXPLOSEA-2 a bordo del buque oceanográfico Hespérides o Sarmiento de Gamboa.



2. BUQUES OCEANOGRÁFICOS Y ROVS

La campaña EXPLOSEA-2 tendrá que tener una duración de 35 días efectivos para completar todos los objetivos previstos y teniendo en cuenta los tiempos de tránsito. Se sugiere el puerto de Ushuaia (Argentina) o Punta Arenas (Chile) como puertos de embarque-desembarque.

El buque oceanográfico dependerá de la disponibilidad del BIO Hespérides y B/O Sarmiento de Gamboa para las campañas de investigación antártica. En caso de utilización del B/O Sarmiento de Gamboa, la disponibilidad de DP (Posición diferencial) de este buque permitiría el uso de un ROV-6000 de más alta profundidad que el Hespérides.

En el caso de campaña oceanográfica se realizara a bordo del BIO Hespérides se utilizaría únicamente el mini-ROV Explorer manejado desde embarcación semi-rígida dado que no dispone de capacidad DP.

3. PLAN DE TRABAJO

En cualquier caso, la campaña EXPLOSEA-2 estará compuesta de cuatro fases (Fig. 1):

Fase 1: Exploración y filmación de emisiones hidrotermales activas submarinas en Puerto Forster (I. Decepción). 6 días

Fase 2: Exploración y filmación de posibles emisiones gas procedente de la desestabilización del permafrost submarino en la zona sur frente a la P. Byers (I. Livingston). 5 días.

Fase 3: Exploración y muestreo de los volcanes submarinos de las dorsal activa del Bransfield. 12 días

Fase 4: Exploración de emisiones submarinas de fluidos en el prisma de acreción al norte de las Shetland del Sur. 12 días.

Durante las fases 1 y 2 se utilizará el mini ROV *Observer* de EMEPC (Portugal) manejado desde una embarcación rígida para la detección y muestreo de emisiones submarinas. Asimismo se prevé utilizar un sonar de barrido lateral digital de la Universidad de Sao Paulo (Brasil). El orden de realización de las fases dependerá de las condiciones meteorológicas y de la logística de las bases españolas. Durante las fases 3 y 4 se utilizarán únicamente los sistemas de investigación del buque oceanográfico (Hespérides/Sarmiento de Gamboa). A continuación se detallan los planes de trabajo para cada una de las fases.



Fase 1: Exploración de emisiones submarinas en Puerto Forster (Isla de Decepción): 6 días

El objetivo de esta fase es la exploración y localización de emisiones submarinas de origen hidrotermal a profundidades entre 2 y 150 metros en la bahía interna de Puerto Forster (**Fig. 2**). Para ello se dispone de un mini ROV Explorer del EMEPC controlado remotamente desde una embarcación de quilla rígida con sonda multihaz, también aportada por EMEPC (**Fig. 3**). La duración de esta fase se estima en cinco días.

El plan de trabajo específico diario constará de:

- (1) Realización de rutas de exploración con el mini ROV en zonas específicas de la isla donde se han detectado fumarolas en las playas (Telefon Bay, Fumarola Bay, Whales Bay, volcán submarino Neptuno). Se realizarán turnos de aproximadamente 2-3 horas con cambio de personal. El personal que embarcará en la zodiac consistirá en: 1 piloto del mini-ROV; 1 hidrógrafo del IHM; 1 científico. El Hespérides realizará durante los periodos diurnos prospección acústica de la zona profunda, pero tendrá prioridad el seguimiento los trabajos de la embarcación semi-rígida.
- (2) En el caso de localización de burbujas submarinas por el mini-ROV se procederá a la caracterización de dichas emisiones mediante sistemas portátiles CTD (temperatura, salinidad, etc.) y al muestreo mediante sistemas portátiles a bordo de la embarcación semi-rígida.

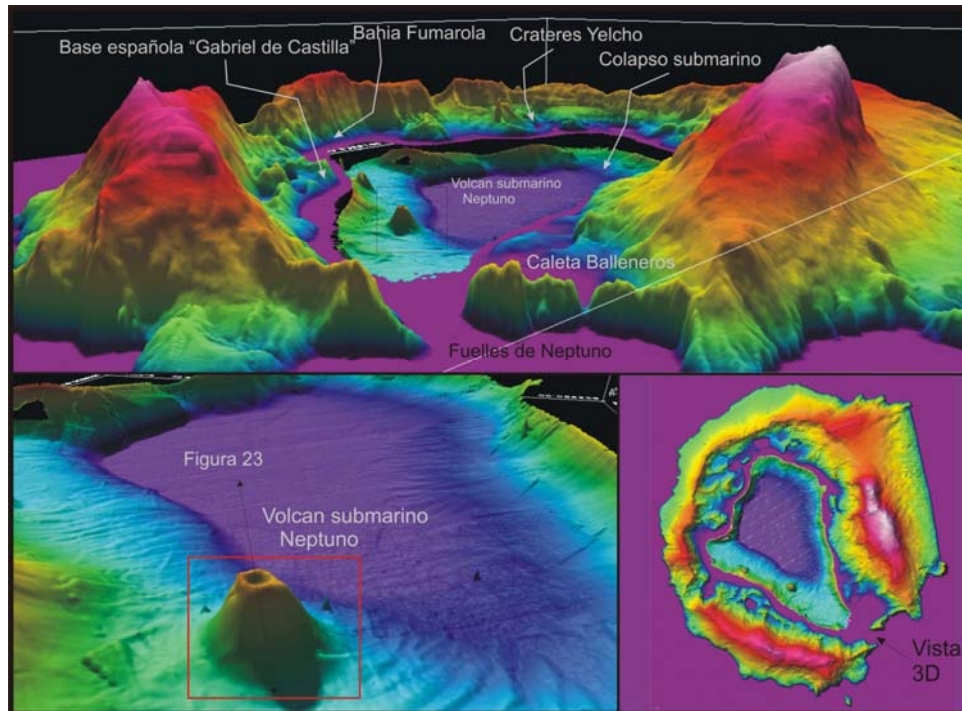


FIGURA 2: Imagen 3D de la isla de Decepción mostrando las principales áreas de exploración a realizar durante la fase 1 con el mini-ROV Explorer. Asimismo, se muestra la localización de la base española "Gabriel de Castilla". Figura modificada de Somoza et al. (2003).

Fase 2: Exploración de estructuras de los fondos marinos por desestabilización del permafrost submarino frente a la Península de Byers (Isla de Livingston): 5 días.

El objetivo de esta fase es la exploración de posibles emisiones de gas procedentes de la desestabilización de permafrost submarino. Gracias a las imágenes de sonda multihaz realizadas por el Instituto Hidrográfico de la Marina, se han detectado estructuras del fondo marino a profundidades de 50 a 70 metros que asemejan emisiones de gas procedentes del subsuelo marino. Este proceso de desestabilización es común en las zonas marinas del Ártico pero nunca ha sido detectado en los fondos marinos antárticos. La península de Byers actualmente tiene grandes espesores de permafrost subaéreo, lo que hace suponer que pueda haber permafrost submarino inundado durante el último ascenso del nivel del mar debido a la deglaciación.

El plan de trabajo específico diario a realizar durante la fase 2 constará de:



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

- (1) Realización de rutas de exploración con el mini ROV en zonas específicas en la base a la cartas y cartografía multihaz del IHM (Fig. 4). Se realizarán turnos de aproximadamente 2-3 horas para el cambio de personal. El personal que embarcara en la embarcación semi-rígida constará: 1 piloto del mini-ROV; 1 hidrógrafo del IHM; 1 científico. El Hespérides realizará durante los periodos diurnos prospección acústica de la zona profunda, pero tendrá prioridad el seguimiento los trabajos de la embarcación semi-rígida.
- (2) En el caso de localización de burbujas submarinas por el mini-ROV se procederá a la caracterización de dichas emisiones mediante sistemas portátiles CTD (temperatura, salinidad, etc.) y al muestreo mediante sistemas portátiles a bordo de la embarcación semi-rígida.



MINISTERIO
DE ECONOMIA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN



FIGURA 3: Metodología a utilizar durante las fases 1 y 2 con el mini-ROV Explorer, con capacidad de inmersión hasta 150 metros, a bordo de una embarcación semirígida dotada con sonda multihaz que aporta EMEPC. Se muestra también la sonda CTD portátil para la caracterización de las emisiones.



MINISTERIO
DE ECONOMIA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

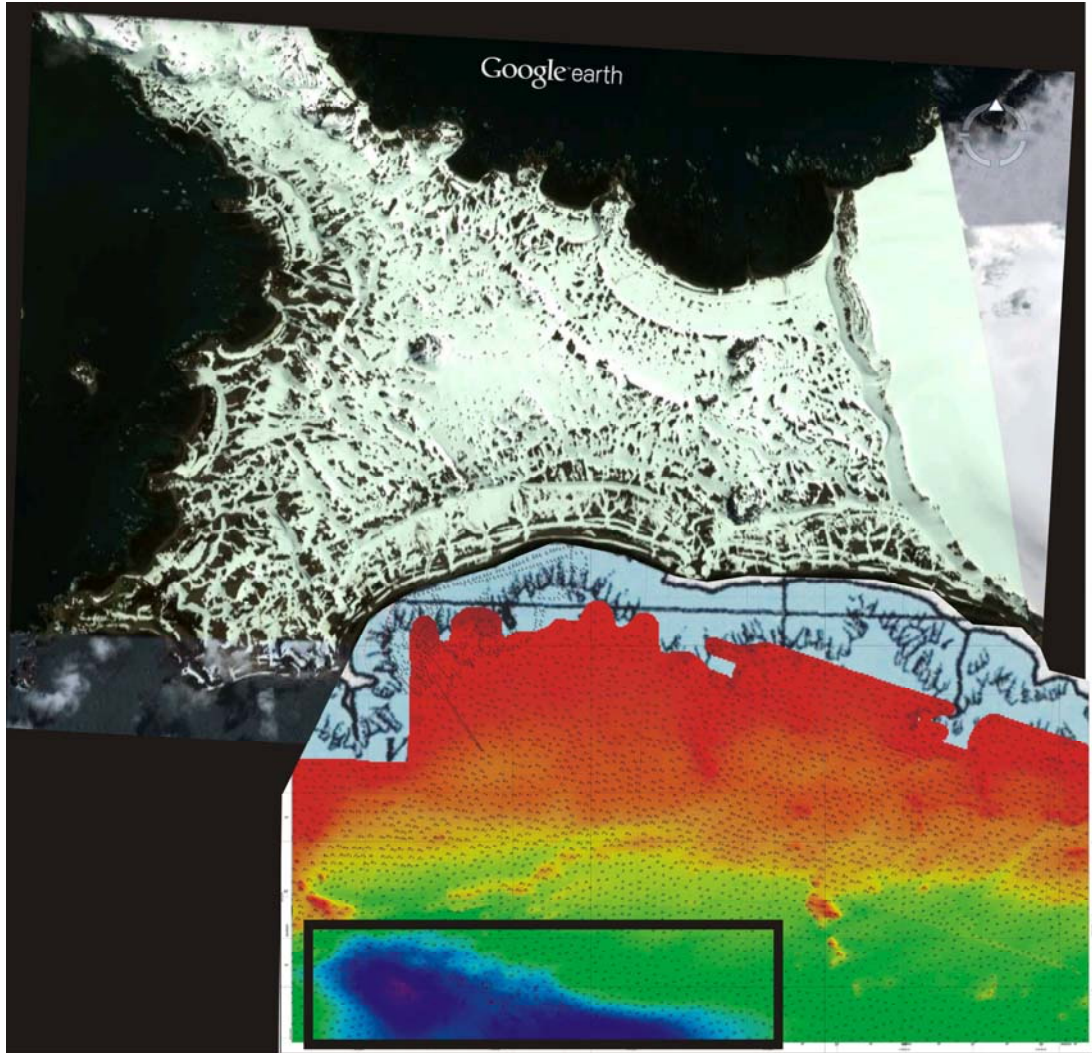


FIGURA 4: Combinación de la imagen sub-aérea de la Península de Byers junto con la carta morfo-batimétrica realizada por el IHM. En el recuadro se detalla la zona con posibles cráteres de emisiones de gas a profundidades entre 50 y 90 metros (Zona azul oscura).



Fase 3: Exploración de emisiones relacionadas con los volcanes submarinos del Estrecho de Bransfield (12 días).

El objetivo de la fase 3 es explorar las posibles emisiones activas en los volcanes submarinos localizados en el Estrecho de Bransfield, entre la Península Antártica y la Islas Shetland del Sur (**Fig. 5**) y al Oeste de la Isla de Decepción. Entre otras, se prevé explorar las plumas hidrotermales activas que han sido detectadas en 1995 y 1999 en relación con volcanes submarinos como “Little Volcano” (62,75°S 59,25°W) y “Three Sisters” (62,64°S 58,98°W) en el segmento central de la dorsal volcánica de Bransfield (InterRidge Vents Database v2.1, Beaulier et al. 2013).

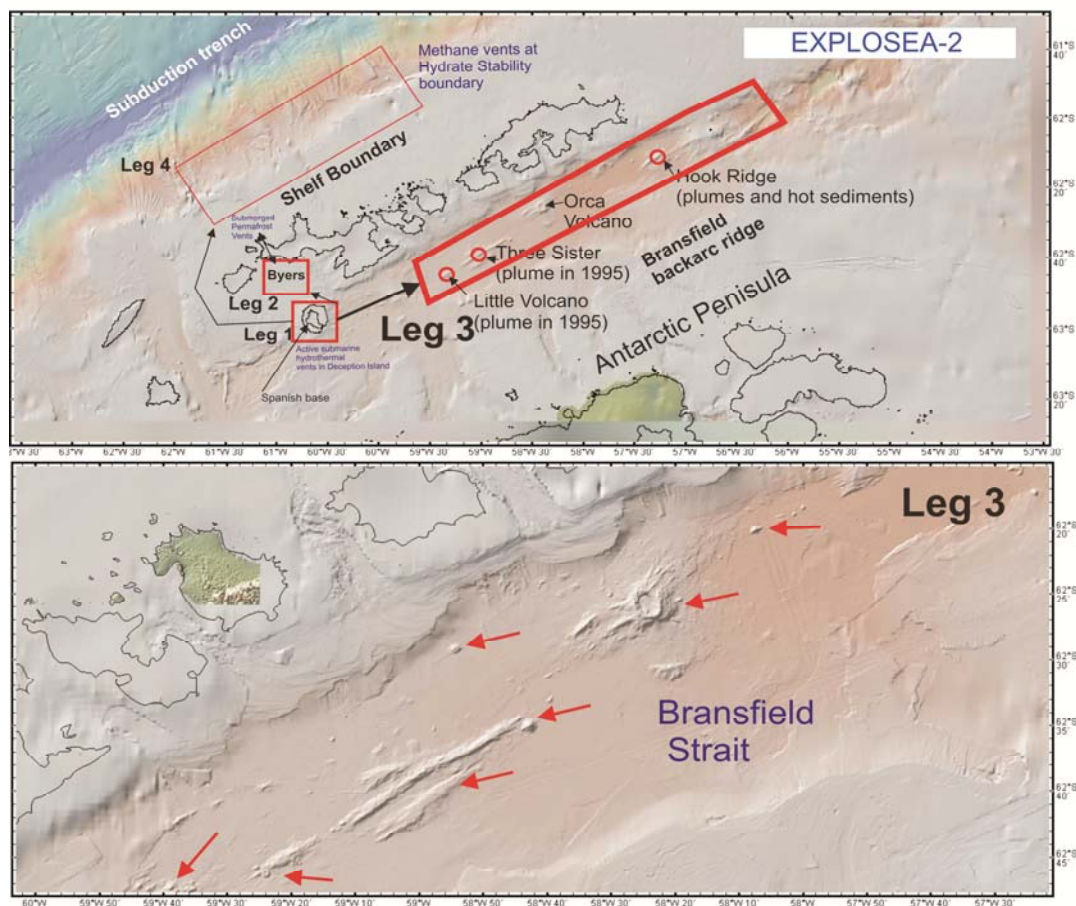


FIGURA 5: Mapa batimétrico de alta resolución mostrando los objetivos a explorar durante la fase 3 de la campaña EXPLOSEA-2. Las flechas rojas indican los volcanes submarinos y crestas volcánicas submarinas cuya actividad ha sido detectada en 1995 (InterRidge Vents Database v2.1, Beaulier et al. 2013). Batimetría de GeoMapApp (Lamont Doherty, Columbia University).



El plan de trabajo prevé la realización, sobre cada una de las estructuras detectadas (**Fig. 5**), de micro-surveys de perfiles de sísmica de alta resolución y sistemas acústicos. El sistema de sísmica de reflexión de alta resolución estará compuesto de una sarta de Sleeve/G-guns airguns y un hidrófono de 3 canales. Se utilizarán simultáneamente sistemas acústicos de distintas frecuencias como la ecosonda paramétrica Chirp TOPAS, la ecosonda multihaz Konsberg EM120 y las ecosondas monohaz Konsberg EK60 y EA600. Dichos sistemas acústicos permitirán identificar posibles plumas acústicas en la columna de agua, así como la morfología en detalle de los objetivos a explorar.

En el caso de utilizar el B/O Sarmiento de Gamboa se podría usar el ROV de profundidad para muestreo y obtención de imágenes durante los periodos diurnos. En caso de utilizar el BIO Hespérides, durante los periodos diurnos se realizarán muestreos con dragas de roca y testigos de gravedad dependiendo del tipo de fondo. En aquellas estaciones donde se crea conveniente, se prevé realizar tomas de datos de agua y de las componentes físicas con sondas multiparámetro CTD (O_2 , turbidez), correntímetro LADCP y roseta de botellas Niskin, con el objeto para caracterizar las posibles emisiones de fluidos que se hayan podido identificar con los sistemas hidroacústicos. En las estaciones de interés con emisiones recientes se realizará una testificación mediante testigos de pistón y/o gravedad.

La secuencia de técnicas en cada uno de los objetivos marcados será la siguiente, con los siguientes horarios prefijados:

- 22h-9h: Micro-“surveys” de líneas realizadas con el sistema de sísmica de reflexión de alta resolución disponible y sistemas acústicos compatibles (ecosonda paramétrica TOPAS, ecosonda multihaz EM120 y ecosondas Konsberg EK60 y EA600.) y geofísicos (magnetómetro, gravímetro) compatibles.
- 9h-10h: “Briefing” de planificación de ROV o dragas de roca y testigos dependiendo del buque oceanográfico. Definición de la ruta de exploración y condiciones meteorológicas.
- 10h-21h: Muestreo de roca y testigo de gravedad (**Figs. 5**) Realización de sonda multiparamétrica CTD (O_2 , CO_2 , CH_4 , temperatura, turbidez) y roseta de botellas Niskin.



Fase 4: Exploración de emisiones submarinas en la zona de subducción de las Shetland del Sur (12 días).

El objetivo de la fase 4 es la exploración de emisiones submarinas al norte de las Islas Shetland Sur provocadas por la actividad de subducción de la placa pacífica por debajo de la placa antártica (Jabaloy et al., 2003) en relación con la extinta dorsal de Phoenix (Livermore et al., 2003).

En el margen de las Shetland del Sur, los gases hidratos han sido detectados entre profundidades de 500 y 300 metros en base a la identificación del reflector simulador de fondo (BSR) (Somoza et al., 2014). En las pasadas cinco décadas, la Península Antártica muestra uno de los más fuerte calentamientos del hemisferio sur y un paulatino incremento de la temperatura de las corrientes oceánicas de fondo que pueden afectar a los reservorios someros de hidratos de gas que rodean las Islas Shetland del Sur (Marín-Moreno et al., 2015). Los modelos prevén una bajada del límite de estabilidad de los gases hidratados de 375 a 450 metros. Este descenso provoca una emisión masiva de gas libre a la columna de agua que ya ha sido detectada en zonas circumpolares marinas del Ártico.

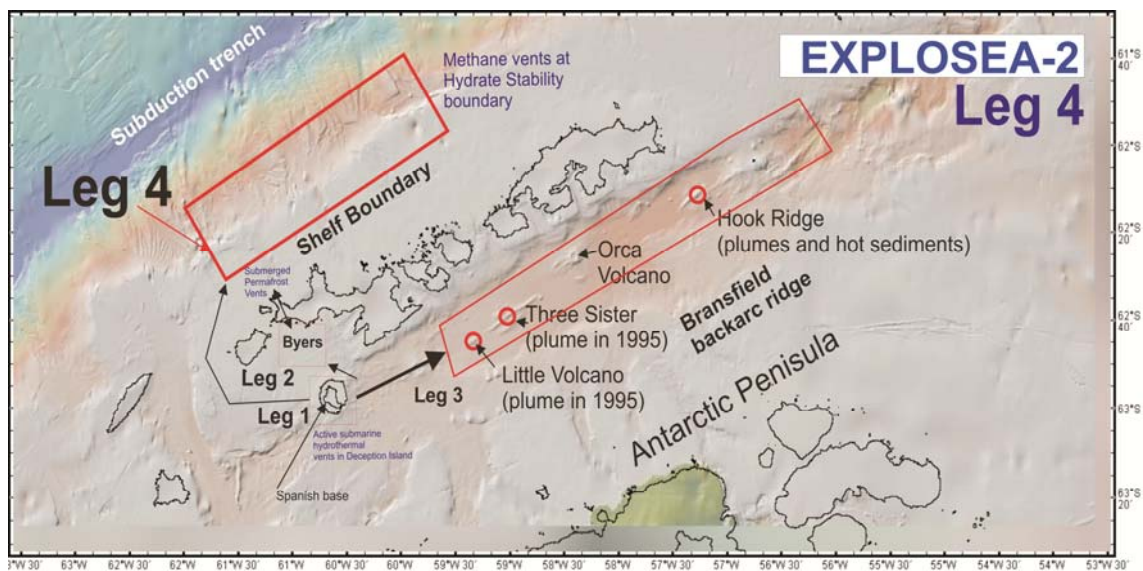


FIGURA 6: Mapa batimétrico de alta resolución mostrando el área de la Fase 4 de la campaña EXPLOSEA-2.

El plan de trabajo prevé la realización de un mosaico batimétrico y de perfiles de sismica de alta resolución y sistemas acústicos en cada zona de trabajo (Fig. 6). El sistema de sismica de reflexión de alta resolución estará compuesto de una sarta de Sleeve/G-guns airguns y un hidrófono de 3 canales. Se utilizarán, al tiempo sistemas acústicos de distintas frecuencias como la ecosonda paramétrica TOPAS, la ecosonda



multihaz Konsberg EM120 y las ecosondas monohaz Konsberg EK60 y EA600. Dichos sistemas acústicos nos permitirán identificar posibles plumas acústicas en la columna de agua así como la morfología en detalle de los objetivos a explorar.

En los periodos diurnos se muestrearán las estructuras de fondo con ROV o dragas de roca y testigos de gravedad dependiendo del buque oceanográfico utilizado. En aquellas estaciones donde se crea conveniente, se prevé realizar tomas de datos de agua y de las componentes físicas con las sondas multiparámetro CTD (O_2 , turbidez), correntímetro LADCP y roseta de botellas Niskin, con el objeto para caracterizar las posibles emisiones de fluidos que se hayan podido identificar con los sistemas hidroacústicos. En las estaciones de interés con emisiones recientes se realizará la testificación mediante testigos de pistón y/o gravedad.

La secuencia de técnicas en cada uno de los objetivos marcados será la siguiente, con los siguientes horarios prefijados:

- 22h-9h: Micro-“*surveys*” de líneas realizadas con el sistema de sismica de reflexión de alta resolución disponible y sistemas acústicos compatibles (ecosonda paramétrica TOPAS, ecosonda multihaz EM120 y ecosondas Konsberg EK60 y EA600) y geofísicos (magnetómetro, gravímetro) compatibles
- 9h-10h: “*Briefing*” de planificación de itinerarios de ROV o dragas de roca y testigos (dependiendo del buque oceanográfico). Definición de la ruta de exploración y condiciones meteorológicas.
- 10h-21h: Muestreo de roca y testigo de gravedad (**Figs. 5**) Realización de sonda multiparamétrica CTD (O_2 , CO_2 , CH_4 , temperatura, turbidez) y roseta de botellas Niskin.



4. EQUIPAMIENTO UTILIZADO A BORDO DEL HESPÉRIDES/SARMIENTO DE GAMBOA

01. Termosalinógrafo.
02. GPS diferencial activo.
03. Ecosonda multihaz Konsberg EM120.
04. Ecosonda paramétrica TOPAS.
05. Ecosonda monohaz Konsberg EA600.
06. Ecosonda multifrecuencia Konsberg EK60
07. Perfilador de velocidad del sonido SVP+, sondas batitermográficas XBTs
08. Sistema de sísmica de alta resolución 3 canales.
09. Sacatestigo de gravedad (lanzas 3 y 5m)
10. Roseta de 24 botellas Niskin + CTD + LADCP + sondas multiparámetro (O2, turbidez)
11. ADCP
12. Cámara frigorífica (4°C) y congeladoras (-20°C y -80°C).
13. Campana de extracción de gases para trabajos con líquidos tóxicos
14. Lupa binocular para observaciones y fotografía biológicas y geológicas de detalle, y luz fría externa
15. Centrífuga para obtención de agua intersticial en los sedimentos
16. Agua destilada
17. Destilador millipore
18. Baño termostático
19. Estufa de desecación.
22. Perfilador de velocidades – SVP+
24. Gravímetro
25. Magnetómetro marino.
23. Licencia CARIS HIPS & SEEPS
24. Dragas de rocas

Equipamiento propio aportado:

1. Mini ROV *Explorer* con capacidad de inmersión hasta 150 metros (EMEPC Portugal)
2. Embarcación de quilla rígida (EMEPC) si no está operativa la embarcación a bordo del BIO Hespérides/Sarmiento de Gamboa.
3. Sonda multihaz portátil.
4. CTD portátil (EMEPC)
5. Sonar de barrido lateral (SSS) de doble frecuencia digital para aguas someras (Universidade de Sao Paulo)



5. ORGANISMOS PARTICIPANTES

3) Investigadores.

Se prevé la participación de investigadores de los siguientes organismos:

- Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- EMEPC, Estructura de Missao para Asuntos do Mar (Portugal).
- Universidad Complutense de Madrid (UCM).
- Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM)
- Instituto Energías Renovables Canarias (ITER-INVOLCAN).
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, Portugal)
- Instituto Oceanográfico, Universidad de Sao Paulo (Brasil).
- Centre Geobiology Univ. Göttingen (Alemania).
- Universidad de Auckland (Nueva Zelanda).

4) Pilotos del mini ROV-Explorer:

- Antonio Calado (EMEPC, Portugal)
- Andreia Afonso (EMEPC, Portugal)
- Miguel Souto Ferreira (EMEPC, Portugal)
- Bruno Ramos (EMEPC, Portugal)
- Renato Bettencourt



6. REFERENCIAS RELEVANTES

Jabaloy, A; Balanya, JC; Barnolas, A; Galindo-Zaldivar, J; Hernandez-Molina, FJ; Maldonado, A; Martinez-Martinez, JM; Rodriguez-Fernandez, J; de Galdeano, CS; Somoza, L; Surinach, E; Vazquez, JT. 2003. The transition from an active to a passive margin (SW end of the South Shetland Trench, Antarctic Peninsula). **Tectonophysics** 366 (1-2): 55-81.

Maldonado, A; Barnolas, A; Bohoyo, F; Galindo-Zaldivar, J; Hernandez-Molina, J; Lobo, F; Rodriguez-Fernandez, J; Somoza, L; Vazquez, JT. 2003. Contourite deposits in the central Scotia sea: the importance of the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell Gyre Flows. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology** 198 (1-2): 187-221

Marín-Moreno H., Giustiniani M. & U. Tinivella. 2015. The Potential Response of the Hydrate Reservoir in the South Shetland Margin, Antarctic Peninsula, to Ocean Warming over the 21st Century. **Polar Research**, 34.27443.

Livermore, R; Balanya, JC; Maldonado, A; Martinez, JM; Rodriguez-Fernandez, J; de Galdeano, CS; Zaldivar, JG; Jabaloy, A; Barnolas, A; Somoza, L; Hernandez-Molina, J; Surinach, E; Viseras, C. 2000. Autopsy on a dead spreading center: The Phoenix Ridge, Drake Passage, Antarctica. **Geology** 28 (7): 607-610

Klinkhammer, G.P., Chin, C.S., Keller, R.A., Dahmann, A., Sahling, H., Sarthou Petersen, S., Smith, F., Wilson, C., 2001. Discovery of new hydrothermal vent sites in Bransfield Strait, Antarctica. **Earth Planet. Sci. Lett.** 193, 395-407.

Somoza, L; Martinez-Frias, J; Smellie, JL; Rey, J; Maestro, A. 2004. Evidence for hydrothermal venting and sediment volcanism discharged after recent short-lived volcanic eruptions at Deception Island, Bransfield Strait, Antarctica. **Marine Geology** 203 (1-2): 119-140.

Somoza L., León, R., Medialdea, T., Pérez, L.F. , González, F.J. , Maldonado, A. 2014. Seafloor mounds, craters and depressions linked to seismic chimneys breaching fossilized diagenetic bottom simulating reflectors in the central and southern Scotia Sea, Antarctica. **Global and Planetary Change**. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2014.08.004



Anexo 1: EXPERIENCIA DEL IP EN CAMPAÑAS OCEANOGRÁFICAS

Experiencia como Jefe científico en campañas oceanográficas:

- 1) **Jefe Científico de la campaña SUBVENT-2. B/O SARMIENTO DE GAMBOA (CSIC).** Proyecto SUBVENT (Emisiones submarinas en los márgenes continentales de Canarias y Golfo de Cádiz. 9 de marzo a 25 de abril de 2014. Vigo-Arrecife (Lanzarote)-Vigo.
- 2) **Jefe Científico de la campaña AMULEY-2012. BIO HESPÉRIDES.** Estudio geológico para la ampliación de la Plataforma Continental al Oeste de las Islas Canarias. 7 de Mayo (Cartagena) a 20 de Junio de 2012 (Santa Cruz de Tenerife).
- 3) **Jefe Científico de la campaña GAIRE-MAEC-2011. B/O SARMIENTO DE GAMBOA (CSIC).** Estudio geológico para la ampliación de la Plataforma Continental al Oeste de las Islas Canarias. 21 Noviembre a 22 Diciembre 2011.
- 4) **Co-Jefe Científico de la campaña DRAGO-2011. Estudio geológico para la ampliación de la Plataforma Continental al Oeste de las Islas Canarias.** Buque oceanográfico MIGUEL OLIVER. Mayo 2011. Co-Jefe Científico
- 5) **Jefe Científico de la campaña GAROÉ-2010. BIO HESPÉRIDES.** Estudio geológico para la ampliación de la Plataforma Continental al Oeste de las Islas Canarias. 1-31 agosto de 2010.
- 6) **Jefe Científico de la campaña ESPOR-2008. BIO HESPÉRIDES.** Estudio científico conjunto de España y Portugal para la Extensión de la Plataforma Continental en el margen del Banco de Galicia. Noviembre 2008. Sísmica multicanal de reflexión y refracción en el Banco de Galicia.
- 7) **Jefe Científico de la campaña MOUNDFORCE -2007. Buque oceanográfico L'ATALANTE (IFREMER, FRANCIA).** Exploración de arrecifes carbonatados profundos asociados a emisiones de hidrocarburos en los márgenes continentales europeos. Septiembre 2007. Sísmica multicanal en el Golfo de Cádiz y margen Atlántico marroquí.
- 8) **Jefe Científico de la campaña BREGHAM-2005. BIO HESPÉRIDES** Estudio geológico para la Ampliación de la Plataforma Continental Española. (Septiembre-2005), geofísica y toma de muestras, Margen de Galicia, Mar Cantábrico y Margen Irlandés. Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Español de Oceanografía, Instituto Hidrográfico de la Marina, Universidad de Vigo, Universidad de Cádiz, Universidad de Oviedo, IFREMER (Francia), National Oceanographic Center (Inglaterra), Petroleum Affairs Dep. (Irlanda), SHOM (Francia). BIO Hespérides.



- 9) **Jefe Científico de la campaña TASYO-2000. BIO HESPÉRIDES.** Transporte tecto-sedimentario desde el margen continental del Golfo de Cádiz hacia las llanuras abisales Atlánticas: (Mayo, 2000), geofísica, Golfo de Cádiz, Instituto Tecnológico y GeoMinero de España, Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Cádiz, SECEG, Universidad Complutense de Madrid. BIO Hespérides.
- 10) **Jefe Científico de la campaña HYDRODEC-2000. BIO HESPÉRIDES.** Hidrotermalismo en la Isla de Decepción (Shetland del Sur, Antártida). Diciembre, 2000.

Participación en campañas oceanográficas en la Antártida

- 1) **SCAN-2013.** Buque oceanográfico HESPÉRIDES. 29 de Enero (Rey Jorge, Shetland del Sur) a 2 de Marzo (Ushuaia, Argentina). Geofísica y toma de muestras (dragas de roca y testigos de pistón) en el Mar de Scotia.
- 2) **SCAN-2008 (Evolución de Cuencas Oceánicas, Paleooceanografía y Cambio Global, mares de Weddell y Scotia (Antártida)).** Buque oceanográfico HESPÉRIDES. Enero 2008-Marzo 2008), geofísica y toma de muestras. Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra Universidad de Granada, Universidad de Barcelona, Universidad de Cádiz, Instituto Geológico y Minero de España.
- 3) **SCAN-2004 (Evolución de Cuencas Oceánicas, Paleooceanografía y Cambio Global, Mares de Weddell y Scotia, ANTártida):** (Noviembre 2004-Enero 2005), geofísica y toma de muestras. Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra Universidad de Granada, Universidad de Barcelona, Universidad de Cádiz, Instituto Geológico y Minero de España. BIO Hespérides.
- 4) **SCAN-2000 Geodinámica del borde de placas Scotia/ANTártica y Paleooceanografía del Agua Antártica Profunda. Desarrollo de cuencas oceánicas:** (Diciembre 2000-Enero 2001), geofísica, Mar de Weddell (Antártida). Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra Universidad de Granada, Universidad de Barcelona, Universidad de Cádiz, Instituto Geológico y Minero de España. BIO Hespérides.
- 5) **SCAN-97 Geodinámica y paleooceanografía de Márgenes Continentales y Cuencas: Península Antártica Septentrional:** (Enero-Febrero 1997). Mar de Weddell (Antártida). Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Universidad de Granada, Universidad de Barcelona, Universidad de Cádiz, Instituto Geológico y Minero de España. BIO Hespérides.
- 6) **ANTPAC-97 Geodinámica del límite de placas y procesos de construcción de márgenes de altas latitudes: Península Antártica Septentrional):** (Diciembre 1997-Enero 1998). Península Antártica, Antártida. Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Universidad de Granada, Universidad de Barcelona, Universidad de Cádiz, Instituto Geológico y Minero de España. BIO Hespérides.



- 7) **ORCA-92 (Estudio Geológico y Geofísico del Arco de Scotia: la Dorsal Sur del Mar de Scotia):** (Enero-Febrero.1992). Geofísica. Mar de Weddell- Estrecho Bransfield (Antártida). Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Barcelona. BIO Hespérides.

Participación en campañas oceanográficas en buques oceanográficos extranjeros

- 1) **MOUNDFORCE-2007. B/O L'ATALANTE (FRANCIA).** Exploración de arrecifes carbonatados profundos asociados a emisiones de hidrocarburos en los márgenes continentales europeos. Septiembre 2007. Sísmica multicanal en el Golfo de Cádiz y margen Atlántico marroquí.
- 2) **GAP-2003 (Gibraltar Arc Prozesse): B/O SONNE (ALEMANIA).** (Diciembre, 2003), geofísica y toma de muestras. Golfo de Cádiz y Margen Marroquí. Universitat de Bremen, Universidad de Brest, GEOMAR, Instituto Geológico e Mineiro de Portugal, Instituto Geológico y Minero de España.
- 3) **Campaña VOLTAIRE-2002- B/O URANIA (ITALIA).** Valuation Of Large Tsunamis and Iberia Risk for Eartquake): (Noviembre, 2002), Golfo de Cádiz. IGM-CNR, Istituto di Geologia Marina (IGM-CNR), Instituto de Ciências da Terra e do Espaço (ICTE), Università degli Studi di Bologna (DSTGA-UNIBO), Università degli Studi di Parma (DST-UNIPR), IGM-Portugal, CIMA-Ualg, IJA-CSIC, Universidad de Brest, IGME.
- 4) **TTR-10 (Training-Through Research Programe). B/O PROF. LOGACHEV (RUSIA)** (Junio 2000), geofísica y toma de muestras, Golfo de Cádiz. Universidad de Moscú, Southampton Oceanographic Center, Universidad de Aveiro, Instituto Geológico e Mineiro de Portugal.
- 5) **OROSEI/86:** (Junio 1986), **B/O BANNOCK (ITALIA).** geofísica y toma de muestras, Golfo de Orosei, Cerdeña oriental. Universidad de Cagliari, Universidad Complutense.

Participación en otras campañas oceanográficas

- 1) **CONTOURIBER 1. Influencia de la Corriente mediterránea en el margen Ibérico,** Buque oceanográfico SARMIENTO DE GAMBOA. 14-13 octubre de 2010.
- 2) **ERGAP-1 Determinación de riesgos de inestabilidad de taludes submarinos, neotectónica y erosión por corrientes de fondo en el área de hundimiento del "Prestige".** Julio 2007. Sísmica alta resolución en el Banco de Galicia. Buque oceanográfico L'ATALANTE. Co-Jefe Científico.
- 3) **ZEE-2003 (Estudio hidrográfico y oceanográfico de la Zona Económica Exclusiva Española):** (Noviembre, 2003), geofísica, Banco de Galicia. Instituto Español de Oceanografía,



Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Hidrográfico de la Marina, Real Observatorio de la Armada, Universidad Complutense. BIO Hespérides.

- 4) **RG-1 (Identificación de Riesgos Geoambientales potenciales y su valoración en el área de hundimiento del buque “Prestige”):** (Junio-Julio 2003), geofísica y toma de muestras, Banco de Galicia (zona de hundimiento del Prestige). Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (CSIC), UTM (CSIC), Universidad de Vigo, Universidad de Cádiz, Instituto Geológico y Minero de España, Universidad Complutense de Madrid. BIO Hespérides
- 5) **ANASTASYA-2001:** (Septiembre, 2001), geofísica y toma de muestras, Golfo de Cádiz. Instituto Español de Oceanografía, Instituto Tecnológico y GeoMinero de España, Universidad de Cádiz, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Granada. B/O Cornide de Saavedra (IEO).
- 6) **ANASTASYA-2000:** (Septiembre, 2000), geofísica y toma de muestras, Golfo de Cádiz. Instituto Español de Oceanografía, Instituto Tecnológico y GeoMinero de España, Universidad de Cádiz, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Granada. B/O Cornide de Saavedra (IEO).
- 7) **FADO-97 Evolución Geoambiental durante el Pleistoceno-Holoceno de la Plataforma Continental y Litoral de Huelva):** (Noviembre, 1997), geofísica, plataforma continental de Huelva y Algarve. Instituto Español de Oceanografía, Instituto Tecnológico y Minero de España. B/O Francisco de Paula Navarro (IEO).
- 8) **ZEE-97 Estudio Hidrográfico y Oceanográfico de la Zona Económica Exclusiva Española:** (Agosto 1997), geofísica, Islas Baleares. Instituto Español de Oceanografía, Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Hidrográfico de la Marina, Real Observatorio de la Armada, Universidad Complutense. BIO Hespérides (HE-)
- 9) **FADO-96 Evolución Geoambiental durante el Pleistoceno-Holoceno de la Plataforma Continental y Litoral de Huelva:** (Noviembre, 1996), geofísica. Plataforma Continental de Huelva y Algarve. Instituto Español de Oceanografía, Instituto Tecnológico y GeoMinero de España. B/O Francisco de Paula Navarro (IEO).
- 10) **ZEE-96 Estudio Hidrográfico y Oceanográfico de la Zona Económica Exclusiva Española:** (Agosto 1996), geofísica, Golfo de Valencia. Instituto Español de Oceanografía, Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Hidrográfico de la Marina, Real Observatorio de la Armada, Universidad Complutense. BIO Hespérides.
- 11) **DELTA-96 Estudio Geofísico del Delta del Ebro:** (Mayo 1996), geofísica, Delta del Ebro. Instituto Tecnológico y Minero de España. Reina del Ebro.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E
INNOVACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PROYECTOS DE
INVESTIGACIÓN

- 12) **CADIZ M-86 (Proyecto FOMAR Cartografía de los Fondos Marinos Españoles):** (Octubre 1994). Toma de muestras, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Instituto Tecnológico y GeoMinero de España Golfo de Cádiz. B/O Garcia del Cid (CSIC).
- 13) **GOLCA-94 (Testificación mediante vibrocores de la Plataforma Continental del Golfo de Cádiz):** (Junio 1994), toma de muestras, Golfo de Cádiz. Instituto Español de Oceanografía. Universidad de Huelva. B/O Odón de Buen (IEO).
- 14) **GOLCA-93 (Prospección geofísica de la Plataforma Continental del Golfo de Cádiz):** (Septiembre 1993), geofísica, Golfo de Cádiz. Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Huelva. B/O Odón de Buen (IEO).
- 15) **PASCA-92 (Prospección geofísica submarina del Parque Natural Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera):** (Mayo-Junio1992), geofísica, Isla de Cabrera (Mallorca). Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Palma de Mallorca. B/O Odón de Buen (IEO)
- 16) **PRUEBAS BIO-HESPERIDES SÍSMICA MULTICANAL.** Mar de Alboran. Instituto Ciencias del Mar, Barcelona, Instituto Español de Oceanografía, Instituto Jauma Almera, Universidad de Granada. BIO Hespérides.
- 17) **SANSA-90 (Estudio geofísico de la Plataforma Continental de Cantabria):** (Octubre 1990), geofísica, Plataforma Continental de Cantabria, Instituto Español de Oceanografía. B/O Rioja (IEO).
- 18) **NAO-90 (Estudio geofísico de la Plataforma Continental de Valencia y Alicante):** (Septiembre 1990), geofísica, Plataforma Continental de Alicante y Valencia. Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Valencia.
- 19) **Campaña BREOGAN-86 (Estudio geofísico de la Plataforma Continental de Galicia):** (Octubre 1986), geofísica, Plataforma Continental de Galicia, Ría de Arosa y Villagarcía. Instituto Español de Oceanografía. B/O Cornide de Saavedra (IEO).