

LIFE IP INTEMARES

**Informe de la campaña
COLCARTO_0220**

11 al 17 Febrero 2020



ÍNDICE

1.	Resumen ejecutivo	1
1.	Executive summary	2
2.	Introducción	3
3.	Objetivos	5
4.	Metodología	7
4.1	Área de estudio	7
4.2	Métodos de muestreo	9
4.2.1	Muestreos con métodos geofísicos	9
4.2.3	Muestreos hidrográficos	14
4.2.4	Muestreos con trineo fotogramétrico HaTE	16
4.2.5	Muestreos con escafandra autónoma	19
4.2.6	Muestreos con vídeo cebado LoVE (Lobster Video Evaluation)	20
5.	Resultados preliminares.....	23
5.1	Geomorfología: acústica y dragas	23
5.2	Hidrografía	25
5.2.1	Anomalías físico-químicas.....	25
5.2.2	Velocidad de corrientes	26
5.3	Trineo fotogramétrico HaTE.....	26
5.4	Muestreo con escafandra autónoma.....	28
5.4.1.	Recogida de rocas	28
5.4.2.	Zonas de tapices microbianos.....	29
5.4.3.	Flujo de gases	30
5.5	Vídeo cebado LoVE	31
6.	Problemas de operatividad	32
6.1	Sistemas geofísicos	32
6.2	Trineo fotogramétrico HaTE.....	33
7.	Agradecimientos	34
8.	Referencias.....	35

ANEXOS

ANEXO I: Perfiles de velocidad del sonido: Tabla con las coordenadas de los puntos de muestreo realizados	41
ANEXO II: Prospección con ecosonda multihaz (EM710): Tabla de ficheros y líneas	41
ANEXO III: Muestreo con draga Shipek: Tabla con las coordenadas de los puntos de muestreo realizados	44
ANEXO IV: Muestreo con draga de arrastre bentónico: Tabla con las coordenadas de inicio y fin de los transectos realizados	44
ANEXO V: Muestreo tow-yo con roseta oceanográfica: Tabla con las coordenadas de inicio y fin de los transectos realizados	45
ANEXO VI: Muestreo con trineo fotogramétrico HaTE: Tabla con las coordenadas de inicio y fin de los transectos realizados	45
ANEXO VII: Fondeo de estructuras de vídeo cebado LoVE: Tabla con las coordenadas de los puntos de muestreo realizados.....	46

Autores del Informe: Ignacio Baena, Sandra Mallol, Matías Calvo, Nuria Rodríguez, Eugenio Fraile-Nuez, Jesús M. Arrieta, Alba González-Vega, Juan Tomás Vázquez, Desirée Palomino, Irene Pilar Díez, Sofía Naranjo y David Díaz.

Equipo participante en la campaña: Ignacio Baena, Matías Calvo, David Díaz (Jefe de Campaña), Irene Pilar Díez, Eugenio Fraile-Nuez, Sandra Mallol, Sofía Naranjo, Desirée Palomino, Nuria Rodríguez y Juan Tomás Vázquez.

1. Resumen ejecutivo

La campaña de investigación oceanográfica COLCARTO_0220 se llevó a cabo del 11 al 17 de febrero del 2020 en el entorno del archipiélago de las Islas Columbretes, a bordo del B/O Ramón Margalef. Esta campaña se ubica dentro de la acción A2 “Actuaciones para la mejora del conocimiento de hábitats y especies”, concretamente corresponde al punto primero de esta acción, A2.1 “Mejora del conocimiento en zonas ya declaradas”, dentro del proyecto LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”.

Los objetivos de la campaña fueron incrementar y mejorar el conocimiento de las características bióticas y abióticas de los espacios LIC de las Islas Columbretes así como, de manera adicional, aplicar nuevas metodologías para la evaluación de los LICs mediante métodos no invasivos. La campaña, de carácter multidisciplinar, se nutrió del uso de diversos métodos para conseguir cada uno de los objetivos específicos dirigidos hacia un mismo objetivo global, aumentar el conocimiento actual de las características del entorno marino de las Islas Columbretes.

Se usó la metodología de vídeo remolcado para caracterizar del bentos y el sistema de vídeo cebado para la aplicación de métodos no invasivos a fin de evaluar el efecto de la protección. La ecosonda multihaz del barco se utilizó para obtener mosaicos de batimetría y reflectividad de muy alta resolución (1x1 m) y se utilizaron dos tipos de draga, Shipek y de arrastre bentónico, para recoger muestras de sedimento y de roca, respectivamente, y realizar una caracterización de los tipos de sedimentos en diferentes puntos. Todo con el fin de obtener una cartografía y caracterización geológica de los LICs de estudio. Por último, se realizaron muestreos con roseta oceanográfica para la caracterización de las masas de agua que circundan el archipiélago, con especial atención a las anomalías de pH que se producen debido a la emisión de burbujas gaseosas en zonas específicas del archipiélago (donde encontramos el hábitat 1180: Estructuras submarinas producidas por el escape de gases). Adicionalmente, se llevaron a cabo una serie de inmersiones con escafandra autónoma que permitieron filmaciones y la toma selectiva de diversas muestras que complementaron las recogidas mediante las dragas y roseta, principalmente en la zona de hábitat 1180.

Se realizaron 31 transectos de vídeo remolcado de aproximadamente 15 minutos de duración cada uno, para caracterizar el tipo de hábitat. La distancia total prospectada fue de 4584,98 m (147 de media). Se fondearon 12 estructuras de vídeo cebado para la evaluación de este método no invasivo, utilizando la langosta roja (*Palinurus elephas*) como especie indicadora, dando lugar a 37 horas de grabación. Se recolectaron muestras de sedimento y roca mediante 20 muestreos con dragas Shipek y 4 con dragas de arrastre bentónico. También se realizaron 12 muestreos con roseta oceanográfica utilizando la metodología *tow-yo*, adicionalmente se tomaron muestras de agua a diferentes profundidades de la columna de agua. Para la obtención de la batimetría detallada del entorno marino del archipiélago se realizaron 365 km de líneas de navegación con la ecosonda multihaz del buque dando lugar a una superficie de unos 98 km² (un 41,5% de la superficie de los LICs además de algunos sectores al norte y al oeste de las figuras de protección). Por último, las inmersiones con escafandra autónoma permitieron recolectar muestras de sedimento, de roca, de agua y de tapices microbianos en las zonas de surgencias gaseosas.

La combinación de estos datos junto con los adquiridos en campañas pasadas realizadas en el marco de otros proyectos, así como los que se puedan conseguir en las próximas expediciones, darán lugar a una imagen completa y actualizada de las características bióticas y abióticas de estos LICs en un enclave singular del Mediterráneo occidental.

1. Executive summary

The oceanographic research survey COLCARTO_0220 was carried out from the 11th to the 17th of February around the Columbretes Islands archipelago, on board of the O/V Ramón Margalef. This survey belongs to the action A2 “Interventions towards the enhancement of knowledge of habitats and species”, specifically it is contained in the first step of this action, A2.1 “Enhancement of the knowledge of declared zones”, within the LIFE IP INTEMARES project “Management, integrated, innovative and participative management of the Natura 2000 network in the Spanish marine environment”.

The objectives of the survey were to increase and improve the knowledge on the biotic and abiotic characteristics of the SCI area of the Columbretes Islands as well as, additionally, apply new methodologies to evaluate de SCIs by means of non-invasive methods. The survey, of multidisciplinary character, benefited from the usage of diverse methodologies to achieve each of the specific objectives directed towards an overarching goal, expand the current knowledge of the characteristics of the marine environment of the Columbretes Islands.

The towed-video method was used to identify and characterize the benthic communities and the baited-video system was used as a non-invasive method that can help to evaluate the protective effect. The multibeam echosounder of the vessel was used to obtain bathymetry and reflectivity mosaics of very high resolution (1x1 m) and two types of dredges, Shipek and benthonic trawling, were used to collect samples of sediment and rocks, respectively, aiming to carry out a characterization of the sediment type around different interesting spots. All in order to obtain a cartography and a geologic characterization of the studied SCIs. Lastly, the carousel water sampler was used to characterize the water masses around the archipelago, giving special attention to pH anomalies produced due to the emission of gas bubbles in specific spots of the archipelago (where the habitat 1180: Submarine structures produced by gas scapes can be found). Additionally, several dives were carried out allowing underwater selective video recordings as well as collection of samples that complemented those collected by the dredges and other instruments, mainly in the habitat 1180 zone.

All in all, 31 towed-video transects were carried out, each of them of approximately 15 minutes, in order to characterize the habitat type. The total surveyed area has been of 4584.98 m (average of 147 m per transect). A total of 12 baited-video structures were dropped to evaluate this non-invasive methodology using the European spiny lobster (*Palinurus elephas*) as indicator species, this produced 37 hours of video. Samples of sediment and rock were collected by means of 20 samples with Shipek and 4 with benthonic trawled dredges. Also, 12 sample collections were carried out with the carousel water sampler using the tow-yo methodology, additionally this method allowed the collection of water samples in different depths along the water column. For the purpose of the detailed bathymetry of the marine surroundings of the archipelago, 365 kilometers of navigation lines were carried out with the multibeam echosounder, producing a surface of approximately 98 km² (a 41.5% of the SCIs surface plus some zones towards the North and West of the protective figures). Lastly, the dives allowed the collection of sediments, rocks, water and microbial mats in the zones with gaseous emissions.

The combination of this data besides those acquired in previous surveys belonging to different projects, as well as those that can be obtained in future expeditions, will be able to produce a complete and updated image of the biotic and abiotic characteristics of these SCIs located in a particular site of the Western Mediterranean.

2. Introducción

La campaña de investigación oceanográfica COLCARTO_0220 se desarrolló entre el 11 y el 17 de febrero del 2020 en el entorno del archipiélago de las Islas Columbretes (figura 1), a bordo del B/O Ramón Margalef. Esta campaña se ubica dentro de la acción A2 “Actuaciones para la mejora del conocimiento de hábitats y especies”, concretamente corresponde al punto primero de esta acción, A2.1 “Mejora del conocimiento en zonas ya declaradas”, dentro del proyecto LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”. Campañas anteriores del proyecto LIFE+ INDEMARES iniciaron el proceso de cartografiado de hábitat en el entorno de este LIC (Linares et al., 2012). Otras campañas desarrolladas por el IEO como COLVIDEO, COLMAERL o LANCO han aportado datos que ayudan de igual manera al diseño y consecución de la campaña COLCARTO_0220 (Goñi et al., 2013, Barberá et al., 2017, Cabanellas-Reboredo et al., 2017).

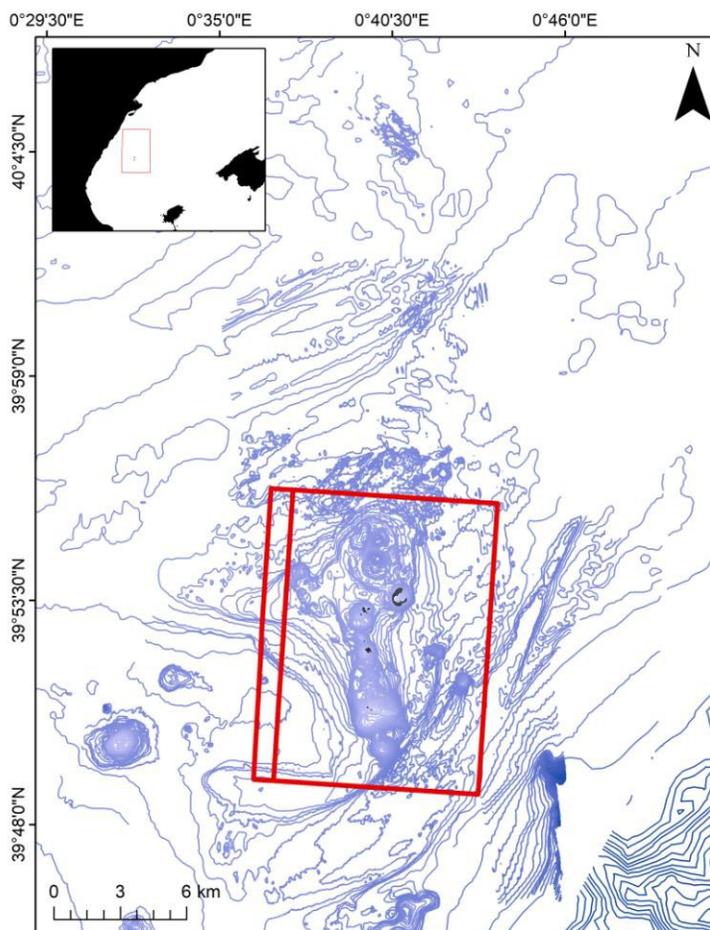


Figura 1. Ubicación general y figuras de protección LIC entorno al archipiélago de las Islas Columbretes, el rectángulo de mayor dimensión corresponde al ESZZ16010, el de menor, a la ampliación posterior ESZZ16004.

El entorno sumergido del archipiélago de las Islas Columbretes ocupa un área aproximada de 136 km² albergando una gran variedad de especies de gran importancia ecológica e interés científico. Entre otros, encontramos tres hábitats que han sido incluidos en la Directiva Hábitats (DH, Directiva 92/43/CEE) y cuya caracterización es de gran importancia. Estos son: arrecifes (1170), estructuras submarinas causadas por emisiones de gases (1180) y cuevas marinas sumergidas o semisumergidas

(8330). Los primeros esfuerzos dirigidos a la caracterización de los fondos del entorno del archipiélago se remontan a finales de los años 80, cuando se realizó una aproximación a las características del bentos mediante el uso de dragas en diversos puntos del entorno del archipiélago (García-Carrascosa, 1987).

Posteriormente, diversas campañas desarrolladas entre septiembre de 2011 y julio de 2012 como parte del proyecto LIFE+ INDEMARES realizaron los primeros esfuerzos enfocados al cartografiado de determinadas especies y comunidades de elevada importancia por su papel estructural, pero básicamente en el entorno del LIC de la reserva marina del archipiélago. Este proyecto fue esencial para la ampliación del espacio LIC en la zona oeste del archipiélago (Linares et al., 2012). Las especies estructurales que fueron objeto de este proyecto predominan en hábitats de estratos profundos y se caracterizan por tener un ciclo de vida largo, ejemplo de ello son la gorgonia roja (*Paramuricea clavata*) y el coral rojo (*Corallium rubrum*), así como las comunidades profundas dominadas por algas fucales (género *Cystoseira* y *Sargassum*) y las comunidades de algas laminariales (*Laminaria rodriguezii*) asociadas a las surgencias de gases.

En este primer trabajo cartográfico se cubrieron 19,62 km² de superficie en los dos LICs en profundidades entre 30 y 100 metros, pero focalizados en los bajos más característicos de los LICs. Además, se exploró una superficie de aproximadamente 3,5 km² al norte de la zona incluida en el LIC, conocida como la “colada del norte” por sus características de origen volcánico, en la que se observó un dominio de fondos de rodolitos y cascajo en combinación con fangos provenientes del continente. Además de las zonas rocosas dominadas por algas fucales y laminariales y los fondos coralígenos y detríticos (donde se encontraron individuos de *P. clavata*, *C. rubrum* y *L. rodriguezii*), otro hábitat de gran valor ecológico cartografiado fueron los mantos de rodolitos que conforman los fondos de maërl. La toma de datos fue realizada mediante inmersiones con escafandra autónoma y el uso de un ROV (Remoted Operated Vehicle) y, a continuación, se exportaron a un soporte SIG para proceder a su interpolación.

Las siguientes acciones destinadas a contribuir a la cartografía bionómica del área de los LICs fueron llevadas a cabo como objetivos complementarios en las campañas COLVIDEO del IEO, dirigidas al estudio del comportamiento de la langosta roja (*Palinurus elephas*) desarrolladas en 2018 y 2019. En la campaña COLVIDEO_0918 a bordo del B/O García del Cid (CSIC) se realizaron transectos con escafandra autónoma en fondos someros (hasta 40 metros de profundidad) en los cuales se identificaron las diferentes especies bentónicas para su posterior localización en una plataforma SIG. En total se realizaron 38 transectos con una longitud media de 152 metros distribuidos en el entorno de los islotes del archipiélago. En las campañas COLVIDEO_0519 y COLVIDEO_0819 a bordo del B/O SOCIB se realizaron nuevos transectos, en esta ocasión utilizando un sistema de vídeo remolcado en zonas que no era posible muestrear mediante inmersiones con escafandra autónoma debido a su profundidad. En la campaña de mayo se grabaron un total de 10 transectos de vídeo con una longitud media de 280 metros, por su parte, en la de agosto se grabaron 8 transectos con una longitud media de 300 metros. Todos los transectos de vídeo se ubicaron en el interior de los márgenes de la reserva marina en profundidades de hasta 75 metros.

Finalmente, otras campañas desarrolladas en proyectos del IEO han servido tanto como para aumentar el conocimiento del bentos del archipiélago como para el diseño de la campaña COLCARTO. Pese a tener objetivos diferentes han aportado información importante sobre la fauna y flora presente en los fondos de ambos LICs. Las campañas LANCO y COLMAËRL han sido útiles en este sentido, la primera se ha llevado a cabo de forma anual desde el año 1997 hasta la actualidad y a partir de sus datos de *by-catch* de pescas experimentales se ha obtenido la ubicación de especies profundas (Goñi et al., 2013). La campaña COLMAËRL, efectuada en 2014, tuvo como objetivo el estudio del impacto de la pesca de

arrastre sobre los fondos de maërl comparando el estado del maërl en zonas en el interior de la reserva (área donde todo tipo de arte de pesca de fondo está prohibido desde 1990) con zonas expuestas a estas actividades (Barberá et al., 2017; Cabanellas-Reboredo et al., 2017). Para esta campaña se realizaron dragas en diversos puntos del entorno del archipiélago cuyos datos, además de demostrar que los fondos de maërl se ven afectados por la pesca en diversos aspectos, aportan información sobre las especies presentes en los puntos muestreados.

La continuidad de los esfuerzos llevados a cabo hasta la fecha es esencial de cara a la consecución de una imagen precisa y completa sobre la distribución y el estado de los hábitats en los espacios LIC para su correcta gestión y conservación. También servirá para posibles ampliaciones de las figuras de protección en base a la continuidad de hábitats, cuya protección es importante más allá de los límites establecidos en la actualidad como ya ocurrió gracias a los resultados obtenidos en las campañas del proyecto LIFE+ INDEMARES.

3. Objetivos

El objetivo de la Acción A.2 del proyecto LIFE IP INTEMARES es alcanzar el conocimiento suficiente para completar y mejorar la representatividad de la Red Natura 2000 y cumplir con el objetivo de proteger el 10% de la superficie marina española. Paralelamente, se plantean estudios complementarios en aquellas áreas ya declaradas o sobre aquellas especies para las que sea imprescindible disponer de más información para la elaboración de planes de gestión y conservación coherentes. Dentro de este segundo apartado se encuentra la acción A2.1 en la que se enmarca esta campaña, cuyo objetivo es la mejora del conocimiento en zonas LIC ya declaradas. El LIC del entorno marino del archipiélago de las Islas Columbretes es uno de los 7 LICs marinos que se encuentran como espacios objetivo de esta acción. En línea con este objetivo la campaña pretende ampliar el conocimiento de la distribución de los hábitats bentónicos del entorno marino del archipiélago y sus comunidades asociadas. Entre dichos hábitats destacan los arrecifes (hábitat 1170), las ya mencionadas estructuras submarinas formadas por emisiones de gases (hábitat 1180) y, pese a su mayor complejidad en términos de cartografiado, las cuevas marinas sumergidas o semisumergidas (hábitat 8330), todos ellos incluidos en la Directiva Hábitats (DH, Directiva 92/43/CEE).

Teniendo en cuenta este objetivo general, se plantearon una serie de objetivos específicos a desarrollar durante la campaña COLCARTO_0220:

1. Caracterizar las comunidades bentónicas que no han sido muestreadas en campañas anteriores (LIFE+ INDEMARES, COLVIDEO) utilizando métodos no invasivos. Con este fin se obtienen muestras de vídeo mediante un sistema de trineo remolcado (Habitat Transect Evaluation, HaTE box) que permite ver a bordo las imágenes filmadas en directo.
2. Obtener datos de batimetría y mosaicos de reflectividad de muy alta resolución con ecosonda multihaz para analizar las características geomorfológicas y tipología de fondos de la zona.
3. Describir las características del agua en el entorno del archipiélago con especial interés a las variaciones provocadas por las surgencias gaseosas mediante muestreos de tipo *tow-yo* con la roseta oceanográfica y toma de muestras de agua *in situ* a través de inmersiones con escafandra autónoma.

4. Identificar las características sedimentológicas y geoquímicas mediante muestreos con dragas Shipek y de arrastre bentónico y toma directa de muestras mediante inmersiones con escafandra autónoma.
5. Analizar la arquitectura de las formaciones sedimentarias, la presencia de estructuras tectónicas y su control de las posibles emisiones de gas en el entorno de los afloramientos rocosos mediante la adquisición de perfiles de sonda paramétrica de alta resolución (TOPAS).
6. Evaluar la efectividad de la metodología de vídeo-cebado para determinar la aplicación de normativas de regulación espacial.
7. Describir las características de las emisiones gaseosas (hábitat 1180) al sur del archipiélago mediante métodos no invasivos consistentes en el fondeo de una cámara que permita estimar la abundancia y ratio de emisión de burbujas.
8. Investigar la capacidad de las emisiones gaseosas de alterar la microfauna adyacente mediante toma de muestras *in situ* de las comunidades microbianas a través de inmersiones con escafandra autónoma.

4. Metodología

4.1 Área de estudio

La campaña se ha realizado en el archipiélago de las Islas Columbretes, dentro de los márgenes de los LICs presentes entorno a este. Adicionalmente se han muestreado zonas más allá de los límites de los LICs que son de interés científico por la continuidad de los hábitats bentónicos.

El conjunto de las Columbretes y su entorno forman parte de un campo volcánico extinto y poco frecuente en esta zona del Mediterráneo (Martí et al., 1992; Muñoz et al., 2005). Las islas son muestra de este pasado geológico emergiendo como restos de un cono volcánico en el caso de la Illa Grossa o de una chimenea volcánica en el caso del Carallot (Meléndez Hevia, 2004). Otra consecuencia de este origen geológico es la presencia de surgencias gaseosas localizadas, por ahora, al sur del archipiélago que alteran las características del bentos colindante (Erena, 2014; Linares et al., 2015). Los fondos del archipiélago consisten en sedimentos detríticos, en su mayoría fango, de origen volcánico y terrígeno sobre los que abundan las acumulaciones de maërl y rodolitos (Linares et al., 2012).

La profundidad dentro del área protegida por las figuras LIC no sobrepasa los 100 metros, las zonas más someras se encuentran alrededor de las superficies emergidas y descienden paulatinamente hacia profundidades que, en dirección SE más allá del área protegida, llegan a alcanzar los 1000 metros de profundidad en el borde de la plataforma continental donde se ubica el archipiélago (figura 2). El conocimiento de la batimetría del área de estudio es esencial y es el primer paso a realizar previo a la caracterización bionómica, dado que las características abióticas del área determinan en gran medida la distribución de la flora y fauna bentónica.

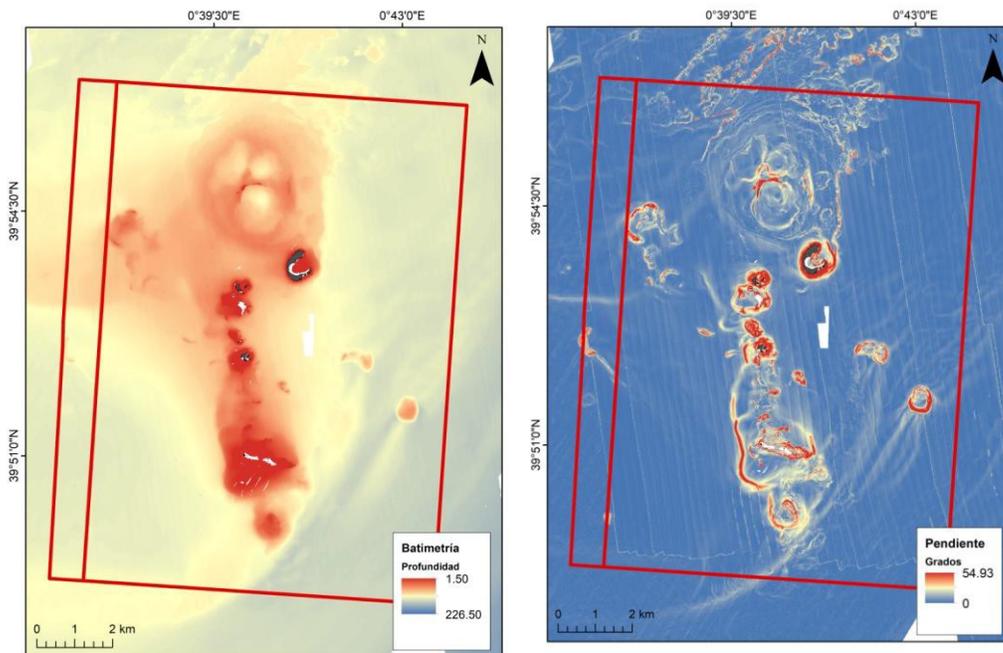


Figura 2. Ráster de batimetría con resolución a 5 metros (izquierda) y ráster de pendiente (derecha).

Como se ha mencionado con anterioridad, las campañas del proyecto LIFE+ INDEMARES dieron como fruto una cartografía bionómica de las comunidades profundas dominadas por especies longevas en las inmediaciones del LIC ESZZ16010 (figura 3). Este trabajo sumado a la información producida en campañas dirigidas a otros objetivos (figura 4) aporta una cantidad considerable de información de carácter bionómico que ha servido para diseñar, no solapar y organizar el muestreo en el área de estudio durante la campaña COLCARTO_0220.

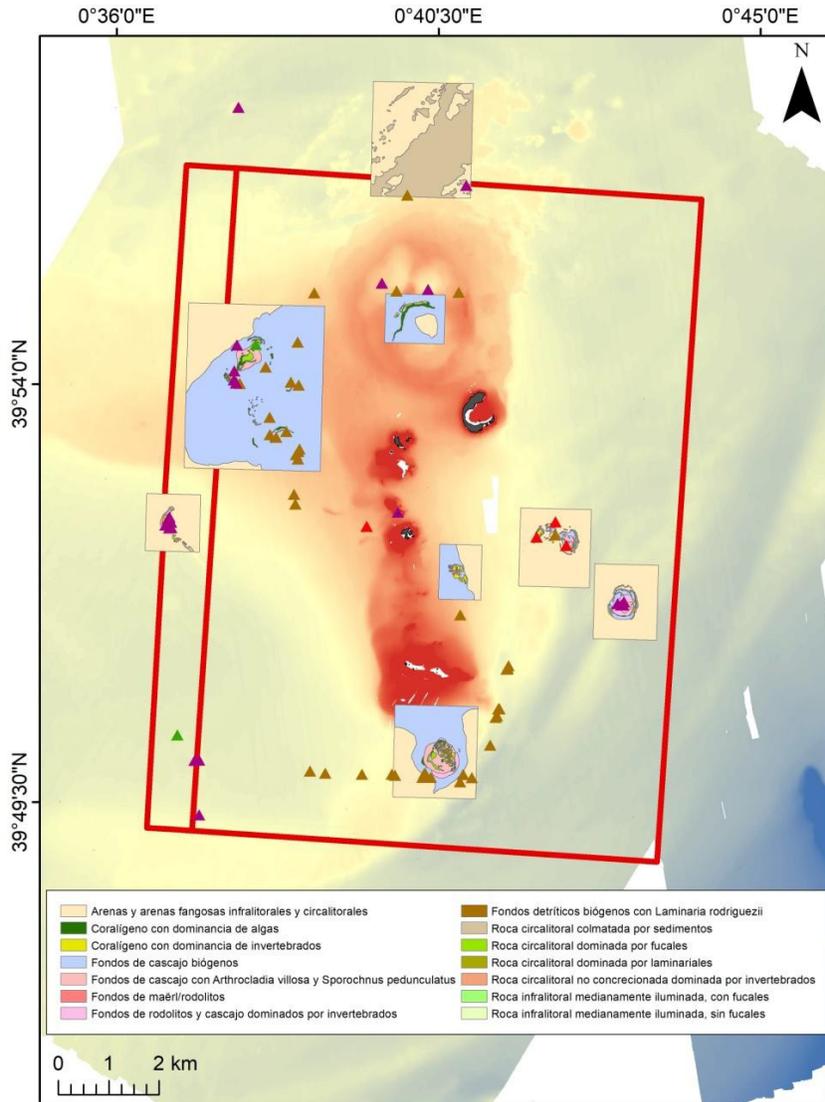


Figure 3. Cartografía de comunidades profundas realizada durante el proyecto LIFE+ INDEMARES. Los triángulos indican la presencia puntual de especies longevas formadoras de comunidad (rojo para *C. rubrum*, púrpura para *P. clavata*, marrón para *L. rodriguezii* y verde para *Cystoseira* spp.).

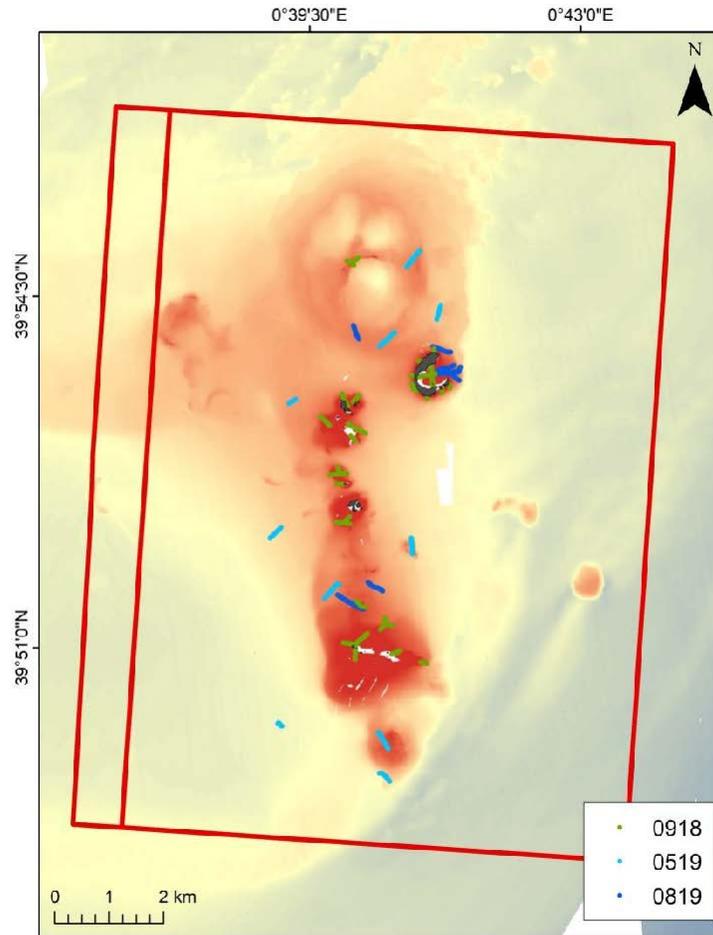


Figure 4. Transectos bionómicos realizados en campañas del IEO anteriores a COLCARTO_0220. En color verde se representan los transectos realizados mediante escafandra autónoma en la campaña COLVIDEO_0918. En color azul celeste y azul marino, los realizados con el sistema HaTE en las campañas COLVIDEO de mayo y agosto de 2019.

4.2 Métodos de muestreo

4.2.1 Muestreos con métodos geofísicos

- Sistema de posicionamiento

El B/O Ramón Margalef utiliza el sistema de posicionamiento GPS Diferencial GPS-D MX500. En este navegador se insertan correcciones diferenciales de forma continua. Todas las posiciones se han calculado en el sistema de referencia WGS-84, lo que evita los errores incontrolados por transformación de coordenadas.

El sistema Seapath 500 es la unidad encargada de adquisición y tratamiento de la posición del buque en todo momento. Registra en tiempo real el movimiento del barco y determina, con gran exactitud, el comportamiento instantáneo del buque: rumbo, actitud, posición y velocidad. El buque también cuenta con un sistema de posicionamiento dinámico C-POS, que le permite mantener la posición con un alto grado de exactitud (<1 m), de forma que se pueden realizar estaciones de muestreo fijas o a poca velocidad (<2 nudos), con una alta precisión espacial.

- Perfilador de velocidad del sonido AML SVP Plus

Para poder analizar correctamente los datos de batimetría obtenidos con la ecosonda multihaz, se necesita información de las características físicas de la columna de agua, ya que las diferencias entre las masas de agua existentes afectan a la velocidad de propagación del sonido y, por tanto, a las estimaciones de profundidad. Estos perfiles se han obtenido mediante el AML SVP Plus del buque. Según la programación que se le realice, este instrumento está preparado para grabar datos en función de diversos parámetros, pudiendo tomarse datos por incrementos de profundidad, incrementos de tiempo o por incrementos de cambio en la velocidad del sonido. En este caso se muestreó por profundidad.

Se realizaron 2 perfiles de sonido (figura 5; anexo I). Estas estaciones se realizaron antes de comenzar a sondear en cada zona de estudio, en el punto de mayor profundidad del área a prospectar, para así obtener los parámetros que caracterizan la columna de agua. Además, el día 15 de febrero se utilizaron los datos del CTD para obtener la velocidad del sonido en el agua ya que la roseta se largó a suficiente profundidad.

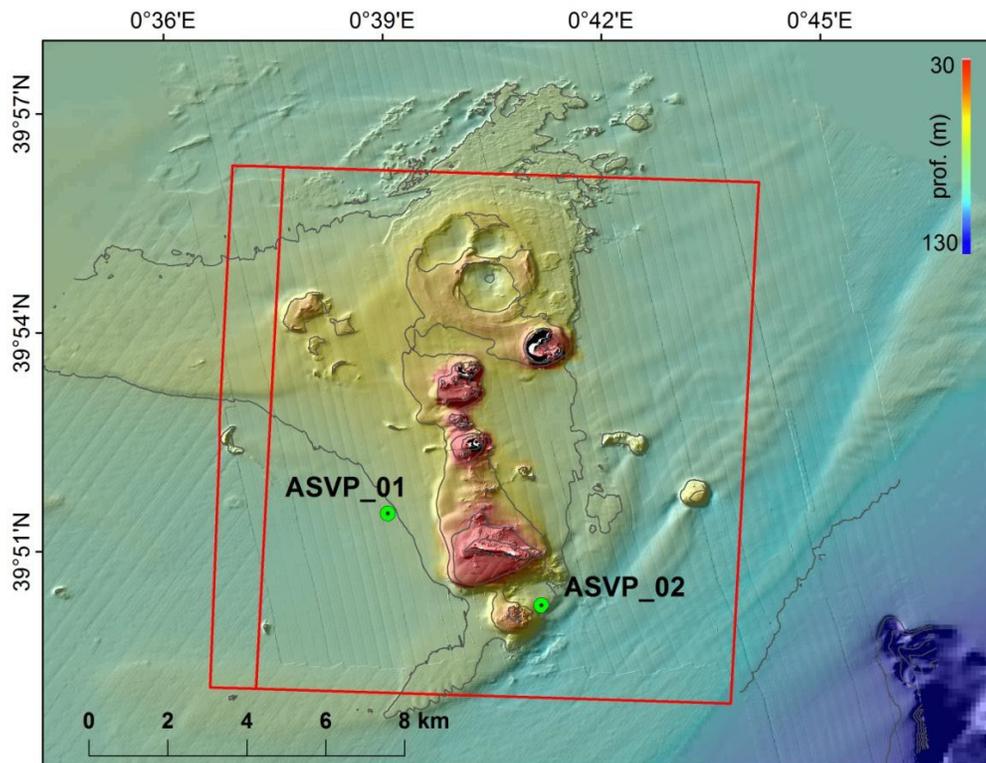


Figura 5. Estaciones realizadas con perfilador de velocidad del sonido utilizado para calibrar los datos durante la campaña COLCARTO_0220.

- Ecosonda multihaz

En la zona de las Islas Columbretes se disponía de una batimetría previa, de 5 m de resolución, que cubría la mayor parte del área de estudio y que había sido obtenida durante el proyecto LIFE+ INDEMARES. Sin embargo, esta batimetría presenta errores de adquisición y el bandeado en el solape de líneas imposibilita los análisis de estos datos. Por tanto, con el objetivo de mejorar los datos batimétricos y obtener los mosaicos de reflectividad, se prospectó durante esta campaña un área de unos 98 km² con la ecosonda multihaz (figura 6; anexo II). A estos datos se les realizó un pre-procesado

a bordo, lo que permitió la elaboración de mapas de muy alta resolución para la selección de las estaciones de muestreo.

La prospección batimétrica se realizó con recubrimiento al 100% usando la ecosonda multihaz EM710. La velocidad de navegación durante la adquisición de los datos se ha procurado mantener entorno a los 4-5 nudos. La apertura de los haces laterales fue de 60°. Con la intención de que la ecosonda multihaz alcanzase la máxima tasa de disparo, ni el ADCP instalado en el casco del buque ni la ecosonda monohaz estuvieron activos durante la prospección batimétrica.

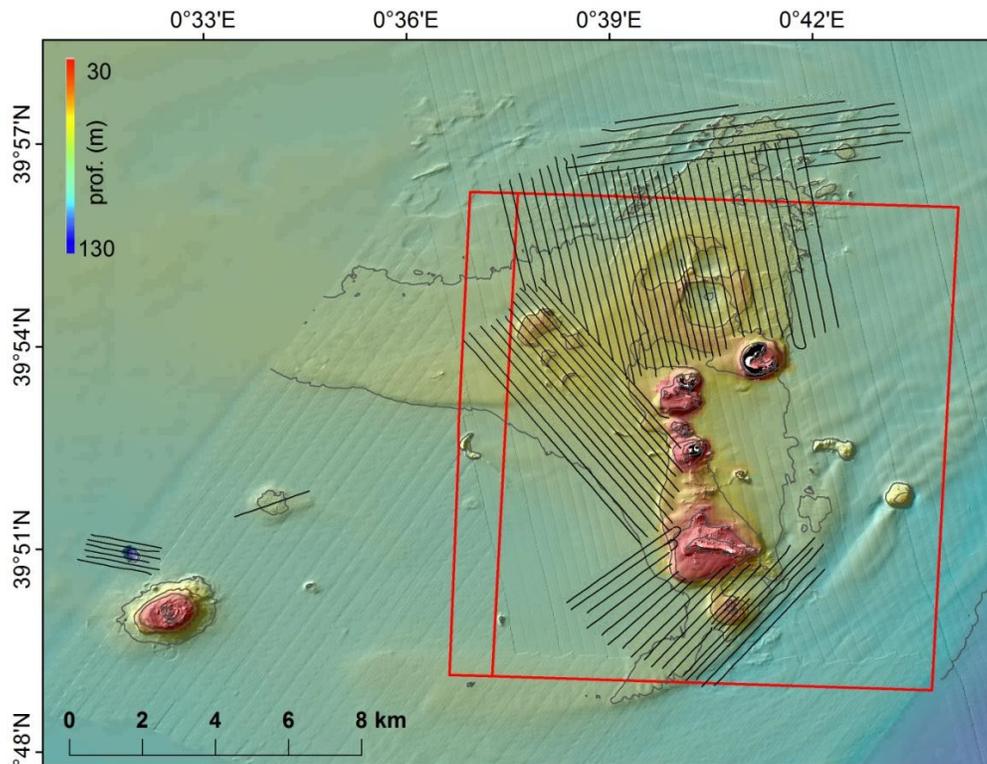


Figura 6. Líneas de navegación realizadas con ecosonda multihaz (EM710) durante la campaña COLCARTO_0220.

- Ecosonda paramétrica TOPAS PS018

Estaba prevista la adquisición de perfiles con la ecosonda paramétrica TOPAS PS18 para el estudio de la arquitectura de las unidades sedimentarias más recientes del registro geológico y de las estructuras tectónicas que pueden controlar la migración de los gases hacia superficie, pero un fallo en la fuente de alimentación del equipo no permitió su uso.

- Vessel Mounted Acoustic Doppler Current Profiler, VM-ADCP

Con el fin de determinar los transportes de propiedades físico-químicas en las regiones de desgasificación hidrotermal, se determinó el campo de velocidades total desde la superficie hasta el fondo (con un límite de entre 400-600 m de profundidad) haciendo uso del perfilador de corrientes acústico por efecto doppler instalado en el casco del buque oceanográfico (VM-ADCP). El ADCP transmite pulsos acústicos cada segundo en la columna de agua a través de transductores a una frecuencia de 75 KHz, con los que estima los componentes horizontales de la velocidad (zonal (u) y meridional (v)) en función de la profundidad por efecto doppler. Las estimaciones de la velocidad de la

corriente son post-procesadas usando la versión V7.2 del software CASCADE, desarrollado por el Laboratorio de Oceanografía Física y Espacio Francés (LOPS) y bajo entorno Matlab (Kermabon y Gaillard, 2001; Le Bot et al., 2011). Los datos finales tienen eliminado el efecto de la marea usando para ello el OSU tidal prediction software tpxo8.0 (Egbert et al., 1994).

- Draga Shipek

La obtención de muestras de sedimento para análisis de granulometría, materia orgánica y ADN ambiental se ha realizado con draga Shipek (figura 7). Esta draga consiste en un cuerpo rígido y pesado, maniobrada por la grúa-pórtico del costado de estribor del buque, que se acciona por colisión contra el fondo marino, cuando se deja en caída libre. En el momento del impacto, se acciona una cazoleta alojada en el interior del cuerpo de la draga en posición invertida, es decir con la abertura hacia el fondo, que gira súbitamente, de tal forma que recoge el sedimento que se encuentra bajo la draga. La muestra de sedimento así obtenida es representativa del entorno que circunda el punto de muestreo. Se han realizado un total de 20 dragas de sedimento para análisis de sedimento y ADN ambiental (figura 8; anexo III).

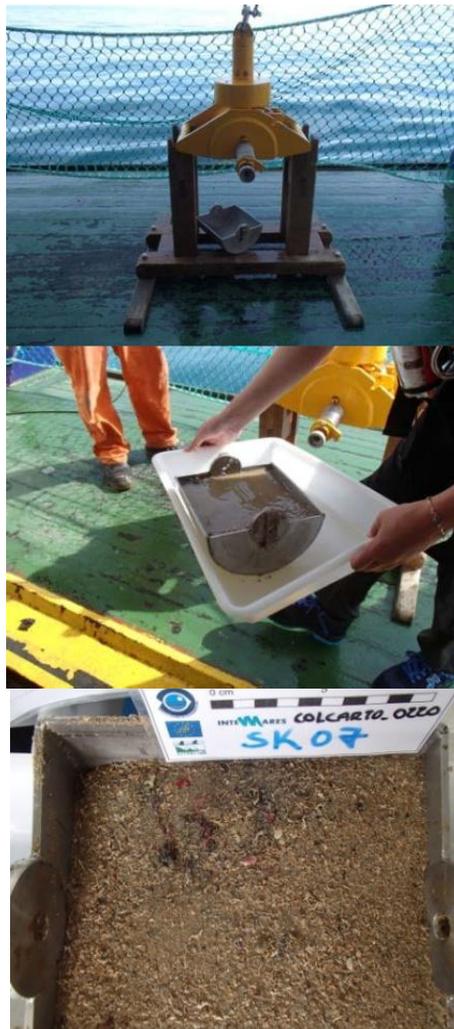


Figura 7. Draga Shipek utilizada durante la campaña COLCARTO_0220 para la recogida de muestras de sedimento del fondo marino y ejemplo de muestras obtenidas.

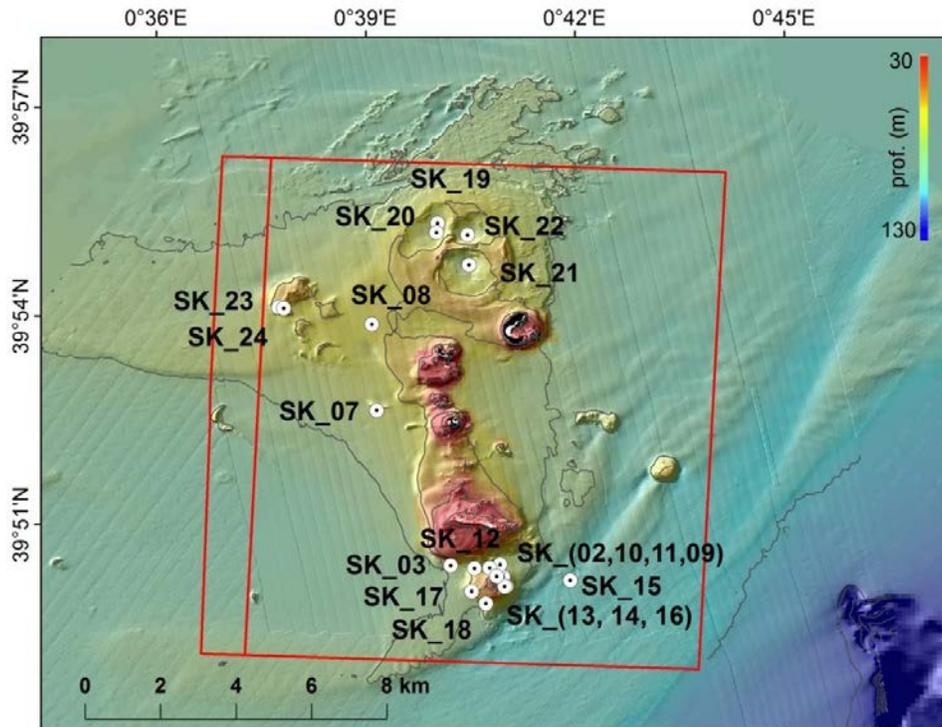


Figura 8. Localización de los puntos de draga Shipek realizados durante la campaña COLCARTO_0220 para la recogida de muestras de sedimento.

- Dragas de arrastre bentónico

Para la obtención de muestras de roca se ha utilizado una draga de arrastre bentónico. Está formada por una estructura metálica rectangular a modo de armazón, en el cual va unida una red que en su parte inferior está protegida por unas bases de cuero (figura 9). Al desplazarse arrastrando sobre el fondo marino, la boca metálica rectangular, que tiene los bordes biselados, rompe fragmentos de roca que, junto con la flora y fauna asociada, quedan depositados en el interior de la red y recogidos posteriormente en superficie, al izar la draga. La velocidad del barco se ha mantenido entre 0,5 y 0,6 nudos, recorriendo distancias de entre 140 (DA_06) y 244 metros (DA_05). El tiempo de arrastre ha variado entre los diferentes transectos siendo desde 9:00 minutos en la DA_06 hasta 14:50 minutos en la DA_01. Se han realizado un total de 4 dragas de arrastre bentónico (Figura 10, anexo IV).



Figura 9. Dragas de arrastre bentónico utilizada durante la campaña COLCARTO_0220 para la recogida de muestras de rocas del fondo marino (izq.) y ejemplo de muestras de rocas obtenidas (dcha.).

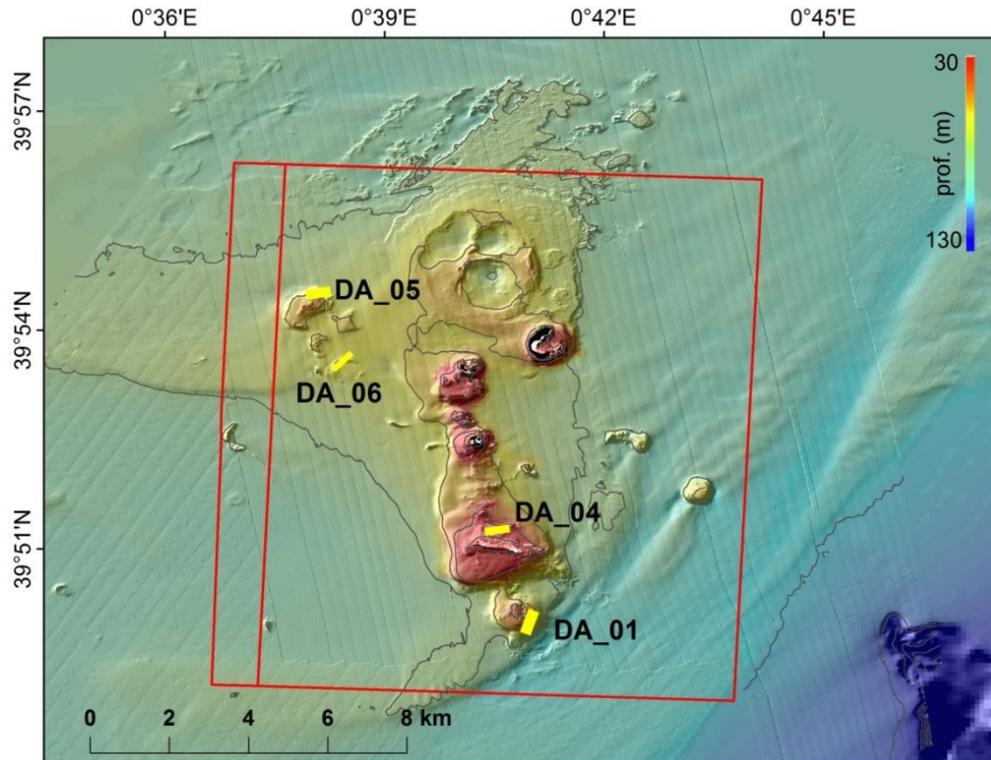


Figure 10. Localización de los transectos realizados con draga de arrastre bentónico durante la campaña COLCARTO_0220 para la recogida de muestras de sedimento y rocas.

4.2.3 Muestreos hidrográficos

El área de estudio de la campaña COLCARTO_0220 tiene unas dimensiones considerables así como un amplio rango de profundidades, muchas de las cuales quedan fuera del muestreo tradicional con escafandra autónoma. Por ello, y con el fin de determinar posibles nuevas salidas de gases de las ya determinadas, se utilizó un método de muestreo continuo en *tow-yo* con roseta oceanográfica. Esta metodología consiste en subir y bajar la roseta entre 1-10 metros del fondo a la vez que el buque realiza transectos lineales a una velocidad de 0,4 nudos gracias al uso del posicionamiento dinámico, DP (figura 11; anexo V). Este rastreo con roseta en los primeros metros del fondo nos permite determinar las posibles salidas de productos hidrotermales, ya que éstos tienen una acción muy limitada en la columna de agua. Por ello, los datos obtenidos, en forma de dientes de sierra, tienen una alta resolución espacial y nos permiten mapear con precisión dichas salidas de gases.

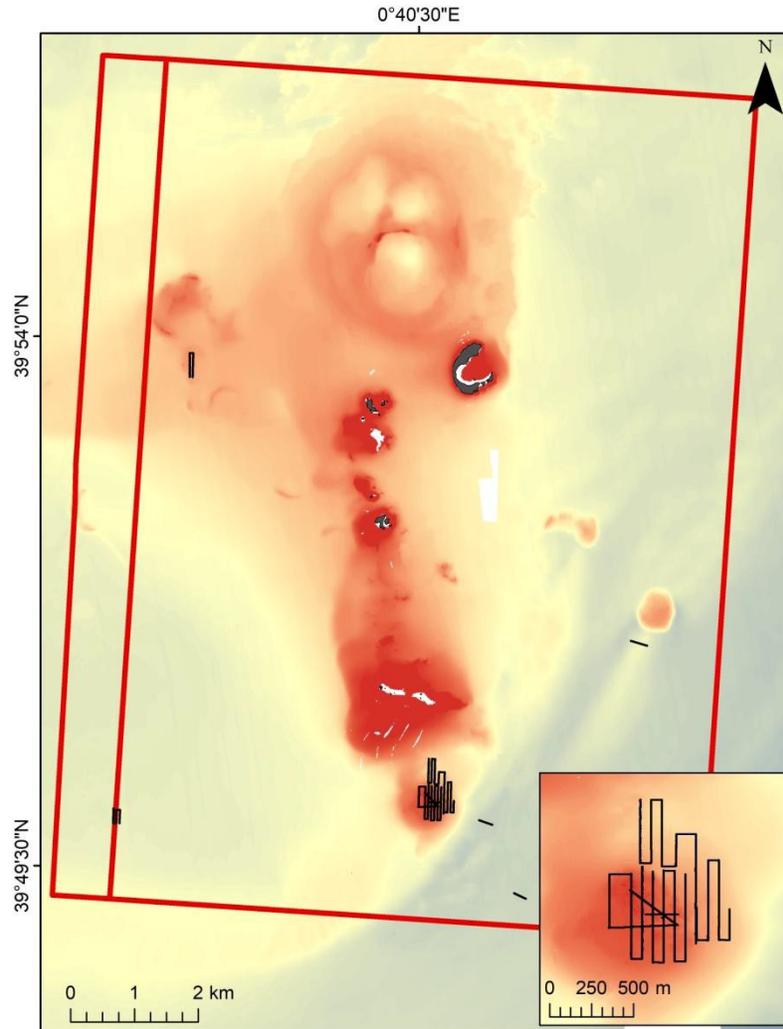


Figure 11. Transectos realizados con la roseta oceanográfica. Se ha aumentado la zona de surgencias conocida donde se realizaron la mayoría de transectos.

La roseta oceanográfica estaba equipada con un CTD Seabird 911-plus con sensores de conductividad, temperatura y presión. La temperatura y conductividad tienen unas precisiones de 0,001 °C y 0,0003 s/m respectivamente. Además, se le instaló un sensor adicional de pH-ORP (pH y potencial redox) para la determinación de especies reducidas en el medio marino. Los sensores, calibrados en el laboratorio de Seabird antes de la campaña, recogen datos a 24 Hz. Además, se recogieron muestras discretas de agua para el análisis de nutrientes inorgánicos usando una roseta equipada con 12 botellas Niskin 5l (figura 12).

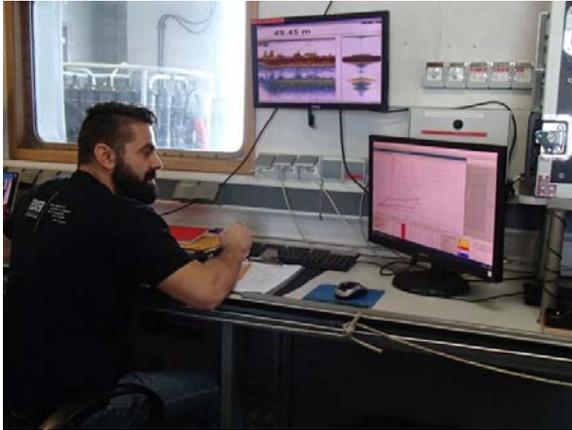


Figura 12. Laboratorio multidisciplinar desde donde se realiza el control de la roseta en la metodología *tow-yo* (izq.) y preparación de las botellas Niskin para la toma de muestras de agua (dcha.).

4.2.4 Muestreos con trineo fotogramétrico HaTE

El trineo fotogramétrico HaTE box (figura 13), Habitat Transect Evaluation, ha sido diseñado específicamente para visualizar y registrar en vivo el fondo marino. La estructura está compuesta por los siguientes elementos:

- Estructura cúbica de metal que protege la carcasa y a la que se ata el cabo que permite mantener la cámara cerca del fondo sin llegar a entrar en contacto con el mismo. Este mismo cabo se enlaza a una serie de pesos que evitan la deriva del trineo así como al cable coaxial que sirve de ayuda en las maniobras de largado y virado de la estructura.
- Carcasa situada en la parte central de la estructura específicamente diseñada para la toma de imágenes bajo el agua que puede operar hasta 100 metros de profundidad. Posee un cable especial que permite la visualización de datos en tiempo real desde el buque. Para el visionado de las imágenes subacuáticas se utiliza el programa Power Director. En el interior de la carcasa va alojada una cámara de fotos/vídeo GoPro Hero 4 que proporciona una visión cenital del fondo marino.
- Foco LED (intensidad máxima y mínima de 5800 y 400 lúmens respectivamente) colocado sobre la cámara en un ángulo diagonal que impida la formación de sombras sobre el fondo.

Las operaciones de largado y virado del trineo fueron realizadas por estribor, con la ayuda del cable coaxial y a través de una pasteca de librillo instalada en el pórtico de estribor (figura 13). Una vez el trineo alcanzaba la profundidad deseada, se iniciaba el transecto, dirigiendo el barco rumbo al punto final del transecto diseñado y navegando a una velocidad de entre 0,2 y 0,4 nudos gracias al sistema de posicionamiento dinámico (DP). La distribución de los puestos de trabajo durante la realización de los transectos de vídeo remolcado fue la siguiente:

1. Puesto principal de control y pilotaje del trineo, en el laboratorio multipropósito del buque. En este lugar se encontraban un científico al mando del cable coaxial (excepto en las maniobras de entrada y salida del agua del aparato, llevadas a cabo por la tripulación de cubierta) y otro registrando la información biológica y técnica en estadillos (figura 14) y la información espacial en un soporte SIG.

2. Puesto de maniobra de la estructura en el laboratorio húmedo y cubierta. Dos científicos más se ubicaban en esta posición, uno de ellos encargado del virado y largado del cabo y cable óptico siguiendo al cable coaxial. El otro para apoyar al personal de cubierta en las maniobras de virado y largado del trineo.
3. Puesto en puente, supervisión y órdenes durante cada transecto con el capitán u oficial al mando y el jefe de campaña.

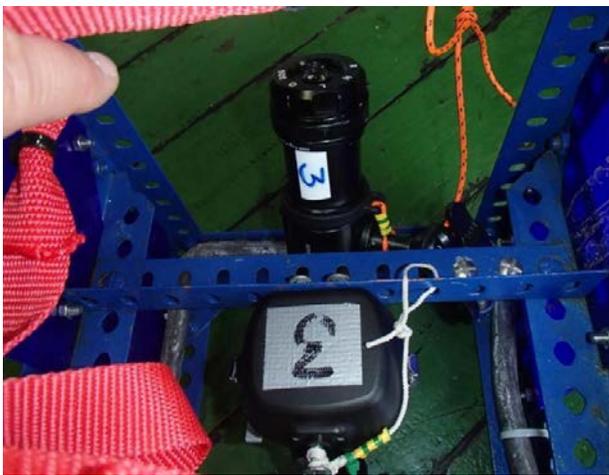


Figura 13. Acople del sistema HaTE (izq.) y maniobra de largado y virado desde el pórtico de estribor (dcha).



Figura 14. Visualización de los datos en directo en el laboratorio multipropósito del buque.

Se realizaron un total de 15 transectos con el trineo fotogramétrico HaTE sumados a 17 transectos en los cuales la cámara fue fijada a la roseta oceanográfica del barco debido a un mal funcionamiento en el cable coaxial del sistema HaTE que impidió continuar utilizando este método (figura 15; anexo VI). Los

transectos realizados con el sistema HaTE se limitaron a profundidades entorno a los 70 y 80 metros debido a la longitud de cable coaxial (100 metros). El uso de la roseta oceanográfica permitió la filmación de zonas más profundas (dado que en este caso la distancia respecto al fondo se detecta con un altímetro instalado en la estructura en lugar de mediante la visualización directa del mismo). Utilizando el sistema HaTE con visualización en tiempo real se mantenía el trineo a una distancia variable que en cualquier caso debía ser adecuada para permitir la identificación de la comunidad bentónica sin colisionar con la comunidad presente en el fondo. Mientras que utilizando la roseta oceanográfica, ésta se mantenía a una distancia de entre 1 y 2 m para permitir una identificación óptima del tipo de fondo. La duración media aproximada de los transectos fue de 15 minutos, teniendo una longitud media de 147 metros.

El primer transecto realizado con la roseta fue de mayor longitud, 1469 metros, sirviendo de prueba para comprobar la calidad de la información filmada mientras se recolectaban datos de carácter oceanográfico. Dicho transecto no se ha contabilizado en los promedios de tiempo y longitud prospectados. De la misma manera, el cuarto transecto no fue grabado correctamente y el duodécimo se realizó en una zona ya cartografiada en la que se buscaron surgencias gaseosas y tampoco se han contabilizado.

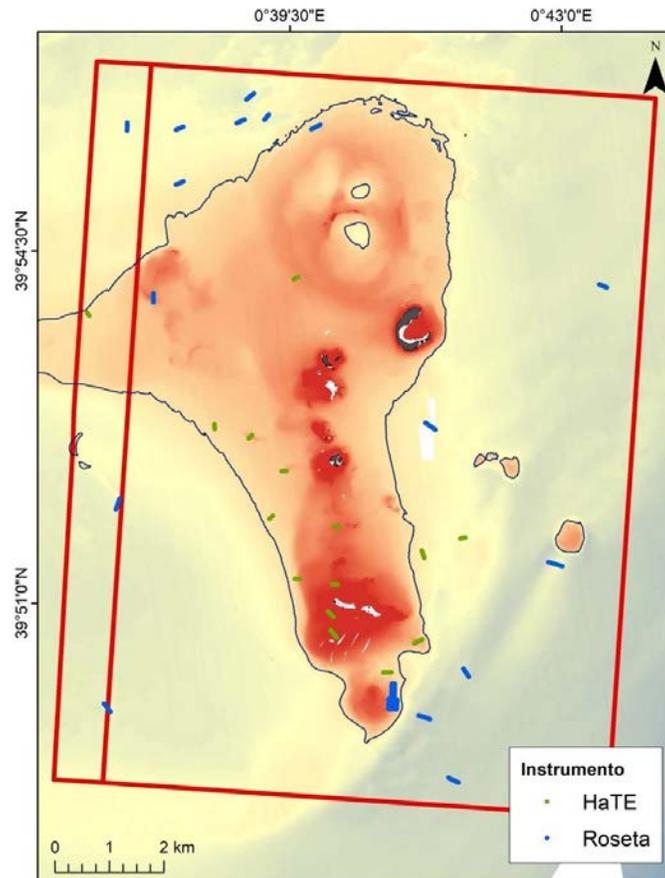


Figura 15. Transectos bionómicos realizados durante la campaña COLCARTO_0220. Además se ha representado la isóbata de 75 metros de profundidad que demuestra las limitaciones logísticas del sistema HaTE y cómo la roseta permitía grabar a mayores profundidades.

4.2.5 Muestreos con escafandra autónoma

Las comunidades bentónicas en áreas marinas protegidas, con más de tres décadas de protección, presentan especies estructurales de suma importancia para la conservación. En el hábitat 1170 presente en el Mediterráneo a profundidades entre 35 y 45 metros, es frecuente encontrar comunidades de coralígeno, donde la frecuencia de animales supera con creces el número de especies vegetales. De modo que este hábitat suele ser muy sensible a cualquier tipo de impacto y ofrece una gran complejidad estructural. Desde hace años se ha demostrado que el método más eficiente y sensible para muestrear en este tipo de comunidades, siempre que sea posible, es el uso de la escafandra autónoma.

Durante la campaña COLCARTO_0220, se realizaron 4 inmersiones con el fin de muestrear con precisión el hábitat 1170 con coralígeno y con especial atención en la zona de surgencias gaseosas (hábitat 1180). En el bajo al sur del Carallot, dentro de la Reserva Marina de las Islas Columbretes se realizaron todas las inmersiones de la campaña.

Los diferentes objetivos que se plantearon con esta metodología de muestreo fueron:

- Recogida de rocas de origen volcánico para su posterior análisis.
- Búsqueda de la zona con abundantes surgencias gaseosas y formación de tapices microbianos.
- Instalación de un sistema de vídeo para poder determinar el flujo de salida de gases.

Las muestras de tapices microbianos permitirán la caracterización de la variabilidad espacio-temporal de la comunidad bacteriana próxima a las zonas que muestran anomalías de temperatura, salinidad u otros parámetros en comparación con las aguas circundantes no sometidas a la acción de la fuente de desgasificación. Se espera que las comunidades microbianas en sedimentos afectados por las emanaciones contengan microorganismos quimiolitótrofos relacionados con la oxidación de compuestos reducidos del azufre y otros no comúnmente presentes en los sedimentos circundantes.

Por otra parte, el proceso de desgasificación afecta principalmente al contenido de silicatos totales disueltos y a la especiación de nitrógeno debido a las condiciones reductoras del medio. Se considera de vital importancia el estudio y cuantificación de la posible limitación de estos nutrientes en la biología del sistema y los cambios en las relaciones C:N:P:Si (Fraile-Nuez et al., 2012; González-Vega et al., 2020).

Finalmente, varios estudios revelan la existencia de patrones cíclicos en la liberación de calor y gases de diferentes volcanes sub-aéreos (Edmonds et al., 2003; Ilanko et al., 2015; Pering et al., 2014; Peters et al., 2014; Spampinato et al., 2012; Tamburello et al., 2013) además de sistemas volcánicos submarinos profundos (Aliani et al., 2004; Dziak et al., 2012; Tivey et al., 2002), sin embargo, existe una escasez de estudios relacionados con salidas hidrotermales poco profundas (Fraile-Nuez et al., 2018). Con el fin de estimar la existencia o no de posibles periodicidades en los flujos de salida de gases a través del campo hidrotermal de Columbretes, se ha instalado una cámara submarina para la filmación en continuo de una parcela de salidas hidrotermales.

La zona de muestreo se encuentra entre 38 y 46 metros de profundidad, en estas cotas el tiempo de muestreo es muy limitado si se mantienen las normas de seguridad y por tanto todas las inmersiones no sobrepasaron la hora total de inmersión. El poco tiempo de muestreo y sus limitaciones resultan compensados por la calidad y eficiencia del muestreo que se realiza y el coste mínimo del mismo.

Cabe reseñar que las inmersiones que se realizaron, desde el B/O Ramón Margalef, fueron llevadas a cabo con todas las medidas de seguridad de embarque y desembarque del material y personal (figura 16). Aunque se pudo concluir que el buque oceanográfico de porte regional no es apto para este tipo de muestreo, ya que resulta complejo realizar estas actividades de manera habitual, aunque si se pueden realizar ocasionalmente.



Figura 16. Preparación de la inmersión por parte del personal científico a bordo de la embarcación auxiliar del B/O Ramón Margalef.

4.2.6 Muestreos con vídeo cebado LoVE (Lobster Video Evaluation)

El prototipo LoVE, fue diseñado, en el marco de los proyectos RECMARE y MAREMATING, como método de muestreo no invasivo, mediante sistema de grabación de vídeo cebado submarino fondeado en un punto fijo. Este prototipo ha sido usado para observar los procesos de comportamiento y selección intrasexual de la langosta roja (con especial énfasis en la competencia entre machos) en condiciones de alta densidad dentro de la Reserva Marina de las Islas Columbretes. Su utilización en esta campaña responde al objetivo de evaluar, dicha metodología, como una herramienta útil y complementaria para una monitorización no invasiva en áreas LIC y espacios de la Red Natura 2000.

Cada estructura LoVE se compone de los siguientes elementos:

- Un módulo cúbico de acero inoxidable (1 m x 1 m x 1 m) que actúa de soporte y protección para los elementos de grabación (figura 17).
- Una cámara con carcasa estanca situada en la parte superior-central de la estructura específicamente diseñada para soportar la presión de más de 100 metros de profundidad. En la campaña se utilizaron dos modelos de cámaras de acción: Go Pro Hero 3+/4 y Sony HDR AS50,

que proporcionan una imagen amplia y nítida del fondo marino, con un tiempo medio de grabación en continuo de 4 horas.

- Foco LED XTAR D36 5800 (intensidad máxima y mínima de 5800 y 400 lúmens respectivamente), fijados con una mariposa y rótula en la parte superior de la estructura para iluminar la zona de visión de la cámara. Su posición se sitúa en un ángulo diagonal que impide la formación de sombras sobre el fondo. La duración de la batería es de 4 horas.

- Una parrilla de 61 cm x 52,5 cm (*canister*) construida con malla plástica de 2 cm x 2 cm, fijada con cabos en la base del módulo cúbico y que dispone de 4 compartimentos para introducir cebo. El cebo utilizado suele ser principalmente alacha (*Sardinella aurita*) o sardina (*Sardina pilchardus*). La función del cebo es atraer a las langostas pero también actúa como atrayente para otras especies tanto de peces como de invertebrados (figura 17).

- Una línea de fondeo formada por un cabo driza de 14 mm de diámetro de grosor y de 100 m de largo, al que se le unen, a uno de los extremos, 2 o 3 boyas grandes que quedan flotando en superficie como elementos de señalización, a la vez que facilitan la recuperación de la estructura en superficie. Para mantener la línea de fondeo tensa a lo largo de la columna de agua, se añaden al cabo principal, 2 boyarines separados por unos metros. El otro extremo de la línea de fondeo va unido al módulo cúbico y a un bloque de hormigón de 15 kg que actúa como peso para mantener la estructura posada en el fondo.



Figura 17. Estructuras de vídeo cebado (LoVE) utilizadas durante la campaña COLCARTO_0220 para la obtención de imágenes submarinas (izq.) y canister con cebo (dcha.).

Las operaciones de largado y virado de los vídeos cebados fueron realizadas, por el costado de estribor, con la ayuda del cabo de fondeo y mediante la grúa del barco y una pasteca de librillo acoplada al gancho (figura 18). En la maniobra de largado, el barco navegaba rumbo al punto de la estación de fondeo determinada y una vez situado en él se procedía a encender la cámara, el foco y a largar la estructura con el cabo de fondeo. Una vez la estructura toca fondo se libera el cabo con las boyas y se avisa a puente para navegar a la siguiente estación de fondeo. La distribución de los puestos de trabajo durante la realización de los muestreos de vídeo cebado fueron los siguientes:

1. Puesto de maniobra de la estructura en cubierta. Dos científicos se ubican en esta posición, encargados del largar y virar las estructuras, junto con un miembro del personal de máquinas para maniobrar la grúa y un marinero de cubierta como personal de apoyo.
2. Puesto en puente, donde un científico se encarga de anotar en un estadillo y registrar la información espacial en un soporte SIG los datos de cada maniobra, así como, de coordinar cada operación de largado junto al jefe de campaña y el capitán u oficial al mando.
3. Un científico en el laboratorio multipropósito preparado para cualquier eventualidad en las maniobras de largado y virado, encargado también de recibir la muestra de cada grabación (tarjeta micro-SD) para descargarla en el ordenador y almacenar las imágenes para su posterior análisis.



Figura 18. Maniobra de largado del sistema de vídeo cebado LoVE.

Se realizaron un total de 12 filmaciones en 2 días (6/día), en fondos característicos de coralígeno y maërl. Las filmaciones de vídeo se llevaron a cabo en estaciones de muestreo seleccionadas previamente dentro del ámbito del LIC alrededor de la reserva marina de las Islas Columbretes y se limitaron a profundidades entre los 44 y 71 metros (figura 19). El fondeo de las estructuras de vídeo cebado se realizó al atardecer (entre las 19:00 y 21:00h), en los puntos seleccionados, permaneciendo toda la noche y siendo virados a la mañana siguiente (entre las 08:00 y 10:00h) de cada día de trabajo.

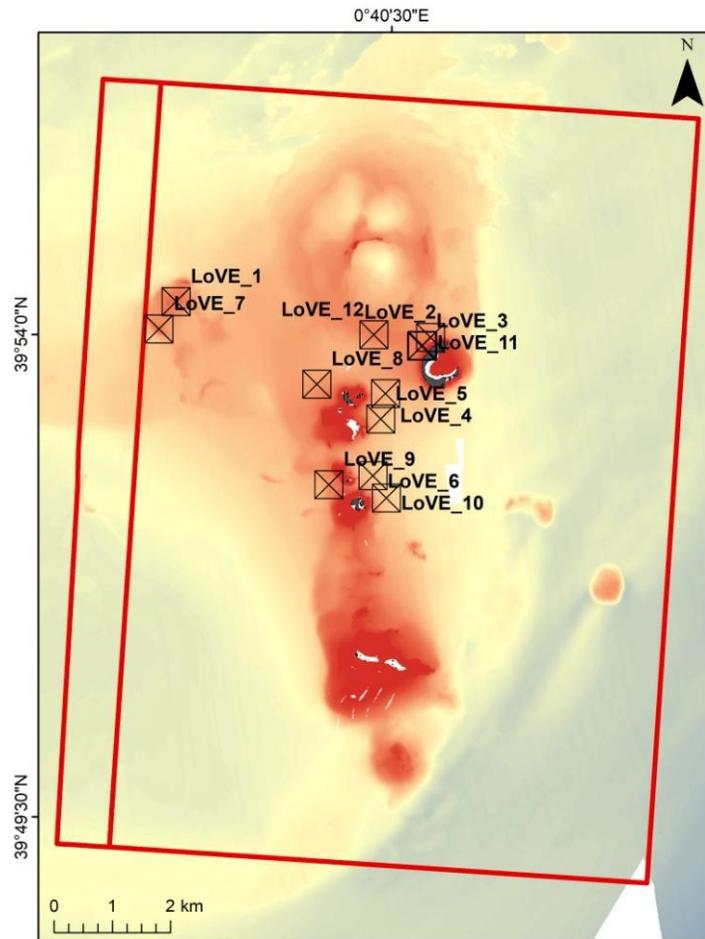


Figura 19. Localización de las estaciones de muestreo para el fondeo de estructuras de vídeo cebado sumergido durante la campaña COLCARTO_0220.

5. Resultados preliminares

5.1 Geomorfología: acústica y dragas

La adquisición de nuevos datos de multihaz ha permitido mejorar, de forma notable, la resolución de los modelos batimétricos realizados hasta ahora en las Islas Columbretes. Se ha obtenido una malla de 1x1 m de resolución (figura 20). Además se ha obtenido el mosaico de reflectividad del fondo, que permitirá el análisis de los mismos, junto a los datos de sedimento, para el estudio de los hábitats (figura 21).

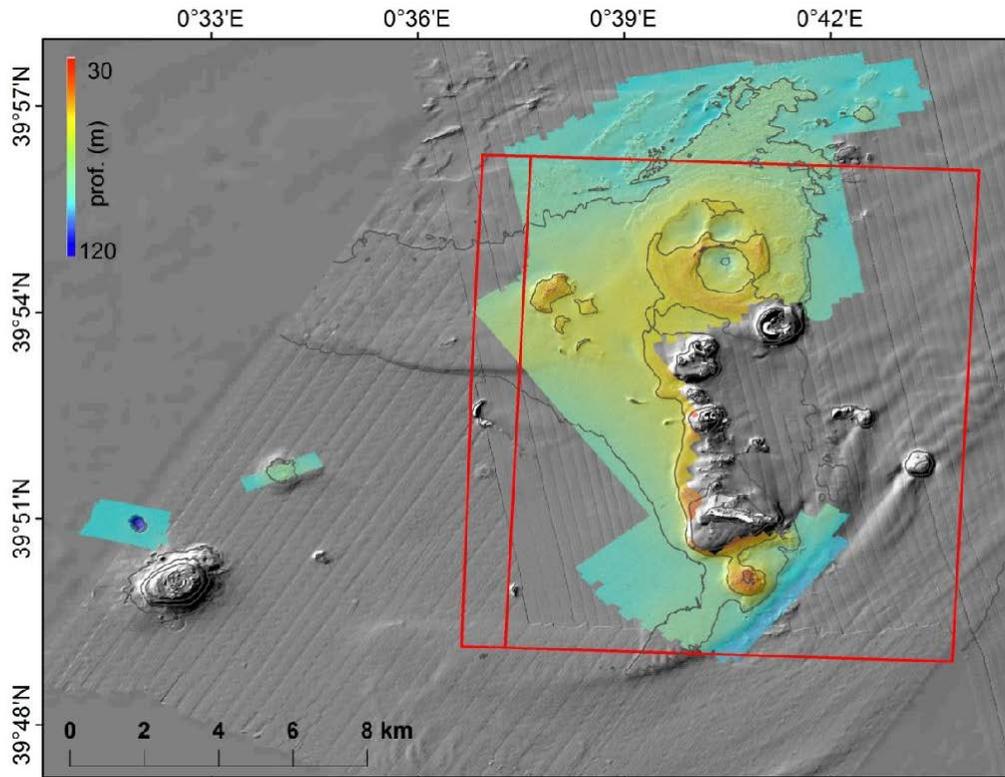


Figura 20. Mosaico de batimetría obtenido en la campaña COLCARTO_0220, con 1x1m de resolución.

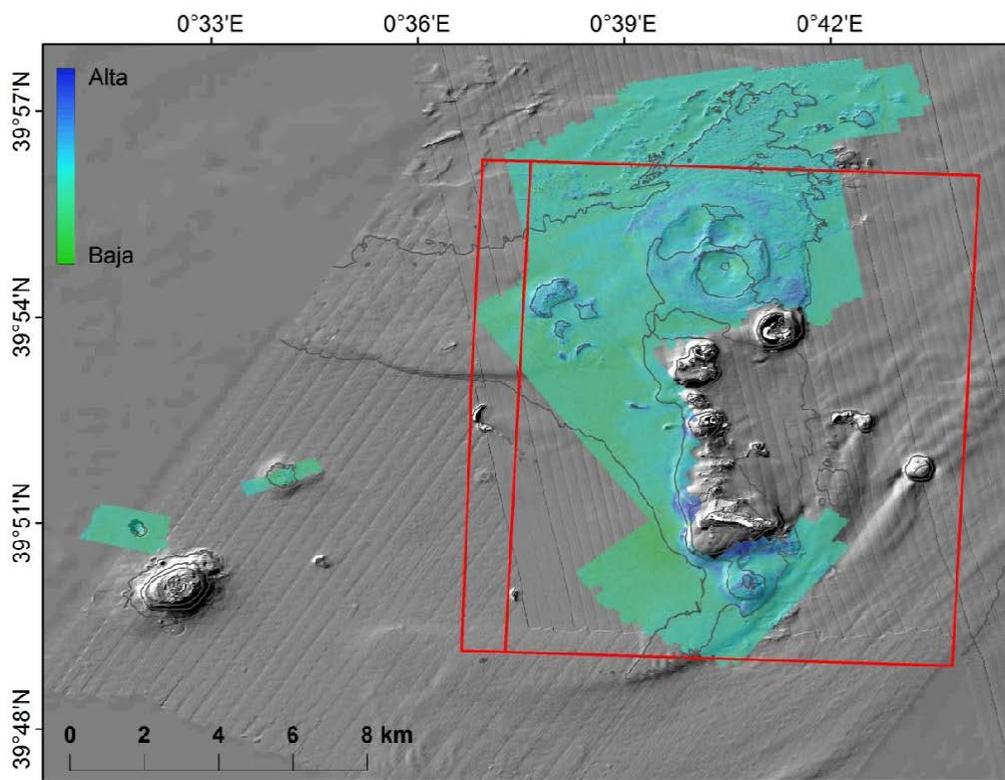


Figura 21. Mosaico de reflectividad obtenido en la campaña COLCARTO_0220, con 1x1m de resolución.

Todas las muestras de sedimentos se fotografiaron y se describieron de visu a bordo, con las principales características texturales y composicionales, para su posterior informatización en hojas Excel: (i) características observadas de visu y tacto sobre la granulometría (grava, arena, arena fangosa, fango arenoso, fango y mixto); (ii) compacidad (compacto vs. fluido); (iii) bioclastos (conchas de moluscos y braquiópodos, placas de equinodermos, restos de corales y algas calcáreas); y (iv) organismos presentes en el sedimento. Se tomaron dos submuestras para el análisis granulométrico y geoquímico (materia orgánica y carbonatos), que se guardaron en botes y se almacenaron congeladas (-20°C). En total se han obtenido 20 muestras para el análisis granulométrico y 20 muestras para el análisis geoquímico. También, en 18 estaciones, se recogió una tercera submuestra para la determinación de ADN ambiental. Las muestras de sedimento se encuentran depositadas en el Centro Oceanográfico de Málaga, para proceder a su análisis en el laboratorio de sedimentología y geoquímica. Las muestras de ADN ambiental se encuentran en el Centro Oceanográfico de Baleares, donde se realizará su análisis.

Las muestras de rocas obtenidas se limpiaron, se fotografiaron y se describieron a bordo, para obtener un pre-análisis litológico. Para ello, las muestras se colocaron en cubetas y bandejas, y se realizó una primera separación de tipos de rocas, así como una diferenciación de visu de organismos presentes en estas rocas. Las muestras de roca se encuentran depositadas en el Centro Oceanográfico de Málaga y serán enviadas a laboratorios especializados para su análisis

5.2 Hidrografía

5.2.1 Anomalías físico-químicas

Los transectos realizados con la roseta oceanográfica y la metodología *tow-yo* han permitido determinar las características físico-químicas de la zona más cercana al fondo (entre 1 y 10 metros de distancia del mismo) de la columna de agua. Del total de los 12 transectos realizados, 5 de ellos mostraron anomalías en las características físico-químicas de la columna de agua, la interpolación de los resultados permite la visualización de las variaciones de las propiedades del agua en la superficie prospectada. El pH, por ejemplo, muestra anomalías negativas de hasta -0.4 puntos en la zona de surgencias al sur del archipiélago (figura 22).

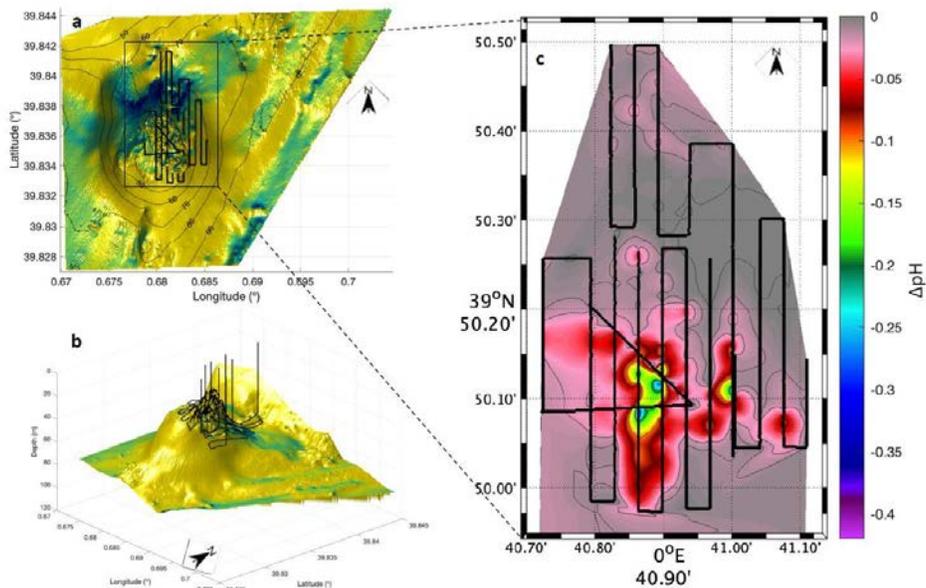


Figura 22. Interpolación de las variaciones del pH en la zona de surgencias al sur del archipiélago.

5.2.2 Velocidad de corrientes

Durante los transectos de tow-yo con roseta oceanográfica, se activó el ADCP del barco para estimar a la vez los campos de velocidad horizontal del sistema, y determinar así, los transportes de propiedades. La figura 23 muestra que la dirección predominante de la corriente en la zona es hacia el SE, con una intensidad media de 5 ± 2 cm/s.

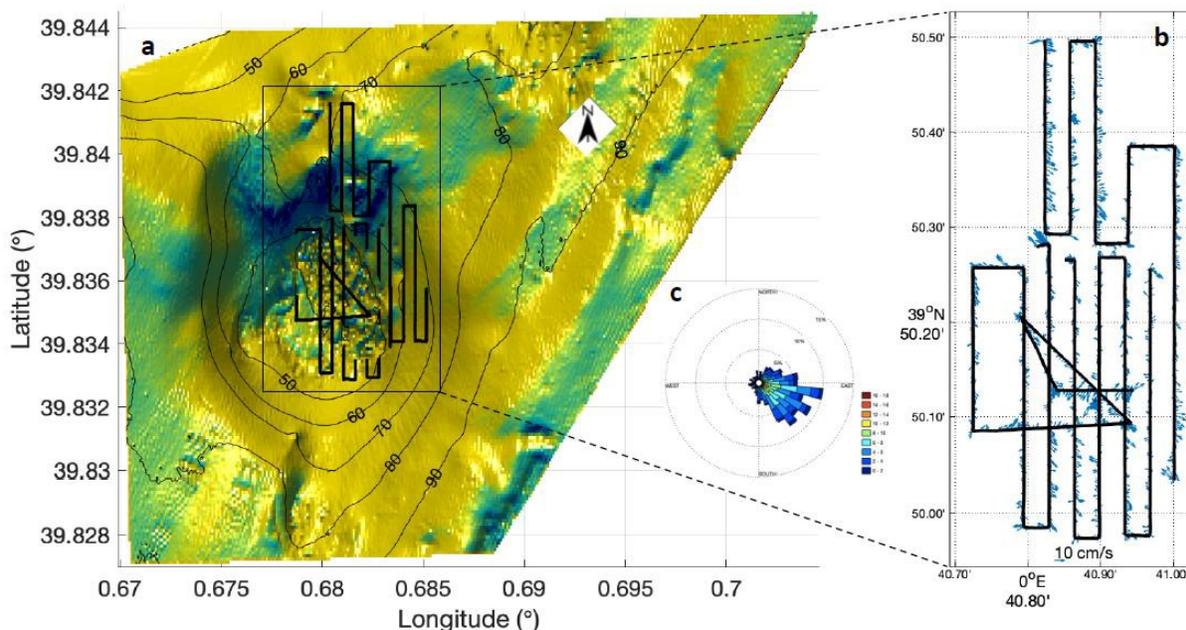


Figura 23. Velocidad de la corriente en la zona del Carallot.

5.3 Trineo fotogramétrico HaTE

Del total de los 32 transectos realizados mediante el sistema HaTE y el acoplamiento de la cámara a la roseta oceanográfica, 29 se han realizado en zonas no exploradas y siguiendo la metodología planteada (tabla 1). El primer transecto que se realizó acoplando la cámara de vídeo a la roseta oceanográfica (a modo de prueba para ver la operatividad de este sistema) se hizo en la zona de las surgencias gaseosas del Carallot con el fin de caracterizar las variaciones que este fenómeno genera en las características de la columna de agua. Al ser una zona que ya fue cartografiada durante las campañas del proyecto LIFE+ INDEMARES, los nuevos datos de vídeo servirán para estimar posibles cambios que haya sufrido la comunidad que se encuentra en este sector del archipiélago. El duodécimo transecto realizado con la roseta fue igualmente en una zona ya cartografiada ("La Calç") y se realizó con la misma finalidad que el primer transecto efectuado con este instrumento, ambos transectos superan el tiempo de muestreo definido para los transectos de evaluación de tipo de hábitat sobrepasando los 60 minutos. Por otra parte, el cuarto transecto realizado con la roseta tampoco se considera válido debido a la corta duración del mismo (26 segundos).

Tabla 1. Resumen de las inmersiones del sistema HaTE y de la roseta para recolectar datos durante la campaña COLCARTO_0220. Se han excluido los transectos que no siguen la metodología planteada.

	Transectos	Profundidad media (m)	Velocidad media (kn)	Longitud media (m)	Duración media (min)
HaTE	15	58,97	0,2	112,29	14:17
Roseta	14	83,07	0,4	179,77	15:11
Total	29	71,02	0,3	146,03	14:44

Los datos recolectados durante los 32 transectos fueron, tras una primera visualización a bordo, catalogados y transferidos a un disco duro para su posterior edición y análisis en el laboratorio. El primer paso a realizar es eliminar los fragmentos de la filmación de la columna de agua durante el largado y virado de la estructura. A continuación se compilan los diferentes archivos que ha generado la GoPro para tener un único archivo de vídeo en continuo de cada inmersión o transecto que será visionado y analizado a través del programa VLC player.

Una vez editados los archivos de vídeo, se procede a comprobar la coherencia entre la longitud de los vídeos y la longitud de los transectos que se crearon en formato .shp en la plataforma ArcGIS en base a la velocidad del barco, el tiempo transcurrido y la distancia recorrida. Una vez hecho esto, se crea una capa de puntos en la plataforma GIS a una distancia de 5 metros a lo largo del transecto, el objetivo es realizar una clasificación del tipo de hábitat hasta el nivel 4 según la Lista Patrón de Hábitats Marinos del Estado Español (LPHME, Templado et al., 2012) en cada uno de estos puntos (figura 24). Los datos abióticos recolectados, principalmente profundidad y pendiente, servirán para llevar a cabo la interpolación de datos y estimar la distribución de los hábitats.

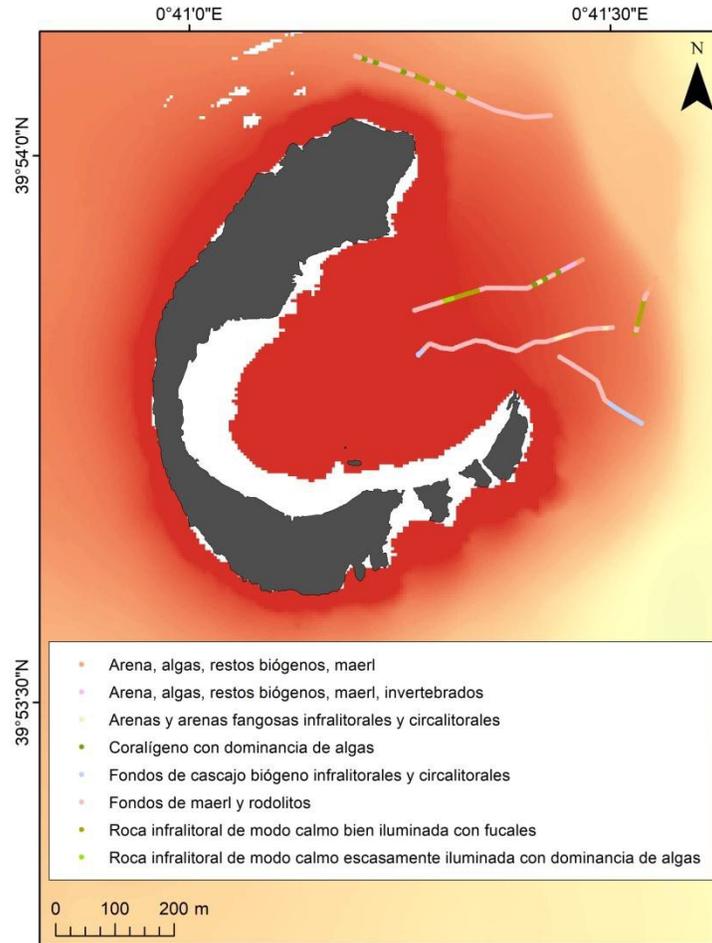


Figura 24. Caracterización de los hábitats visualizados con el sistema HaTE según la LPHME en varios transectos realizados entorno a la Illa Grossa en agosto de 2019.

5.4 Muestreo con escafandra autónoma

5.4.1. Recogida de rocas

Se realizó una inmersión para recoger un total de 10 rocas macizas de origen volcánico en zona de surgencias gaseosas. El rango de profundidad de muestreo fue entre 41 y 44 metros. Para la recogida se usaron dos bolsas de malla y las rocas fueron seleccionadas de puntos con baja biodiversidad, con el fin de no afectar a la fauna acompañante. Las rocas muestreadas presentaban una baja cobertura de concreciones bioestructurales y una mínima abundancia de especies incrustantes (figura 25). Estas muestras se encuentran en el Centro Oceanográfico de Málaga y serán enviadas a laboratorios especializados para su análisis.



Figura 25. Rocas obtenidas en las inmersiones.

5.4.2. Zonas de tapices microbianos

Se conocía previamente la existencia de un área con especial formación de tapices microbianos asociados a las surgencias gaseosas. Pero se desconocía la posición exacta de los mismos. Para su búsqueda se seleccionaron previamente dos transectos dirección N-S, a partir de la batimetría multihaz, y fue en el segundo de los transectos en el que se encontró esta área no descrita hasta el momento y que será objetivo de un estudio en profundidad de este hábitat singular.

En esta zona se recogieron 3 réplicas de muestras de los tapices microbianos de origen férrico en tres zonas separadas más de 5 metros, se determinó visualmente que emanaba un efluvo de agua caliente de las surgencias, confirmando los resultados obtenidos a partir de los rastreos con la roseta mediante transectos *tow-yo* (figura 26). También se recogieron 3 muestras de agua, cada una con 3 réplicas, directamente del punto más basal de diferentes surgencias localizadas, con el fin de caracterizar el contenido de nutrientes inorgánicos de las emanaciones y efluvios de las surgencias.



Figura 26. Captura de pantalla de la zona de surgencias con los tapices microbianos adyacentes (izq.) y muestras recogidas en una de las inmersiones en el laboratorio húmedo del buque (dcha.).

La comunidad microbiana será caracterizada mediante secuenciación del gen del ARN ribosómico 16S (Klindworth et al., 2013; Sogin et al., 2006) y comparación de las secuencias con bases de datos disponibles públicamente (Pruesse et al., 2007). Las muestras de sedimento se inocularán en medios de cultivo estándar para el cultivo de oxidadores de azufre con el fin de intentar aislar estos microorganismos quimiolitótrofos en cultivo puro.

Los nutrientes inorgánicos de las muestras de agua se determinarán haciendo uso de un sistema automatizado de cinco canales Technicon-Bran Luebe AA III AutoAnalyzer para determinación por análisis de flujo continuo segmentado (SCFA) usando la metodología descrita por Tréguer et al. (1976) para nitratos y nitritos, la descrita por Folkard (1978) para silicatos y, por USEPA (1997) para fosfatos. El amonio se analizará por fluorimetría utilizando el método de derivatización mediante reacción con la orto-ftaldialdehído en medio sulfuroso de Kérouel y Aminot (1997).

5.4.3. Flujo de gases

Para la realización de un modelo de aporte de gas a la columna de agua en la zona de surgencias se necesitaba conocer el flujo de salida del gas en varios puntos de emanación. Para ello se procedió a instalar una cámara de vídeo en modo de grabación continua, de modo que en la misma visual se pudieran detectar diferentes puntos de emanación (figura 27). Para este cálculo se necesitaba un mínimo de 3 horas de filmación continua, la filmación final es de aproximadamente 3 horas y 40 minutos permitiendo la estimación del modelo de flujo.

Para este fin se realizó una maniobra que minimizó el tiempo de muestreo en el fondo y en caso de que las condiciones meteorológicas en tres horas fueran cambiantes y no se pudiera bucear, se recuperaría el sistema de grabación desde la superficie. Por ello se ataron dos bloques de 8 kg cada uno mediante un cabo, y en uno de ellos se fijó un cabo que llegase a superficie con dos boyas para marcar el punto. Este sistema fue largado desde la embarcación auxiliar justo en el punto de las emanaciones gaseosas con elevada precisión. Seguidamente se procedió a realizar una inmersión y se colocaron los muertos delante de una zona con elevadas emanaciones, después se fijó al bloque de cemento una pletina con una cámara de acción SONY (modelo HDR-AS50) mediante bridas de gran contención y se activó el modo grabación y se dio por finalizada la inmersión. Al cabo de cinco horas se izó todo el sistema sin tener que bucear de nuevo. Las condiciones meteorológicas eran excelentes, pero el sistema también permitía optimizar el tiempo de recuperación, evitando bucear, y se optó por esta opción.



Figura 27. Imágenes sucesivas de la filmación en continuo de la zona de surgencias.

Las imágenes obtenidas serán analizadas mediante dos técnicas diferentes de análisis de frecuencia, la Fast Fourier Transform (FFT) y el análisis Wavelet (Daubechies, 1990; Fraile-Nuez, 2010; Lomb, 1976; Scargle, 1982). Los resultados permitirán verificar la existencia o no de ciclos periódicos, así como su cuantificación y duración en el tiempo.

5.5 Vídeo cebado LoVE

El procedimiento de análisis de imágenes grabadas con el vídeo cebado consiste primero en la compilación y edición de cada filmación con el programa AVIDEMUX 2.6 (32bits). Una vez editados los vídeos, su análisis consiste en identificar cada uno de los individuos de langosta que aparecen en las imágenes, y a la vez anotar: la hora de entrada, hora de salida, sexo, tamaño, comportamiento entre machos de langosta e identificar también otras especies de peces o invertebrados presentes en la filmación (figura 28).

Se obtuvieron un total de 37 horas (2220 minutos) de grabación para analizar. En las visualizaciones previas de las filmaciones se identificaron 17 individuos de langosta roja (*P. elephas*), 9 machos y 8 hembras, junto con otras especies de peces e invertebrados (16 congrios (*Conger conger*), 5 pargos (*Pagrus pagrus*), 3 morenas (*Muraena helena*), 2 meros (*Epinephelus marginatus*), 2 mojarras (*Diplodus vulgaris*), 2 castañuelas (*Chromis chromis*), 2 brótolas (*Phycis phycis*), 1 anguila de arena (fam. Ophichthidae), 1 pulpo (*Octopus vulgaris*), 1 calamarín picudo (*Alloteuthis subulata*), 1 pintarroja (*Scyliorhinus canicula*), 5 cardúmenes de caramelo (*Spicara smaris*), 11 cangrejos diversos (*Liocarcinus depurator*, *Dardanus arrosor*, *Pagurus prideaux*), cadenas de sálpidos (fam. Salpidae) y nubes de eufausiáceos y misidáceos (difícil de determinar sin observar los organismos bajo lupa)).



Figura 28. Fotogramas de diversas escenas grabadas con vídeo cebado sumergido durante la campaña COLCARTO_0220 y en las que aparecen diferentes especies: langostas (*P. elephas*), congrio (*C. conger*), mero (*E. marginatus*) y pulpo (*O. vulgaris*).

Adicionalmente a la identificación de especies móviles (peces e invertebrados), las grabaciones de vídeo cebado también han sido útiles para determinar el tipo de fondo y el porcentaje de cobertura algal (tanto de algas blandas como de algas calcáreas). Esta información será muy útil a la hora de complementar la cartografía bionómica, ampliando así la red de puntos donde se han identificado determinados hábitats y especies para poder realizar una correspondencia con la lista patrón del inventario de hábitats marinos, y que nos dará como resultado final el mapa bionómico de los LICs estudiados (figura 29).

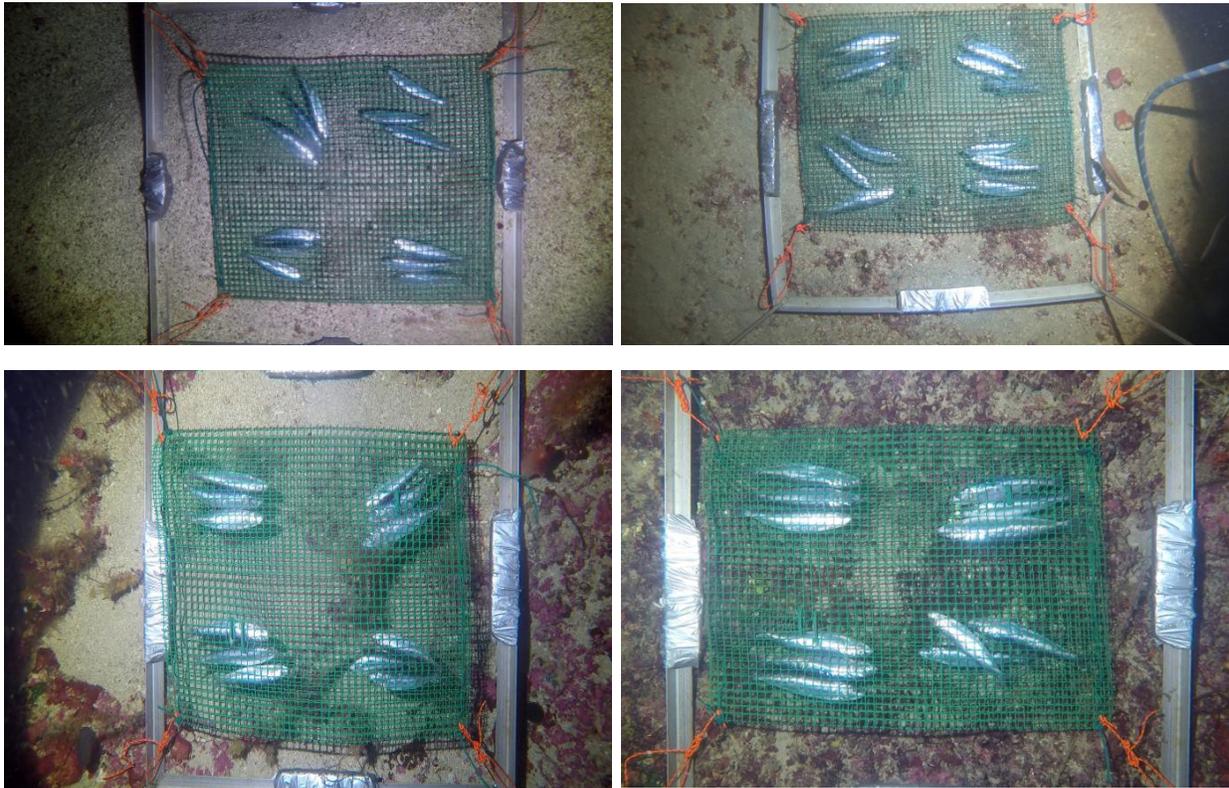


Figura 29. Fotogramas con diversos tipos de fondo y grados de cobertura procedentes de las filmaciones con vídeo cebado sumergido durante la campaña COLCARTO_0220.

6. Problemas de operatividad

6.1 Sistemas geofísicos

El principal inconveniente en la operatividad de estos equipos ha sido el no poder realizar perfiles con la sonda paramétrica TOPAS PS18 debido a un problema en la fuente de alimentación y la no disponibilidad a bordo de los recambios necesarios para poder solucionar la avería. Esto ha tenido como consecuencia no poder cumplir uno de los objetivos, principalmente el estudio de las estructuras existentes en el entorno de los macizos rocosos que pudieran estar favoreciendo la emisión de gases desde el subsuelo hacia la masa de agua.

6.2 Trineo fotogramétrico HaTE

A continuación se plantean inconvenientes del uso del sistema HaTE así como problemas que surgieron durante la campaña y las soluciones a las que se recurrió. Dichos inconvenientes se han generado debido a que el sistema TASIFE, usado en otras campañas de INTEMARES específicamente para este propósito, no pudiera ser embarcado para realizar este muestreo.

En primer lugar, el uso del sistema HaTE hace imposible obtener una escala de la fauna y flora bentónica filmada dada la ausencia de láseres que permiten esta tarea. Aunque esta carencia no es determinante de cara a la identificación y caracterización del tipo de hábitat, sí que impide la correcta estima de la talla de las especies que se ven durante los transectos bionómicos como sí se ha hecho en otras campañas que usaban métodos similares (figura 30).



Figura 30. Comparación de dos frames de transectos de bionomía. Uno fue realizado con el TASIFE durante la campaña INTEMARES-CANAL0419 en el Canal de Menorca (izq.), el otro, con el trineo fotogramétrico HaTE durante la campaña COLCARTO_0220 (dcha.).

Otra limitación del uso del sistema HaTE es la ya mencionada máxima profundidad a la que puede operar, siendo el cable óptico de 100 metros y teniendo en cuenta la corriente que hay en la columna de agua, no se ha conseguido trabajar a profundidades superiores a 80 metros.

Además de los inconvenientes mencionados, que ya eran conocidos por el equipo científico, el día 13 (tercer día de campaña) una avería de procedencia desconocida hizo que el cable óptico dejara de funcionar impidiendo la visualización en vivo del fondo marino durante los transectos. Esta característica es esencial para mantener la cámara a una distancia adecuada del fondo sin dañarla además de para la toma de datos de manera simultánea. La solución que se planteó y ejecutó fue la de acoplar otra cámara GoPro con otra carcasa diseñada para filmar bajo el agua y un foco, ambos en la parte inferior de la roseta oceanográfica del buque. De esta manera se pudo continuar con la realización de los transectos de bionomía, pese a que este sistema impedía la visualización en vivo de los datos filmados (el altímetro del que dispone la roseta sirvió para mantener una altura de seguridad adecuada) permitió grabar zonas en la parte más exterior del LIC que, debido a su profundidad, no eran accesibles con escafandra autónoma o con el otro sistema de vídeo. No obstante, para evitar dañar tanto el instrumento como el fondo marino, se optó por trabajar en zonas que mostraban una pendiente poco pronunciada.

El uso de la roseta fue una solución para poder continuar con la tarea programada, no obstante arreglar el sistema HaTE o disponer de otro trineo fotogramétrico es esencial de cara a futuras campañas de cartografía. Debido a la improvisación hubo que hacer un transecto de prueba para ver la distancia del fondo a la que se podía filmar así como modificaciones en el sistema, como por ejemplo cubrir la estructura de la roseta con cinta americana negra para evitar que reflejase la luz del foco (figura 31).

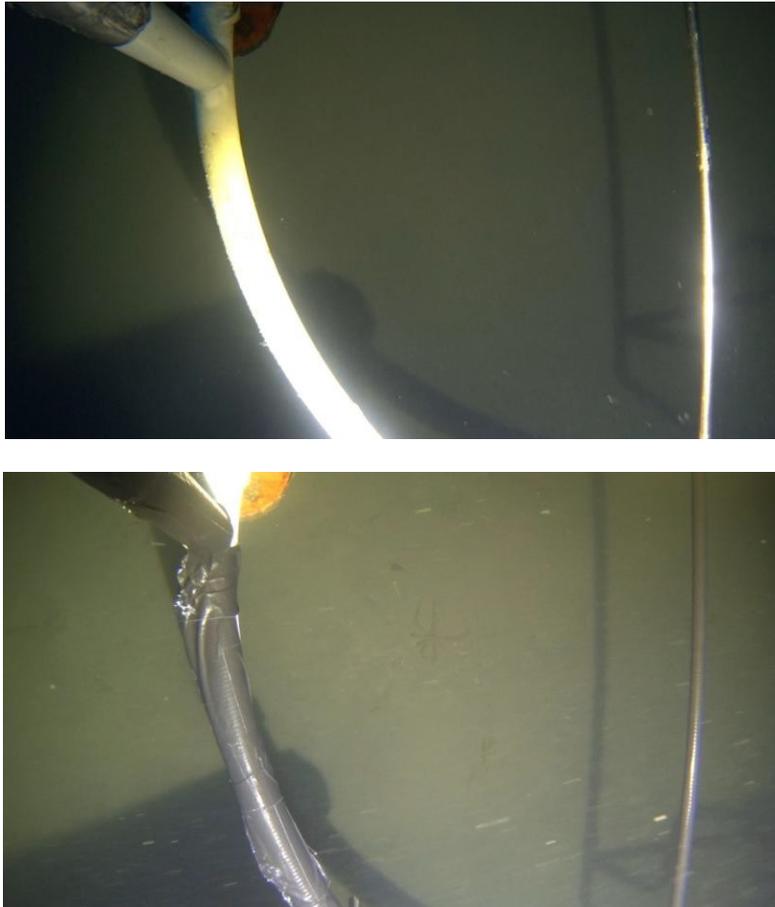


Figura 31. Comparación de dos frames filmados con la cámara acoplada en la roseta oceanográfica. En el segundo frame, la estructura de la roseta ha sido cubierta con cinta americana para evitar la reflectividad provocada al ser iluminada por el foco y mejorar así la visibilidad del fondo.

7. Agradecimientos

Agradecemos la profesionalidad de la tripulación del B/O *Ramón Margalef*, su proactividad y ayuda ha sido fundamental para la exitosa consecución de esta campaña. También agradecemos el enorme esfuerzo por parte del equipo de dirección del IEO, jefatura de área y jefe de buques, con el fin de articular esta campaña en un tiempo muy corto. Así mismo a la Dirección General del Mar y a la guardería de las Islas Columbretes por todas las facilidades que nos han aportado para la realización de la campaña oceanográfica.

8. Referencias

- Aliani, S., Meloni, R. y Dando, P.R.- 2004. Periodicities in sediment temperature time-series at a marine shallow water hydrothermal vent in Milos Island (Aegean Volcanic arc, Eastern Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 46, 109–119. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2003.11.015.
- Barberá, C., Mallol, S., Vergés, A., Cabanellas-Reboredo, M., Díaz, D. y Goñi, R.- 2017. Maërl beds inside and outside a 25-year-old no-take area. *Marine Ecology Progress Series*, 572, 77–90. DOI: 10.3354/meps12110.
- Cabanellas-Reboredo, M., Mallol, S., Barberá, C., Vergés, A., Díaz, D. y Goñi, R.- 2017. Morpho-demographic traits of two maërl-forming algae in beds with different depths and fishing histories. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1-13. DOI: 10.1002/aqc.2827.
- Daubechies, I.- 1990. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. IEEE Transactions on Information. *Theory*, 36, 961–1005. DOI: 10.1109/18.57199.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Diario Oficial nº L 206 de 22/07/1992).
- Dziak, R.P., Baker, E.T. y Shaw, A.M.- 2012. Flux measurements of explosive degassing using a yearlong hydroacoustic record at an erupting submarine volcano. *Geochemistry*, 13. DOI: 10.1029/2012GC004211.
- Edmonds, M., Herd, R.A., Galle, B. y Oppenheimer, C.M.- 2003. Automated, high time-resolution measurements of SO₂ flux at Soufrière Hills Volcano, Montserrat. *Bulletin of Volcanology*, 65, 578-586. DOI: 10.1007/s00445-003-0286-x.
- Egbert, G.D., Bennett, A.F. y Foreman, M.G.- 1994. TOPEX/POSEIDON tides estimated using a global inverse model. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 99(c12), 24821-24852. DOI: 10.1029/94JC01894
- Erena, S.L.- 2014. Espacio marino de Illes Columbretes. Proyecto LIFE + INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 86 pp.
- Folkard, A.R.- 1978. Automatic analysis of sea water nutrients. M.A.F.F. *Fisheries Research Technical Report*, 46, 1-23.
- Fraile-Nuez, E., González-Dávila, M., Santana-Casiano, J. M., Arístegui, J., Alonso-González, I. J., Hernández-León, S., Blanco, M.J., Rodríguez-Santana, A., Hernández-Guerra, A., Gelado-Caballero, M.D., Eugenio, F., Marcello, J., de Armas, D., Domínguez-Yanes, J.F., Montero, M.F., Laetsch, D.R., Vélez-Belchí, P., Ramos, A., Ariza, A.V., Comas-Rodríguez, I. y Benítez-Barrios, V.M.- 2012. The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: physical-chemical perturbation and biological response. *Scientific Reports*, 2, 486. DOI:10.1038/srep00486.

- Fraile-Nuez, E., Machín, F., Vélez-Belchí, P., López-Laatzén, F., Borges, R., Benítez-Barrios, V. y Hernández-Guerra, A.- 2010. Nine years of mass transport data in the eastern boundary of the North Atlantic Subtropical Gyre. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 115(C9). DOI: 10.1029/2010JC006161.
- Fraile-Nuez, E., Santana-Casiano, J. M., González-Dávila, M., Vázquez, J. T., Fernández-Salas, L. M., Sánchez-Guillamón, O., Palomino, D. y Presas-Navarro, C.- 2018. Cyclic behavior associated with the degassing process at the shallow submarine volcano Tagoro, Canary Islands, Spain. *Geosciences*, 8(12), 457. DOI: 10.3390/geosciences8120457.
- García-Carrascosa, A.M.- 1987. El bentos de los alrededores de las Islas Columbretes. Elementos para su cartografía bionómica. Pp. 466-499 en: Islas Columbretes. Contribución al Estudio de su Medio Natural (Matilla et al.) C.O.P.U.T. Generalitat Valenciana, Valencia.
- González-Vega, A., Fraile-Nuez, E., Santana-Casiano, J. M., González-Dávila, M., Escánez-Pérez, J., Gómez-Ballesteros, M., Tello, O. y Arrieta, J. M.- 2020. Significant release of dissolved inorganic nutrients from the shallow submarine volcano Tagoro (Canary Islands) based on seven-year monitoring. *Frontiers in Marine Science*, 6, 829. DOI: 10.3389/fmars.2019.00829.
- Goñi, R., Mallol, S., Díaz, D., Mora, J., Mateo, A., y Muñoz, A.- 2013. Estudio integral de la langosta roja (*Palinurus elephas*) en las Islas Baleares para el diseño de un sistema de gestión pesquera sostenible. Informe final 2013 proyecto LANBAL. Proyecto LANBAL (2010-2013). IEO-COB/LANBAL/13-1, 90 pág.
- Ilanko, T., Oppenheimer, C., Burgisser, A. y Kyle, P.- 2015. Cyclic degassing of Erebus volcano, Antarctica. *Bulletin of Volcanology*, 77, 56. doi:10.1007/s00445-015-0941-z.
- Kérouel, R. y Aminot, A.- 1997. Fluorometric determination of ammonia in sea and estuarine waters by direct segmented flow analysis. *Marine Chemistry*, 57, 265–275. doi:10.1016/S0304-4203(97)00040-6.
- Kermabon, C. y Gaillard, J.F.- 2001. CASCADE : logiciel de traitement des données ADCP de coque. Documentation maintenance - utilisateur (LPO-IFREMER).
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M. y Glöckner, F.O.- 2013. Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic acids research*, 41(1), e1-e1. DOI: 10.1093/nar/gks808.
- Le Bot, P., Kermabon, C., Lherminier, P. y Gaillard, F.- 2011. CASCADE V6. 1: Logiciel de validation et de visualisation des mesures ADCP de coque.
- Linares, C., Navarro, L., Aspillaga, E., Kersting, D., Hereu, B., Teixidó, N., Vidal, M., Ballesteros, E., Cebrían, E., Garrabou, J., Díaz, D., Amblás, D. y Canals, M.- 2012. Caracterización de las

- comunidades profundas dominadas por especies longevas (*Paramuricea clavata*, algas fucales y laminariales) en la Reserva Marina de las Islas Columbretes y su entorno. Informe final área LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732). Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid, 134 pp.
- Linares, C., Vidal, M., Canals, M., Kersting, D.K., Amblas, D., Aspillaga, E., Cebrián, E., Delgado-Huertas, A., Díaz, D., Garrabou, J., Hereu, B., Navarro, L., Teixidó, N. y Ballesteros, E.- 2015. Persistent natural acidification drives major distribution changes in marine benthic ecosystems. *Proceedings Real Society B*, 282: 20150587. DOI:10.1098/rspb.2015.0587.
- Lomb, N.R.- 1976. Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. *Astrophysics and Space Science*, 39, 447–462. doi:10.1007/BF00648343.
- Martí, J., Mitjavila, J., Roca, E. y Aparicio, A.- 1992. Cenozoic magmatism of the Valencia Trough (western Mediterranean): relationship between structural evolution and volcanism. *Tectonophysics*, 203, 145-165. DOI:10.1016/0040-1951(92)90221-Q.
- Meléndez Hevia, I.- 2004. *Geología de España: Una historia de seiscientos millones de años*. Editorial Rueda, 277 pp. ISBN: 9788472071445.
- Muñoz, A., Lastras, G., Ballesteros, M., Canals, M., Acosta, J. y Uchupi, E.- 2005. Seafloor morphology of the Ebro Shelf in the region of the Columbretes Islands, Western Mediterranean. *Geomorphology*, 72 (1-4), 1-18. DOI: 10.1016/j.geomorph.2005.04.012.
- Pering, T.D., Tamburello, G., McGonigle, A.J.S., Aiuppa, A., Cannata, A., Giudice, G. y Patanè, D.- 2014. High time resolution fluctuations in volcanic carbon dioxide degassing from Mount Etna. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 270, 115–121. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2013.11.014.
- Peters, N., Oppenheimer, C., Killingsworth, D.R., Frechette, J. y Kyle, P.- 2014. Correlation of cycles in Lava Lake motion and degassing at Erebus Volcano, Antarctica. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, 3244–3257. DOI: 10.1002/2014GC005399.
- Pruesse, E., Quast, C., Knittel, K., Fuchs, B. M., Ludwig, W., Peplies, J. y Glöckner, F.O.- 2007. SILVA: a comprehensive online resource for quality checked and aligned ribosomal RNA sequence data compatible with ARB. *Nucleic acids research*, 35(21), 7188-7196.
- Scargle, J.D.- 1982. Studies in astronomical time series analysis. II - Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. *The Astrophysical Journal*, 263, 835–853. DOI: 10.1086/160554.
- Sogin, M. L., Morrison, H. G., Huber, J. A., Welch, D. M., Huse, S. M., Neal, P. R., Arrieta, J.M. y Herndl, G. J.- 2006. Microbial diversity in the deep sea and the underexplored “rare biosphere”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(32), 12115-12120.

- Spampinato, L., Oppenheimer, C. y Cannata, A.- 2012. On the time-scale of thermal cycles associated with open-vent degassing. *Bulletin of Volcanology*, 74, 1281-1292. DOI: 10.1007/s00445-012-0592-2.
- Tamburello, G., Aiuppa, A., McGonigle, A.J.S., Allard, P., Cannata, A., Giudice, G., Kantzas, E.P. y Pering, T.D.- 2013. Periodic volcanic degassing behavior: The Mount Etna example. *Geophysics Research Letters*, 40, 4818–4822. DOI: 10.1002/grl.50924.
- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, Á., Serrano, A., Marín, L. y Brito, A.- 2012. *Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos. Guía Interpretativa: Inventario Español de Hábitats Marinos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid: 229 pp.
- Tivey, M.K., Bradley, A.M., Joyce, T.M. y Kadko, D.- 2002. Insights into tide-related variability at seafloor hydrothermal vents from time-series temperature measurements. *Earth and Planetary Science Letters*, 202, 693–707. DOI: 10.1016/S0012-821X(02)00801-4.
- Tréguer, P., Le Corre, P. y Courtot, P.- 1976. Notes on techniques and methods for sea water analysis: Dosage automatique des orthophosphates dans l'eau de mer utilisation de l'AutoAnalyzer (R) II. *ICES Journal of Marine Science*, 36, 289–294. DOI: 10.1093/icesjms/36.3.289.
- U.S. EPA. Exposure Factors Handbook (1997, Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/P-95/002F a-c, 1997.

ANEXO I

Perfiles de velocidad del sonido: Tabla con las coordenadas de los puntos de muestreo realizados.

CAMPAÑA INTEMARES-COLCARTO_0220					
PERFILES DE VELOCIDAD DEL SONIDO					
Clave	Fecha	Hora fondo GMT	Latitud (N)	Longitud (E)	Profundidad (m)
ASVP01	11/02/2020	19:08	39° 51,525'	0° 39,076'	75
ASVP02	12/02/2020	19:25	39° 50,268'	0° 41,180'	60

ANEXO II

Prospección con ecosonda multihaz (EM710): Tabla de ficheros y líneas.

CAMPAÑA INTEMARES-COLCARTO_0220			
MULTIHAZ			
Línea	Cobertura (m)	Profundidad (m)	Fichero
L01 (SOL01)	185	59	0000_20200211_212638_RM
L01 (EOL01)	240	75	0001_20200211_215637_RM
L02 (SOL02)	251	76	0002_20200211_220809_RM
L02 (EOL02)	182	58	0003_20200211_223803_RM
L03 (SOL03)	218	62	0004_20200211_224604_RM
L03 (EOL03)	199	65	0006_20200211_232033_RM
L04 (SOL04)	251	77	0007_20200211_233601_RM
L04 (EOL04)	196	60	0008_20200212_000601_RM
L05 (SOL05)	188	54	0009_20200212_002303_RM
L05 (EOL05)	198	62	0010_20200212_005331_RM
L06 (SOL06)	254	78	0011_20200212_011239_RM
L06 (EOL06)	247	68	0012_20200212_014239_RM
L07 (SOL07)	196	55	0013_20200212_020056_RM
L07 (EOL07)	196	63	0014_20200212_023055_RM
L08 (SOL08)	255	79	0015_20200212_025110_RM
L08 (EOL08)	260	60	0016_20200212_032120_RM
L09 (SOL09)	148	65	0017_20200212_034218_RM
L09 (EOL09)	280	79	0018_20200212_041218_RM
L10 (SOL10)	277	77	0019_20200212_043948_RM
L10 (EOL10)	240	70	0020_20200212_050949_RM
L11 (SOL11)	244	75	0021_20200212_053444_RM
L11 (EOL11)	264	79	0022_20200212_060445_RM
L12 (SOL12)	314	95	0023_20200212_201446_RM
L12 (EOL12)	305	95	0024_20200212_204445_RM
L13 (SOL13/EOL13)	298	91	0025_20200212_204922_RM
L14 (SOL14)	293	90	0026_20200212_212154_RM
L14 (EOL14)	285	87	0027_20200212_215155_RM
L15 (SOL15)	273	83	0028_20200212_220116_RM
L15 (EOL15)	279	84	0029_20200212_223113_RM
L16 (SOL16)	270	81	0031_20200212_223544_RM
L16 (EOL16)	271	82	0032_20200212_230544_RM
L17 (SOL17/EOL17)	340	85	0033_20200212_231731_RM

L18 (SOL18/EOL18)	250	79	0034_20200212_233924_RM
L19 (SOL19/EOL19)	176	64	0036_20200212_235327_RM
L20 (SOL20/EOL20)	326	81	0037_20200213_000950_RM
L21 (SOL21/EOL21)	263	80	0038_20200213_002417_RM
L22 (SOL22/EOL22)	266	51	0039_20200213_002417_RM
L23 (SOL23/EOL23)	263	80	0040_20200213_012117_RM
L24 (SOL24/EOL24)	178	38	0041_20200213_014908_RM
L25 (SOL25/EOL25)	315	84	0042_20200213_021427_RM
L26 (SOL26/EOL26)	231	47	0043_20200213_023725_RM
L27 (SOL27)	324	87	0044_20200213_025848_RM
L27 (EOL27)	324	35	0044_20200213_025848_RM
L28 (SOL28)	394	77	0045_20200213_032218_RM
L28 (EOL28)	394	77	0046_20200213_033907_RM
L29 (SOL29)	285	87	0047_20200213_034622_RM
L29 (EOL29)	167	57	0048_20200213_040321_RM
L30 (SOL30/EOL30)	254	74	0049_20200213_040741_RM
L31 (SOL31)	322	77	0050_20200213_043221_RM
L31 (EOL31)	196	45	0051_20200213_045416_RM
L32 (SOL32)	334	79	0052_20200213_050234_RM
L32 (EOL32)	320	78	0053_20200213_053234_RM
L33 (SOL33)	251	77	0054_20200213_060342_RM
L33 (EOL33)	261	80	0055_20200213_063343_RM
L34 (SOL34)	192	60	0056_20200213_210201_RM
L34 (EOL34)	261	81	0057_20200213_213200_RM
L35 (SOL35)	280	85	0058_20200213_214936_RM
L35 (EOL35)	201	64	0059_20200213_221918_RM
L36 (SOL36)	211	60	0060_20200213_223621_RM
L36 (EOL36)	268	84	0061_20200213_230617_RM
L37 (SOL37)	258	85	0062_20200213_232135_RM
L37 (EOL37)	201	57	0063_20200213_235135_RM
L38 (SOL38)	200	61	0064_20200213_000825_RM
L38 (EOL38)	256	80	0065_20200214_003825_RM
L39 (SOL39)	274	84	0066_20200214_005241_RM
L39 (EOL39)	194	54	0067_20200214_012240_RM
L40 (SOL40)	210	64	0068_20200214_013617_RM
L40 (EOL40)	259	79	0069_20200214_020617_RM
L41 (SOL41)	289	82	0070_20200214_021951_RM
L41 (EOL41)	173	54	0071_20200214_024951_RM
L42 (SOL42)	207	63	0072_20200214_030440_RM
L42 (EOL42)	290	80	0073_20200214_033438_RM
L43 (SOL43)	281	82	0074_20200214_034837_RM
L43 (EOL43)	193	55	0075_20200214_041847_RM
L44 (SOL44)	244	61	0076_20200214_043321_RM
L44 (EOL44)	349	88	0077_20200214_050317_RM
L45 (SOL45/EOL45)	363	75	0078_20200214_052335_RM
L46 (SOL46)	190	58	0079_20200214_054521_RM
L46 (EOL46)	314	78	0080_20200214_061521_RM
L47 (SOL47)	270	81	0081_20200214_063217_RM
L47 (EOL47)	244	56	0082_20200214_070217_RM
L48 (SOL48/EOL48)	363	89	0083_20200214_202759_RM

L49 (SOL49/EOL49)	292	89	0084_20200214_204300_RM
L50 (SOL50/EOL50)	293	89	0085_20200214_205841_RM
L51 (SOL51/EOL51)	300	89	0086_20200214_211200_RM
L52 (SOL52/EOL52)	304	89	0087_20200214_212735_RM
L53 (SOL53/EOL53)	296	90	0088_20200214_214244_RM
L54 (SOL54/EOL54)	368	89	0089_20200214_220116_RM
L55 (SOL55)	209	53	0090_20200214_230534_RM
L55 (EOL55)	250	77	0091_20200214_233529_RM
L56 (SOL56)	259	80	0092_20200214_234608_RM
L56 (EOL56)	259	75	0093_20200215_001607_RM
L57 (SOL57)	264	58	0094_20200215_002253_RM
L57 (EOL57)	252	78	0095_20200215_005253_RM
L58 (SOL58/EOL58)	253	79	0096_20200215_010111_RM
L59 (SOL59)	263	60	0097_20200215_013336_RM
L59 (EOL59)	281	80	0098_20200215_020336_RM
L60 (SOL60)	263	78	0099_20200215_021559_RM
L60 (EOL60)	224	71	0100_20200215_024557_RM
L61 (SOL61)	249	71	0101_20200215_025723_RM
L61 (EOL61)	286	79	0102_20200215_032722_RM
L62 (SOL62)	334	79	0103_20200215_033929_RM
L62 (EOL62)	274	75	0104_20200215_033929_RM
L63 (SOL63)	274	74	0105_20200215_040929_RM
L64 (SOL64)	342	78	0106_20200215_050703_RM
L64 (EOL64)	302	84	0107_20200215_053703_RM
L65 (SOL65)	310	85	0108_20200215_055058_RM
L65 (EOL65)	312	84	0109_20200215_062056_RM
L66 (SOL66)	317	86	0110_20200215_063600_RM
L66 (EOL66)	315	86	0111_20200215_070600_RM
L67 (SOL67)	197	61	0112_20200215_193050_RM
L67 (EOL67)	265	80	0113_20200215_200047_RM
L68 (SOL68)	262	87	0114_20200215_202000_RM
L68 (EOL68)	206	65	0115_20200215_205000_RM
L69 (SOL69)	245	64	0116_20200215_210955_RM
L69 (EOL69)	273	85	0117_20200215_213955_RM
L70 (SOL70)	285	86	0118_20200215_215305_RM
L70 (EOL70)	227	71	0119_20200215_222305_RM
L71 (SOL71)	247	70	0120_20200215_223800_RM
L72 (SOL72)	283	86	0121_20200215_230839_RM
L73 (SOL73)	159	53	0122_20200215_233940_RM
L74 (SOL74)	276	76	0123_20200215_233940_RM
L75 (SOL75)	312	86	0124_20200216_001117_RM
L76 (SOL76)	284	78	0125_20200216_004025_RM
L77 (SOL77)	334	86	0126_20200216_011121_RM
L77 (EOL77)	334	86	0127_20200216_014121_RM
L78 (SOL78)	303	89	0128_20200216_020306_RM
L78 (EOL78)	297	90	0129_20200216_023306_RM
L79 (SOL79)	88	86	0130_20200216_030316_RM
L79 (EOL79)	292	78	0131_20200216_033309_RM
L80 (SOL80)	415	89	0132_20200216_035945_RM
L80 (EOL80)	390	86	0133_20200216_042944_RM

L81 (SOL81)	439	88	0134_20200216_045558_RM
L81 (EOL81)	499	89	0135_20200216_052558_RM
L82 (SOL82)	354	87	0136_20200216_054411_RM
L82 (EOL82)	376	90	0137_20200216_060336_RM
L83 (SOL83)	352	88	0138_20200216_062450_RM
L83 (EOL83)	360	88	0138_20200216_062450_RM
L84 (SOL84/EOL84)	354	88	0139_20200216_064846_RM

ANEXO III

Muestreo con draga Shipek: Tablas con las coordenadas de los puntos de muestreo realizados.

CAMPAÑA INTEMARES – COLCARTO_0220					
DRAGA SHIPEK					
Clave	Fecha	Hora Firme GMT	Latitud (N)	Longitud (E)	Prof. (m)
SK_02	11/02/2020	11:21	39° 50,375'	0° 40,561'	60
SK_03	11/02/2020	11:37	39° 50,411'	0° 40,218'	74
SK_07	12/02/2020	10:53	39° 52,640'	0° 39,160'	63
SK_08	12/02/2020	11:15	39° 53,880'	0° 39,090'	70
SK_09	13/02/2020	13:25	39° 50,250'	0° 40,970'	62
SK_10	13/02/2020	13:39	39° 50,350'	0° 40,907'	65
SK_11	13/02/2020	14:04	39° 50,430'	0° 40,929'	73
SK_12	13/02/2020	14:16	39° 50,380'	0° 40,780'	70
SK_13	14/02/2020	13:21	39° 50,110'	0° 41,015'	50
SK_14	14/02/2020	13:34	39° 50,109'	0° 40,992'	56
SK_15	14/02/2020	13:50	39° 50,198'	0° 40,931'	52
SK_16	15/02/2020	08:27	39° 50,260'	0° 40,876'	57
SK_17	15/02/2020	08:42	39° 50,039'	0° 40,521'	59
SK_18	15/02/2020	08:53	39° 49,870'	0° 40,724'	67
SK_19	16/02/2020	07:37	39° 55,330'	0° 40,030'	74
SK_20	16/02/2020	07:53	39° 55,196'	0° 40,015'	75
SK_21	16/02/2020	08:08	39° 54,730'	0° 40,479'	81
SK_22	16/02/2020	08:24	39° 55,160'	0° 40,460'	79
SK_23	16/02/2020	08:51	39° 54,120'	0° 37,750'	54
SK_24	16/02/2020	09:04	39° 34,105'	0° 37,830'	55

ANEXO IV

Muestreo con draga de arrastre bentónico: Tabla con las coordenadas de inicio y fin de los transectos realizados.

CAMPAÑA INTEMARES – COLCARTO_0220							
DRAGA DE ARRASTRE							
Clave	Fecha	Hora	Latitud inicio (N)	Longitud inicio (E)	Latitud fin (N)	Longitud fin (E)	Prof. (m)
DA_01	11/02/2020	10:20	39° 49,972'	0° 41,053'	39° 50,023'	0° 40,907'	41
DA_04	11/02/2020	18:21	39° 51,312'	0° 40,530'	39° 51,204'	0° 40,544'	20
DA_05	12/02/2020	9:49	39° 54,571'	0° 38,082'	39° 54,439'	0° 38,103'	54
DA_06	12/02/2020	10:29	39° 53,599'	0° 38,390'	39° 53,540'	0° 38,449'	65

ANEXO V

Muestreo *tow-yo* con la roseta oceanográfica: Tabla con las coordenadas de inicio y fin de los transectos realizados.

CAMPAÑA INTEMARES – COLCARTO_0220									
ROSETA OCEANOGRÁFICA - <i>tow-yo</i>									
Clave	Fecha	Hora	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Prof. inicial (m)	Prof. final (m)
			transecto	inicio (N)	inicio (E)	fin (N)	fin (E)		
towyo01	11/02/20	12:04	2294,2	39° 50,266'	0° 40,864'	39° 50,256'	0° 40,968'	55	60
towyo02	12/02/20	12:01	2137,39	39° 50,281'	0° 40,829'	39° 50,206'	0° 40,790'	54	35
towyo03	12/02/20	15:33	150,66	39° 50,128'	0° 40,840'	39° 50,128'	0° 40,945'	40	43
towyo04	12/02/20	15:47	150,66	39° 50,128'	0° 40,945'	39° 50,128'	0° 40,839'	43	40
towyo05	13/02/20	7:21	0	39° 50,117'	0° 40,892'	39° 50,117'	0° 40,892'	44	44
towyo06	13/02/20	9:35	2246,24	39° 50,497'	0° 40,824'	39° 50,035'	0° 41,002'	66	52
towyo07	14/02/20	10:19	1473,07	39° 50,149'	0° 41,004'	39° 50,143'	0° 41,109'	56	68
towyo08	14/02/20	15:09	268,03	39° 51,542'	0° 43,013'	39° 51,504'	0° 43,194'	90	86
towyo09	14/02/20	16:33	220,22	39° 49,949'	0° 41,542'	39° 49,985'	0° 41,394'	95	94
towyo10	14/02/20	17:21	205,51	39° 49,328'	0° 41,929'	39° 49,373'	0° 41,798'	93	94
towyo11	14/02/20	18:20	766,28	39° 49,878'	0° 37,438'	39° 50,005'	0° 37,368'	84	83
towyo12	15/02/20	10:00	800,22	39° 53,686'	0° 38,113'	39° 53,686'	0° 38,081'	61	61

ANEXO VI

Muestreo con trineo fotogramétrico HaTE: Tabla con las coordenadas de inicio y fin de los transectos realizados.

CAMPAÑA INTEMARES – COLCARTO_0220							
TRINEO HaTE							
Clave	Fecha	Latitud inicio (N)	Longitud inicio (E)	Latitud fin (N)	Longitud fin (E)	Prof. inicial (m)	Prof. final (m)
HB1	11-02-20	39° 50,407'	0° 41,029'	39° 50,403'	0° 40,925'	72	72
HB2	11-02-20	39° 50,744'	0° 41,417'	39° 50,698'	0° 41,314'	68	61
HB3	11-02-20	39° 50,736'	0° 40,317'	39° 50,813'	0° 40,232'	30	30
HB4	11-02-20	39° 51,553'	0° 41,413'	39° 51,625'	0° 41,379'	78	78
HB5	11-02-20	39° 51,754'	0° 41,875'	39° 51,766'	0° 41,937'	79	79
HB6	11-02-20	39° 50,941'	0° 40,265'	39° 50,996'	0° 41,193'	25	19
HB7	12-02-20	39° 51,264'	0° 40,240'	39° 51,264'	0° 40,308'	34	26
HB8	12-02-20	39° 51,311'	0° 39,754'	39° 51,311'	0° 39,819'	71	52
HB9	12-02-20	39° 51,842'	0° 40,241'	39° 51,842'	0° 40,309'	45	42
HB10	12-02-20	39° 52,377'	0° 39,546'	39° 52,377'	0° 39,611'	68	62
HB11	13-02-20	39° 51,898'	0° 39,407'	39° 51,931'	0° 39,449'	73	73
HB12	13-02-20	39° 52,692'	0° 39,115'	39° 52,728'	0° 39,156'	66	63
HB13	13-02-20	39° 52,775'	0° 38,674'	39° 52,824'	0° 38,665'	72	72
HB14	13-02-20	39° 53,872'	0° 37,018'	39° 53,897'	0° 36,989'	73	74
HB15	13-02-20	39° 54,285'	0° 39,639'	39° 54,309'	0° 39,695'	57	55

R1	14-02-20	39° 50,143'	0° 41,003'	39° 50,135'	0° 41,112'	56	68
R2	14-02-20	39° 51,542'	0° 43,012'	39° 51,504'	0° 43,194'	89	86
R3	14-02-20	39° 49,328'	0° 41,930'	39° 49,373'	0° 41,799'	93	93
R4	14-02-20	39° 49,951'	0° 41,541'	39° 49,985'	0° 41,394'	95	94
R5	15-02-20	39° 55,193'	0° 38,088'	39° 55,228'	0° 38,185'	77	77
R6	15-02-20	39° 55,719'	0° 37,441'	39° 55,801'	0° 37,441'	81	82
R7	15-02-20	39° 55,739'	0° 38,069'	39° 55,773'	0° 38,165'	80	79
R8	15-02-20	39° 55,824'	0° 38,852'	39° 55,858'	0° 38,950'	82	84
R9	15-02-20	39° 56,056'	0° 38,967'	39° 56,122'	0° 39,063'	86	81
R10	15-02-20	39° 55,864'	0° 39,209'	39° 55,918'	0° 39,263'	84	79
R11	15-02-20	39° 55,781'	0° 39,814'	39° 55,828'	0° 39,928'	71	71
R12	16-02-20	39° 54,107'	0° 37,836'	39° 54,018'	0° 37,839'	54	57
R13	16-02-20	39° 52,060'	0° 37,473'	39° 51,956'	0° 37,428'	83	85
R14	16-02-20	39° 50,022'	0° 37,341'	39° 49,942'	0° 37,428'	86	82
R15	16-02-20	39° 50,382'	0° 42,027'	39° 50,459'	0° 41,956'	92	91
R16	16-02-20	39° 52,828'	0° 41,515'	39° 52,894'	0° 41,383'	78	78
R17	16-02-20	39° 54,284'	0° 43,675'	39° 54,312'	0° 43,577'	88	88

ANEXO VII

Fondeo de las estructuras de vídeo cebado (LoVE): Tabla con las coordenadas de los puntos de muestreo realizados.

CAMPAÑA INTEMARES-COLCARTO0220					
Vídeo cebado (LoVE)					
Clave	Fecha	Hora Firme GMT	Latitud (N)	Longitud (E)	Prof. (m)
LoVE_1	11/02/2020	19:50	39° 54,342'	0° 37,984'	46
LoVE_2	11/02/2020	20:13	39° 54,069'	0° 41,069'	47
LoVE_3	11/02/2020	20:24	39° 53,987'	0° 40,965'	48
LoVE_4	11/02/2020	20:37	39° 53,536'	0° 40,542'	64
LoVE_5	11/02/2020	20:54	39° 53,297'	0° 40,493'	67
LoVE_6	11/02/2020	21:08	39° 52,765'	0° 40,417'	69
LoVE_7	13/02/2020	18:59	39° 54,084'	0° 37,786'	44
LoVE_8	13/02/2020	19:21	39° 53,607'	0° 39,711'	58
LoVE_9	13/02/2020	19:39	39° 52,672'	0° 39,888'	57
LoVE_10	13/02/2020	19:56	39° 52,560'	0° 40,587'	70
LoVE_11	13/02/2020	20:19	39° 53,993'	0° 40,976'	45
LoVE_12	13/02/2020	20:30	39° 54,081'	0° 40,383'	59