

LIFE IP INTEMARES

**Informe sobre la caracterización,
cartografiado y estado de conservación de los
hábitats bentónicos del LIC-ESZZ12002**

**“Volcanes de fango del golfo de Cádiz”
(Demarcación Sudatlántica)**

15 de noviembre del 2022



ÍNDICE

1. Resumen ejecutivo	4
2. Introducción	8
3. Área de estudio	17
4. Metodología	23
4.1. Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos	23
4.2. Modelado de distribución de los hábitats bentónicos y elaboración de cartografía detallada	34
4.3. Inventario de hábitats vulnerables considerados en Normativas y Convenciones Internacionales	41
4.4. Caracterización de los hábitats bentónicos	43
4.4.1. Superficie de ocupación y representatividad	43
4.4.2. Estado ambiental	43
4.4.2.1. Riqueza de especies e identificación de "hotspots"	43
4.4.2.2. Índice de Diversidad de Shannon-Wiener	44
4.4.2.3. Composición funcional	45
4.4.3. Sensibilidad y/o vulnerabilidad de los hábitats bentónicos frente a las principales presiones y actividades con impacto sobre el lugar	45
4.5. Determinación del grado de conservación de los hábitats de interés comunitario	48
5. Resultados	51
5.1. Inventario de tipos de hábitats bentónicos	51
5.2. Distribución y cartografiado de los hábitats bentónicos	99
5.3. Hábitats Vulnerables en Normativas y Convenciones Internacionales	112
5.4. Caracterización de los hábitats bentónicos	121
5.4.1. Representatividad	122
5.4.2. Estado ambiental	126
5.4.2.1. Riqueza de especies e identificación de "hotspots"	127
5.4.2.2. Índice de Diversidad de Shannon-Wiener	130
5.4.2.3. Composición funcional	131
5.4.3. Sensibilidad y/o vulnerabilidad de los hábitats bentónicos frente a las principales presiones y actividades con impacto sobre el lugar	134
5.4.3. Grado de conservación de los hábitats de interés comunitario	138
6. Conclusiones y recomendaciones	150
7. Referencias	157
8. Agradecimientos	168
ANEXO	169

Autor/es del informe: José Luis Rueda, Ángel Mateo-Ramírez, Emilio González-García, Javier Urra, Marina Gallardo-Núñez, Alejandro Martín-Arjona, Pablo Lozano, Olga Utrilla, Enrique Franco-Gutiérrez, Carlos Farias

Otros participantes en el análisis y cartografía del componente geológico de los hábitats: Luis Miguel Fernández-Salas, Marga García García, Desirée Palomino, Izaskun Villar Menéndez, Olga Sánchez-Guillamón, Juan Tomás Vázquez, Nieves López-González y Carmen Juan

Como información de base han sido imprescindibles los trabajos realizados previamente, cuyo resultado se plasmó en los entregables del proyecto LIFE IP INTEMARES aparte de este que se mencionan a continuación (además de figurar en el apartado correspondiente):

(1) Luis Miguel Fernández-Salas, Desirée Palomino Cantero, Izaskun Villar Menéndez, Marga García García y Olga Sánchez-Guillamón, 2021. LIFE IP INTEMARES. Informe sobre la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del LIC-ESZZ12002-Volcanes de fango del Golfo de Cádiz (Demarcación Sudatlántica). SubAcción A.2.1: Mejora del conocimiento en zonas ya declaradas. Proyecto LIFE IP INTEMARES. Instituto Español de Oceanografía. Informe técnico. 49 pp.

(2) Ángel Mateo-Ramírez, Emilio González-García, Olga Utrilla, Javier Urra, Laís V. Ramalho, Carlos Farias, Marina Gallardo-Núñez y José Luis Rueda, 2020. LIFE IP INTEMARES. Informe sobre el estado actual de conocimiento de la biodiversidad del LIC-ESZZ12002 "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" (Demarcación Sudatlántica). Proyecto LIFE IP INTEMARES. Instituto Español de Oceanografía. Informe técnico. 87 pp.

El proyecto LIFE IP INTEMARES, que coordina la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, avanza hacia un cambio de modelo de gestión eficaz de los espacios marinos de la Red Natura 2000, con la participación activa de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones.

Participan como socios el propio ministerio, a través de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación; la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, así como de la Agencia de Medio Ambiente y Agua; el Instituto Español de Oceanografía; AZTI; la Universidad de Alicante; la Universidad Politécnica de Valencia; la Confederación Española de Pesca, SEO/BirdLife y WWF-España. Cuenta con la contribución financiera del Programa LIFE de la Unión Europea.



1. Resumen ejecutivo

El Lugar de Importancia Comunitaria “*Volcanes de Fango del Golfo de Cádiz*” (ESZZ12002) fue propuesto para su inclusión en la Red Natura 2000 en 2014 (Orden AAA/1299/2014, de 9 de julio) y designado en 2015 (Decisión Ejecutiva (UE) 2015/2374). El LIC se encuentra en la Región Suratlántica (IXa del ICES) y subprovincia cálida (código 15, Warm Lusitanian subprovince) de la Región IV de OSPAR (Francia y Península Ibérica). Este LIC ocupa un área extensa de unos 3177 km² (317723.77 ha), y limita al Norte con la plataforma de Huelva y Cádiz, mientras que limita al Sur con las aguas magrebíes en sentido amplio. La situación del LIC entre los continentes de Europa y África, así como entre el Océano Atlántico y el mar Mediterráneo, le confiere unas peculiares características oceanográficas, geológicas, biológicas y socioeconómicas. El LIC fue designado por la presencia de los hábitats 1180 (*Estructuras submarinas causadas por escapes de fluidos*) y 1170 (*Arrecifes*), ambos descritos en el Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y la presencia de tortuga boba (*Caretta caretta*), delfín mular (*Tursiops truncatus*), marsopa (*Phocoena phocoena*) y Alosa (*Alosa alosa*), especies contempladas en el Anexo II de la misma Directiva.

En este informe se presenta una nueva actualización del inventario de tipos de hábitats bentónicos, así como su caracterización, cartografiado y el estudio de su estado de conservación. Para ello se tomaron como punto de partida los datos recopilados en el marco de varios proyectos y expediciones (LIFE+ INDEMARES, ISUNEPKA, ATLAS, INPULSE, etc) que consistieron en la obtención de un gran número de muestras y de transectos de imágenes submarinas mediante el uso de un ROV (*Remotely Operated Vehicle*) y en la caracterización morfosedimentaria de diferentes zonas del LIC.

Se ha detectado la presencia de 30 tipos de hábitats en el LIC de los cuales, 8 están vinculados al Hábitat 1180 “*Estructuras submarinas causadas por escapes de fluidos*” de la Directiva Hábitat (DH), 12 al Hábitat 1170 “*Arrecifes*” de la DH (algunos de ellos propuestos por el Comité Científico del proyecto LIFE IP INTEMARES), 4 al Hábitat 1110 “*Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda*” y 6 a otros hábitats no contemplados en directivas ni en convenios de conservación. Este informe incrementa notablemente el conocimiento de los hábitats, con respecto a lo obtenido tras el proyecto LIFE+ INDEMARES - Chimeneas de Cádiz, para el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”. Las diversas y complejas peculiaridades de esta zona, tales como la confluencia de las masas de agua Atlántica y Mediterránea y de sus organismos, la singular diversidad y productividad biológica, y la existencia de importantes escapes de fluidos y de complejos procesos microbianos favorecen la alta heterogeneidad del fondo marino y por tanto de los hábitats presentes en el LIC.

Este informe contribuye además a la mejora del conocimiento en relación a la caracterización, cartografiado y estado de conservación de los hábitats bentónicos identificados en el LIC. La información cartográfica se presenta combinando resultados de distribución de hábitats obtenidos con modelos y con criterio de experto. El Hábitat 1180 se ha detectado en un amplio rango de profundidad, entre 363 y 1123 m, y ocupa una superficie de 23.661,8 ha, lo cual representa el 7,54% del LIC. En relación al Hábitat 1170, el

rango batimétrico de los hábitats biogénicos de sustratos rocosos relacionados con este hábitat va desde los 314 a 1052 m, con una superficie de ocupación de 12.681,73 ha (4% de la superficie del LIC). Por otro lado, el rango batimétrico de los hábitats biogénicos de sustratos sedimentarios relacionados con el Hábitat 1170 va desde 364 a 1203 m, con una superficie de ocupación de 42.016,13 h (13,22%). La superficie del Hábitat 1170 no se ha podido realizar en su totalidad en el *Campo Profundo*, debido a que muchas de estas zonas profundas no han podido ser exploradas y por tanto se desconoce el componente biológico estructurante de los hábitats. En relación al Hábitat 1110, se han incorporado una serie de hábitats de fondos detríticos, los cuales se trataron en el Comité Científico del proyecto LIFE IP INTEMARES en España, y se propusieron para incluir en la definición del Hábitat 1110 de la DH. El Hábitat 1110 se ha detectado en un rango batimétrico entre 378 y 1052 m, ocupando una superficie algo menor a la de los hábitats anteriores, concretamente de 7.811,62 ha (2,46% de la superficie del LIC).

Los hábitats biogénicos generalmente albergan mayores niveles de riqueza y biodiversidad, tanto taxonómica como funcional. Esto es particularmente notable en algunos hábitats sobre fondos blandos o mixtos, en los que las especies estructurantes generan un efecto multiplicador aportando nuevo sustrato. Los hábitats no biogénicos son ambientes resistentes a los impactos y cambios ambientales y, por lo tanto, presentan menores niveles de sensibilidad y mayor resiliencia, y permite la posibilidad de realizar algunas actividades antropogénicas en zonas con dichos hábitats, los cuales ocupan una gran superficie en el LIC. Los hábitats biogénicos (con especies estructurantes), los niveles altos de riqueza de especies y los hábitats sensibles se localizan principalmente en zonas con sustratos duros del LIC, tanto en volcanes de fango y como en complejos Diapiro - Volcán de fango, así como en las dorsales diapiéricas con abundantes carbonatos autigénicos colonizados por diferentes especies suspensívoras, así como en zonas aplaceradas y algunos canales del *Campo Somero*, y sobre todo del *Campo Profundo* donde abundan las agregaciones de especies altamente sensibles a la pesca de arrastre (ej. pennatuláceos, *Isidella elongata*, *Radicipes fragilis*, *Pheronema carpenteri*, etc.).

El LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*" representa hasta la fecha el lugar de mayor importancia y relevancia para el Hábitat 1180 en aguas españolas, con una amplia variedad de estructuras submarinas causadas por la expulsión de fluidos, y en las cuales se desarrollan comunidades y especies exclusivas de este tipo de ambientes. Las únicas poblaciones de estas especies quimiosintéticas (bacterias) y quimiosimbióticas en el ámbito español radican en este LIC, por lo que las medidas de gestión y conservación de dichas comunidades deben de ser bien establecidas y consensuadas con diferentes sectores para así poder preservar un patrimonio natural que es altamente singular para la gran diversidad de hábitats y especies presentes en aguas españolas.

Executive Summary

The Site of Community Importance "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz - Mud Volcanoes of the Gulf of Cádiz*" (ESZZ12002) was proposed for inclusion in the Natura 2000 Network in 2014 (Order AAA/1299/2014, of July 9) and designated in 2015 (Executive Decision (EU) 2015/2374). The SCI is located in the South Atlantic Region (ICES IXa) and warm subprovince (code 15, Warm Lusitanian subprovince) of OSPAR Region IV (France

and Iberian Peninsula). This SCI occupies an extensive area of ca. 3177 km² (317723.77 ha), and limits to the North with the Huelva and Cádiz shelf, while it limits to the South with Moroccan waters. The location of the SCI between Europe and Africa, as well as between the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea, provides it some peculiar oceanographic, geological, biological and socioeconomic characteristics. The SCI was designated due to the presence of Habitats 1180 (Submarine structures caused by leaking gases) and 1170 (Reefs), both described in Annex I of the Habitat Directive (92/43/EEC) (HD) and the presence of loggerhead turtles (*Caretta caretta*), bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*), porpoise (*Phocoena phocoena*) and Alosa (*Alosa alosa*), species included in Annex II of the same Directive.

This report presents a new update of the inventory of benthic habitat types, as well as their characterization, mapping and the study of their conservation status. For this, the data collected in the framework of various projects and expeditions (LIFE+ INDEMARES, ISUNEPCA, ATLAS, INPULSE, etc) were taken as a starting point, which included a large number of samples and transects of underwater images through the use of a ROV (Remotely Operated Vehicle) and a new morphosedimentary and habitat characterization of different zones of the SCI.

A total of 30 types of habitats has been detected in the SCI, of which 8 are linked to Habitat 1180 of the HD, 12 to Habitat 1170 of the HD (some of them proposed by the Scientific Committee of the LIFE IP INTEMARES project), 4 to Habitat 1110 of the HD and 6 to other habitats not contemplated in directives or conservation agreements. This report notably increases the knowledge of the habitats for this SCI, with respect to what was obtained after the LIFE+ INDEMARES - Chimeneas de Cádiz project. The diverse and complex peculiarities of this area, such as the confluence of the Atlantic and Mediterranean water masses and their organisms, the singular diversity and biological productivity, and the existence of important fluid venting and complex microbial processes favor the high heterogeneity of the seabed and therefore of the habitats present in the SCI.

The cartographic information is presented by combining habitat distribution results obtained with models and expert criteria (ground truthed). The Habitat 1180 has been detected in a wide depth range, between 363 and 1123 m, and occupies an area of 23,661.8 ha, which represents 7.54% of the SCI. In relation to Habitat 1170, the bathymetric range of the biogenic habitats of rocky substrates related to this habitat ranges from 314 to 1052 m, with an occupation surface of 12,681.73 ha (4% of the SCI surface). On the other hand, the bathymetric range of the biogenic habitats of sedimentary substrates related to Habitat 1170 spans from 364 to 1203 m, covering 42,016.13 ha (13.22%). The surface of Habitat 1170 could not be fully obtained in the *Deep Field of Fluid Expulsion*, because many of these deep sectors could not be explored to date and therefore the structuring biological component of the habitats is unknown. In relation to Habitat 1110, a series of detritic bottom habitats have been incorporated, which were discussed in the Scientific Committee of the LIFE IP INTEMARES project in Spain, and were proposed to be included in the definition of Habitat 1110 of the DH. The Habitat 1110 has been detected in a bathymetric range between 378 and 1052 m, occupying an area somewhat smaller than that of the previous habitats, specifically 7,811.62 ha (2.46% of the SCI area).

Biogenic habitats generally host higher levels of richness and biodiversity, both taxonomic and functional. This is particularly notable in some habitats on soft or mixed bottoms, in which the structuring species generate a multiplier effect by providing new substrate. Non-biogenic habitats seem more resistant to impacts and environmental changes and, therefore, have lower levels of sensitivity and a greater resilience, and allow the possibility of carrying out some anthropogenic activities in areas with such habitats, which occupy a large proportion of the LIC. Biogenic habitats (with structuring species), high levels of species richness and sensitive habitats are located mainly in areas with hard substrates of the SCI, both in mud volcanoes and mud volcano-mud diapir complexes as well as in diapiric ridges with abundant authigenic carbonates colonized by different species. suspension feeders, as well as in low relief areas as well as in some channels of the *Shallow Field*, and especially in the *Deep Field*, where there are abundant aggregations of species that are highly sensitive to bottom trawling (e.g. Pennatulacea, *Isidella elongata*, *Radicipes fragilis*, *Pheronema carpenteri*, etc.).

The SCI "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz* " represents to date the place of greatest importance and relevance for Habitat 1180 in Spanish waters, with a wide variety of underwater structures caused by fluid venting, and in which chemosynthesis-based species and communities exclusive to this type of environments occur. The only populations of these chemosynthetic (bacteria) and chemosymbiotic species in Spain reside in this SCI, and one of the few for Europe, so the management and conservation measures for these communities must be well established and agreed upon with different sectors in order to preserve a natural heritage which is highly unique in relation to the great diversity of habitats and species present in Spanish waters.

2. Introducción

A raíz de los trabajos científicos llevados a cabo en el marco del proyecto LIFE+ INDEMARES (07/NAT/E/000732) desde 2009 a 2014, el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" fue propuesto a la Comisión Europea para su inclusión en la lista de LIC de la Red Natura 2000 (RN2000) en julio de 2014 (Orden AAA/1299/2014, de 9 de julio). En la novena lista actualizada de los LIC, la Comisión Europea incorporó el LIC ESZZ12002 "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" en la RN2000 (Decisión Ejecutiva (UE) 2015/2374 de la Comisión de 26 de noviembre de 2015). El LIC se encuentra en la Región Suratlántica (IXa del ICES), la cual forma también parte de la Provincia Lusitánica, subprovincia cálida (código 15, Warm Lusitanian subprovince) de la Región IV de OSPAR (Francia y Península Ibérica). Este LIC ocupa un área extensa de unos 3.177 km² (317.723,77 ha), y limita al Norte con la plataforma de Huelva y Cádiz, mientras que limita al Sur con las aguas magrebíes en sentido amplio. En el LIC se diferencian dos zonas con identidad propia, una más cercana a la costa a profundidades entre 300 y 800 m, y denominada *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)*, donde se concentra una gran parte de las actividades antrópicas, y otra más alejada de la costa (entre 800 y 1200 m de profundidad) y denominada *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (Campo Profundo)*, donde la actividad antrópica es baja e incluso nula (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021).

La situación del LIC entre los continentes de Europa y África, así como entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo, le confiere unas peculiares características oceanográficas, geológicas, biológicas y socioeconómicas (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b). Las peculiaridades de esta zona son diversas así como complejas y singulares, destacando: (1) un elevado e interactivo hidrodinamismo producto de la confluencia de las masas de agua Atlántica y Mediterránea, vinculadas al intercambio a través del estrecho de Gibraltar; (2) una singular diversidad y productividad biológica, fruto del ambiente propicio y heterogéneo que facilita la confluencia de aguas atlánticas y mediterráneas; (3) una confluencia de especies procedentes de diferentes regiones biogeográficas (Lusitánica, Mauritánica y Mediterránea) que hace que, junto al cercano mar de Alborán, sea una de las zonas de mayor biodiversidad de los márgenes Europeos y Norteafricanos; (4) la existencia de importantes escapes de fluidos (principalmente metano) producto de la tectónica salina relacionada con la convergencia de las placas litosféricas africana y europea; y (5) la presencia de complejos procesos microbianos que aprovechan energéticamente los flujos metalíferos para transformar los fondos disgregados en estructuras carbonatadas consolidadas, favoreciendo una alta heterogeneidad del fondo marino (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b).

Gracias a diferentes campañas lideradas por el Instituto Español de Oceanografía (centros oceanográficos de Málaga y Cádiz) en el marco del proyecto LIFE+ INDEMARES (Subproyecto *Chimeneas de Cádiz*) entre los años 2010 y 2012, se pudo obtener una gran cantidad de información sobre las características oceanográficas, geomorfológicas, sedimentológicas y biológicas de las zonas con expulsión de fluidos, principalmente en los volcanes de fango, los complejos diapiros-volcanes de fango, las depresiones de colapso y en algunos diapiros aislados (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b) (Fig. 1). Con esta información se pudieron localizar y caracterizar los principales tipos de hábitats presentes en estas zonas de expulsión de fluidos, así como sus comunidades bentónicas y demersales. Por otro lado,

se pudo también obtener las primeras aproximaciones de la distribución espacial y temporal de las principales actividades antrópicas, en el entorno del LIC (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; González-García *et al.*, 2020 a). Desafortunadamente, muchas zonas del LIC quedaron sin explorar en la etapa del proyecto LIFE+ INDEMARES, y no se pudo obtener un cartografiado más exhaustivo que cubriese la mayor parte del LIC, o al menos aquellas zonas donde se produce un solapamiento de la actividad antrópica y los hábitats más vulnerables y singulares, como es el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos* (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b).

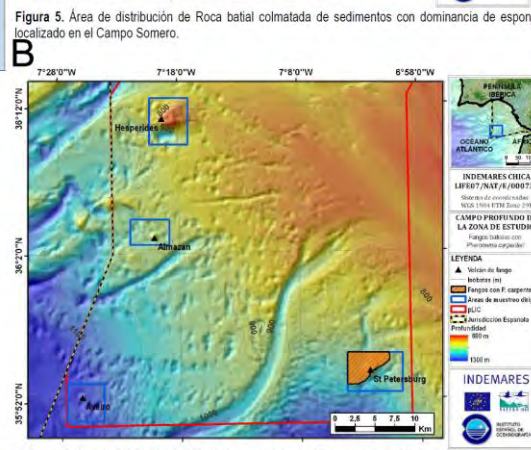
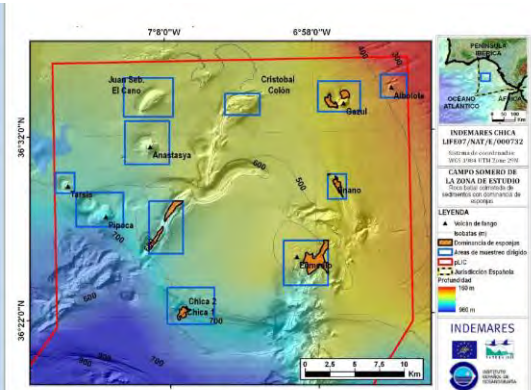
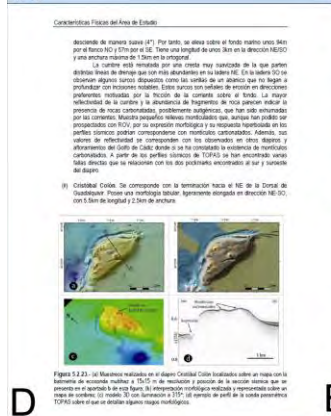


Figura 1. Algunos resultados y productos derivados del proyecto LIFE+ INDEMARES (Subproyecto *Chimeneas de Cádiz*) y de sus expediciones INDEMARES - CHICA. A y D: Portada y página del Informe final del proyecto; B y E: Cartografiado de los hábitats no extensivo y centrado en las principales zonas de expulsión de fluidos del *Campo Somero* y *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos*; C y F: Portada y página de la Monografía dedicada al LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz"; G-I: Algunos momentos durante el muestreo y adquisición de información durante las expediciones INDEMARES - CHICA. (Imágenes tomadas de Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b).

Este LIC destaca por la presencia de emisiones de fluidos que se encuadran dentro del Hábitat 1180 "Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases" de la Directiva Hábitat (DH) (92/43/CEE) (Rueda *et al.*, 2012 a,b; Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; Rueda *et al.*, 2016; Fernández-Salas *et al.*, 2021) (Fig. 2). En realidad se trata de uno de los casos paradigmáticos y singulares, con muy poca representación en otras demarcaciones de aguas españolas y en otras zonas de Europa, en los que el fenómeno de expulsión de fluidos que movilizan sedimentos del subsuelo marino ha favorecido la formación de una gran diversidad de relieves y hábitats de alta singularidad e interés ecológico (Rueda *et al.*, 2012 a,b; Palomino *et al.*, 2016; Rueda *et al.*, 2016; Lozano *et al.*, 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Estos fenómenos de expulsión de fluidos producen cambios sustanciales en la superficie de los depósitos y en el interior de las series sedimentarias, modificando los relieves preexistentes y la composición del fondo marino. Debido a la acción bacteriana sobre estos fluidos, se generan bajo el subsuelo diferentes tipos de estructuras carbonatadas de neoformación, conocidas como carbonatos autigénicos, que pueden tener diferentes tamaños y formas (ej. chimeneas, enlosados, costras) y que posteriormente pueden ser desenterrados por la corriente (Díaz del Río *et al.*, 2003, 2014 a,b; Palomino *et al.*, 2016). Esta alteración natural de los fondos sedimentarios es un proceso continuo mientras permanece activo el fenómeno de la expulsión y que es posteriormente modulado por las corrientes de fondo, induciendo cambios significativos en los tipos de fondos y, por tanto, en los hábitats (Palomino *et al.*, 2016; Lozano *et al.*, 2020 a,b; González-García *et al.*, 2020b; Fernández-Salas *et al.*, 2021).

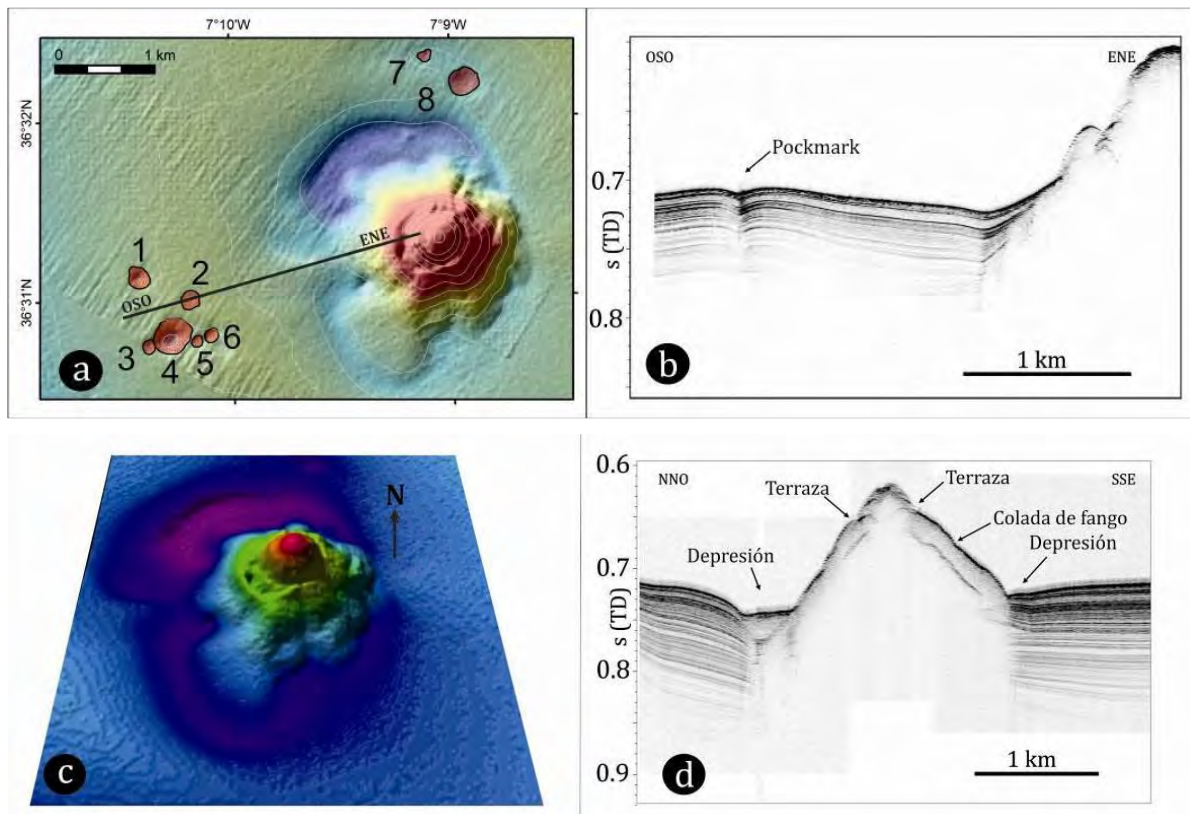


Figura 2. Detalles de la estructura morfológica e interna del volcán de fango Anastasya, su depresión de colapso y un campo de pockmarks aledaño, obtenidos durante el proyecto LIFE+ INDEMARES (Subproyecto *Chimeneas de Cádiz*) (Imágenes tomadas de Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b).

La tectónica constituye un factor de control determinante en la migración de fluidos y en la formación de estructuras como son los volcanes de fango (Somoza *et al.*, 2003; Medialdea *et al.*, 2004; Fernández-Puga *et al.*, 2007) y también los diapiros, los cuales pueden ser salinos (relacionados con las evaporitas mesozoicas) y margo-salinos (asociados a la *Unidad Alóctona del golfo de Cádiz - UAGC*) (Medialdea *et al.*, 2004, 2008; Fernández-Puga *et al.*, 2007; Palomino *et al.*, 2016; Lozano *et al.*, 2020 a,b). Dentro del LIC, los diapiros salinos se concentran en el sector septentrional (plataforma continental y talud superior y medio), donde aparecen como domos redondeados subaflorantes o aflorantes y reconocibles en los mapas batimétricos, aunque también se han encontrado enterrados en el sector central del golfo de Cádiz (Palomino *et al.*, 2016; Lozano *et al.*, 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Estas estructuras deforman y llegan a atravesar prácticamente toda la cobertura sedimentaria, incluida la UAGC, cuando existe. Los diapiros margo-salinos, constituidos principalmente por arcillas y margas miocenas y evaporitas triásicas, se agrupan formando crestas de dirección NE-SO, como las denominadas Dorsal Diapírica del Guadalquivir y Dorsal Diapírica de Cádiz (Lozano *et al.*, 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021) (Fig. 3). Todas estas estructuras han favorecido la migración y extrusión de fluidos y sedimentos sometidos a la sobrepresión a lo largo de la columna sedimentaria, para finalmente dar lugar a la construcción en superficie de otras estructuras como son los volcanes de fango (Palomino *et al.*, 2016; Lozano *et al.*, 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Algunos volcanes de fango se encuentran relacionados con los diapiros someros/aflorantes asociados a la UAGC que forman crestas NE-SO o en base a observaciones realizadas en perfiles sísmicos multicanal (Medialdea *et al.*, 2008) (Fig. 3). Algunos estudios han mostrado que la formación de volcanes de fango en el golfo de Cádiz comprende dos etapas principales. La migración y extrusión de fluidos y coladas de fango están controladas en una primera fase por el diapirismo y en una segunda fase por diferentes tipos de fallas (Medialdea *et al.*, 2008). En general, los volcanes de fango aparecen relacionados con diapiros de distinta naturaleza, aflorantes o localizados a diferentes profundidades de enterramiento que facilitan el ascenso de fluidos y/o actúan como área fuente del fluido (Medialdea *et al.*, 2008). Además, algunos tipos de diapiros pueden, en ocasiones, contener sustrato duro carbonatado en su parte superior, conocido como “*cap rock*”, el cual se forma por complejos procesos de oxidación anaeróbica de bacterias dependientes de sulfuros, tal y como han demostrado estudios en otras zonas con importantes emisiones de fluidos (ej. golfo de México) (Caesar *et al.*, 2019). Por otro lado, las fallas extensionales, fallas en dirección o cabalgamientos actúan como sistemas con diferente complejidad que conectan la fuente con el edificio superficial del volcán de fango (Medialdea *et al.*, 2008). La expulsión de fluidos a través de los sedimentos y la consecuente deficiencia de masa, suele ser también responsable de la generación de un colapso gravitacional, con la formación de depresiones de colapso que posteriormente pueden ser erosionadas aún más por la acción de las corrientes de fondo (Medialdea *et al.*, 2008; Palomino *et al.*, 2016; Lozano *et al.*, 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021).

La superficie del Hábitat 1180 en el LIC es difícil de estimar, ya que se trata de un fenómeno extensivo y expansivo en el golfo de Cádiz y que está en permanente evolución. Díaz del Río *et al.* (2014 a,b) hicieron una estimación preliminar calculando la superficie que ocupan los principales focos de emisión puntuales en la zona más somera (*Campo Somero de Expulsión de Fluidos*), junto a la que se produce de forma difusa en las aguas

más profundas (*Campo Profundo de Expulsión de Fluidos*), que arrojó un total una superficie de ocupación de unos 154,90 Km² (15490,07 ha) (En página web de Eunis <https://eunis.eea.europa.eu/sites/ESZZ12002> se indica 179,99 Km², 17999,7 ha). En dicha estimación preliminar, Díaz del Río *et al.* (2014 a,b) incluyeron el hábitat genérico “Estructuras producidas por escape de gases” (Código 040201 de la Lista patrón de los hábitats marinos presentes en España, LPRE), en el cual aparecen los siguientes hábitats a un nivel inferior: (1) *Volcanes de Fango* (sin código en la LPRE), (2) *Depresiones de colapso producidas por escapes de gases* (sin código en la LPRE) y (3) *Pockmarks* (04020101).

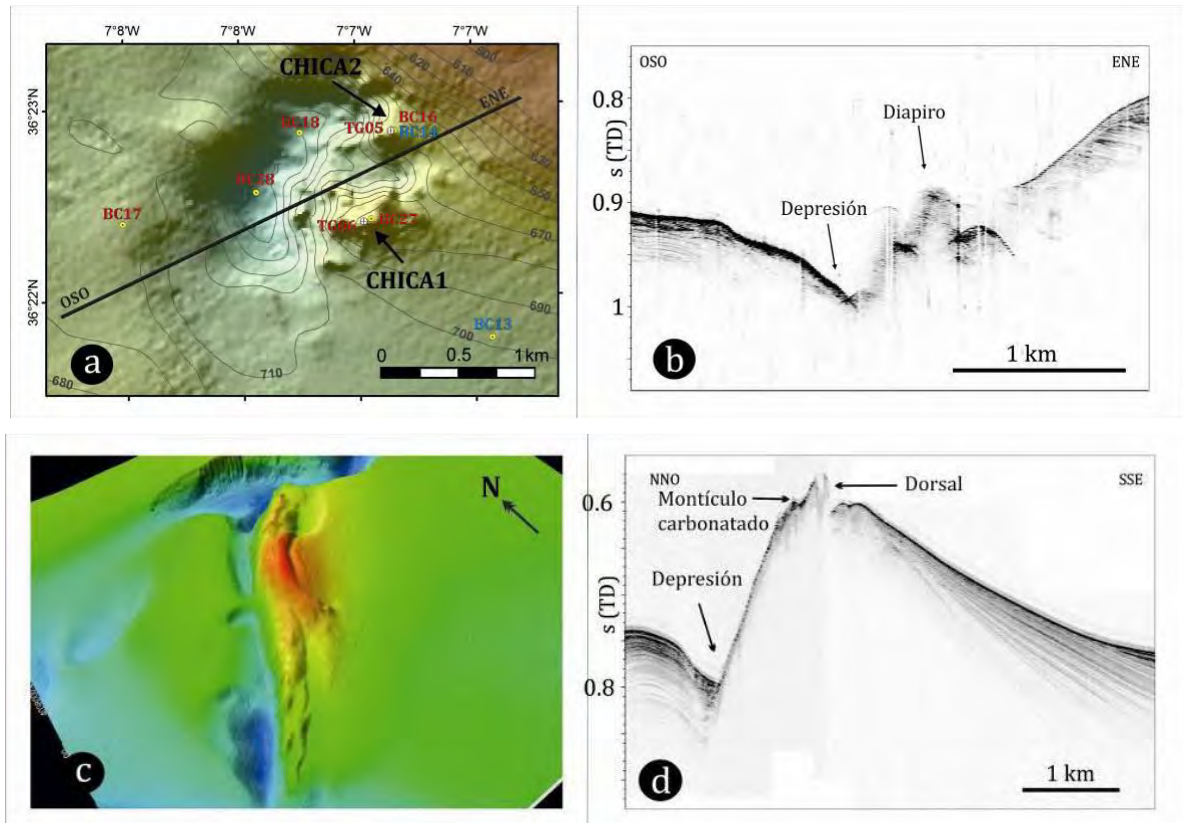


Figura 3. Detalles de la morfología y estructura interna del complejo diapiro-volcán de fango Chica y de la Dorsal Diapírica del Guadalquivir obtenidos durante el proyecto LIFE+ INDEMARES (Subproyecto *Chimeneas de Cádiz*) (Imágenes tomadas de Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b).

Formando parte de cada uno de estos hábitats se encuentran, en determinadas ocasiones, los siguientes hábitats: (1) *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas* (04020103), y (2) *Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético* (04020102). Algunos tipos de estructuras y hábitats que están vinculados con los fenómenos de migración y expulsión de fluidos, tales como los diapiros y las dorsales diapíricas, no fueron incluidos por Díaz del Río *et al.* (2014 a,b).

Debido a los fenómenos de migración y expulsión de fluidos, los tipos de fondos y las comunidades asociadas pueden evolucionar desde fangos anóxicos con emisiones de fluidos y comunidades basadas en la quimiosíntesis con especies quimiosimbióticas que se

nutren de estos fluidos y son endémicas del golfo de Cádiz, hasta fondos con abundante presencia de carbonatos autigénicos que son colonizados por especies suspensívoras de muy lento crecimiento y alta sensibilidad y funcionalidad ecológica (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; Palomino *et al.*, 2016; Rueda *et al.*, 2016; González-García *et al.*, 2020 b). Los fondos con sustratos duros carbonatados formados por la acción bacteriana, compuestos por carbonatos autigénicos (en el caso de los volcanes de fango, los complejos diapiro-volcán de fango, los pockmarks y las depresiones de colapso) o por “cap rock” (en el caso de los diapiros aislados y las dorsales diapíricas), promueven la presencia del Hábitat 1170 “Arrecifes” de la DH (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; Palomino *et al.*, 2016; González-García *et al.*, 2020 b; Lozano *et al.* 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Díaz del Río *et al.* (2014) estimaron que el Hábitat 1170 del LIC tenía una superficie de ocupación de unos 15,78 Km² (1578,9 ha) (En página web de Eunis <https://eunis.eea.europa.eu/sites/ESZZ12002> se indica 20,51 Km², 2051,26 ha), e incluía un total de 7 hábitats contemplados en la Lista Patrón de Referencia de hábitats marinos españoles, entre los cuales destacan: (1) Arrecifes de corales profundos de *Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata* (Código LPRE 04030301) en forma de bancos extendidos por la ladera del volcán de fango Gazul, (2) Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias (04010101) y antipatarios (04010102) y (3) Fondos rocosos profundos con agregaciones de esponjas (04010103), éstos últimos hábitats presentes en diferentes volcanes de fango y complejos diapiro-volcán de fango. Estos fondos con sustratos carbonatados permiten por tanto el establecimiento y desarrollo de hábitats que tienen una alta complejidad, funcionalidad, biodiversidad y fragilidad, lo cual hace necesario de elementos de gestión que favorezcan su protección (Díaz del Río *et al.* 2014; Rueda *et al.* 2016, 2019). Además, Díaz del Río *et al.* (2014) identificaron 4 hábitats contemplados en el Convenio OSPAR como son las comunidades de pennatuláceos y megafauna excavadora (*Sea-pens and burrowing megafauna communities*) en los volcanes de fango Anastasya y Tarsis, los montículos carbonatados (*Carbonate mounds*) en Gazul y en el Diapiro Cristóbal Colón, los jardines de coral (*Coral gardens*) en los volcanes Gazul, Pipoca y Almazán o el complejo diapiro-volcán de fango Chica y las agregaciones de esponjas profundas (*Deep-sea sponge aggregations*) en diferentes volcanes y diapiros, tanto con sustrato duro (Gazul) como blando (St. Petersburg).

En los últimos años (2014-2021), se han realizado una serie de campañas lideradas por el Instituto Español de Oceanografía (centros oceanográficos de Málaga y Cádiz) en aguas españolas del golfo de Cádiz, que han permitido obtener información sobre las características oceanográficas y geomorfológicas, así como de los hábitats bentónicos de la parte más somera del LIC (*Campo Somero de Expulsión de Fluidos*) y, en menor medida, de la parte más profunda del LIC (*Campo Profundo de Expulsión de Fluidos*) (Fig. 4). Estas campañas estaban enmarcadas dentro de diferentes proyectos nacionales como ISUNEPCA (campañas anuales ISUNEPCA del 2014 al 2019), INPULSE (campaña INPULSE 0719) y 18-ESMARES2-CIRCA (campaña CIRCASUR 1020), y también de proyectos internacionales como ATLAS (campaña MEDWAVES 0916), y LIFE IP INTEMARES (campaña INTEMARES A4 CAD) (Vila *et al.*, 2015-entre otros-; Orejas *et al.*, 2017; Fernández-Salas *et al.*, 2019; Gil *et al.*, 2020; Rueda *et al.*, 2022). Con toda la información obtenida en estos años, el Instituto Español de Oceanografía se encuentra en una nueva etapa, en la cual, y dentro del marco del proyecto LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”, se plantea

facilitar información reciente para ayudar en la elaboración de un plan de gestión integrada, con el cual asegurar la conservación de los hábitats y de las especies presentes en los diferentes LICs, incluyendo el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Para ello y dentro específicamente de la Acción A2.1, se realiza un inventario y cartografiado de tipos de hábitats de la RN2000 y hábitats vulnerables considerados en directivas y convenciones internacionales como EUNIS, OSPAR o el Convenio de Barcelona.

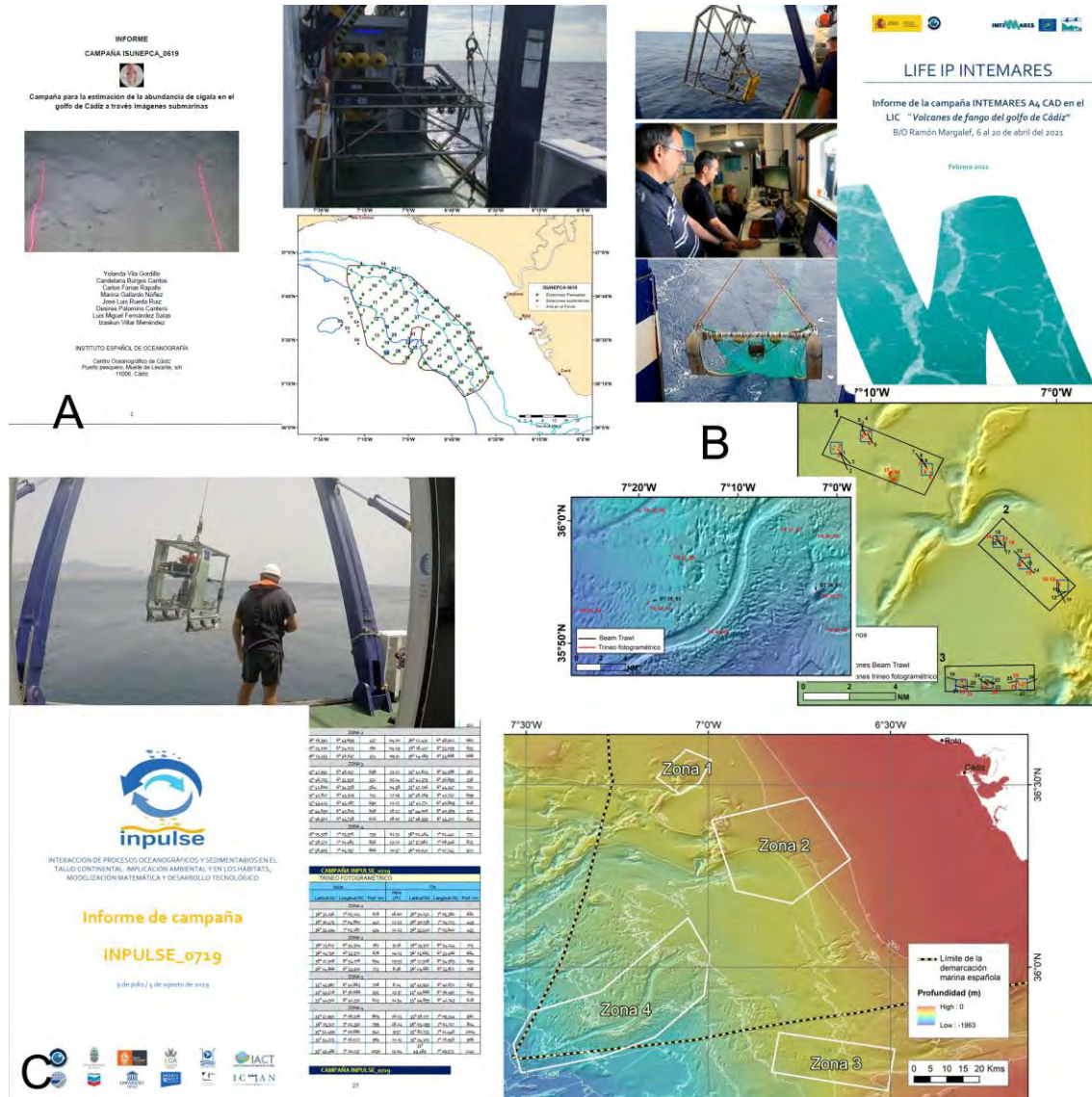


Figura 4. Informes, muestreadores y zonas exploradas en las campañas ISUNEPCA 0619 (A), INTEMARES A4 CAD (B) e INPULSE 0719 (C). (Imágenes tomadas de Vila et al., 2019; Rueda et al., 2021; Fernández-Salas et al., 2019).

Durante el proyecto LIFE IP INTEMARES, se han elaborado una serie de trabajos científicos que han permitido mejorar el conocimiento de las características geológicas, los hábitats, sus comunidades asociadas y sus principales presiones, los cuales son de gran

importancia para analizar las posibles medidas correspondientes dentro del plan de gestión de la futura Zona de Especial Conservación (ZEC). Diferentes características morfológicas y sedimentarias de los puntos de emisión de fluidos (ej. volcanes de fango, complejos diapiro-volcán de fango) del *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)* fueron estudiadas por Palomino *et al.*, (2016) y las del *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (Campo Profundo)* por Palomino *et al.* (en revisión). Las características morfológicas y sedimentarias del fondo marino del *Campo Somero* fueron estudiadas por Lozano *et al.* (2020 a,b), y posteriormente Fernández-Salas *et al.* (2021) pudieron completar y ampliar dicha información para el *Campo Profundo*, ofreciendo un detallado cartografiado morfosedimentario para todo el LIC. Los diferentes tipos de hábitats presentes en el LIC fueron localizados y caracterizados por diferentes trabajos, los cuales ofrecían información sobre las comunidades asociadas y su distribución en volcanes de fango específicos (ej. Gazul) (Urra *et al.*, 2021), en diferentes puntos de emisión de fluidos del *Campo Somero* (González-García *et al.*, 2020 b) o de zonas sin emisión de fluidos (González-García *et al.*, 2020 a; Lozano *et al.*, 2020 a,b), así como en puntos de emisión de todo el LIC (Rueda *et al.*, 2016). La biodiversidad de diferentes zonas del LIC ha sido estudiada con gran detalle, especialmente para los poríferos (Sitjà *et al.*, 2019, 2020), moluscos (Utrilla *et al.*, 2020), incluyendo los ligados a emisiones de fluidos (Rueda *et al.*, 2012b), crustáceos peracáridos (González-Fernández *et al.*, 2020) y aquellos crustáceos ligados a emisiones de fluido (García Raso *et al.*, 2019) y los briozoos (Ramalho *et al.*, 2018, 2020). Estos estudios documentaron una alta diversidad de especies, incluyendo especies nuevas para la ciencia de todos estos grupos, así como nuevas citas para aguas españolas y para el golfo de Cádiz, lo cual fue recogido en el listado faunístico del LIC publicado por Mateo-Ramírez *et al.* (2019). Además se constató una fuerte afinidad con componentes de la fauna mediterránea (ej. Poríferos), probablemente debido a la acción del agua profunda mediterránea que baña gran parte del LIC, lo cual le hace tener un importante papel en la conectividad de zonas profundas entre el mar Mediterráneo y el océano Atlántico (Sitjà *et al.*, 2020). Por otro lado, las principales presiones antrópicas del LIC, fundamentalmente derivadas de la pesca de arrastre de fondo, incluyendo la distribución espacial de la actividad de arrastre y de las principales especies capturadas, así como la influencia de las variables ambientales en dicho patrón (González García *et al.*, 2020 a). Además se realizó un estudio sobre la distribución espacial y dinámica temporal de la actividad de arrastre de fondo, las principales especies capturadas y el valor económico que aportan estas dentro del LIC en referencia al total del golfo de Cádiz y a sectores específicos que contienen hábitats vulnerables y que necesitarían de una revisión de la regulación pesquera en esas zonas (González-García *et al.*, 2022). Finalmente, varios trabajos han recopilado algunos efectos de la pesca de arrastre de fondo sobre los hábitats de tipo sedimentario (ej. comunidades de pennatuláceos, agregaciones de *Isidella elongata*, etc.) (Rueda *et al.*, 2022; González-García *et al.*, 2022; Lozano *et al.*, en preparación).

La futura declaración de este LIC como ZEC requiere la elaboración de un plan de gestión que contemple medidas integradas que aseguren la conservación de los hábitats y especies para los que fue creada, por lo que son necesarias algunas mejoras del conocimiento en esta zona ya declarada. Para ello, en el marco del proyecto LIFE IP INTEMARES y, específicamente en la Acción A2.1, se contempla la realización de un Inventario de tipos de hábitats RN2000 con superficies de ocupación, estado ambiental, vulnerabilidad y resiliencia, y de un inventario de hábitats vulnerables considerados en

convenciones internacionales como OSPAR y el Convenio de Barcelona. El presente informe unifica toda la información obtenida durante este periodo comprendido entre 2010-2022 sobre el inventario, caracterización, distribución y sensibilidad de los hábitats bentónicos del LIC-ESZZ12002 (*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*), así como de la influencia de las presiones antrópicas que soportan algunos hábitats.

El presente informe se presenta como una continuación de otros entregables de la Acción A2.1 del proyecto LIFE IP INTEMARES:

- (i) Informe sobre el estado actual de conocimiento de la biodiversidad del LIC-ESZZ12002 *Volcanes de fango del golfo de Cádiz* (Demarcación Sudatlántica) (Mateo-Ramírez *et al.* 2019), el cual identificó y catalogó alrededor de 800 especies en el LIC, de las cuales más de una decena, incluyendo cetáceos y quelonios, están incluidas en la Directiva 92/43/CEE, en la Lista de Especies y Hábitats Amenazados y/o en Declive del Convenio OSPAR y en el Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas. Alrededor de 20 especies son endémicas del golfo de Cádiz, e incluso algunas tienen sus únicas poblaciones españolas y europeas en las estructuras producidas por expulsiones de fluidos del golfo de Cádiz.
- (ii) Informe sobre la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del LIC-ESZZ12002 *Volcanes de fango del golfo de Cádiz* (Demarcación Sudatlántica) (Fernández-Salas *et al.* 2021).

Todos estos trabajos y publicaciones científicas, así como estos entregables, y en especial el referente a las características geológicas del LIC, han sido esenciales para poder generar una nueva versión de los mapas de distribución de hábitats a los presentados en el marco del pasado proyecto LIFE+ INDEMARES por Díaz del Río *et al.* (2014 a,b).

3. Área de estudio

El Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" se encuentra en la Región Suratlántica (IXa del ICES) y forma parte de la Provincia Lusitánica, subprovincia cálida (código 15, Warm Lusitanian subprovince) de la Región IV de OSPAR (Francia y Península Ibérica). En concreto se localiza al noreste del golfo de Cádiz, y dentro de la demarcación Sudatlántica de aguas españolas (Fig. 5).

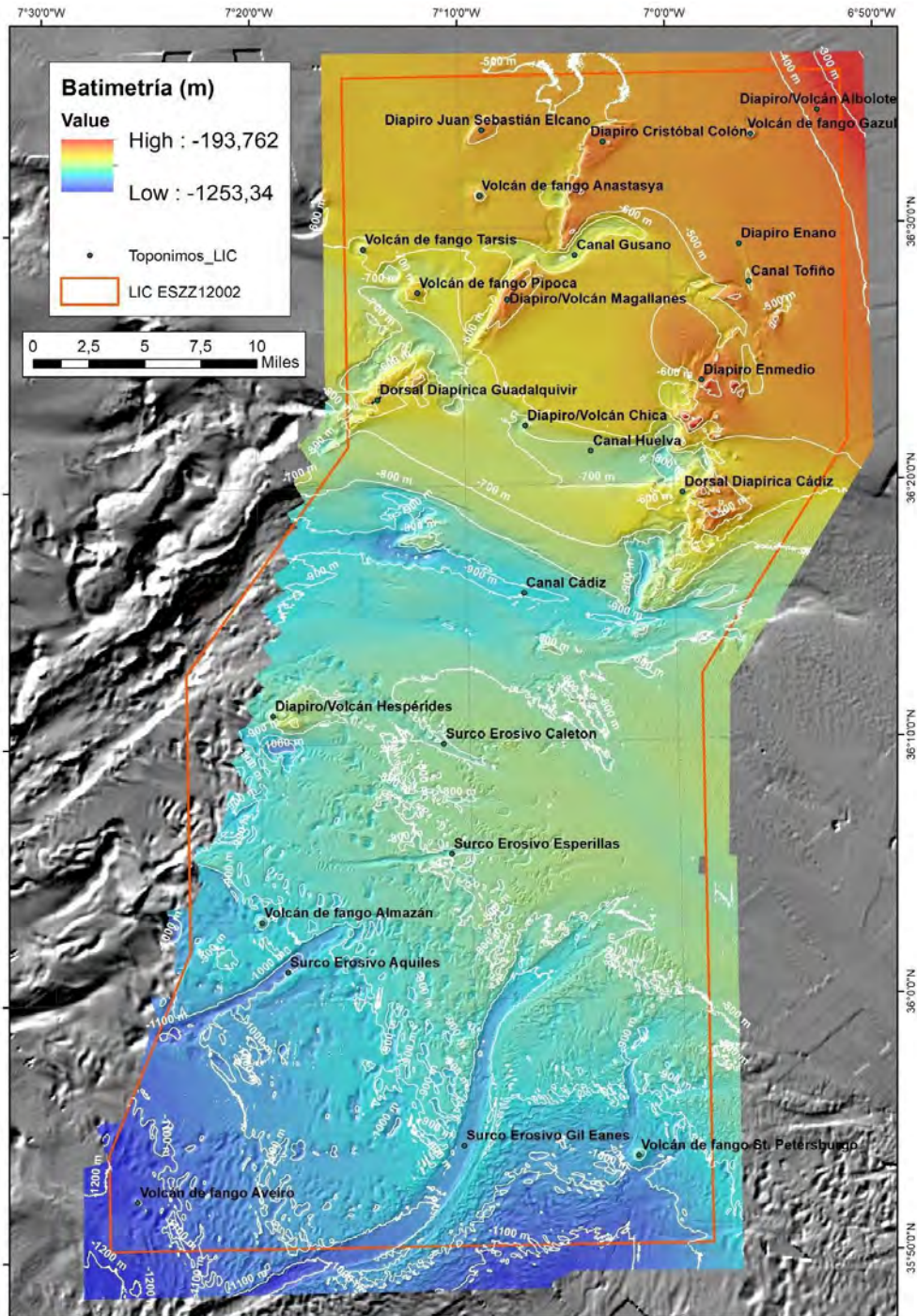


Figura 5. Batimetría del LIC *Volcanes de fango del golfo de Cádiz* y toponimia de algunos de los relieves más significativos. Figura extraída de Fernández-Salas et al. (2021).

Geográficamente, el LIC queda encuadrado entre las coordenadas de latitud $36^{\circ} 35,98'$ N y $35^{\circ} 50,54'$ N, y de longitud $006^{\circ} 51,65'$ W y $007^{\circ} 27,79'$ W. Limita al norte con la Zona de Especial Protección de Aves (ZEPA) del golfo de Cádiz (ES0000500 Espacio marino del Golfo de Cádiz), la cual se extiende en buena parte por la amplia y rica plataforma continental desde la frontera con Portugal hasta las aguas frente a la desembocadura del Guadalquivir, ocupando una superficie de $2314,20 \text{ km}^2$. En concreto, el LIC tiene una extensión de unos $3.177,24 \text{ km}^2$ y un rango de profundidad de entre unos 300 y 1200m, entre el talud superior y el talud medio del margen español del golfo de Cádiz. En el LIC se diferencian dos zonas con identidad propia, una más cercana a la costa a profundidades entre 300 y 800 m, y denominada *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)*, donde se concentra una gran parte de las actividades antrópicas, y otra más alejada de la costa (entre 800 y 1200 m de profundidad) y denominada *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (Campo Profundo)*, donde la actividad antrópica es baja e incluso nula (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). En estos dos campos existen más de una decena de estructuras de expulsión de fluidos, que contribuyen a incrementar la geodiversidad de las más de 80 estructuras submarinas de expulsión de fluidos (volcanes de fango, complejos diapiros-volcán de fango) que se han detectado hasta la fecha en el golfo de Cádiz, las cuales están situadas en diferentes campos del margen español, portugués y magrebí (Díaz del Río *et al.*, 2003, 2014 a,b; Pinheiro *et al.*, 2003; Fernández-Puga *et al.*, 2007; Medialdea *et al.*, 2009; León *et al.*, 2012; Palomino *et al.*, 2016; Fernández-Salas *et al.*, 2015; Somoza *et al.*, 2021). Estas estructuras submarinas del LIC se han producido como consecuencia del diapirismo y la actividad tectónica asociada que han permitido la migración de fluidos a través de vías que se generan a lo largo de los sistemas de falla y diapiros profundos (Somoza *et al.*, 2002, 2003; Díaz del Río *et al.*, 2003, 2014 a,b; Medialdea *et al.*, 2008; Palomino *et al.* 2016, en revisión; Fernández-Salas *et al.*, 2021). La existencia de volcanes de fango, complejos diapiros-volcán de fango, diapiros, dorsales diapíricas y reactivación de fallas indican una actividad tectónica reciente (Maestro *et al.*, 1998) que se combinan con el Sistema Deposicional Contornítico (CDS: *Contourite Depositional System*), para configurar la actual fisiografía del talud continental medio (Llave *et al.*, 2001; Hernández-Molina *et al.*, 2003). El CDS está compuesto por diferentes sectores morfosedimentarios con una amplia variedad de relieves, como son canales, dorsales, lóbulos sedimentarios, ondulaciones, afloramientos, etc. (Fernández-Salas *et al.*, 2021). El desarrollo del CDS y de todas las morfologías acompañantes se han generado con posterioridad a la apertura del estrecho de Gibraltar, fenómeno que sucedió al final del Messiniense. Su evolución ha estado controlada por el intercambio de masas de aguas a través del estrecho de Gibraltar (Kenyon y Belderson, 1973; Nelson *et al.*, 1999).

A nivel local, la presencia de estos fluidos junto con la acción bacteriana han dado lugar a la formación de carbonatos autigénicos derivados del metano (Díaz del Río *et al.*, 2003, 2014; León *et al.*, 2007; Palomino *et al.*, 2016), los cuales y debido a las corrientes de fondo (fundamentalmente de la *Mediterranean Outflow Water* - MOW) pueden ser desenterrados en determinadas zonas e inducir importantes cambios sobre el fondo marino, en los hábitats y en sus comunidades asociadas (Rueda *et al.*, 2012 a, 2016; Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; González-García *et al.*, 2020 b), tal y como se ha comentado en la sección de *Introducción* y se tratará en el apartado de *Resultados* del presente informe.

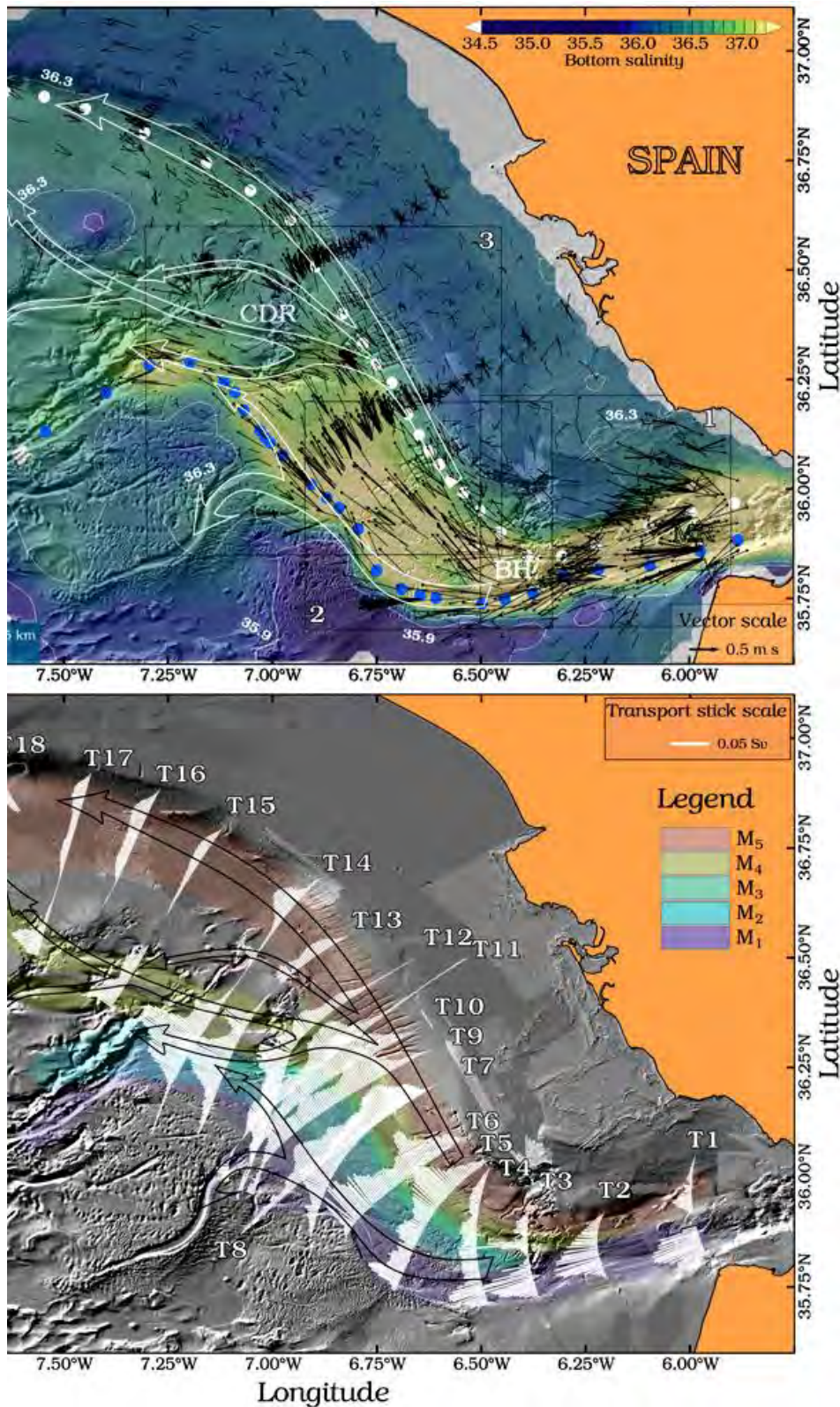


Figura 6. Dirección y velocidad de la corriente de fondo Mediterránea (*Mediterranean Outflow Water - MOW*) en la demarcación Sudatlántica, donde se localiza el LIC *Volcanes de fango del golfo de Cádiz*. Figura extraída de Sánchez-Leal *et al.* (2017). En el mapa superior las flechas negras indican dirección y el tamaño de la flecha indican la velocidad de la corriente (vector scale). En el mapa inferior, se muestran las diferentes ramas de la MOW y el transporte asociado.

La complejidad oceanográfica del área de estudio está determinada por la circulación general marina del golfo de Cádiz, la cual está controlada por el agua atlántica superficial (*Atlantic Inflow Water*, AIW) que procedente del océano Atlántico se dirige hacia el estrecho de Gibraltar para penetrar, posteriormente, en el mar Mediterráneo, y por el agua mediterránea profunda (MOW), que procedente de la cuenca mediterránea atraviesa el estrecho hacia el océano Atlántico, iniciando su recorrido a lo largo del golfo de Cádiz sometida al efecto geostrófico (Sánchez-Leal *et al.* 2017) (Fig. 6). Los procesos oceanográficos, longitudinales al talud, relacionados con la componente de fondo de las corrientes, generan rasgos erosivos y sedimentarios (*drifts*) que dan forma a los CDS o a los sistemas mixtos contorníticos-turbidíticos, donde las corrientes de fondo interactúan con los procesos transversales al talud (Faugères *et al.*, 1999; Stow *et al.*, 2002). De esta manera, la componente de fondo de las corrientes marinas contribuye, de manera decisiva, al modelado del relieve submarino (Stow *et al.*, 2009; Sánchez-Leal *et al.* 2017), la distribución de diferentes tipos de hábitats (Lozano *et al.*, 2020b; González-García *et al.*, 2020b; Urra *et al.*, 2021) e incluso influenciando sobre la actividad pesquera (González-García *et al.*, 2020a, 2022). Dichas corrientes actúan de forma semipermanente erosionando, transportando y depositando sedimentos sobre el fondo marino. La interacción de una masa de agua con el relieve del fondo marino desarrolla en ocasiones una hidrodinámica regional y local particular (núcleos, brazos, vórtices, turbulencias, ondas internas, flujos helicoidales, columnas verticales, etc.) que controlan los procesos sedimentarios dominantes. De igual forma, esta hidrodinámica también está influenciada por la actividad tectónica y el aporte de sedimentos. Así, las morfologías de origen tectónico -como son los diapiros, altos estructurales, bancos, dorsales y montes submarinos, etc.-, controlan igualmente el desarrollo de nuevos núcleos y brazos de las corrientes de fondo, con lo que se incrementa la complejidad geomorfológica de la superficie del fondo marino. El estudio de las corrientes de fondo y su interacción con la morfología es un asunto clave para conocer y comprender la influencia de estos factores oceanográficos en el desarrollo y mantenimiento de las comunidades bentónicas de aguas profundas. Así y en función de la velocidad que presenta la MOW en cada uno de los campos (somero y profundo) del LIC, se pueden observar desde hábitats sedimentarios dominados por megafauna excavadora (incluyendo algunas especies de alto interés pesquero como la cigala) o por comunidades de pennatuláceos, fondos de grava con *ripples* y crinoideos, e incluso hábitats rocosos formados por carbonatos autigénicos (chimeneas y enlosados) con grandes organismos suspensívoros como esponjas o gorgonias (Rueda *et al.*, 2016; González-García *et al.*, 2020 b; Lozano *et al.* 2020 a,b).

La actividad antrópica está fundamentalmente ligada a la pesca de arrastre, y se concentra principalmente en el *Campo Somero* (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; González-García *et al.*, 2020 b, 2022) (Fig. 7). El estudio de los datos VMS del proyecto LIFE+ INDEMARES (durante un periodo del 2006/2012), indicó que había autorizadas 142 embarcaciones (datos correspondientes al año 2012 compilados en enero de 2013 por SGP) con licencia para la pesca de arrastre de fondo, de las cuales 99 concentran su actividad en el talud superior. La mayor parte de la flota tiene su puerto base en la provincia de Huelva (Ayamonte, Isla Cristina, Punta Umbría y Huelva). La distancia media entre los puertos y el *Campo Somero* donde faenan, es mayor a 50 km. Las principales especies explotadas son: cigala (*Nephrops norvegicus*), gamba (*Parapenaeus longirostris*), merluza (*Merluccius merluccius*), bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), rape (*Lophius*

budegassa, *L. piscatorius*) y otros osteóctios, condríctios y cefalópodos en menor proporción. Un estudio de mayor detalle centrado en el área de expulsión de fluidos (“*enfangues*” en términos pesqueros, “*volcanes de fango*” en términos científicos) permitió contabilizar un total de 46 buques arrastreros que frecuentan la zona. A nivel espacial, la actividad de arrastre de fondo se detectaba en zonas aplaceradas, con sedimentos finos y con bajo hidrodinamismo, siendo las zonas de mayor actividad las situadas al noroeste del volcán de fango Anastasya y entre las Dorsales Diapíricas de Cádiz y Guadalquivir (Fig. 5, 7) (González-García *et al.*, 2020a, 2022). Por el contrario, las zonas con menor actividad de arrastre de fondo son zonas profundas (*Campo Profundo de Expulsión de Fluidos*), así como las zonas abruptas y con desniveles acusados (tanto elevaciones como canales), con sustratos compuestos de arenas gruesas, gravas y rocas y con un alto hidrodinamismo como son, por ejemplo, el volcán de fango Gazul, las Dorsales Diapíricas de Guadalquivir y Cádiz, entre otras zonas (González-García *et al.*, 2020a, 2022) (Fig. 5, 7). Además, este patrón de distribución espacial de la actividad de arrastre es bastante similar a lo largo de diferentes años, estando las zonas con alta actividad de arrastre caracterizadas por altas capturas de especies comerciales y alto rendimiento (González-García *et al.*, 2022). La actividad de arrastre de fondo generalmente produce un intenso deterioro de la estabilidad y equilibrio del fondo marino, destruyendo hábitats y causando la regresión de algunas especies sésiles presentes en el caladero (González-García *et al.*, 2020a, 2022; Rueda *et al.*, 2022). La amenaza se cierne sobre los lugares en los que el hábitat está estrechamente relacionado con la posible formación de nuevo sustrato consolidado, dada la elevada concentración de comunidades quimiosintéticas (microbianas), cuya actividad permitiría el asentamiento de nuevas colonias de especies de alto interés ecológico. El abandono de restos de artes de pesca (ej. redes, maromas, sedales de palangres, cables, muertos de hormigón, piezas metálicas, etc.) supone además un problema añadido (Urrea *et al.*, 2021).

Otro indicio de la actividad antrópica en el LIC está ligado con el tendido de cables submarinos y a la ingeniería de conducciones/canalizaciones submarinas, o subterráneas, la cual puede representar una amenaza para los Hábitats 1170 y 1180 de la DH ya que alteran la naturaleza de las estructuras formadas por la expulsión de fluidos y la de las comunidades que sostienen (Fig. 8).

Una nueva amenaza y que ya no solo afecta a los hábitats infralitorales, sino también a los hábitats circalitorales y batiales, es la presencia del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (E.Y.Dawson) I.K.Hwang, W.J.Lee & H.S.Kim, 2009. Esta especie fue detectada por primera vez en el estrecho de Gibraltar en 2015 y desde entonces no ha parado de extenderse por todo el estrecho de Gibraltar y mar de Alborán (García-Gómez *et al.* 2020). La alta productividad de esta especie hace que toneladas de talos sean desprendidos y arrastrados por las mareas y las corrientes hacia las profundidades del golfo de Cádiz, generando grandes depósitos sobre el lecho marino y quedando estos talos enredados en animales sésiles tales como gorgonias, esponjas o ceriantarios y móviles como erizos (Mateo-Ramírez *et al.* en revisión). Los efectos de esta nueva amenaza sobre estas especies y hábitats están aún por valorarse, pero teniendo en cuenta el daño que provocan en los hábitats infralitorales, las expectativas no son nada halagüeñas (García-Gómez *et al.* 2020; Sempere-Valverde *et al.* 2020).

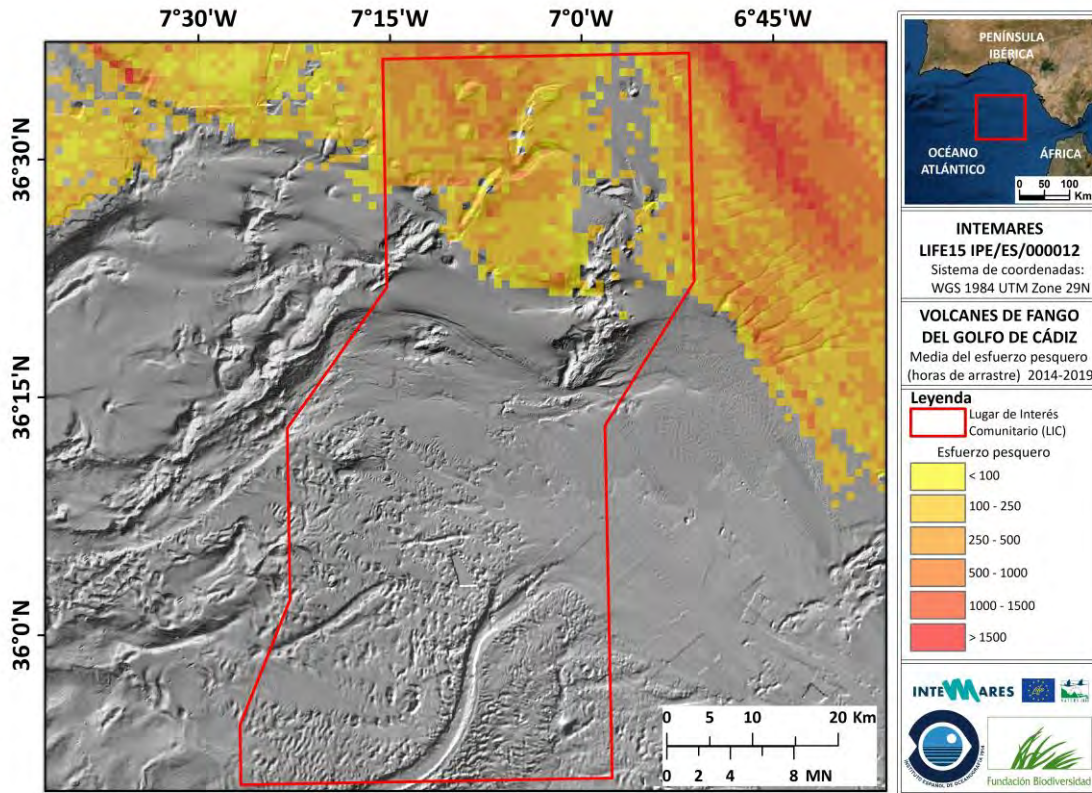


Figura 7. Actividad de arrastre de fondo en el LIC “Volcanes de fango del golfo de Cádiz” y en las zonas adyacentes, donde se observan las zonas donde se concentra la actividad (celdas rojas)

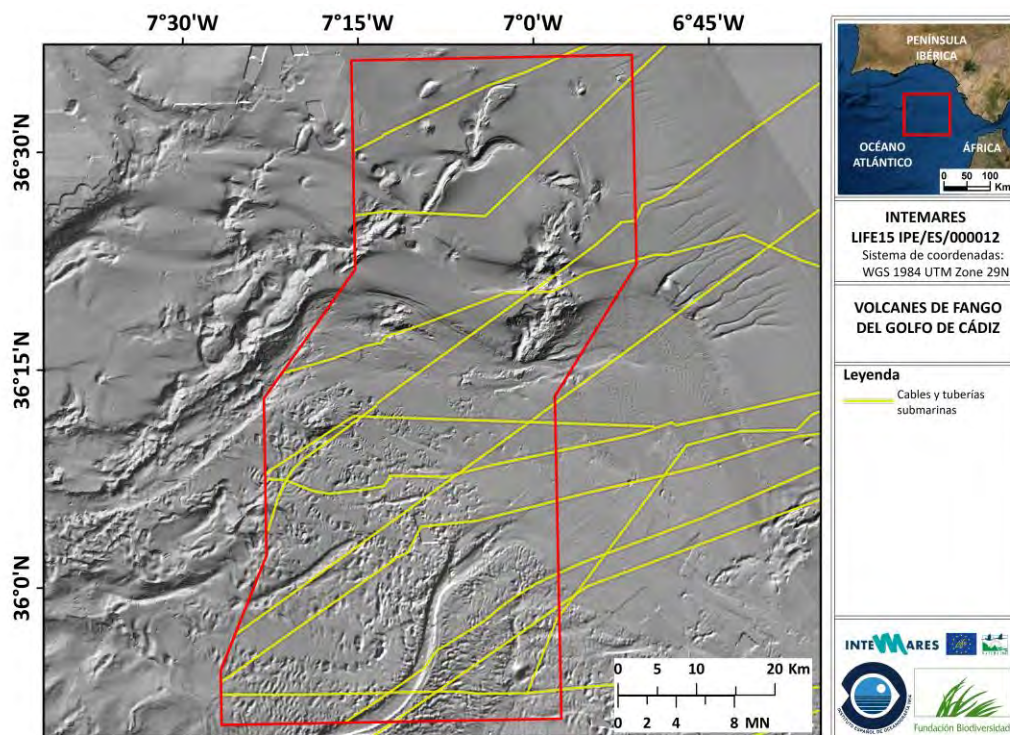


Figura 8. Cables y tuberías submarinas en el LIC “Volcanes de fango del golfo de Cádiz” y en las zonas adyacentes (líneas amarillas).

4. Metodología

La mejora del conocimiento de los tipos de hábitats bentónicos en el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”, ha estado relacionada principalmente con 4 aspectos:

- (a) Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos.
- (b) Modelado de distribución de hábitats bentónicos y elaboración de cartografía detallada de los hábitats.
- (c) Caracterización de los hábitats bentónicos (superficie de ocupación, estado ambiental, vulnerabilidad y resiliencia).
- (d) Creación de un inventario de hábitats vulnerables considerados en convenciones internacionales mediante pasarelas de equivalencias.

La metodología utilizada en cada uno de estos aspectos ha sido diferente y se expone en las siguientes secciones.

4.1. Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos

La identificación de los hábitats bentónicos presentes en el LIC se ha realizado a partir de resultados obtenidos con datos acústicos del fondo marino adquiridos con (1) ecosonda multihaz y perfiles de sonda paramétrica TOPAS, (2) imágenes submarinas obtenidas con ROV (Remotely Operated Vehicle) (LIROPUS 2000) y con trineos fotogramétricos (HORUS, VOR APHIA, TASIFE), (3) muestras obtenidas con beam-trawl (Bou de Vara), draga de arrastre bentónico (draga de roca), dragas box corer y Shipek, durante diferentes campañas llevadas a cabo desde 2010 hasta 2021 y dentro del marco de diferentes proyectos (Fig. 9 y 10):

- a) Proyecto LIFE+ INDEMARES (subproyecto *Chimeneas de Cádiz*), las campañas realizadas entre 2010-2012 (principalmente INDEMARES CHICA 0610, 0211 y 0412), en las que se han estudiado hábitats profundos y biota asociada en diferentes estructuras submarinas de emisión/migración de fluidos del LIC, principalmente volcanes de fango, diapiros y complejos diapiro-volcán de fango. En estas campañas se tomaron datos acústicos del fondo marino (ecosonda multihaz y TOPAS), filmaciones de imágenes submarinas con el ROV LIROPUS 2000 y trineo remolcado en modo suspendido (VOR APHIA) además de recoger muestras con beam-trawl, dragas de roca, box corer y Shipek. Más información sobre la metodología empleada en estas campañas puede ser consultada en Díaz del Río *et al.* (2014 a,b), así como en numerosas publicaciones científicas revisadas que se obtuvieron con dichos datos multidisciplinares (Rueda *et al.*, 2012b, 2016; Palomino *et al.*, 2016, en revisión; García Raso *et al.*, 2019; Ramalho *et al.*, 2018, 2020; Sitjà *et al.*, 2019, 2020; González-García *et al.*, 2020 a,b; Lozano *et al.*, 2020 a,b; Urra *et al.*, 2021).
- b) Proyecto ISUNEPCA “*Estimación de la abundancia de cigala Nephrops norvegicus en el golfo de Cádiz a través de imágenes submarinas*”. Se ha utilizado principalmente

imágenes submarinas obtenidas con el trineo remolcado de fondo HORUS en las campañas ISUNEPCA 0814, 0615, 0516, 0517, 0618 y 0619. Estas campañas están lideradas por el Centro Oceanográfico de Cádiz y Málaga del Centro Nacional Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC), y tiene como objetivo principal estimar la abundancia de cigala a través de imágenes submarinas en hábitats sedimentarios, pero estas imágenes submarinas han podido también ser usadas para la identificación y caracterización de hábitats. Además, se realizaron transectos de adquisición de datos acústicos del fondo marino (ecosonda multihaz y sonda paramétrica TOPAS), con el objetivo de mejorar la resolución de algunas zonas, así como imágenes submarinas en modo suspendido en zonas con sustratos duros como fue en el volcán de fango Gazul, en el complejo diapiro-volcán de fango Chica o en las Dorsales Diapíricas de Cádiz y Guadalquivir. Más información sobre la metodología empleada en estas campañas puede ser consultada en Vila *et al.* (2019), así como en algunas publicaciones científicas que se obtuvieron con dichos datos (Gallardo-Núñez *et al.*, 2015; González-García *et al.*, en preparación; Lozano *et al.*, 2020 a,b, en revisión; Urra *et al.*, 2021; Fernández-Salas *et al.*, 2021).

c) Proyecto ATLAS “A Trans-AtLantic Assessment and deep-water ecosystem-based Spatial management plan for Europe” y principalmente de la campaña MEDWAVES 0916 que se realizó entre septiembre y octubre de 2016. Este proyecto europeo del Horizonte 2020 se centró en la obtención de información sobre ecosistemas atlánticos sensibles, incluyendo Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMVs) y Áreas Ecológica o Biológicamente Sensibles (EBSAs) para mejorar el conocimiento sobre la biodiversidad, conectividad, funcionamiento y respuestas a futuros cambios en el uso humano y el clima oceánico. Dentro de la campaña MEDWAVES 0916, se recolectaron muestras e imágenes submarinas con ROV en el volcán de fango Gazul. Más información sobre la metodología empleada en estas campañas puede ser consultada en Orejas *et al.* (2017), así como en algunas publicaciones científicas que se obtuvieron con dichos datos (Utrilla *et al.*, 2020; Urra *et al.*, 2021).

d) Proyecto INPULSE “Interacción de procesos oceanográficos y sedimentarios en el talud continental: Implicación ambiental y en los hábitats, modelización matemática y desarrollo tecnológico”, y más concretamente la campaña INPULSE 0719, en la que además de tomarse datos acústicos del fondo marino (ecosonda multihaz y sonda paramétrica para mejorar la resolución de batimetría y reflectividad), se obtuvieron datos oceanográficos, muestras del fondo marino con dragas Shipek e imágenes submarinas con el trineo fotogramétrico TASIFE. Todo ello se realizó con el objetivo de identificar los procesos geológicos y oceanográficos y su relación con los hábitats presentes en esas zonas donde la salida del agua mediterránea (MOW) interacciona con el fondo marino. Más información sobre la metodología empleada en estas campañas puede ser consultada en Fernández-Salas *et al.* (2019).

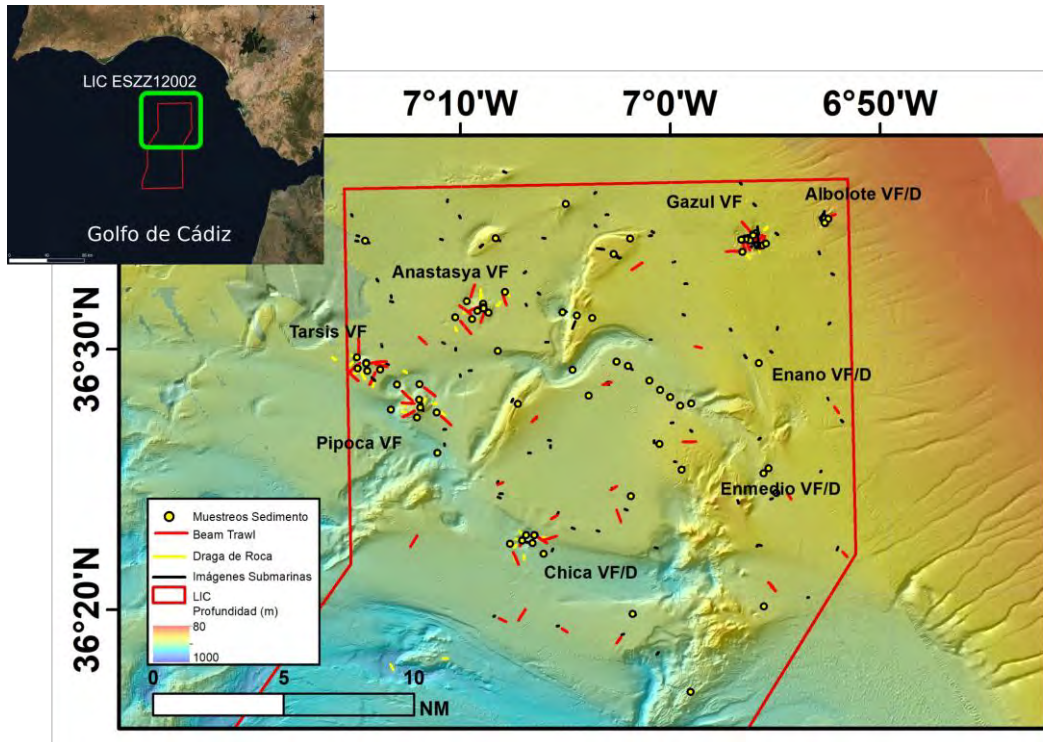


Figura 9. Localización del *Campo Somero de Expulsión de Fluidos* del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" (ESZZ12002) y de las estaciones donde se tomaron imágenes submarinas (ROV y trineo), muestras de sedimento y fauna con box-corer, Shipek, beam-trawl y draga de roca.

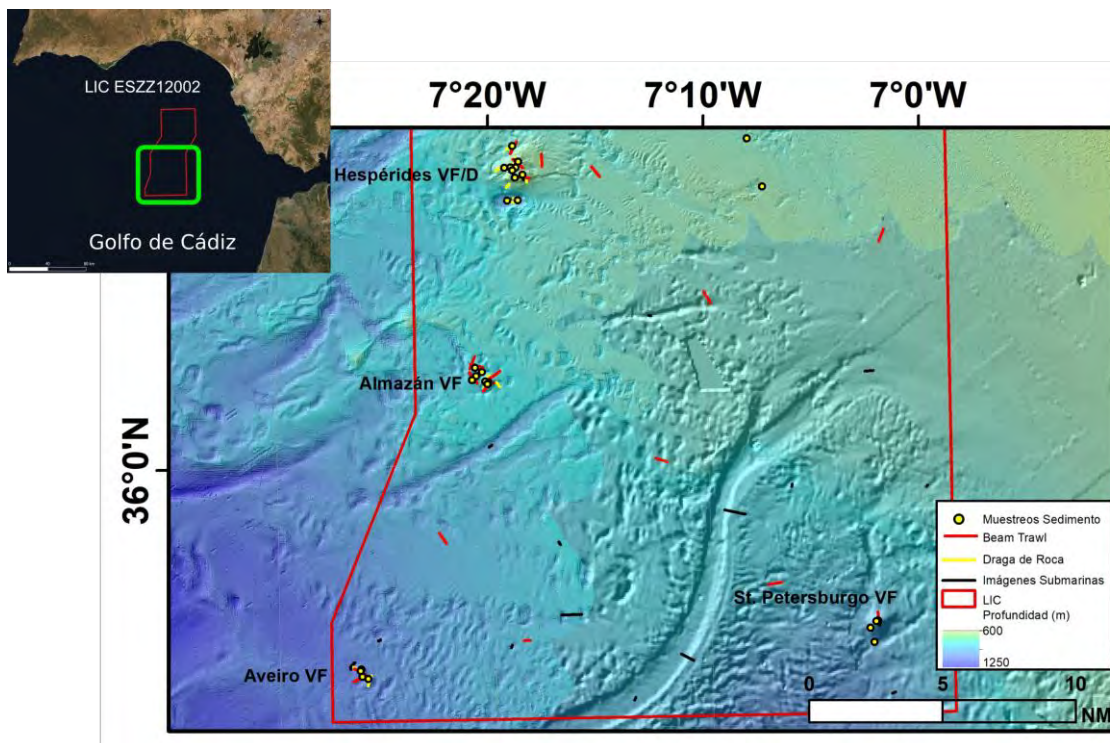


Figura 10. Localización del *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos* del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" (ESZZ12002) y de las estaciones donde se tomaron imágenes submarinas (ROV y trineo), muestras de sedimento y fauna con box-corer, Shipek, beam-trawl y draga de roca.

- e) Proyecto ESMARES-2 “Evaluación y seguimiento de las Estrategias Marinas y seguimiento de los espacios marinos protegidos de competencia estatal” y principalmente de la campaña CIRCASUR 1020. Esta campaña fue la primera campaña específica del programa de seguimiento del circalitoral y batial sedimentario (HB₄), para estimar el área de los hábitats, su condición (especies asociadas, estructura y funcionalidad de las comunidades) y el efecto de las presiones humanas en la Demarcación Sudatlántica. En esta campaña se tomaron datos acústicos (ecosonda multihaz y sonda paramétrica TOPAS), así como muestras de sedimento y fauna usando el beam-trawl y la draga box corer. Más información sobre la metodología empleada en estas campañas puede ser consultada en Gil *et al.* (2020).
- f) Proyecto LIFE IP INTEMARES “Gestión Integrada, Innovadora y Participativa de la Red Natura 2000 en el Medio Marino” y en concreto de la campaña INTEMARES A₄ CAD que se realizó dentro del subproyecto A₄ “Diagnóstico del impacto de las actividades humanas sobre la RN 2000”. Esta campaña se realizó dentro del LIC “Volcanes de fango del golfo de Cádiz” (Demarcación Sudatlántica). El objetivo principal era estudiar el efecto de la pesca de arrastre sobre hábitats sedimentarios (e.j. comunidades de pennatuláceos, agregaciones de *Isidella elongata*, etc.) y su comunidad asociada (propuesta española de Hábitat 1170 “Arrecifes”), así como sobre el Hábitat 1180 (Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases). Sin embargo, otro de los objetivos era también prospectar zonas poco exploradas previamente del *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos* para mejorar el conocimiento del estado de los fondos, los hábitats y la presencia de recursos comerciales. Durante la campaña se obtuvieron datos acústicos (ecosonda multihaz y sonda paramétrica TOPAS), así como imágenes submarinas con el trineo fotogramétrico HORUS, y muestras de sedimento y biológicas mediante el beam-trawl, box corer, draga Van Veen y draga Shipek. Más información sobre la metodología empleada en estas campañas puede ser consultada en Rueda *et al.* (2022).

Para la identificación y denominación de los **hábitats 1180** se usaron los siguientes tipos de datos:

- a) Datos adquiridos con la ecosonda multihaz, principalmente la batimetría (y datos derivados) y la reflectividad una vez realizado el procesado de la misma (Fernández-Salas *et al.*, 2021). La resolución de partida ha sido 15x15 m y se ha seguido la identificación y clasificación de estructuras morfológicas realizada por Fernández-Salas *et al.* (2021), así como modificaciones en base a trabajos científicos publicados en los últimos años (Palomino *et al.*, 2016, en revisión; Lozano *et al.*, 2020 a,b). Estos datos son de alta importancia para conocer inicialmente el relieve de las estructuras vinculadas al Hábitat 1180 de la DH, tanto si es de tipo positivo (ej. volcán de fango, diapiro, dorsal diapírica) o negativo (ej. pockmark, depresión de colapso). Por otro lado la reflectividad ha sido estudiada para conocer la presencia de zonas del Hábitat 1180 con carbonatos autigénicos, con *cap rock* (en el caso de los diapiros) o sedimentos saturados en fluidos, los cuales suelen estar asociados con valores altos de reflectividad.

b) Datos adquiridos con la sonda paramétrica TOPAS, los cuales son de alta importancia para identificar las estructuras ligadas al Hábitat 1180, y poder estudiar su estructura interna, y así poder localizar la ausencia de estratificación sedimentaria (típica de los volcanes de fango), la presencia de diapiros tanto internos en el subsuelo como aquellos acoplados a los volcanes de fango o, por otro lado, la estructura interna de los pockmarks y depresiones de colapso (Fig. 11)

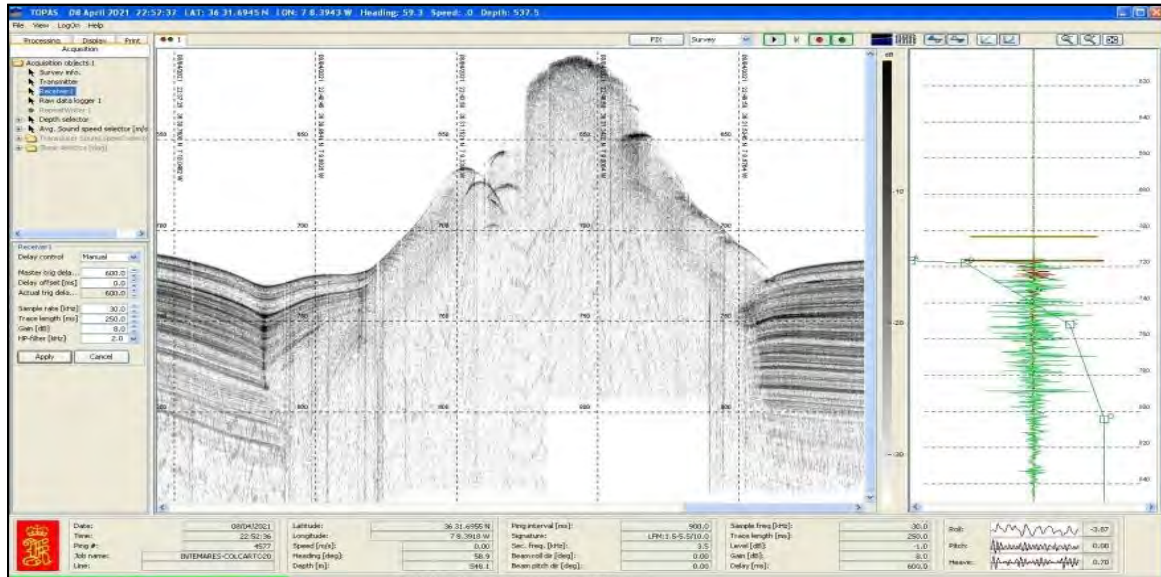


Figura 11. Perfil de la sonda paramétrica TOPAS obtenido durante la campaña INTEMARES A4 CAD, en el que se observa la estructura sub-superficial del volcán de fango Anastasya y la estratificación de los sedimentos colindantes.

- c) Testigos de gravedad sedimentarios para confirmar la naturaleza de los volcanes de fango y la presencia de la característica brecha fangosa y olor a sulfhídrico y/o metano.
- d) Muestras tomadas con box-corer, con el objetivo de confirmar la naturaleza de los volcanes de fango y la presencia de la característica brecha fangosa y olor a sulfhídrico y/o metano. Por otro lado, han proporcionado información sobre la complejidad de las comunidades biológicas asociadas a las emisiones de fluido, en relación a su densidad y número de especies quimiosintéticas/quimiosimbióticas, las cuales son principalmente endofaunales. Algunos de estos datos han sido publicados por Rueda *et al.* (2012, 2016), García Raso *et al.* (2018) y Palomino *et al.* (2016, en revisión).
- e) Imágenes submarinas tomadas con el ROV LIROPUS 2000 (Campaña INDEMARES - CHICA 0412) y con el trineo fotogramétrico de arrastre HORUS (campaña INTEMARES A4 CAD), con el objetivo de obtener información sobre la complejidad de las comunidades biológicas asociadas a las emisiones de fluido, en concreto de la presencia de tapetes bacterianos y de restos de especies quimiosintéticas/quimiosimbióticas.
- f) Proxies ambientales ligadas a las emisiones de fluidos, fundamentalmente concentraciones de metano, y ligadas otros compuestos geoquímicos (flujos de carbono y materia orgánica particulada), que han sido obtenidas recientemente en

algunas estructuras submarinas del LIC (Anastasya, Pipoca y St. Petersburg) por Jiménez-López *et al.* (2021) y Amaral *et al.* (2021).

Combinando estos datos y el análisis realizado por Fernández-Salas *et al.* (2021), se ha podido obtener una caracterización y cartografiado de los principales tipos de Hábitat 1180, siguiendo la terminología y clasificación recogida en la Lista Patrón de los Hábitats Marinos presentes en España (LPRE) (Templado *et al.*, 2012). Se han incorporado nuevas categorías de hábitats, pero no se ha realizado una reclasificación de los contenidos en la LPRE debido a que se estima oportuno hacerlo en la revisión que se haga de esta lista por parte del grupo de expertos en hábitats marinos en el marco de la petición del MITECO.

A partir del cartografiado se han podido obtener las superficies de cada tipo de hábitat, y a partir de los datos proporcionados por las muestras de box-corer, las imágenes submarinas y las proxies ambientales ligadas a la emisión, se ha podido obtener una clasificación de las estructuras en relación a su actividad de emisión de fluidos y complejidad de la comunidad ligada a las emisiones de fluidos. Para conocer la presencia de carbonatos autigénicos se han usado las imágenes submarinas, así como muestras recolectadas con draga de roca y beam-trawl.

Por otro lado, la identificación y definición de los hábitats bentónicos vinculados al **Hábitat 1170** de la Directiva Hábitat (DH), así como a otros hábitats no vinculados a directivas y convenios, se realizó teniendo en cuenta el tipo de sustrato y el componente biológico conocido. En aquellos casos en los que se desconocía el componente biológico, la identificación del hábitat sólo se ha podido realizar hasta el nivel del tipo de sustrato predominante en el fondo marino.

El tipo de sustrato fue determinado partiendo de la información ofrecida por Fernández-Salas *et al.* (2021), así como la de publicaciones científicas de Lozano *et al.* (2020 a,b) y de Palomino *et al.* (2016, en revisión) (Fig. 12 y 13). El cartografiado de tipos de sustrato de Fernández-Salas *et al.* (2021) se realizó tras un reprocesado de la reflectividad, donde se detectaron zonas de reflectividad alta (dorsales diapíricas y los canales donde hay una mayor actividad de la corriente), media (flujo de la corriente es moderado) y baja (flanco oeste de las dorsales o en zonas donde la corriente tiene una baja velocidad), y de los datos granulométricos de sedimentos procedentes de 77 muestras de las campañas INDEMARES - CHICA 0610, INDEMARES - CHICA 0211 e INDEMARES - CHICA 0412 obtenidas con una draga box corer, 8 muestras de la campaña ISUNEPCA 0618 obtenidas con una draga shipek y 22 muestras de la campaña INPULSE 0719 obtenidas con una draga box corer. Para la obtención de los tipos de fondos se realizó una clasificación usando la herramienta *Image Classification* de ArcGis donde se clasifica semiautomáticamente la reflectividad en función de la clase asignada según el tamaño medio de las muestras de sedimento superficial. Para ello se generó un archivo de firmas con las clases granulométricas y se utilizó el algoritmo "*Maximum Likelihood Classification*" para obtener la capa de tipos de fondo general (Fig. 11) con tres tipos de fondos: a) Arena, b) Fango y c) Roca. Usando el mismo procedimiento descrito anteriormente pero con un mayor detalle en las clases granulométricas se han diferenciado los tipos de fondo descritos, cuya distribución se representa en la capa de tipos de fondo de detalle (Fig. 13).

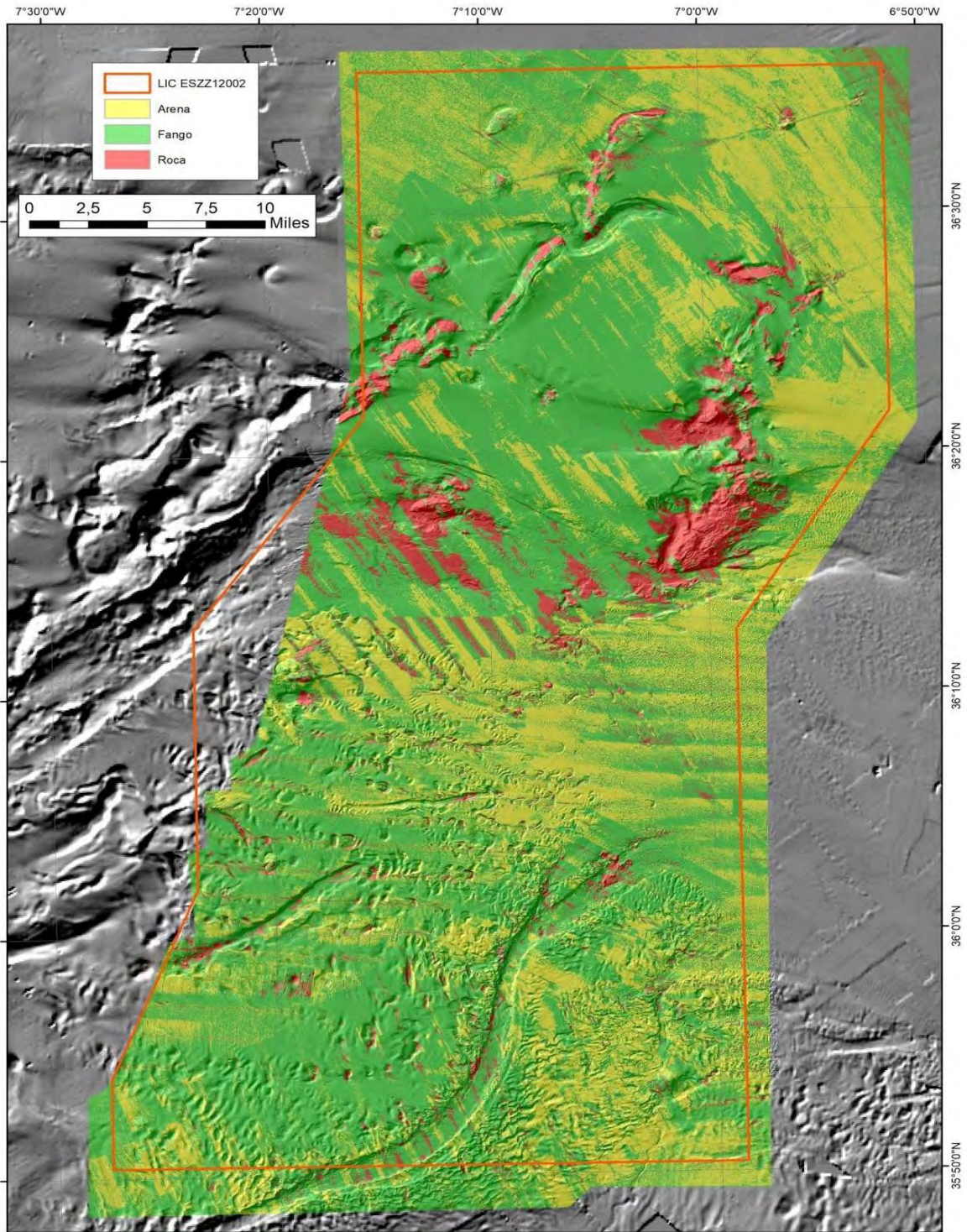


Figura 12. Cartografiado de los principales tipos de sustratos (roca, arena y fango) del LIC *Volcanes de fango del golfo de Cádiz* realizado por Fernández-Salas *et al.* (2021).

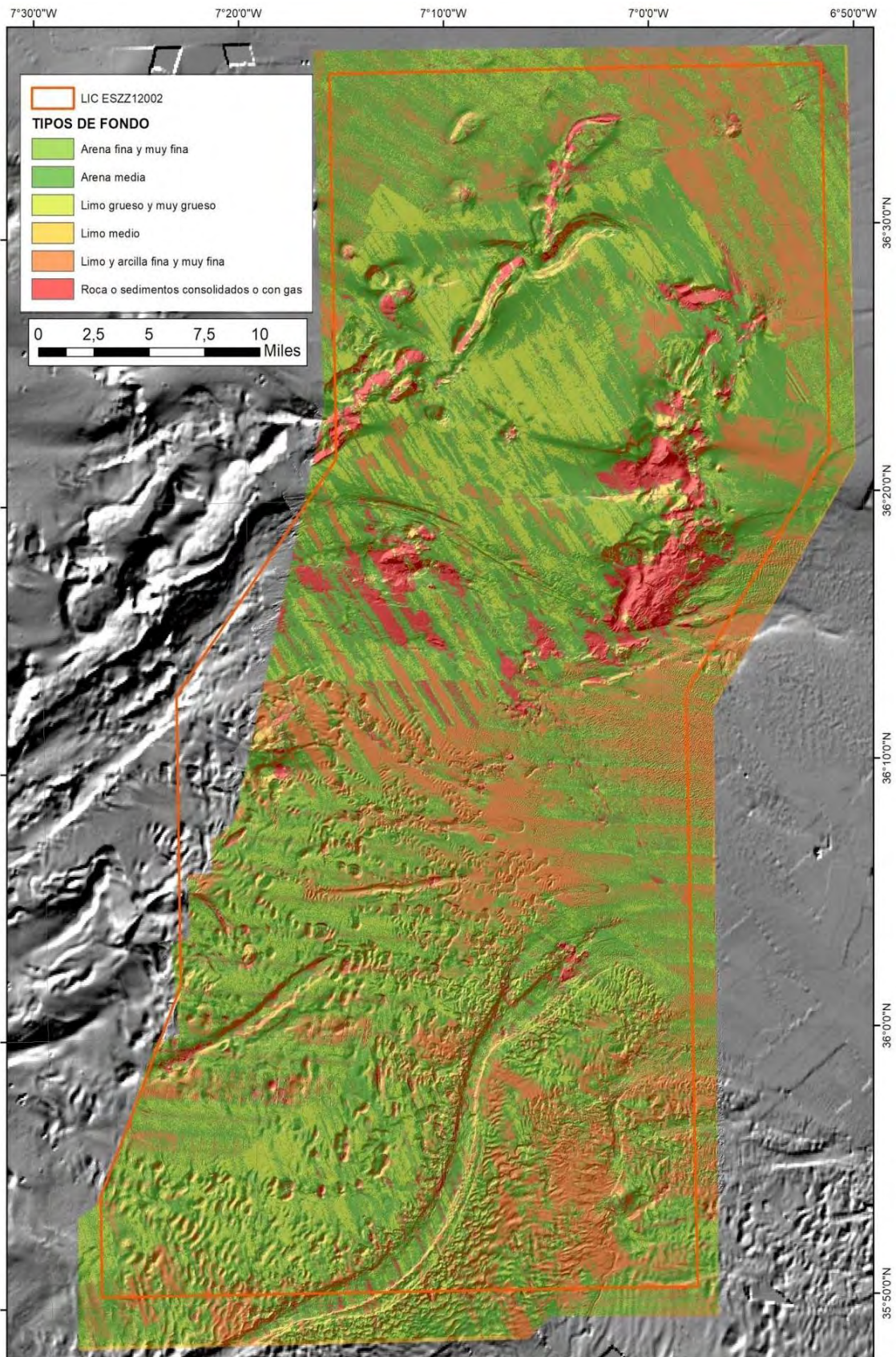


Figura 13. Cartografiado de los principales tipos de sustratos, a un detalle mayor que en Fig 12. del LIC Volcanes de fango del golfo de Cádiz realizado por Fernández-Salas et al. (2021).

Para identificar el componente biológico de los hábitats, tanto de los invertebrados bentónicos detectados en imágenes submarinas (ROV, trineo fotogramétrico) como de aquellos recolectados con el beam-trawl y box-corer, fueron identificados y cuantificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Principalmente se usaron 2 aproximaciones metodológicas usando (1) muestras de beam-trawl y (2) imágenes submarinas para identificar y caracterizar los tipos de hábitats presentes en el LIC.

(1) En relación a las muestras de beam-trawl, se recopiló la información de 73 lances de las campañas INDEMARES CHICA 0610, INDEMARES CHICA 0211, CIRCASUR 1020 e INTEMARES A4 CAD, generalmente realizados a velocidad de 1,7-1,8 nudos durante 15 minutos, con el mismo arte de beam-trawl de 2 metros de anchura y 60 cm de altura, y con una luz de malla de 1 cm en su parte interna. Posteriormente se construyó una matriz de abundancia de todas las especies detectadas de cada muestra (lance) y se realizó una estandarización a un área común de 1000 m² para poder realizar comparaciones entre las muestras. Las especies con un modo de vida pelágico (incluido peces) fueron eliminadas de la matriz, con el objetivo de que los resultados se basasen en aquellas especies bentónicas y, fundamentalmente, las que son estructurantes-formadoras de hábitats bentónicos. Posteriormente, la matriz fue transformada mediante la raíz cuadrada de la abundancia de cada especie, para así poder quitarle peso a aquellas especies que ocurriesen en un rango de densidades mucho mayor que otras en el medio marino. Con estos datos, utilizando el *software* PRIMER 6 (Clarke & Gorley 2006), se obtuvo una semimatriz de similitud utilizando el índice de Bray & Curtis (Bray & Curtis 1957) para comparar cada muestra con las demás teniendo en cuenta la composición y estructura de la fauna encontrada en cada una de ellas. Este índice toma el valor de cien (expresado porcentualmente) para dos muestras idénticas y de cero para dos muestras que no tienen ninguna especie en común.

Una vez calculada la semimatriz de similitud se realizó un dendrograma o CLUSTER, y se aplicó el test SIMPROF (*SIMilarity PROFile test*) en el que se obtienen las distintas agrupaciones de muestras que son significativamente diferentes entre sí. Estas diferentes agrupaciones se interpretaron como diferentes comunidades biológicas que a su vez eran tipificadoras de diferentes hábitats en base a estos análisis de clasificación. Las muestras fueron clasificadas mediante el algoritmo de agrupación UPGMA ("*Unweighted Pairgroup Method Using Arithmetic Averages*") (Sokal & Sneath, 1963; Sneath & Sokal, 1973), cuyo resultado gráfico se traduce en un dendrograma donde las muestras aparecen dispuestas en grupos en función de su similitud media. Leonart (1981) demostró que este algoritmo UPGMA provocaba una menor distorsión con respecto a las distancias originales y, mediante su aplicación, resultaba un dendrograma que representa más objetivamente a la matriz de similitud que con el algoritmo WPGMA (Ward, 1963). No obstante, este tipo de análisis de clasificación unidimensional presenta una serie de limitaciones a la hora de interpretar los resultados (Field *et al.*, 1982), por lo que ha sido contrastado con análisis de ordenación multidimensional como es el nMDS (*Non-metric Multi-Dimensional Scaling*) donde las muestras están ordenadas espacialmente en forma de nubes de puntos. La distancia entre dos puntos (muestras) sería proporcional a la similitud entre estas dos muestras. En general, estos métodos de ordenación permiten conocer la afinidad entre las

muestras reduciendo las dimensiones del espacio original y acumulando la mayor parte de la varianza en dos o tres dimensiones. La fiabilidad de la ordenación resultante de las muestras ha sido contrastada por medio del coeficiente de estrés de Kruskal (Kruskal & Wallis, 1978). Se trata de una medida de la discrepancia entre la distancia entre puntos representada en el nMDS y las distancias obtenidas en la matriz de distancias de Bray-Curtis.

Las especies contribuyentes en cada agrupación de muestras (comunidades biológicas tipificadoras de hábitats) fueron obtenidas mediante el análisis SIMPER (*SIMilarity PERcentage*). Este tipo de análisis también se realizó usando el *software* PRIMER 6 a partir de los datos de abundancia estandarizados y transformados a la raíz cuadrada de las especies de cada muestra y en relación a las diferentes agrupaciones (comunidades biológicas tipificadoras de hábitats). En aquellos casos en los que se obtuviesen muestras que no formaban grupos, se calcularon los porcentajes de dominancia de cada especie en la muestra (% D: porcentaje de individuos del grupo sobre el total de individuos), y la comunidad biológica tipificadora del hábitat se caracterizó en base a esto.

- (2) En relación a la información obtenida de los transectos de imágenes submarinas, se hizo una primera selección de aquellos obtenidos con (a) el trineo fotogramétrico HORUS durante las campañas ISUNEPKA (2014-2019) e INTEMARES A4 CAD, (b) el trineo TASIFE durante la campaña INPULSE 0718, (c) el trineo VOR APHIA (también conocido como *Currita*) durante la campaña INDEMARES CHICA 0412 y (c) el ROV LIROPUS durante las campañas INDEMARES CHICA 0610 y 0412, así como MEDWAVES 0916. Generalmente se usaron fragmentos de video de 10 minutos en los cuales las especies fueron identificadas hasta el nivel más bajo posible, y cuantificadas en fragmentos de 1 minuto, en los que también se anotaban el tipo de sustrato presente, el grado de bioturbación, indicadores de actividad antrópica (e.j. marcas de arrastre, basura), la visibilidad del fondo marino, etc. En muchas ocasiones no se pudo identificar los organismos a nivel de género o familia, por lo que se recurrió a nombrarlos en base a sus características morfológicas y de coloración, e incluso al sustrato preferente donde se encontraban (ej. esponjas pedunculadas de fondos blandos, esponjas incrustantes de fondos duros, etc.). Por tanto, las especies cuantificadas que conforman el inventario taxonómico procedente de las imágenes submarinas han sido tratadas como Unidades Taxonómicas Operacionales (*Operational Taxonomic Units*, OTUs), pues a veces comprenden entidades identificables a diferentes niveles taxonómicos (Howell *et al.*, 2019; Lacharité & Metaxas, 2017; Puerta *et al.*, 2022). Posteriormente, se construyó una matriz de abundancia de todas las especies-OTUs detectadas en cada transecto obtenido con los diferentes dispositivos de adquisición de imágenes submarinas. Lamentablemente, cada dispositivo adquiriría las imágenes de una forma diferente y con ángulos diferentes, y la estandarización de los datos cuantitativos de esta forma es muy complicada, por ello se decidió transformar los datos de abundancia a rangos semicuantitativos que pudiesen minimizar dicha variabilidad entre dispositivos. Los rangos utilizados fueron: 0= ausencia de la especie-OTU, 1= 1 individuo/colonia de la especie-OTU, 2= entre 2 y 5 individuos/colonias de la especie/OTU, 3= entre 6 y 25 individuos/colonias de la especie/OTU, 4= entre 26 y 100

individuos/colonias de la especie/OTU, 5= entre 101 y 1000 individuos/colonias de la especie/OTU, 6= más de 1000 individuos/colonias de la especie/OTU. Las especies con modo de vida pelágico y todos los peces fueron eliminados de la matriz con el objetivo de que los resultados se basasen en las especies bentónicas y, fundamentalmente, en aquellas que son estructurantes-formadoras de hábitats bentónicos. La matriz no fue transformada ya que las diferencias numéricas de los valores de rango asignados eran muy similares entre sí, y por tanto comparables multivariadamente. Con estos datos, utilizando el *software* PRIMER 6 (Clarke & Gorley 2006), se obtuvo una semimatriz de similitud utilizando el índice de Bray & Curtis (Bray & Curtis 1957), para comparar cada transecto-muestra con las demás teniendo en cuenta la composición y estructura de la fauna encontrada en cada una de ellas.

Una vez calculada la semimatriz de similitud, se realizó un dendograma o CLUSTER, y se aplicó el test SIMPROF, en el que se obtienen las distintas agrupaciones de muestras que son significativamente diferentes entre sí. Estas diferentes agrupaciones se interpretaron como diferentes comunidades biológicas que a su vez eran tipificadoras de diferentes hábitats en base a estos análisis de clasificación. Al igual que se realizó con las muestras de beam-trawl, las muestras-transectos fueron clasificadas mediante el algoritmo de agrupación UPGMA (Sokal & Sneath, 1963; Sneath & Sokal, 1973) y fue contrastado con análisis de ordenación multidimensional como es el nMDS.

Las especies-OTUs contribuyentes en cada agrupación de muestras-transectos (comunidades biológicas tipificadoras de hábitats) fueron obtenidas mediante el análisis SIMPER. Este tipo de análisis también se realizó usando el *software* PRIMER 6 y, en aquellos casos en que se obtuviesen muestras-transectos que no formaban grupos, se calcularon los porcentajes de dominancia de cada especie en la muestra (% D: porcentaje de individuos del grupo sobre el total de individuos), y la comunidad biológica tipificadora del hábitat se caracterizó en base a esto, tal y como se hizo con las muestras de beam-trawl.

La nomenclatura de los diferentes hábitats se realizó por tanto combinando los resultados obtenidos con los datos de beam-trawl y con los transectos de imágenes submarinas, en combinación con los datos de los tipos de fondos obtenidos por Fernández-Salas *et al.* (2021), y siguiendo la terminología y clasificación recogida en la Lista Patrón de los Hábitats Marinos presentes en España (LPRE) (Templado *et al.*, 2012). Se han incorporado nuevas categorías de hábitats, pero no se ha realizado una reclasificación de los contenidos en la LPRE debido a que se estima oportuno hacerlo en la revisión que se haga de esta lista por parte del grupo de expertos en hábitats marinos en el marco de la petición del MITECO.

4.2. Modelado de distribución de los hábitats bentónicos y elaboración de cartografía detallada

El análisis de la distribución de los tipos de hábitats presentes en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)* y en el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (Campo Profundo)* del LIC se ha basado en los datos obtenidos en las diferentes campañas oceanográficas dentro del marco de los proyectos LIFE+ INDEMARES (campañas INDEMARES - CHICA de 2010, 2011 y 2012), ISUNEPCA (campañas ISUNEPCA 2014-2019), INPULSE (campaña INPULSE 0719), ATLAS (Campaña MEDWAVES 0916), ESMARES-2 (campaña CIRCASUR 1020) y LIFE IP INTEMARES (campaña INTEMARES A4 CAD). Ello ha supuesto cubrir una importante zona del LIC, principalmente del *Campo Somero* y, en menor medida, del *Campo Profundo*, cubriendo un rango de profundidades entre 300 y 950 m.

Los datos de presencia y/o abundancia de un hábitat o una especie bentónica se obtienen de muestreos directos u observaciones mediante vídeo submarino con una limitación espacial muy grande. Es técnicamente inviable tener una imagen completa sobre las comunidades bentónicas que cubren un área tan extensa como la del LIC. Es por ello que el cartografiado de hábitats bentónicos es tan importante, ya que es la herramienta que permite transformar una variable discreta, como son las observaciones o densidades de un hábitat o una especie, en una variable continua. Esto es posible gracias a la adquisición de datos abióticos que se pueden obtener con la resolución espacial suficiente y a la relación que estos tienen con la distribución de los hábitats y las especies. De esta forma, variables continuas como son las variables del terreno obtenidas a partir de datos acústicos (batimetría y reflectividad) o como las variables oceanográficas nos sirven como proxis de la distribución de los hábitats y especies permitiéndonos su cartografiado.

4.2.1. Predictores o datos abióticos

Para los diferentes modelos y cartografías de hábitats y especies se han utilizado dos tipos de variables predictoras: variables ambientales (tanto topográficas, como geológicas y oceanográficas) y, para algunos de los modelos, presiones antrópicas como el esfuerzo pesquero.

Para la obtención de las variables del terreno, tanto la profundidad y sus derivadas como el relieve o los tipos de fondo, se tomaron datos acústicos (estimadores de la batimetría y la reflectividad) con las ecosondas multihaz Kongsberg Simrad EM-300 y EM-710 (Fernández-Salas *et al.*, 2021). Tras procesar los datos con el software Teledyne CARIS HIPS & SIPS 9.0 se obtuvieron dos ráster de batimetría y reflectividad con una resolución de 15 × 15 m.

Los valores de reflectividad se procesaron de la ecosonda multihaz usando para ello el algoritmo Geocoder del programa de procesado CARIS HIPS & SIPS. También se tomaron

perfiles sísmicos con la sonda TOPAS. Las características geomorfológicas se definieron y cartografiaron utilizando un sistema semiautomático de segmentación basada en estadísticas derivadas de primer orden de datos batimétricos como la pendiente, la orientación de la pendiente y la curvatura; y de segundo orden como el índice de posición batimétrico amplio (B-BPI) e índice de posición batimétrico fino (F-BPI), de un modelo de cuadrícula batimétrica de 15x15 m (Fig. 14). Las facies sedimentarias se cartografiaron usando la reflectividad de un ráster de reclasificación de una resolución de 15x15 m. El modelo fue contrastado con muestras provenientes de muestreos directos (box-corer, Shipek) e imágenes submarinas. Tanto las características geomorfológicas como sedimentológicas vinculadas a las imágenes y de video del fondo marino han dado como resultado un mapa de hábitats interpretativo obtenido con el *software* ArcGIS.

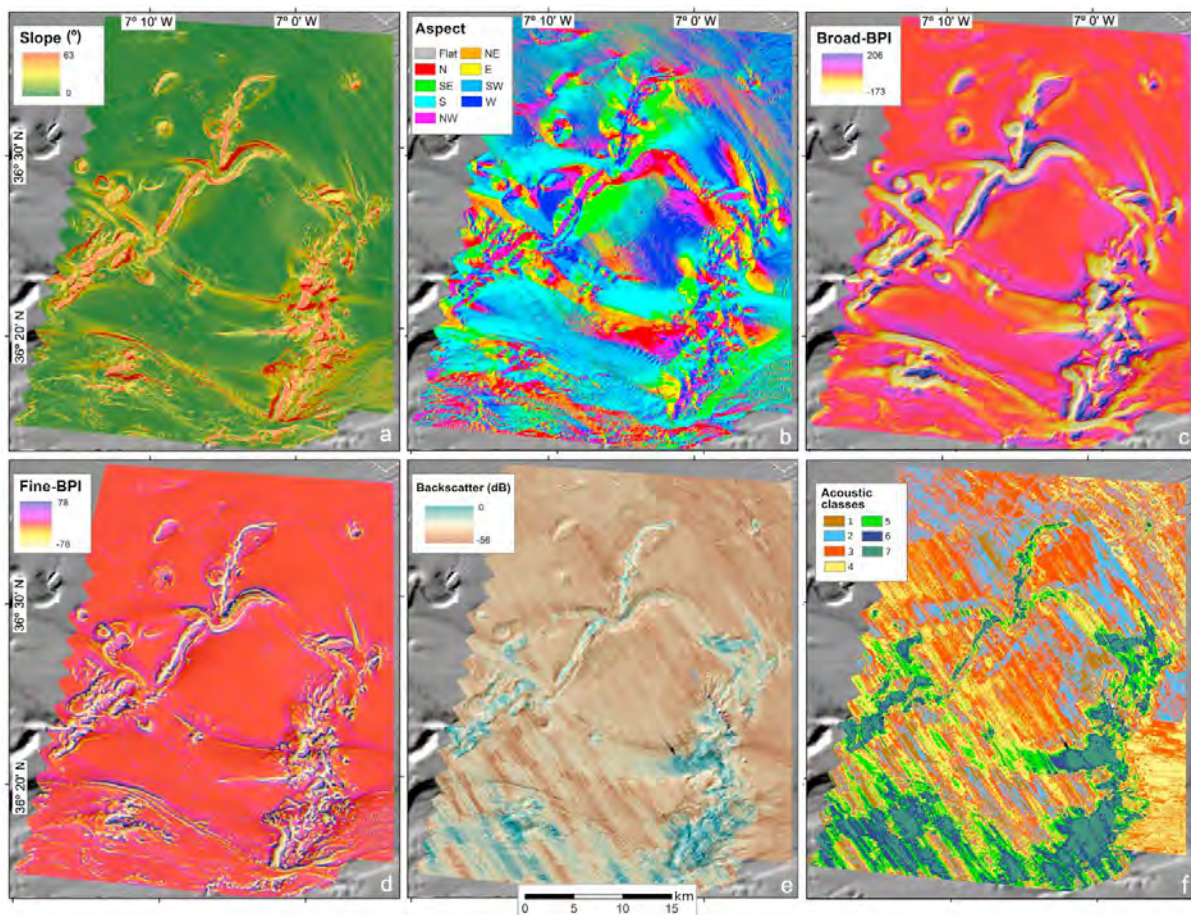


Figura 14. Principales variables del terreno utilizadas para caracterizar y mapear características morfológicas y tipos de sustrato usadas en el modelado de hábitats del *Campo Somero de Expulsión de Fluidos* del LIC, donde se ha detectado el mayor solapamiento de la actividad humana y hábitats vulnerables: a) pendiente; b) aspecto, c) índice de posición batimétrica a gran escala (B-BPI); d) BPI de escala fina (F-BPI); e) reflectividad; y f) clases acústicas (1: fango; 2: fango arenoso; 3: arena fangosa; 4: arena; 5: grava; 6: mezclas de grava; 7: roca). Extraído de Lozano *et al.* 2020.

Por otro lado se obtuvieron datos de las variables ligadas a las masas de agua del *Campo Somero* como son la temperatura, salinidad y velocidad de la corriente, a partir de

12087 adquisiciones con CTD y 4339 con LADCP, generalmente tomadas a unos 15 m del fondo marino. Estos datos se interpolaron en una malla de $0,025^{\circ} \times 0,025^{\circ} \times 25$ m usando análisis DIVA (*Data-Interpolating Variational Analysis*) (Troupin *et al.*, 2012). Debido a la gran ausencia de datos de variables ligadas a las masas de agua del *Campo Profundo*, no se pudo realizar este tipo de análisis en esta zona del LIC.

También se tuvo en cuenta la actividad de arrastre de fondo, como principal variable de la actividad antrópica en el LIC. Estos datos fueron tomados de González-García *et al.* (en revisión) mediante el uso de datos de Sistema de Seguimiento de Buques (SSB) (en inglés con las siglas VMS *Vessel Monitoring System*) del periodo 2007-2012 cedidos por la Secretaría General de Pesca, los cuales fueron procesados con la herramienta VMS-tools del *software* R.

4.2.2. Variables a predecir o datos bióticos

Las variables objeto de modelización y/o cartografiado son la presencia de los diferentes hábitats bentónicos. En concreto, para los definidos en la Directiva Hábitat como Hábitat 1170, 1110 y otros, se han utilizado (1) muestras tomadas con beam-trawl procedentes de diferentes campañas en las que se cuantificaron las especies bentónicas y se identificaron los tipos de hábitats (*ver apartado 4.1. Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos*); (2) imágenes submarinas tomadas con el ROV LIROPUS 2000 (Campaña INDEMARES - CHICA 0412, Campaña MEDWAVES 0916), con el trineo fotogramétrico TASIFE (campaña INPULSE 0719) y con el trineo fotogramétrico de arrastre HORUS (campañas de ISUNEPCA e INTEMARES A4 CAD), con el objetivo de identificar y cuantificar las especies así como obtener datos de los tipos de fondo y hábitats (*ver apartado 4.1. Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos*); y (3) datos de presencia de hábitats procedentes de estudios realizados por otros autores (Grinyó *et al.*, 2022).

Para la identificación, en concreto, del Hábitat 1180, se han usado los (1) datos adquiridos con la ecosonda multihaz, principalmente la batimetría (y datos derivados) y la reflectividad a resolución 15×15 m y se ha seguido la identificación y clasificación de estructuras morfológicas susceptibles de presentar emisiones de fluido (Fernández-Salas *et al.* (2021), Palomino *et al.*, 2016; Lozano *et al.*, 2020 a,b); (2) datos adquiridos con la sonda paramétrica TOPAS, los cuales son de alta importancia para identificar las estructuras ligadas al Hábitat 1180, a partir de su estructura interna; (3) muestras tomadas con testigos de gravedad o con box corer, para detectar presencia de la característica brecha fangosa y olor a sulfhídrico y/o metano, así como de las comunidades biológicas asociadas a las emisiones de fluido (Rueda *et al.*, 2012 a,b, 2016; García Raso *et al.*, 2019; Palomino *et al.*, 2016, en revisión); (4) imágenes submarinas tomadas con el ROV LIROPUS 2000 (Campaña INDEMARES - CHICA 0412, Campaña MEDWAVES 0916) y con el trineo fotogramétrico de arrastre HORUS (campañas ISUNEPCA e INTEMARES A4

CAD), con el objetivo de obtener información sobre la complejidad de las comunidades biológicas asociadas a las emisiones de fluido, en concreto de la presencia de tapetes bacterianos y de restos de especies quimiosintéticas/quimiosimbióticas; y (5) proxies ambientales ligadas a las emisiones de fluidos, fundamentalmente concentraciones de metano, y ligadas otros compuestos geoquímicos (flujos de carbono y materia orgánica particulada), que han sido obtenidas recientemente en algunas estructuras submarinas del LIC (Anastasya, Pipoca y St. Petersburg) por Jiménez-López *et al.* (2021) y Amaral *et al.* (2021).

4.2.3. Cartografías por interpretación experta

El cartografiado del Hábitat 1180 no se pudo realizar mediante técnicas de modelado debido a la ausencia de datos espaciales de muchas e importantes variables que influyen en la presencia de este hábitat (ej. concentración de metano en sedimento, concentración de sulfhídrico, presencia de fondos rocosos que estén conformados por carbonatos autigénicos, etc.). Por tanto, el cartografiado de este hábitat se obtuvo por interpretación experta, basado en un análisis exhaustivo de los datos de la geomorfología del fondo, sedimentológicos y muestreos en la zona, con el apoyo y la validación (ground-truthing) de las observaciones directas del fondo.

Para el cartografiado del Hábitat 1180, finalmente se usaron los (1) datos adquiridos con la ecosonda multihaz, principalmente la batimetría (y datos derivados) y la reflectividad a resolución 15x15 m y se ha seguido la identificación y clasificación de estructuras morfológicas y tipos de fondos realizada por Fernández-Salas *et al.* (2021), así como modificaciones en base a trabajos científicos publicados recientemente (Palomino *et al.*, 2016, en revisión; Lozano *et al.*, 2020 a,b); (2) datos adquiridos con la sonda paramétrica TOPAS, los cuales son de alta importancia para identificar las estructuras ligadas al Hábitat 1180, a partir de su estructura interna; (3) muestras tomadas con testigos de gravedad o con box-corer, para detectar presencia de la característica brecha fangosa y olor a sulfhídrico y/o metano, así como de las comunidades biológicas asociadas a las emisiones de fluido (Rueda *et al.*, 2012 a,b, 2016; García Raso *et al.*, 2019; Palomino *et al.*, 2016, en revisión); (4) imágenes submarinas tomadas con el ROV LIROPUS 2000 (Campaña INDEMARES-CHICA 0412, Campaña MEDWAVES 0916) y con el trineo fotogramétrico de arrastre HORUS (campañas ISUNEPCA e INTEMARES A4 CAD), con el objetivo de obtener información sobre la complejidad de las comunidades biológicas asociadas a las emisiones de fluido, en concreto de la presencia de tapetes bacterianos y de restos de especies quimiosintéticas/quimiosimbióticas; y (5) proxies ambientales ligadas a las emisiones de fluidos, fundamentalmente concentraciones de metano, y ligadas otros compuestos geoquímicos (flujos de Carbono y materia orgánica particulada), que han sido obtenidas recientemente en algunas estructuras submarinas del LIC (Anastasya, Pipoca y St. Petersburg) por Jiménez-López *et al.* (2021) y Amaral *et al.* (2021).

Para la cartografía de otros tipos de hábitats (diferentes al 1180) de tipo manual basada en criterio de experto (*expert judgment*) y observaciones directas (*Ground-truth, Ground-based*), se usaron los datos de las especies dominantes así como el hábitat y el tipo de fondo predominante procedentes de las imágenes submarinas y muestras obtenidas con beam-trawl de las expediciones de los proyectos LIFE+ INDEMARES (campañas INDEMARES - CHICA 0610, 0211 y 0412), ISUNEPKA (campañas ISUNEPKA 2014-2019), INPULSE (campaña INPULSE 0719), ATLAS (campaña MEDWAVES 0916), ESMARES-2 (campaña CIRCASUR 1020) y LIFE IP INTEMARES (campaña INTEMARES A4 CAD). Al igual que para el modelado, las imágenes submarinas se georreferenciaron con un transpondedor conectado a los diferentes dispositivos que proporcionaban su posición en relación con el buque oceanográfico a lo largo de cada transecto. Los muestreos realizados con beam-trawl se georeferenciaron mediante la utilización del *software* Hypack durante el mismo y para el cálculo de la posición del beam-trawl con respecto al barco se usó la longitud de cable largado, la profundidad de la zona de muestreo y el rumbo durante el mismo. El hábitat predominante de cada transecto de imagen submarina y muestreo de beam-trawl (obtenido en los análisis de identificación de hábitats, *ver apartado 4.1. Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos*) se vinculó con el tipo de fondo de la zona muestreada y, con ese mismo tipo de fondo en zonas aledañas, usando el cartografiado de tipos de fondos realizado por Fernández-Salas *et al.* (2021). Este cartografiado se proyectó en un Sistema de Información Geográfica mediante el uso del *software* ArcGis. Durante este proceso todos los datos obtenidos se cruzaron, cuando fue posible, con muestras y datos sedimentológicos y faunísticos obtenidos en las diferentes campañas. En aquellas zonas en las que no se disponía de mucha información de imágenes submarinas y muestreos, como es el caso de diferentes sectores del *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos*, se cartografiaron los hábitats incluyendo el componente biológico en aquellos sectores donde se tenía información mientras que el resto del cartografiado se realizó partiendo del nivel de tipo de fondo y sin poder aportar información del componente biológico (indicado en la tabla de atributos como "*Componente Biológico Desconocido*"). Esto se ha realizado así hasta poder realizar nuevos muestreos en estas zonas no exploradas y que puedan completar la información del componente biológico de los tipos de fondos de esta amplia zona del LIC. Tampoco se pudo realizar cartografiado usando técnicas de modelado, debido al bajo esfuerzo de muestreo con respecto al *Campo Somero de Expulsión de Fluidos*.

4.2.4. Cartografía semiautomática

Para el cartografiado del resto de hábitats (Hábitat 1170, 1110 y otros) se han usado (1) los datos adquiridos con la ecosonda multihaz, principalmente la batimetría (y datos derivados) y la reflectividad a resolución 15x15 m, y se ha seguido la identificación y

clasificación de tipos de fondos realizada por Fernández-Salas *et al.* (2021), así como modificaciones en base a trabajos científicos publicados recientemente (Palomino *et al.*, 2016, en revisión; Lozano *et al.*, 2020 a,b); (2) muestras tomadas con beam-trawl procedentes de diferentes campañas, en las que se cuantificaron las especies bentónicas y se identificaron los tipos de hábitats (*ver apartado 4.1. Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos*); (3) imágenes submarinas tomadas con el ROV LIROPUS 2000 (Campaña INDEMARES - CHICA 0412, Campaña MEDWAVES 0916), con el trineo fotogramétrico TASIFE (campaña INPULSE 0719) y con el trineo fotogramétrico de arrastre HORUS (campañas de ISUNEPICA e INTEMARES A4 CAD), con el objetivo de identificar y cuantificar las especies así como obtener datos de los tipos de fondo y hábitats (*ver apartado 4.1. Elaboración del inventario de tipos de hábitats bentónicos*); y (4) datos de presencia de hábitats procedentes de estudios realizados por otros autores (Grinyó *et al.*, 2022). Las cartografías finalmente se obtuvieron mediante la combinación-vinculación directa de la información procedente de los datos de la geomorfología del fondo, sedimentológicos y muestreos en la zona, con la cual se realizaba un cartografiado manual basado en criterio de experto (*expert judgment*) y observaciones directas (*Ground-truth, Ground-based*). Este cartografiado se completó-combinó con el resultante obtenido mediante técnicas de modelización (*Random Forest*).

4.2.5. Cartografía basada en modelos

Para la cartografía obtenida usando los modelos, se realizaron dos tipos de modelos usando para ello datos de presencia/ausencia y datos de abundancia de especies constructoras de hábitats, principalmente de especies de las que se disponía suficiente información como son los pennatuláceos (*Funiculina quadrangularis*, *Kophobelemnion stelliferum*, *Pennatula aculeata*), octocorales de fondos blandos (*Isidella elongata*), y megafauna excavadora (*Nephrops norvegicus*, *etc.*). Estas especies constructoras de hábitats se encuentran en fuerte solapamiento con las actividades humanas presentes en el LIC como es la pesca de arrastre de fondo y por ello se quiso combinar cartografiados realizados con modelos y técnicas basadas en criterio de experto y observaciones directas. Los hábitats con los que se obtuvieron los resultados más fiables fueron: *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*, *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* y *Fangos batiales compactos con Isidella elongata*. De manera complementaria, y debido a su importancia comercial y al efecto que esto puede tener sobre los hábitats donde viven, también se modeló la presencia y abundancia de la cigala (*N. norvegicus*). Las variables finalmente utilizadas fueron la temperatura, la salinidad y la velocidad de la corriente cercana al fondo, así como la profundidad, el esfuerzo de pesca de arrastre, el índice de posición batimétrica (BPI) y el tipo de sustrato. Se utilizaron dos clases de variables explicativas como predictores de los modelos de presencia/ausencia de

las diversas especies objetivo: variables ambientales (que representan topografía, geología y oceanografía) y esfuerzo de arrastre de fondo. Por lo demás, se utilizaron tres clases de variables explicativas como predictoras de los modelos de abundancia: mismas variables ambientales, esfuerzo de arrastre de fondo y, además, el resultado de los modelos de presencia/ausencia (o idoneidad del hábitat) para todas las especies distintas de la especie objetivo. Se volvió a muestrear una cuadrícula batimétrica de 15x15 m de toda el área a 200x200 m (la resolución espacial de los análisis) y se utilizó para obtener la pendiente, el aspecto y el índice de posición batimétrica (BPI). Se calcularon dos capas BPI usando el *software Benthic Terrain Modeller (BTM)* dentro de ArcGIS, un BPI de escala amplia (40 celdas de radio interior, 80 celdas de radio exterior y factor de escala 1200) y un BPI de escala fina (8 celdas de radio interior, 8 celdas de radio exterior radio 16 celdas y factor de escala 240). Los tipos de sustrato se obtuvieron utilizando una clasificación del ráster de retrodispersión (algoritmo de *Jenks Natural Breaks*), verificado en el suelo mediante muestras recolectadas utilizando dragas box-corer y Shipek, así como las imágenes submarinas antes mencionadas. Como indicador del impacto de la pesca de arrastre de fondo, se utilizó la distribución promedio del esfuerzo de pesca de arrastre a lo largo del tiempo, según lo calculado con los datos del Sistema de seguimiento de embarcaciones (*Vessel Monitoring System*) basado en GPS. El esfuerzo de arrastre se derivó mediante la suma de puntos, que se basa en la suma de las áreas barridas asociadas con cada punto VMS en una celda definida.

Todos los modelos se ajustaron utilizando el paquete *Random Forest* (Liaw & Wiener, 2002) en R, a una resolución de 200x200 m. Se utilizó la regresión y la clasificación de *Random Forest* porque es insensible a la distribución de datos y, por lo tanto, se adapta bien a los datos utilizados en este caso, que tenía un alto porcentaje de ausencias. También puede tomar una gran cantidad de variables potencialmente colineales y es resistente al sobreajuste, lo que lo hace extremadamente útil para la predicción (Prasad *et al.*, 2006). Sin embargo, una objeción frecuente a la regresión usando *Random Forest* es la dificultad de interpretar cómo cada variable explicativa afecta a las predicciones. Pero los diagramas de dependencia parcial pueden mostrar gráficamente como cada variable impulsa los modelos, proporcionando formas de comprender la relación entre el resultado y los predictores de interés (Greenwell, 2017). También se realizaron gráficos de dependencia parcial utilizando el paquete *Random Forest* en R. Cada modelo se llevó a cabo utilizando una validación cruzada de k-pliegues con 5 pliegues elegidos al azar. Esto significa que el 80 % de los datos se utilizó en cada ejecución y el 20 % restante se utilizó para evaluar el rendimiento de cada modelo. El modelo de presencia/ausencia se evaluó en los cinco grupos de prueba utilizando la curva característica operativa del receptor (curva ROC, llamada comúnmente AUC- "Area Under the Curve"; Fielding & Bell, 1997) que clasifica los valores en predicción "excelente" (0,90- 1,00), "buena" (0,80- 0,89), "válida" (0,70-0,79), "pobre" (0,60-0,69) y "mala" (0,50-0,59) (González-Mirelis & Buhl-Mortensen, 2015). Para medir la precisión de los modelos de abundancia, se utilizó el error cuadrático medio normalizado (NRMSE, *Normalized Root Mean Square Error*) y el error absoluto

medio normalizado (NMAE, *Normalized Mean Absolute Error*) expresados como porcentaje.

Para el modelado, se han usado datos de 107 transectos de imágenes submarinas obtenidos con el ROV LIROPUS 2000 (INDEMARES - CHICA 0412), y los trineos fotogramétricos APHIA 2012 (INDEMARES - CHICA 0412) y TST-HORUS (ISUNEP-CA 2014-2019). Las imágenes submarinas generalmente se capturaron a una altura del fondo entre 0,5 y 2,5 m. Las imágenes submarinas se georreferenciaron con un transpondedor conectado a los diferentes dispositivos que proporcionaban su posición en relación con el buque oceanográfico a lo largo de cada transecto. En las imágenes y videos submarinos se tomaron tanto características biológicas (ej. densidad, tamaño de las colonias, cobertura) como características geológicas (ej. tamaño de los carbonatos autigénicos, cobertura de *coral rubble*). Para la elaboración de los modelos, las densidades de organismos y colonias cuantificadas en las imágenes submarinas se estandarizaron a 100 m². También se tomaron muestras biológicas con beam-trawl (para epifauna y organismos demersales para hábitats sedimentarios y no sedimentarios) para mejorar la identificación de las especies detectadas en las imágenes submarinas.

Para finalizar, se cartografiaron las predicciones de distribución de todos los hábitats a partir de los mejores modelos de cada hábitat, del cartografiado manual y de la información de tipos de fondo de Fernández-Salas *et al.* (2012) (en aquellos sectores sin información biológica) usando el *software* ArcGis. Con el objetivo de ofrecer a los gestores un único mapa con la distribución de todos los hábitats y así facilitar el diseño del futuro plan de gestión, se unieron todos los mapas de los diferentes hábitats en un único mapa.

4.3. Inventario de hábitats vulnerables considerados en normativa y convenciones internacionales

En relación a los hábitats bentónicos marinos y estuáricos, existen diversas clasificaciones de dichos hábitats, las cuales están enfocadas a representar la amplia diversidad de tipos de fondo, ambientes y especies constructoras de hábitats en el fondo marino. En el marco Europeo, la clasificación EUNIS (*European Union Natura Information System*) describe y clasifica, de forma jerárquica, los diferentes tipos de hábitats existentes en Europa, tanto terrestres como acuáticos (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification-1>). Otro tipo de clasificación de hábitats marinos está orientada a reunir sólo aquellos hábitats que necesitan un marco de protección, como son los incluidos en el Anexo I de la Directiva Hábitat (92/43/CEE) (https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm).

A nivel regional se han elaborado propuestas de hábitats de interés para la protección, tanto para el Atlántico como para el Mediterráneo. En el océano Atlántico, el Convenio OSPAR (*Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic*

- *Convenio sobre la protección del medio marino del Atlántico Nordeste*) ha desarrollado un listado de especies y hábitats amenazados o en declive (Acuerdo 2008-06) (la Lista OSPAR) para guiar a los integrantes del Convenio OSPAR en el establecimiento de prioridades para su trabajo adicional sobre la conservación y protección de la biodiversidad marina en la implementación del Anexo V del Convenio OSPAR (<https://www.ospar.org/work-areas/bdc/species-habitats>). En el Mediterráneo, el Plan de Acción para el Mediterráneo del Convenio Barcelona (*Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean - Convenio para la protección del medio marino y la región costera del Mediterráneo*), ha desarrollado dos listas de hábitats: (i) una clasificación de referencia de los tipos de hábitats bentónicos marinos existentes en la región mediterránea y (ii) una lista de referencia de los tipos de hábitats marinos prioritarios para la selección de áreas que deben incluirse en las redes nacional de Lugares de Interés para la Conservación en el Mediterráneo (<https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols>) (Montefalcone *et al.*, 2021).

Adicionalmente, el gobierno de España en aplicación de la Directiva Marco sobre las Estrategias Marinas (DMEM) y en colaboración con expertos en hábitats marinos y estuáricos, elaboró un listado de clasificación jerárquica de hábitats bentónicos, denominado "*Lista patrón de los hábitats marinos presentes en España*" (LPRE) con el objetivo de unificar su nomenclatura y clasificación, entre científicos, técnicos y gestores (Templado *et al.*, 2012) (https://www.miteco.gob.es/gl/biodiversidad/temas/biodiversidad-marina/GUIA%20INTERP_HABITATS_WEB_tcm37-521436.pdf), respondiendo así a los requisitos recogidos para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

Finalmente, algunas de las especies estructurantes del hábitat se encuentran incluidas en el Libro rojo de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (<https://www.iucnredlist.org/>) y, por tanto, futuros daños del hábitat tendrán consecuencias negativas en las poblaciones de estas especies amenazadas.

En el presente informe, y siguiendo con el objetivo enmarcado dentro del proyecto LIFE IP INTEMARES, se han generado unas tablas de correspondencia entre los hábitats presentes en el LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*" y su correspondencia en las clasificaciones de hábitats de EUNIS, del Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE), del Convenio OSPAR, del Convenio de Barcelona y de la LPRE (Templado *et al.*, 2012). El listado del Convenio Barcelona se ha usado ya que la zona donde se localiza el LIC, aunque se encuentra en la parte nororiental del golfo de Cádiz (océano Atlántico), está bañada por masas de aguas profundas de origen mediterráneo (MOW) y algunos hábitats detectados tienen afinidad con esa región.

4.4. Caracterización de los hábitats bentónicos

En el marco del proyecto LIFE+ INDEMARES, y tal como se ha comentado en la *Introducción*, se realizó una primera aproximación al estudio de los hábitats en aquellos sectores en los que se encontraban las principales estructuras submarinas de expulsión de fluidos, pudiendo realizar un cartografiado de los principales hábitats así como un cálculo aproximado del área ocupada por los hábitats 1170 y 1180 de la Directiva Hábitat en el LIC (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b). Además se realizó un primer inventario de los tipos de hábitats y de las especies presentes en dicho LIC. En el marco del proyecto LIFE IP INTEMARES, se ha podido mejorar considerablemente lo relativo al inventario de hábitats (este informe) y especies presentes en el LIC (Mateo-Ramírez *et al.*, 2020), así como el cartografiado de hábitats, principalmente de aquellos detectados en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)*, el cual representa la zona de solapamiento con las actividades humanas. Esta caracterización ha permitido un cálculo más aproximado de la superficie de ocupación de cada hábitat y, por otro lado, la descripción de su estado ambiental, vulnerabilidad frente a potenciales amenazas en la zona de estudio y resiliencia.

4.4.1. Representatividad (superficie de ocupación)

A partir de los resultados obtenidos en el modelado y cartografiado de los hábitats bentónicos, se ha podido calcular la superficie de ocupación de cada hábitat bentónico, tanto de los incluidos dentro de la Directiva Hábitat como aquellos que no lo están.

4.4.2. Estado ambiental

El análisis del estado ambiental de los principales hábitats detectados se basó en la evaluación de las comunidades típicas de cada hábitat en relación a su composición taxonómica y funcional, utilizando los siguientes indicadores:

(1) *Riqueza de especies y estimación de zonas de alta biodiversidad*. Este índice se usó como medida de la diversidad α , y se calculó a partir del valor medio del número de especies-taxones en las muestras de beam-trawl de los diferentes hábitats mediante el *software* PRIMER. Se usaron los datos procedentes de los muestreos de beam-trawl, frente a aquellos procedentes de los transectos de imágenes submarinas, porque permitían tener un conocimiento más detallado de las especies presentes. Las diferencias significativas entre hábitats dentro de las mismas categorías fueron evaluadas utilizando el test no paramétrico de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952).

Posteriormente la riqueza fue cartografiada interpolando los valores medios de riqueza específica para cada tipo de hábitat en los polígonos de estos mismos hábitats en el software ArcGis.

(2) *Índice de Diversidad de Shannon - Wiener*. Se calculó el valor medio de este índice (H' , using \log_2 ; Shannon, 1948; Krebs, 1989) para las muestras de beam-trawl procedentes de cada hábitat, con el objetivo de estudiar la estructura del número de individuos de las diferentes especies dentro de los hábitats. La existencia de diferencias significativas entre hábitats dentro de una misma categoría fue evaluada utilizando los test no paramétricos de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952).

Tabla 1. Características biológicas y modalidades utilizadas en el análisis de la composición funcional y la sensibilidad entre los diferentes hábitats bentónicos del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz"

TRAIT	Score	CRITERIO	TRAIT	Score	CRITERIO
TAMAÑO MÁXIMO	1	Pequeño (<2 cm)	FORMA CORPORAL	1	Aplanado (dorsal y lateralmente)
	2	Mediano (2-10 cm)		2	Globular
	3	Mediano-Grande (11-50 cm)		3	Erecto, pedunculado y arborescente
	4	Grande (>50 cm)		4	Erecto con ramificación en un único plano
LONGEVIDAD	1	<5 años	FIJACIÓN AL SUSTRATO	1	No (sésil)
	2	5-10 años		2	No (ocasionalmente reptante)
	3	11-50 años		3	Temporal
	4	>50 años		4	Permanente
MOVILIDAD	1	Nadador	FRAGILIDAD	1	Concha dura
	2	Reptante		2	Cuerpo duro
	3	Excavador y reptante ocasional		3	Sin protección
	4	Sésil		4	Concha frágil
POSICIÓN BENTÓNICA	1	Galería o excavación	FLEXIBILIDAD	1	Alta (>45°)
	3	Superficie		3	Baja (10-45°)
	4	Emergente (>20 cm)		4	Ninguna (<10°)
MODO DE ALIMENTACIÓN	1	Carroñero y/o carnívoro			
	2	Depredador, omnívoro			
	3	Depositívoro y/o suspensívoro			
	4	Filtrador			

(3) *Composición y complejidad funcional.* Se comparó la composición de cada hábitat en relación a 9 características que presentan las especies, como son su tamaño, forma corporal, longevidad, fijación al sustrato, movilidad, fragilidad, posición bentónica, flexibilidad y modo de alimentación. Para ello se utilizó la técnica de "*Biological Traits Analysis*" que, en lugar de comparar las comunidades en base a sus composiciones taxonómicas, utiliza características de las especies relacionadas con su ciclo de vida, su morfología o su comportamiento para indicar aspectos de su funcionamiento ecológico. Las 9 características fueron seleccionadas debido a que influyen en importantes funciones y procesos ecológicos del ecosistema como metabolismo, productividad, acoplamiento bento-pelágico, dispersión, oxigenación del sedimento, fijación de energía, creación de nicho, éxito reproductivo, resiliencia, etc. La información sobre estas características de cada especie fue obtenida a partir de bases de datos online (MarLIN, 2006; WoRMS Editorial Board, 2022), de artículos e informes científicos y de criterio experto cuando no existía información disponible. De esta forma, a cada especie o morfotipo se le asignó un valor para cada característica de acuerdo a las modalidades descritas en la Tabla 1. Se usaron los datos procedentes de los muestreos de beam-trawl, frente a aquellos procedentes de los transectos de imágenes submarinas, porque permitían tener un conocimiento más detallado de las especies presentes y por tanto de la composición funcional del hábitat.

4.4.3. Sensibilidad y/o vulnerabilidad de los hábitats bentónicos frente a las principales presiones y actividades con impacto sobre el lugar

La pesca de arrastre de fondo ha sido descrita como una de las mayores presiones existentes en el LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*" y, concretamente, en su zona más somera, conocida como *Campo Somero* (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b; González-García *et al.*, 2020 a,b, 2022). Con el fin de identificar aquellas áreas más sensibles, cuyas comunidades bentónicas pudieran verse alteradas a largo plazo como consecuencia de esta actividad, se calculó y mapeó la sensibilidad de todos los hábitats a la pesca de arrastre de fondo. La sensibilidad de los hábitats no vinculados al Hábitat 1180 se calculó a partir de la composición total de especies de cada hábitat y su sensibilidad a la pesca de arrastre de fondo. Para calcular la sensibilidad de las especies a la pesca de arrastre, se ha utilizado el índice BESITO (*Benthos Sensitivity Index to Trawling Operations*) (González-Irusta *et al.*, 2018), el cual clasifica las especies de acuerdo a su respuesta frente a dicha actividad. El índice asigna un valor entre el 1 y el 5 a cada especie al combinar 8 características biológicas: tamaño máximo, longevidad, movilidad, fijación al sustrato, posición bentónica, flexibilidad, fragilidad y modo de alimentación. La información sobre las características biológicas de cada especie fue obtenida a partir de bases de datos online (MarLIN, 2006; WoRMS Editorial Board, 2022), de artículos e informes científicos y de criterio experto cuando no existía información disponible. De esta forma, a cada especie o

morfotipo se le asignó un valor para cada característica de acuerdo a las modalidades descritas en la Tabla 1.

Una vez que todas las especies tenían asignado un valor de sensibilidad frente a la pesca de arrastre de fondo, se calculó la sensibilidad por muestra mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Sensitivity} = \frac{\sum Ni \times Bi}{N_{total}}$$

En donde (i) Ni es el número de individuos de la especie i , (ii) Bi es la sensibilidad de la especie y (iii) N_{total} es el número total de individuos de la muestra. Finalmente, la sensibilidad de cada hábitat se calculó como la sensibilidad media de todas las muestras de beam-trawl obtenidas para cada hábitat.

Para el análisis comparativo, los hábitats se agruparon en función del sustrato predominante sobre el que se desarrollan y su componente biológico (biogénico vs no biogénico). Los tipos de sustrato fueron: 1) blando, para aquellos hábitats que se desarrollan sobre fondos detríticos, gravas, arenas y/o fango; 2) duros, para aquellos hábitats que se desarrollan sobre fondos rocosos y 3) mixtos, cuando existen mezcla mas o menos equitativa de ambos tipos de sustratos.

Para el Hábitat 1180, la sensibilidad de las especies quimiosintéticas a las presiones humanas era complicado de estimar debido al bajo conocimiento que se tiene de los traits de estas especies que han sido descubiertas recientemente, apenas hace una década, y cuyo conocimiento a nivel biológico y ecológico es bastante escaso. Sin embargo, estas especies son endémicas del golfo de Cádiz y muy sensibles a los cambios en el sedimento y la concentración de fluidos que se canalizan por el sedimento desde el subsuelo, y de los cuales depende su trofismo (Oliver et al., 2011; Rueda et al., 2012b). Por ello se ha considerado importante incluir este resultado en el informe y para ello se ha utilizado una aproximación diferente basada en estimar la complejidad de la comunidad quimiosintética y de las especies ligadas a las emisiones de fluidos presentes en diferentes hábitats vinculados con el 1180, y en base a 3 criterios:

- (1) La riqueza específica de especies ligadas a las emisiones de fluidos.
- (2) La abundancia de estas especies.
- (3) La presencia de restos de especies ligadas a las emisiones de fluidos, procedentes de emisiones pasadas o de zonas no exploradas directamente (es importante recordar que las emisiones de fluidos se producen en zonas muy puntuales y a veces variables en el tiempo).

Una vez que se estimó la complejidad del Hábitat 1180 en las diferentes estructuras encontradas, se realizó un cartografiado de complejidad de dichas comunidades mediante la interpolación de los valores en los polígonos de presencia del hábitat usando el *software* ArcGis.

Tabla 2. Estimación de la complejidad de la comunidad quimiosintética asociada al Hábitat 1180 en relación a la composición y estructura de la comunidad quimiosintética detectada, así como en la presencia de restos de especies ligadas a emisiones pasadas.

Complejidad comunidad quimiosintética Hábitat 1180 (Score)	Composición comunidad quimiosintética	Estructura comunidad quimiosintética	Paleocomunidad quimiosintética
0	Ausencia	Ausencia	Ausencia
1	Ausencia	Ausencia	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
2	Baja riqueza de especies ligadas a emisiones (< 2 spp.)	Baja abundancia de especies ligadas a emisiones (< 20 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
3	Media riqueza de especies ligadas a emisiones (2-3 spp.)	Media abundancia de especies ligadas a emisiones (21-100 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
4	Media riqueza de especies ligadas a emisiones (2-3 spp.)	Alta abundancia de especies ligadas a emisiones (101-1000 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
5	Media riqueza de especies ligadas a emisiones (2-3 spp.)	Muy alta abundancia de especies ligadas a emisiones (>1001 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
6	Alta riqueza de especies ligadas a emisiones (4-6 spp.)	Media abundancia de especies ligadas a emisiones (21-100 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
7	Alta riqueza de especies ligadas a emisiones (4-6 spp.)	Alta abundancia de especies ligadas a emisiones (101- 1000 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
8	Alta riqueza de especies ligadas a emisiones (4-6 spp.)	Muy alta abundancia de especies ligadas a emisiones (> 1001 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones
9	Alta riqueza de especies ligadas a emisiones (4-6 spp.)	Elevada abundancia de especies ligadas a emisiones (> 10001 individuos por m ²)	Presencia de restos de especies ligadas a emisiones

4.5. Determinación del grado de conservación de los hábitats de interés comunitario.

Aunque se ha avanzado mucho en el conocimiento del medio marino en los últimos años con grandes proyectos como LIFE+ INDEMARES, el sesgo con respecto al medio terrestre es considerable. La importancia de buenas series históricas de datos básicos es esencial para establecer el estado de conservación de los hábitats pues, si no disponemos de valores iniciales a los que hacer referencia, es imposible establecer con objetividad en qué grado de conservación se encuentran. Directivas a nivel europeo como la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (Directiva 2008/56/CE) buscan lograr el “Buen Estado de Conservación” del medio marino, para lo cual es necesario establecer esos valores iniciales a los que hacer referencia. Por lo tanto, hasta que no se dispongan de estos datos solo es posible basarnos en el “criterio experto” de los equipos de investigación que trabajan en cada una de las áreas marinas protegidas. Todo esto está sujeto a subjetividad y por lo tanto no son resultados extrapolables.

El grado de conservación se compone a su vez de tres criterios relativos a la estructura, las funciones, la posibilidad de restauración, más las “perspectivas futuras” (FND). Teniendo en cuenta el contexto en que nos basamos y resaltando la enorme dificultad de obtener datos concretos y cuantificables sobre el estado de la estructura y función de determinados tipos de hábitats, nos basaremos en el “criterio experto” en función del conocimiento que tiene el equipo GEMAR del IEO de los hábitats presentes en el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” y la presión pesquera (pesca de arrastre de fondo) que soportan.

El grado de conservación de los hábitats de interés comunitario se evaluó en base a 3 subcriterios, en referencia al manual de interpretación del Formulario Normalizado de Datos de los espacios protegidos de la Red Natura 2000 (FND) (Fig. 14):

- i) Grado de conservación de la estructura
 - a) Estructura excelente.
 - b) Estructura bien conservada.
 - c) Estructura mediana o parcialmente degradada.
- ii) Grado de conservación de las funciones
 - a) Perspectivas excelentes.
 - b) Perspectivas buenas.
 - c) Perspectivas medianas o desfavorables.

históricas de seguimiento que permitan una valoración más real del grado de conservación de los hábitats presentes en el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”.

Finalmente, y siguiendo las indicaciones y el esquema del manual de interpretación del Formulario Normalizado de Datos de los espacios protegidos de la Red Natura 2000 (FND) (Fig. 14), y basándose en los subcriterios antes mencionados, el grado de conservación se clasificó en:

- a) Excelente
- b) Buena
- c) Mediana o reducida

Es imperativo la implementación de programas de monitoreo continuo que permitirían obtener una mayor información y así poder establecer criterios numéricos para poder evaluar de una manera más objetiva el grado de conservación, y establecer las medidas de gestión más adecuadas para su conservación y uso sostenible de estos hábitats a largo plazo.

5. Resultados

En las siguientes secciones se detallan los resultados más significativos en relación al inventariado, la caracterización (*composición biológica, representatividad, estado ambiental, sensibilidad y grado de conservación*), distribución y cartografiado de los hábitats bentónicos del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”, así como su vinculación con Hábitats Vulnerables considerados en Normativas y Convenciones Internacionales. En los diferentes Anexos se podrá acceder a la información accesoria a estos aspectos y que pueda ser de utilidad en la redacción del Plan de Gestión del LIC, y de sus especies y hábitats de interés comunitario.

5.1. Inventario de tipos de hábitats bentónicos

En la totalidad de los muestreos realizados en las diferentes campañas y aplicando diferentes tipos de análisis, se han detectado un total de 30 hábitats, de los cuales 8 están vinculados al Hábitat 1180 “*Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases*” de la Directiva Hábitat (DH), 12 al Hábitat 1170 “*Arrecifes*” de la DH, 4 al Hábitat 1110 “*Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda*” y 6 a otros hábitats no contemplados en directivas ni en convenios de conservación (Tabla 3). Estos hábitats se explican con mayor detalle en las siguientes secciones, una centrada en los hábitats vinculados al Hábitat 1180 de la DH y otra sección centrada en el resto de los hábitats, como son el Hábitat 1170 y 1110 de la DH así como los otros tipos de hábitats no contemplados en directivas ni convenios y observados en el LIC. Ello se ha realizado de forma diferenciada debido a que existe en numerosas ocasiones un solapamiento del Hábitat 1180 y el Hábitat 1170, lo cual dificulta las tareas de caracterización y cartografiado.

Tabla 3. Tabla general de los hábitats detectados en el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”, con indicación de las técnicas y tipos de datos usados para su detección y caracterización, así como su vinculación con el hábitat mas similar de la Lista Patrón de Hábitats Marinos presentes en España (Templado *et al.*, 2012) y de la Directiva Hábitat junto con los trabajos donde se han publicado dichos hallazgos.

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	CÓDIGO LPRE	CÓDIGO DIRECTIVA HÁBITAT	MÉTODO USADO PARA SU LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN	REFERENCIAS
Volcán de fango (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Sin código	1180	<i>Ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, testigo de gravedad, muestra box-corer, imágenes submarinas</i>	Palomino <i>et al.</i> (2016, en revisión), Lozano <i>et al.</i> (2020 a,b)
Complejo diapiro - volcán de fango (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Sin código	1180	<i>Ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, testigo de gravedad, muestra box-corer, imágenes submarinas</i>	Palomino <i>et al.</i> (2016, en revisión), Lozano <i>et al.</i> (2020 a,b)
Diapiro (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Sin código	1180	<i>Ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, imágenes submarinas</i>	Palomino <i>et al.</i> (2016), Lozano <i>et al.</i> (2020 a,b)

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	CÓDIGO LPRE	CÓDIGO DIRECTIVA HÁBITAT	MÉTODO USADO PARA SU LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN	REFERENCIAS
Dorsal Diapírica (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Sin código	1180	<i>Ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, imágenes submarinas</i>	Lozano et al. (2020 a,b)
Pockmarks	04020101	1180	<i>Ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS</i>	Palomino et al. (2016, en revisión), Lozano et al. (2020 a,b)
Depresiones de colapso (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Sin Código	1180	<i>Ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, muestra box-corer, imágenes submarinas</i>	Palomino et al. (2016, en revisión), Lozano et al. (2020 a,b)
Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas	04020103	1180	<i>Ecosonda multihaz, muestra box-corer, imágenes submarinas</i>	Palomino et al. (2016, en revisión), Rueda et al. (2012, 2016), Lozano et al. (2020 a,b)
Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético	04020102	1180	<i>Ecosonda multihaz, draga de roca, beam - trawl, imágenes submarinas</i>	Palomino et al. (2016, en revisión), Lozano et al. (2020 a,b)
Arrecife de corales profundos de <i>Lophelia pertusa</i> y/o <i>Madrepora oculata</i>	04030301	1170	<i>Beam-trawl, imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016), Urra et al. (2021), González-García et al. (2020b)
Coral muerto compacto (dead coral framework)	Sin código	1170	<i>Beam-trawl, imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016), Urra et al. (2021), Lozano et al. (2020a,b), González-García et al. (2020b)
Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> y <i>Antipathes dichotoma</i>)	04010115	1170	<i>Imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016)
Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (LPRE Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias)	04010101	1170	<i>Beam-trawl, imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016), Lozano et al. (2020a,b), Urra et al. (2021), González-García et al. (2020b)
Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas	04010208	1170	<i>Beam-trawl, imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016), Lozano et al. (2020a,b), Urra et al. (2021), González-García et al. (2020b)
Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas	Combinación de los 2 anteriores	1170	<i>Beam-trawl, imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016), Lozano et al. (2020a,b), Urra et al. (2021), González-García et al. (2020b)
Roca batial dominada por ascidias	Sin código	1170	<i>Imágenes submarinas</i>	Urra et al. (2021)
Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos	Sin código	1170	<i>Imágenes submarinas</i>	Presente informe
Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i>	04020206	1170	<i>Beam-trawl, imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016)
Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Radicipes</i> (LPRE Fangos batiales con <i>Radicipes</i>)	0402020402	1170	<i>Beam-trawl, imágenes submarinas</i>	Rueda et al. (2016)

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	CÓDIGO LPRE	CÓDIGO DIRECTIVA HÁBITAT	MÉTODO USADO PARA SU LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN	REFERENCIAS
Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>	0402020403	1170	Beam-trawl, imágenes submarinas	Rueda <i>et al.</i> (2016)
Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos)	04020202	1170	Beam-trawl, imágenes submarinas	Rueda <i>et al.</i> (2016, 2021), Lozano <i>et al.</i> (2020a), González-García <i>et al.</i> (2020b)
Fondos detríticos batiales con campos de <i>Leptometra phalangium</i>	0402031106	1110	Beam-trawl, Imágenes submarinas	Rueda <i>et al.</i> (2016), Lozano <i>et al.</i> (2020a,b)
Arenas batiales detríticas con <i>Gryphus vitreus</i>	04020301	1110	Beam-trawl	Presente informe
Sedimentos mixtos batiales con <i>Flabellum chunii</i>	Sin código	1110	Imágenes submarinas	Rueda <i>et al.</i> (2016), Lozano <i>et al.</i> (2020a), Urra <i>et al.</i> (2021), González-García <i>et al.</i> (2020b)
Fondos mixtos batiales dominados por <i>Anthomastus</i>	Sin código	1110	Imágenes submarinas	Presente informe
Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Thenea muricata</i> (LPRE Fangos batiales con <i>Thenea muricata</i>)	0402020401	--	Beam-trawl, imágenes submarinas	Rueda <i>et al.</i> (2016), González-García <i>et al.</i> (2020b)
Fangos batiales con <i>Flabellum</i>	04020203	--	Beam-trawl	Rueda <i>et al.</i> (2016), Lozano <i>et al.</i> (2020a), Urra <i>et al.</i> (2021), González-García <i>et al.</i> (2020b)
Arenas y arenas fangosas dominadas por Hormathiidae (<i>Actinauge richardi</i>)	04020401	--	Beam-trawl, Imágenes submarinas	Rueda <i>et al.</i> (2016), Lozano <i>et al.</i> (2020a), Urra <i>et al.</i> (2021)
Fangos batiales con dominancia de ceriantarios	04020207	--	Imágenes submarinas	Presente informe
Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora)	04020210	--	Beam-trawl, imágenes submarinas	Rueda <i>et al.</i> (2016), Lozano <i>et al.</i> (2020a), Urra <i>et al.</i> (2021), González-García <i>et al.</i> (2020b)

5.1.1. Hábitats vinculados al Hábitat 1180 "Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases" de la Directiva Hábitat

Se han detectado un total de 8 hábitats-estructuras ligadas al Hábitat 1180 (*Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases*) de la DH mediante el uso combinado de la Ecosonda multihaz, la sonda paramétrica TOPAS, el testigo de gravedad, así como muestras de box-corer y draga de roca y transectos de imágenes submarinas (Tabla 4). Se ha seguido la terminología de la Lista Patrón de Hábitats Marinos presentes en España (LPRE) (Templado *et al.*, 2012) y en aquellos hábitats no contemplados en la LPRE, se ha intentado vincular con el hábitat mas similar de dicha lista, a la espera de una nueva revisión de la LPRE en los próximos años por parte de diferentes expertos en hábitats.

Tabla 4. Tabla general de los hábitats-estructuras vinculados al Hábitat 1180 "Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases" de la DH en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz", con indicación de su vinculación con el hábitat mas similar de la Lista Patrón de Hábitats Marinos presentes en España (Templado *et al.*, 2012), su localización y las especies y atributos característicos de dicho hábitat. (VF: Volcán de fango; DVF: Complejo diapiro – volcán de fango)

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	CAMPO	RANGO PROFUNDIDAD (m)	SECTORES	ESPECIES/TRIBUTOS CARACTERÍSTICOS
Volcán de fango (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Somero / Profundo	363-1176	Gazul, Anastasya, Pipoca, Tarsis, Almazán, Aveiro y St Petersburg	Brecha fangosa, carbonatos autigénicos, comunidades quimiosintéticas, Metano/Sulfhídrico
Complejo diapiro - volcán de fango (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Somero / Profundo	328-978	Albolote, Chica, Magallanes, Geraldine, Hespérides	Brecha fangosa, carbonatos autigénicos, comunidades quimiosintéticas, Metano/Sulfhídrico
Diapiro (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Somero	388-751	Cristóbal Colón, Juan Sebastián Elcano, Enano y Enmedio	Cap rock-carbonatos autigénicos, diferentes tipos de hábitats
Dorsal Diapírica (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Somero	314-878	Dorsales Diapíricas de Cádiz, Guadalquivir y Guadiana	Cap rock-carbonatos autigénicos, diferentes tipos de hábitats
Pockmarks (LPRE 04020101)	Somero	538-598	Entre Dorsal Diapírica de Cádiz y la de Guadalquivir, al norte del canal de Huelva, y en VF de Anastasya	Sin información
Depresiones de colapso (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	Somero / Profundo	434-1055	En los VF Gazul, Anastasya, Tarsis, Pipoca, Almazán, Aveiro y St. Petersburg y en el DVF Hespérides	Carbonatos autigénicos, restos de comunidades quimiosintéticas
Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas (LPRE 04020103)	Somero / Profundo	363-1123	En las cimas de los VF Gazul, Anastasya, Tarsis, Pipoca, Almazán, Aveiro y St. Petersburg y en el DVF Hespérides	Tapetes bacterianos, <i>Siboglinum</i> spp., <i>Solemya elarraichensis</i> , <i>Lucinoma asapheus</i> , <i>Acharax gadirae</i> , <i>Thyasira vulcolutre</i> y <i>Calliax lobata</i>
Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético (LPRE 04020102)	Somero / Profundo	314-1052	En los DVF Albolote, Chica y Hespérides, en los VF de Gazul, Anastasya, Pipoca, Tarsis, Almazán y St. Petersburg, en los diapiros Cristóbal Colón, Juan Sebastián Elcano, Enano y Enmedio, en las Dorsales Diapíricas de Cádiz, Guadalquivir y Guadiana	Carbonatos autigénicos, cap-rock, restos de comunidades quimiosintéticas, organismos suspensivos formadores de hábitats (ej. esponjas, corales, gorgonias, etc.)

Los principales hábitats-estructuras ligadas al Hábitat 1180 son:

1) **Volcán de fango** (Sin código de la LPRE, siendo el más similar el hábitat genérico *Estructuras producidas por escape de gases* - LPRE 04.0201). Los volcanes de fango (VF) son unas de los hábitats-estructuras más singulares del LIC y han sido detectados usando la ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, testigo de gravedad, muestras de box-corer e imágenes submarinas (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Cepeda, 2018; Lozano *et al.* 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Se han detectado 8 VF a profundidades entre 363 y 1176 m, de los cuales Gazul, Anastasya, Pipoca, Tarsis y un volcán no descrito hasta la fecha se localizan en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)* (Tabla 5, Fig. 15), mientras que Almazán, St. Petersburg y Aveiro se encuentran en el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (Campo Profundo)* (Tabla 5, Fig. 16). Todos ellos muestran evidencias de extrusión de material sedimentario procedente del subsuelo marino y su naturaleza de VF ha sido confirmada por medio de testigos de gravedad (Palomino *et al.*, 2016; en revisión; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Los VF del LIC presentan, generalmente, un cono simple y una morfología circular-elíptica en planta. Presentan alturas entre 100 y 200 m y una anchura que no supera los 3 km. Los VF no representan hábitats en el sentido estricto de la palabra ya que éstos pueden contener diferentes tipos de hábitats que están condicionados por el tipo de sustrato, las masas de agua profunda y los procesos geológicos que tienen lugar tanto a nivel regional como local. Los organismos quimiosimbióticos se localizan principalmente en la cima de los edificios volcánicos y sirven para estimar que la actividad de expulsión de fluidos podría ser elevada en algunos VF (Ej. Anastasya, St. Petersburg).

La presencia de extensas coladas de fango y cuerpos lobulados sobre los flancos (ej. Pipoca, Almazán) son indicativos de un proceso de extrusión que tuvo lugar en diferentes fases, por lo que su formación no se dio en un único evento. Los sustratos carbonatados (principalmente enlosados y chimeneas) se han localizado en los flancos y en la base de algunos de estos volcanes y están relacionados con una actividad de expulsión de fluidos moderada (ej. Gazul). Posteriormente, estas estructuras carbonatadas pueden ser desenterradas por la actividad de la velocidad de las corrientes del fondo y, de este modo, pueden ser colonizadas por especies bentónicas. Así de forma general, muchos de los VF y de complejos diapiro - volcán de fango (DVF) del *Campo Somero* soportan un hidrodinamismo mayor que los presentes en el *Campo Profundo*. Mientras que todos los VF y DVF del *Campo Profundo* presentan una explosión de fluidos más activa y una influencia menor de la MOW. Por ejemplo, Gazul es un VF con una actividad de emisión de fluidos muy baja, casi inactivo, y está expuesto a un hidrodinamismo alto, presentando desde sustratos rocosos como enlosados formados de carbonatos autigénicos hasta sedimentos blandos formados por arenas fangosas, pasando por gravas mezcladas con restos de corales muertos y arenas con gravas. Mientras que en el VF Aveiro, con una mayor actividad y con un hidrodinamismo bajo, lo que dominan son los sedimentos blandos fangosos. Para una información más detallada consultar (Palomino *et al.*, 2016, en revisión; Cepeda, 2018; Lozano *et al.*, 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021).

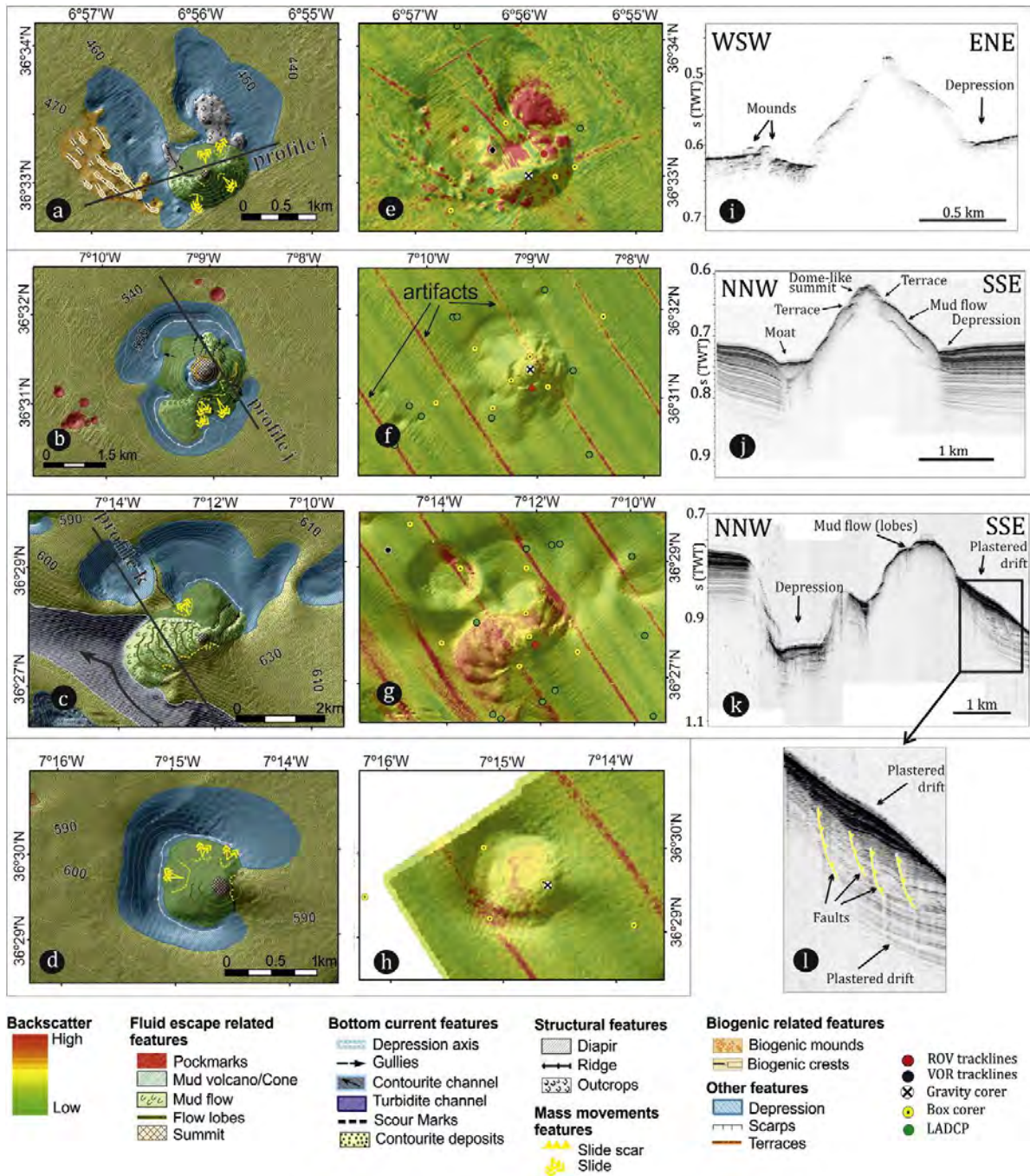


Figura 15. Características morfológicas de volcanes de fango del *Campo Somero de Expulsión de fluidos*: Gazul (a), Anastasya (b), Pipoca (c) y Tarsis (d). Reflectividad obtenida (e–h) y ejemplos de perfiles de sonda paramétrica de alta resolución (TOPAS) (i–l). Extraído de Palomino *et al* (2016).

Tabla 5. Localización y parámetros morfológicos de los principales volcanes de fango (VF), complejos diapiro - volcán de fango (DVF) y diapiros (D) del *Campo Somero* y el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos* del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Las longitudes máximas y mínimas se han medido como los ejes más largo y más corto a lo largo de los edificios. Las alturas se han medido como la distancia desde la menor profundidad de cada edificio hasta el fondo marino adyacente. Extraído de Palomino *et al.* (2016) y Cepeda (2018).

Nombre	Tipo	Campo	Localización	Profund. Max/Min (m)	Longitud (km)	Anchura (km)	Altura (m)	Área (km ²)	Inclinación Max/Min (°)
Gazul	VF	Somero	36° 33,53'N / 6° 55,96'W	470/363	1,12	0,84	107	0,75	0,5/25
Anastasya	VF	Somero	36° 31,34'N / 7° 9,07'W	555/457	2,3	1,8	98	3,26	0,3/23
Pipoca	VF	Somero	36° 27,57'N / 7° 12,15'W	762/503	2,89	1,1	200-115	4,54	0,5/25
Tarsis	VF	Somero	36° 29,29'N / 7° 14,67'W	680-585/550	1,5	0,9	130-35	1,02	0,3/20
Almazán	VF	Profundo	36° 3,14'N / 7° 20,12' W	830/970	1,35	1,15	140	1,55	17/2
St. Petersburg	VF	Profundo	35° 53,84'N / 7° 2,263' W	868/1000	2,1	1,8	132	3,78	15/3
Aveiro	VF	Profundo	35° 52,23'N / 7° 26,24' W	1064/1167	1,19	0,98	103	1,17	16/4
Albolote	DVF	Somero	36° 34,47'N / 6° 52,74'W	386/328	1,25	1,03	58	1,06	0,5/25
Chica	DVF	Somero	36° 22,34'N / 7° 6,87'W	759/652	1,5	1	40	1,9	0,5/30
Geraldine	DVF	Somero	36° 27,19'N / 7° 7,88'W	601/407	7,8	2	194-113	14,6	0,4/38
Hespérides	DVF	Profundo	36° 11,31'N / 7° 18,46' W	672/859	4,5	3	150	13,5	20/8
Cristóbal Colón	D	Somero	36° 33,31'N / 7° 2,81'W	525/389	5,5	2,5	136-65	9,7	0,2/34
Juan Sebastián Elcano	D	Somero	36° 33,97'N / 7° 8,74'W	556/462	3	1,5	94-57	3,8	0,1/16
Enano	D	Somero	36° 28,29'N / 6° 56,52'W	490/458	0,8	0,5	32	0,4	1,5/24
Enmedio	D	Somero	36° 25,18'N / 6° 59,49'W	490/433	2,5	2,3	10	4	0,1/22

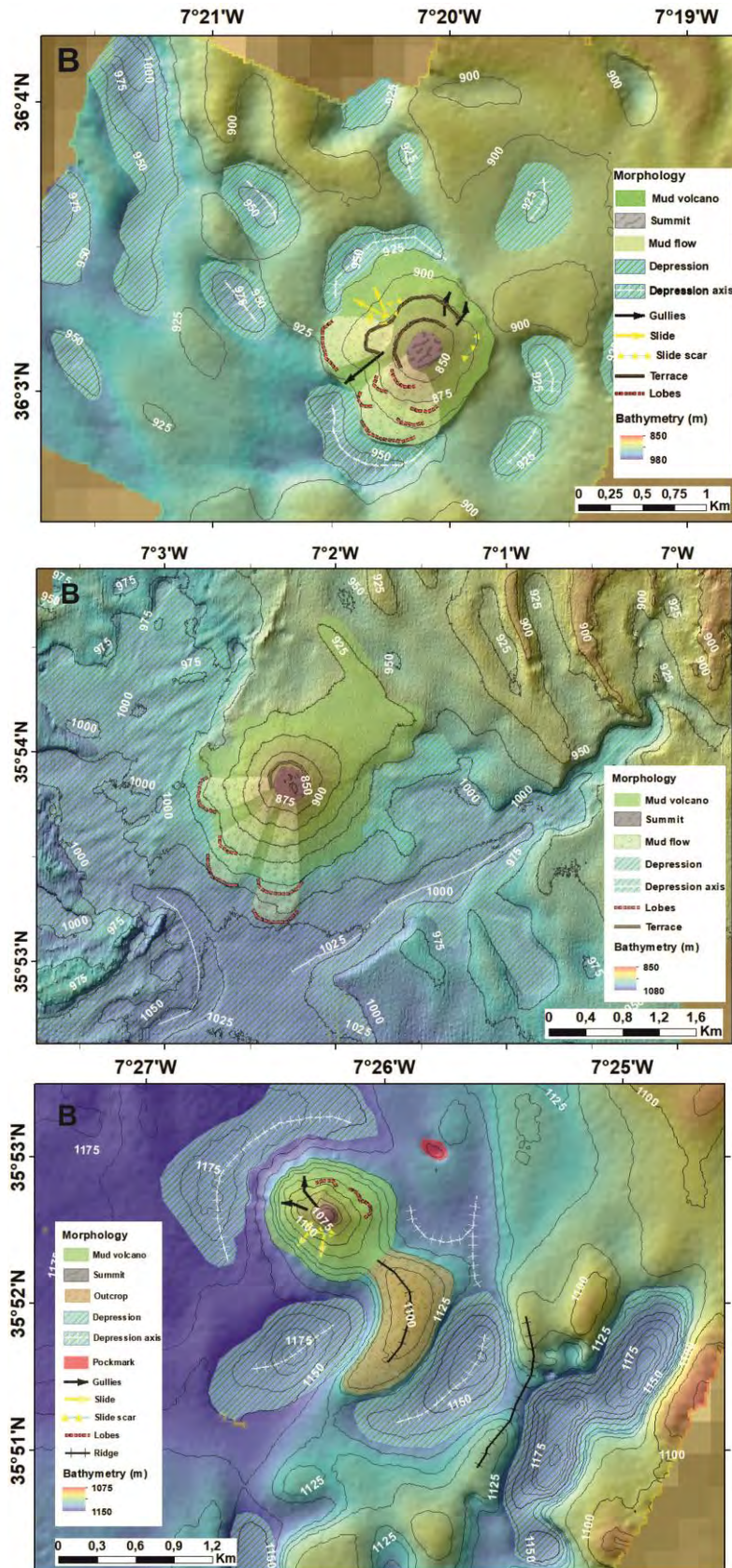


Figura 16. Principales características morfológicas de los volcanes de fango del *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos*: Almazán (arriba), St. Petersburg (medio), Aveiro (abajo). Representación a resolución 15 x 15 m. Extraído de Cepeda (2018).

2) **Complejo diapiro - volcán de fango** (Sin código de la LPRE, siendo el más similar *Estructuras producidas por escape de gases* - LPRE 040201). Al igual que en el caso de los volcanes de fango (VF), los complejos diapiro - volcán de fango (DVF) han sido detectados usando la ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, testigo de gravedad, muestras de box-corer e imágenes submarinas (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Lozano *et al.* 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Los DVF son estructuras de origen diapírico que albergan VF en la superficie, generados como consecuencia de la migración de fluidos a lo largo del cuerpo diapírico, resultando en estructuras de diferentes dimensiones (Tabla 5, Fig. 17).

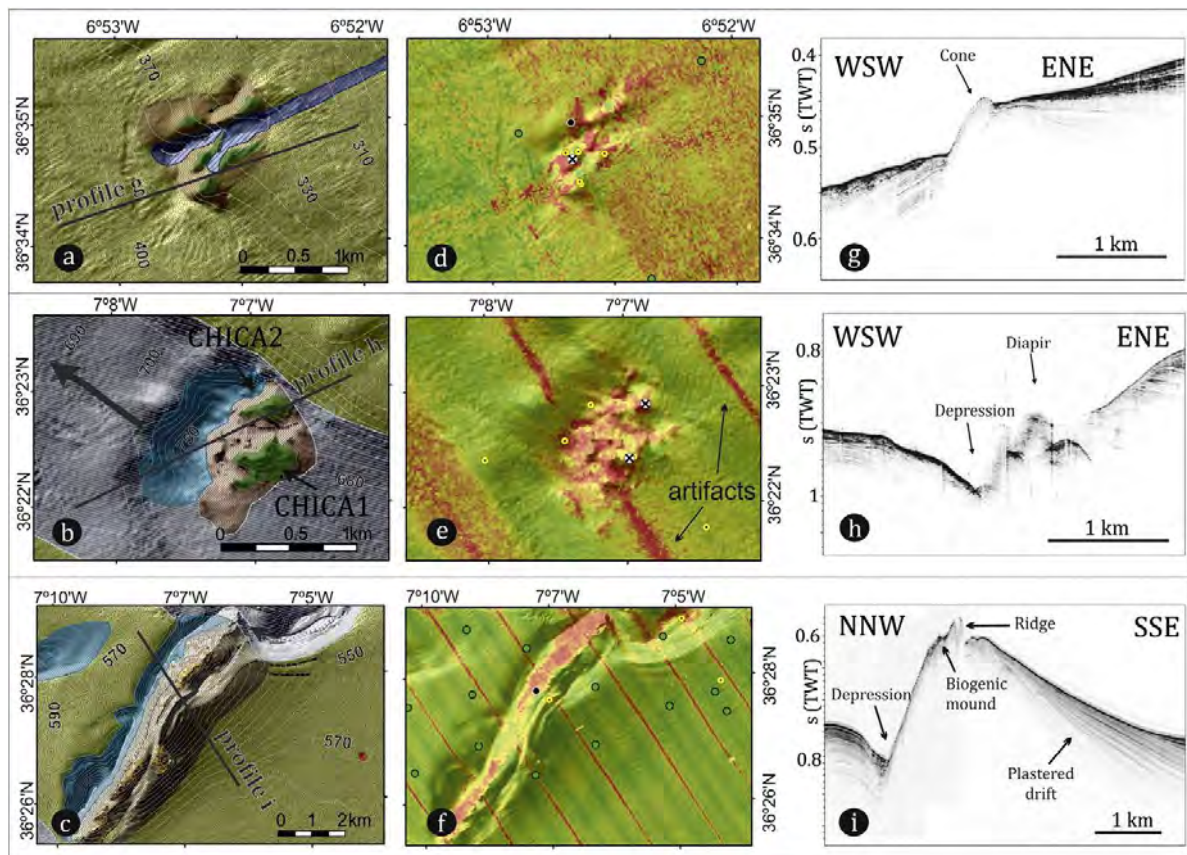


Figura 17. Características morfológicas de algunos complejos diapiro - volcán de fango del *Campo Somero de Expulsión de fluidos*: Albolote (a), Chica (b) y Magallanes (c). Reflectividad obtenida (d–f) y ejemplos de perfiles de sonda paramétrica de alta resolución (TOPAS) (g–i). Extraído de Palomino *et al.* (2016).

En el LIC se han identificado 5 DVF a profundidades entre 328 y 978 m, de las cuales Albolote (la más somera, localizada en la zona de gullies del talud superior, y contiene restos de especies quimiosimbióticas y chimeneas carbonatadas que se relacionan con cierta actividad pasada de expulsión de fluidos), Magallanes (en el tramo central de la Dorsal Diapírica del Guadalquivir y caracterizada por pequeños montículos carbonatados

en su cima, pero sus comunidades han sido poco estudiadas), Chica (localizado en el canal contornítico de Huelva, e influenciado por la alta velocidad que alcanzan en él las corrientes de fondo, pero no se han detectado especies quimiosimbióticas aunque la presencia de carbonatos autigénicos de grandes dimensiones son indicativos de una importante actividad pasada de expulsión de fluidos) (Tabla 5, Fig. 18) se encuentran en el *Campo Somero*, mientras que Geraldine (en el canal contornítico de Cádiz y con abundante presencia de restos de corales de aguas frías), Hespérides (situado a mayor profundidad, y compuesto por un afloramiento diapírico en el que destacan 2 conos volcánicos de 100 m de altura situados al oeste del complejo, y con abundantes especies quimiosimbióticas y carbonatos autigénicos) se encuentra en el *Campo Profundo* (Tabla 5, Fig. 19). Todos los DVF son elevaciones de la superficie del fondo que muestran evidencias de depósitos de brecha fangosa, lo que confirma el carácter de VF de estas estructuras, y contienen a su vez diferentes tipos de hábitats, tanto sedimentarios como de sustratos rocosos.

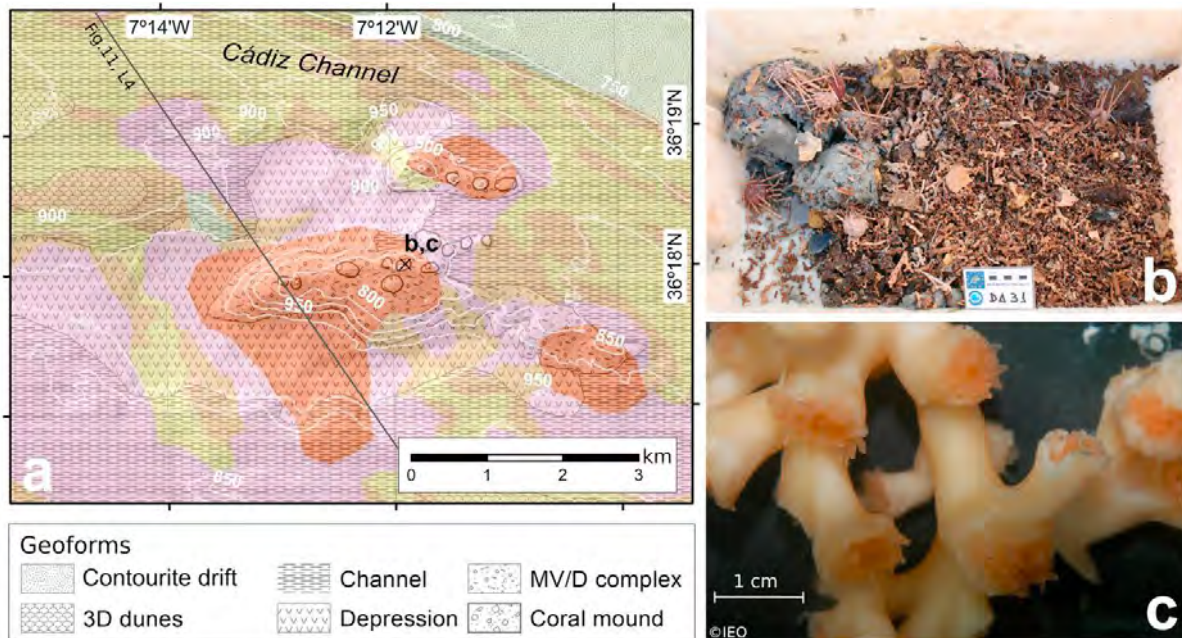


Figura 18. Características morfosedimentarias del complejo diapiro - volcán de fango Geraldine situado en el *Campo Somero de Expulsión de fluidos* (a), muestra de draga con abundantes restos de corales de aguas frías y brecha fangosa (b) y colonias vivas del coral de aguas frías *Desmophyllum pertusum* encontradas en la cima. Extraído de Lozano *et al.* (2020 b).

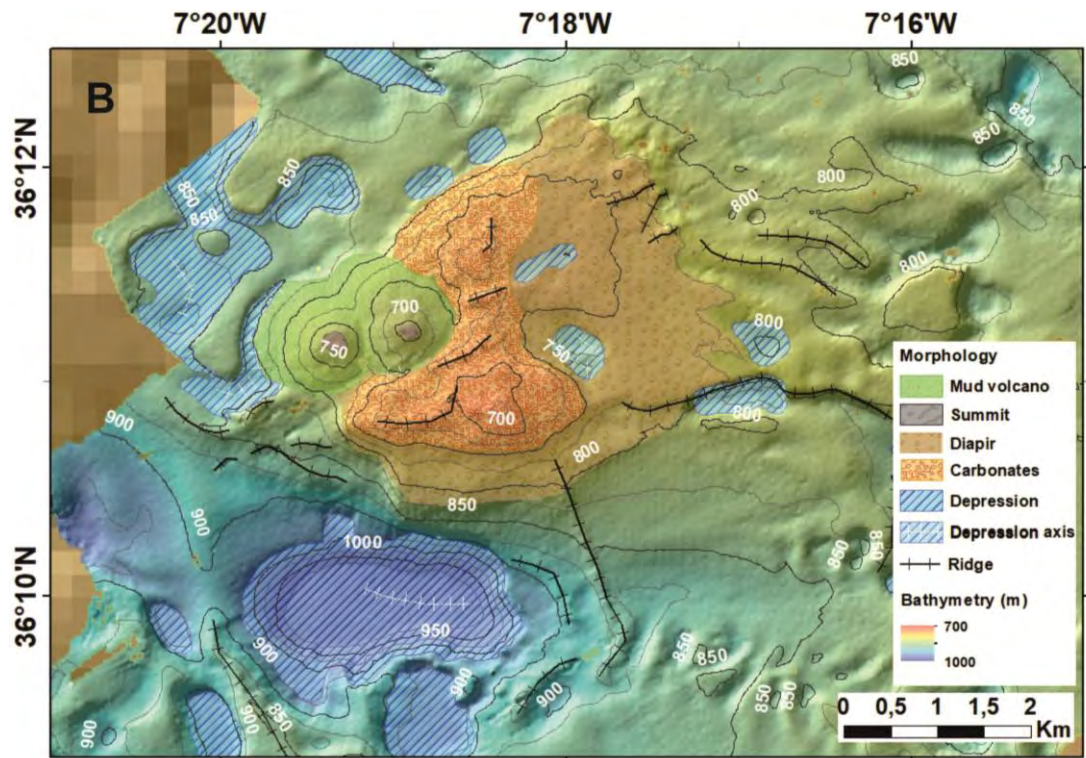


Figura 19. Principales características morfológicas del complejo diapiro - volcán de fango Hespérides situado en el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos*. Representación a resolución 15 x 15 m. Extraído de Cepeda (2018).

3) **Diapiro** (Sin código de la LPRE, siendo el más similar *Estructuras producidas por escape de gases* - LPRE 040201). Los diapiros han sido detectados usando la ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, muestras de box-corer e imágenes submarinas (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Lozano *et al.* 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Se han detectado 4 Diapiros aislados a profundidades entre 388 y 751 m, conocidos como Juan Sebastián Elcano, Cristóbal Colón, Enano y En medio (Tabla 5, Fig. 20). El Diapiro Cristóbal Colón se localiza en la parte más septentrional de la Dorsal Diapírica del Guadalquivir. La superficie de su cima está caracterizada por montículos carbonatados que tienen una altura media de 10 m y presentan altos valores de reflectividad. Por el contrario, el Diapiro Enano se localiza en el extremo más septentrional de la Dorsal Diapírica de Cádiz, sobre el flanco oeste del canal contornítico Tofiño. Por su parte, el Diapiro Enmedio se localiza en la parte central de la Dorsal de Cádiz, entre los canales contorníticos Gusano y de Huelva. En general estos diapiros no han podido ser explorados tan exhaustivamente como los VF y los DVF, y no se han observado hasta la fecha indicios de especies quimiosimbióticas, tanto en estado vivo como restos de las mismas. Sin embargo, se ha detectado la presencia de otros hábitats vinculados con la DH, principalmente el Hábitat 1170. Se hace necesario incrementar el conocimiento de estas estructuras-hábitats en el marco de futuras campañas de exploración.

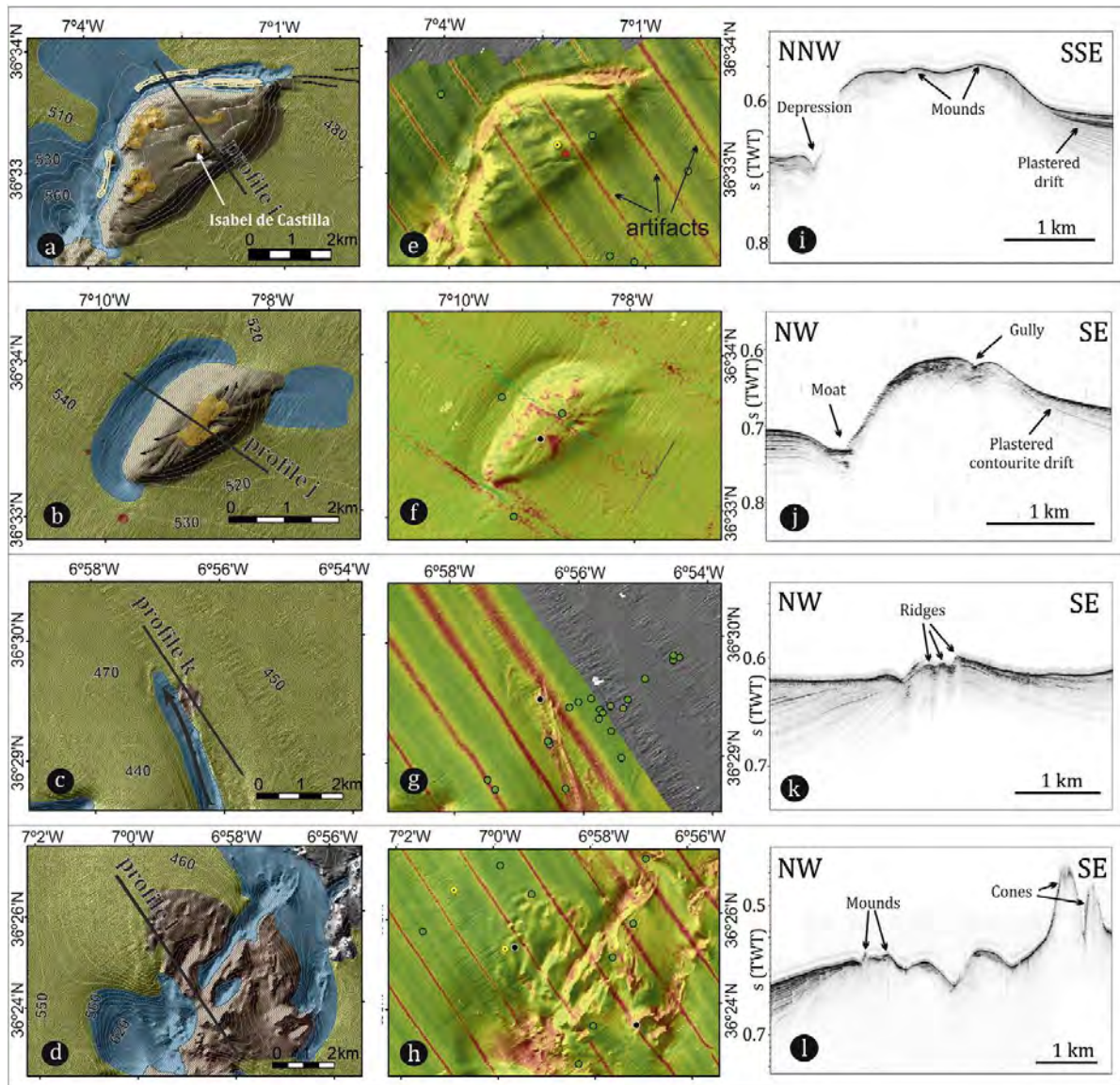


Figura 20. Características morfológicas de algunos diapiros del *Campo Somero de Expulsión de fluidos*: Cristóbal Colón (a), Juan Sebastián Elcano (b), Enano (c) y Enmedio (d). Reflectividad obtenida (e-h) y ejemplos de perfiles de sonda paramétrica de alta resolución (TOPAS) (i-l). Extraído de Palomino *et al* (2016).

4) **Dorsal Diapírica** (Sin código de la LPRE, siendo el más similar *Estructuras producidas por escape de gases* - LPRE 040201). Al igual que en los casos anteriores, han sido detectados usando la ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, muestras de draga de roca e imágenes submarinas (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Lozano *et al.* 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Las dorsales diapíricas se han descrito detalladamente en los últimos años en función de sus características morfológicas y morfosedimentarias en Palomino *et al.*, (2016) y Lozano *et al.*, (2020a,b), diferenciándose tres dorsales a profundidades entre los 314 y 878 m, conocidas como Dorsal Diapírica de Cádiz, Dorsal Diapírica del Guadalquivir y Dorsal Diapírica del Guadiana, que en planta se muestran alineadas presentando morfologías escarpadas e irregulares y extendiéndose unos 30 km en longitud principalmente en dirección NE-SO.

La Dorsal Diapírica de Cádiz es la más oriental, a profundidades entre los 450 y 800 m y contiene a los Diapiros Enano y Enmedio (Fig. 21 y 22). Su morfología es irregular, compuesta por pequeñas dorsales alargadas en una dirección NNO-SSE y tiene una forma alargada con flancos irregulares, alcanzando una longitud de 400 m. El sustrato observado en las imágenes submarinas en la superficie de estas dorsales es muy homogéneo y está formado por sustratos carbonatados como costras (similar a lo descrito como *cap-rock*) en forma de enlosados, que ocupan la mayor parte del fondo marino.

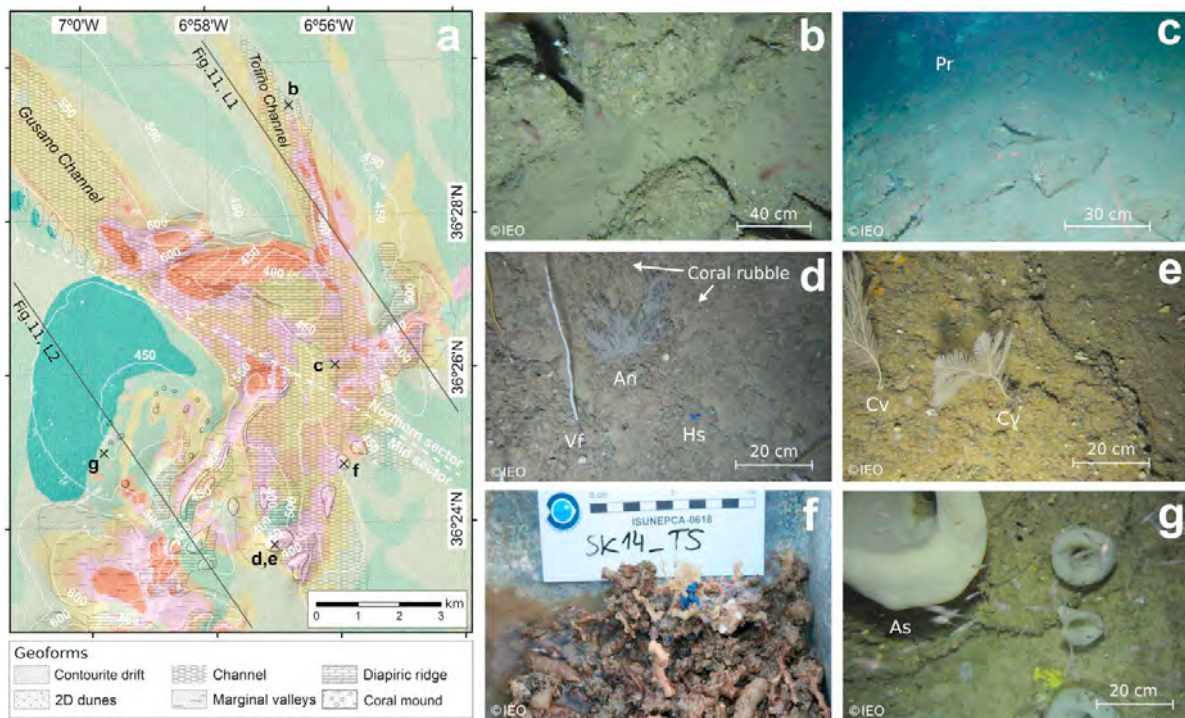


Figura 21. Características morfosedimentarias del sector norte de la Dorsal Diapírica de Cádiz en el *Campo Somero de Expulsión de fluidos* (a), en la que abundan sustratos duros carbonatados (posiblemente carbonatos autígenicos o fragmentos de *cap-rock*) (b-c), restos de corales de aguas frías (d y f), así como agregaciones de gorgonias y esponjas. Pr: *Phakellia robusta*; Vf: *Viminella flagellum*; An: *Antipathella subpinnata*; Hs: *Hymedesmia* sp.; Cv: *Callogorgia verticillata*; As: *Asconema setubalense*. Extraído de Lozano et al. (2020 b)

La Dorsal Diapírica de Guadalquivir se encuentra a unos 12 km al oeste de la Dorsal Diapírica de Cádiz, se extiende entre los 460 y 880 m de profundidad y contiene el Diapiro Cristóbal Colón y el DVF Geraldine (Fig. 23). Además, se han observado varias elevaciones en la cima, relativamente agrupadas en el límite noreste y noroeste de la dorsal, que se caracterizan por tener valores de reflectividad más elevados que las zonas circundantes y que son similares a los montículos carbonatados prospectados en el Diapiro Cristóbal Colón. El flanco noroeste tiene una elevada pendiente (más de 20°) y termina en una depresión subparalela al complejo que alcanza 100 m de profundidad en la zona más profunda situada en su sector suroeste.

Por otra parte, la Dorsal Diapírica de Gadiana se encuentra a unos 5 km al oeste de la Dorsal de Guadalquivir, y se extiende hacia el SO, en su mayor parte enterrada, fuera del

área de estudio del LIC aunque en su extremo más septentrional se encuentra el Diapiro Juan Sebastián Elcano, a unos 556 m de profundidad. La cima se caracteriza por la presencia de pequeños montículos carbonatados similares a los descritos anteriormente.

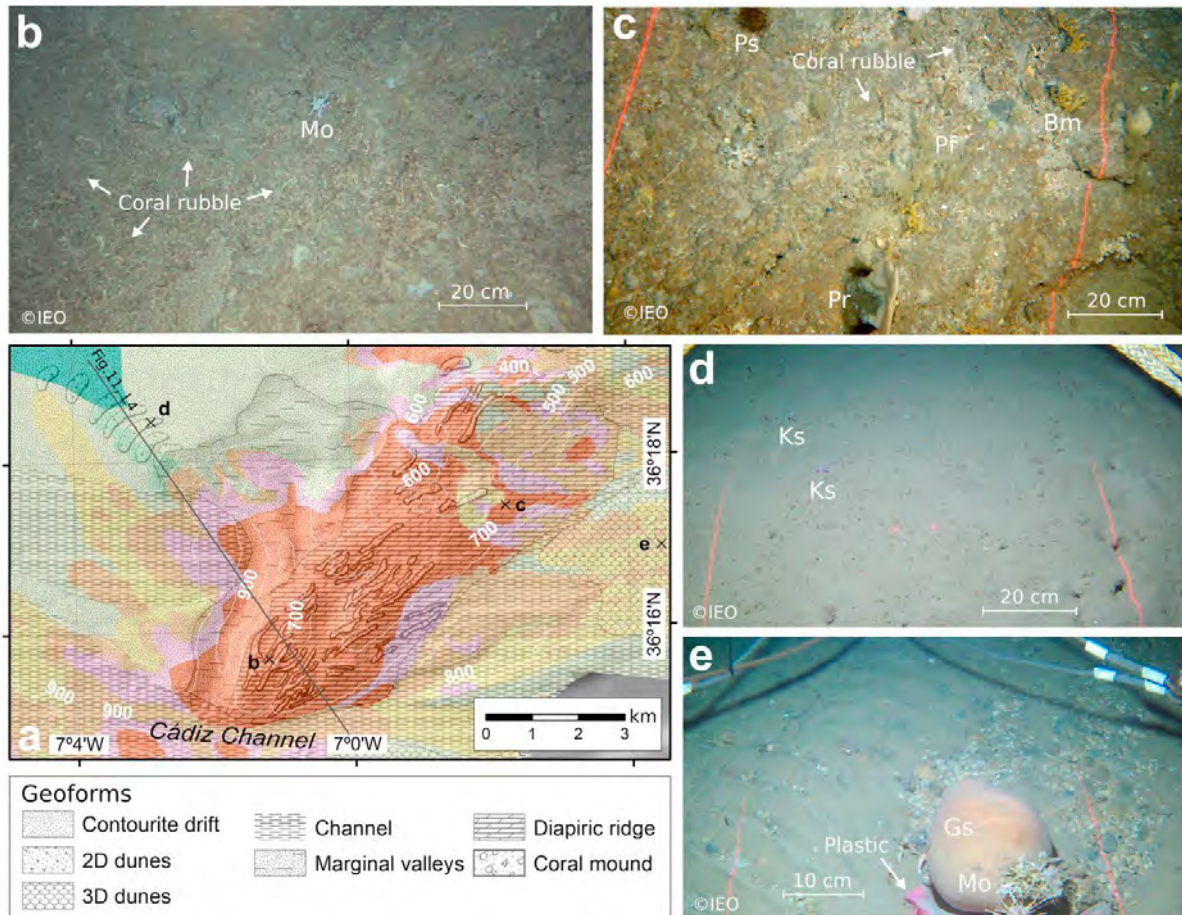


Figura 22. Características morfosedimentarias del sector sur de la Dorsal Diapírica de Cádiz en el *Campo Somero de Expulsión de fluidos* (a), en la que también abundan sustratos duros carbonatados (posiblemente carbonatos autigénicos o fragmentos de *cap-rock*) (b-c), restos y colonias dispersas de corales de aguas frías, así como agregaciones de gorgonias y esponjas (b-c), lo cual alterna con los fondos adyacentes con hábitats sedimentarios (d-e). Mo: *Madrepora oculata*; Pr: *Phakellia robusta*; Ps: *Porella* sp.; Bm: *Bebryce mollis*; Pf: *Polyplumaria flabellata*; Gs: *Geodia* sp.; Cs: *Cladocroce spathiformis*; Ks: *Kophobelemnon stelliferum*. Extraído de Lozano et al. (2020 b).

En general, las dorsales diapíricas tampoco han podido ser exploradas tan exhaustivamente como los VF y los DVF, y no se han detectado hasta la fecha indicios de especies quimiosimbióticas, tanto en estado vivo como restos de las mismas. Sin embargo, se ha observado la presencia de otros hábitats vinculados con la DH, principalmente el Hábitat 1170. Se hace necesario incrementar el conocimiento de estas estructuras-hábitats en el marco de futuras campañas de exploración.

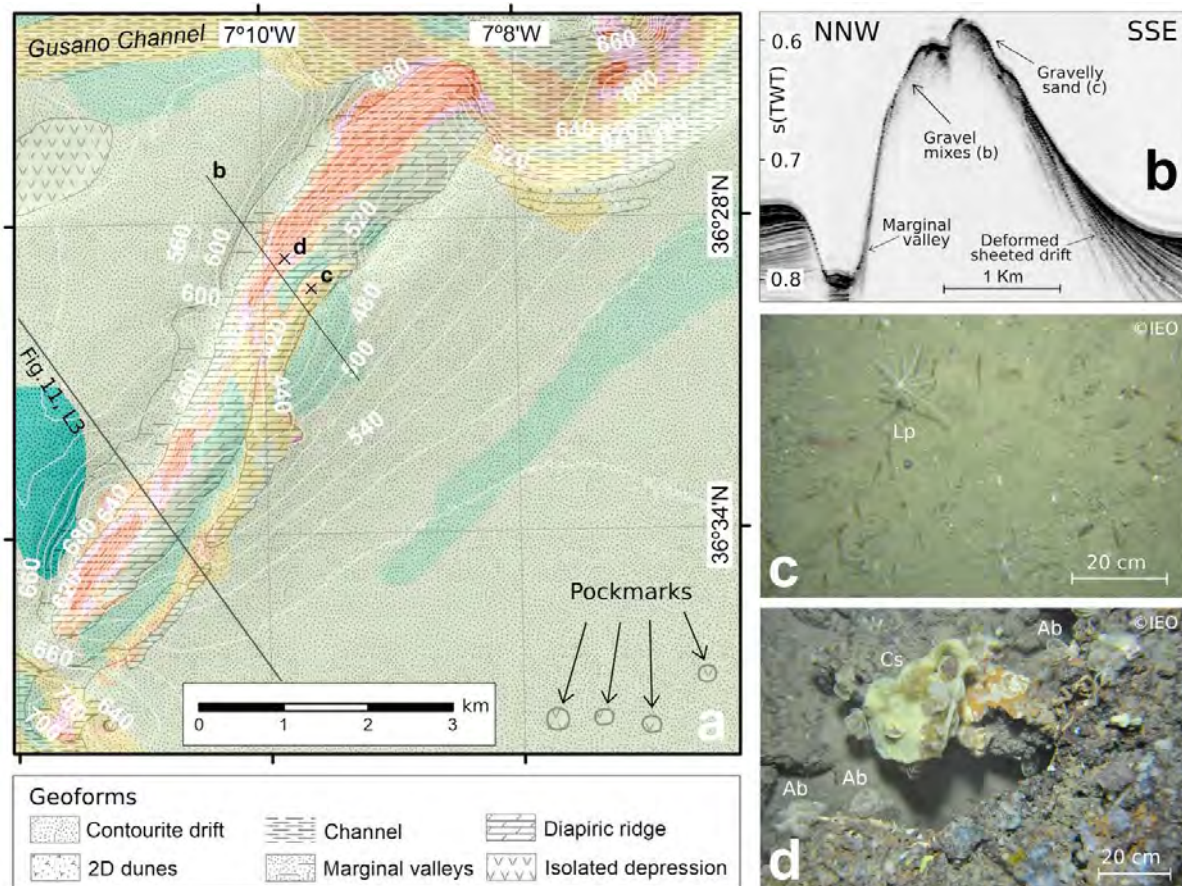


Figura 23. Características morfosedimentarias y perfil sísmico del sector central de la Dorsal Diapírica de Guadalquivir en el *Campo Somero de Expulsión de fluidos* (a,b), en la que predominan hábitats sedimentarios con crinoideos en el flanco oriental (c), los cuales se alternan con zonas con sustratos duros carbonatados (posiblemente carbonatos autigénicos o fragmentos de *cap-rock*) con esponjas, pequeñas gorgonias y crinoideos (d). Lp: *Leptometra phalangium*; Cs: *Cladocroce spathiformis*; Ab: *Antedon bifida*. Extraído de Lozano *et al.* (2020 b)

5) **Pockmark** (LPRE 04020101). Se han detectado mediante la ecosonda multihaz y la sonda paramétrica TOPAS (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Lozano *et al.* 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). Se han documentado dos campos de Pockmarks en el *Campo Somero* a profundidades entre los 538 y 598 m, uno con 8 pockmarks localizado entre la Dorsal Diapírica de Cádiz y la de Guadalquivir, al norte del canal de Huelva, y un segundo campo alrededor del VF Anastasya con 11 pockmarks (Fig. 24). Los pockmarks se forman debido a la expulsión rápida de fluidos, lo cual a veces se ve favorecido por la presencia de fallas que canalizan dichos fluidos (Fig. 24). En general, los pockmarks tampoco han podido ser explorados tan exhaustivamente como los VF y los DVF, y se desconoce la presencia de especies quimiosimbióticas, tanto en estado vivo como restos de las mismas. Se hace necesario incrementar el conocimiento de estas estructuras-hábitats en el marco de futuras campañas de exploración.

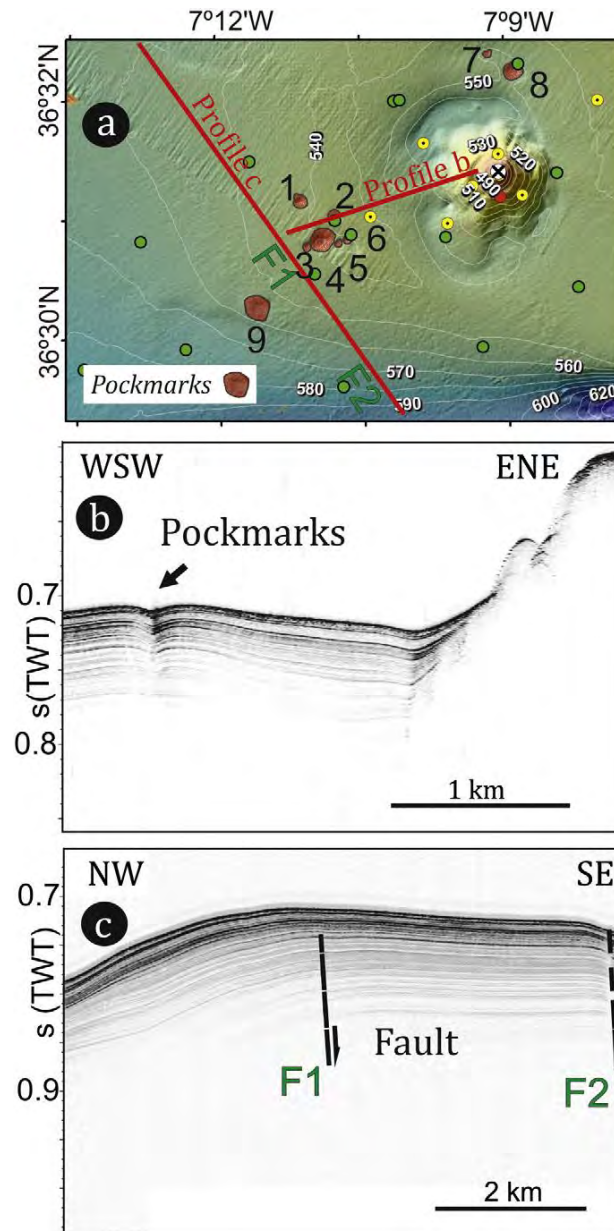


Figura 24. Detalles de pockmarks localizados al sur oeste del volcán de fango Anastasya. Extraído de Palomino *et al.* (2016).

6) **Depresiones de colapso** (Sin código de la LPRE, siendo el más similar *Estructuras producidas por escape de gases* - LPRE 040201). Al igual que en los casos anteriores, han sido detectados usando la ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, muestras de box-corer e imágenes submarinas a profundidades entre 434 y 1055 m (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Lozano *et al.* 2020 a,b; Fernández-Salas *et al.*, 2021). En ocasiones, los VF se encuentran rodeados en su base por depresiones, que pueden estar formadas por procesos de colapso, debido a escapes de fluido activos y bajo la influencia de las corrientes profundas (ej. Tarsis, Aveiro) (Fig. 25). Una de las depresiones de colapso más acusadas se encuentra al sur del DVF Hespérides, la cual tiene 2 kilómetros de largo y 20 metros de profundidad.

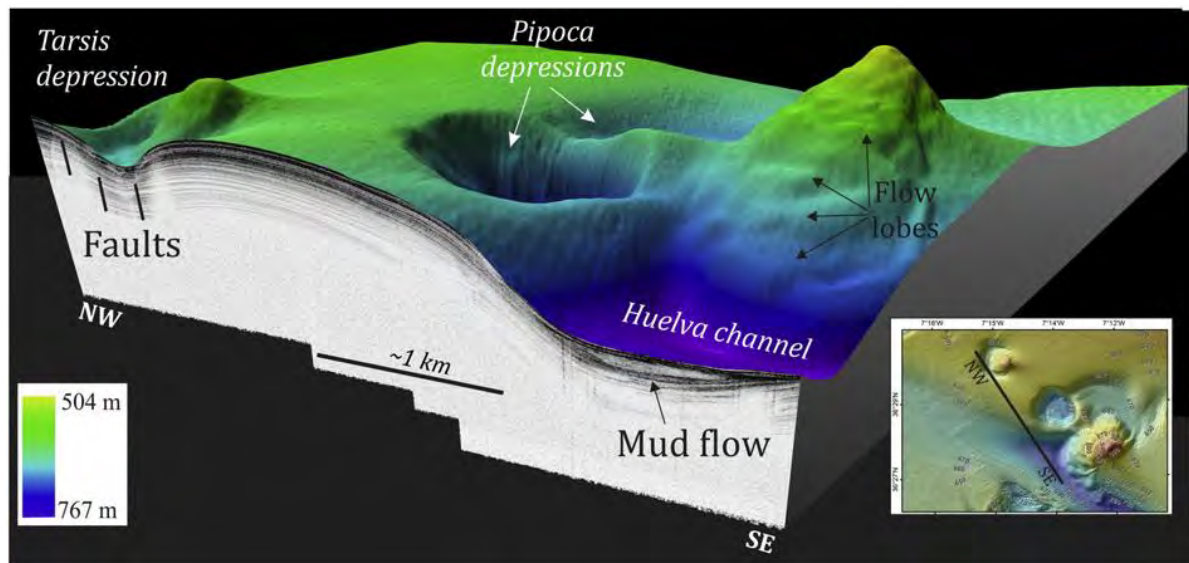


Figura 25. Representación tridimensional y perfil sísmico donde se muestran depresiones de colapso de los volcanes de fango Tarsis y Pipoca. Extraído de Palomino *et al.* (2016).

7) **Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas** (LPRE 04020103). Es uno de los hábitats más restrictivos y singulares, y se ha detectado principalmente en las cimas de algunos VF y DVF, mediante la combinación de Ecosonda multihaz, sonda paramétrica TOPAS, muestra box-corer e imágenes submarinas a profundidades entre 363 y 1123 m. En el *Campo Somero* sólo se ha detectado en las cimas de los VF Gazul, Anastasya, Pipoca y Tarsis, mientras que en el *Campo Profundo* este hábitat se localiza tanto en los VF Almazan, St. Petesburg y Aveiro, como en el DVF Hespérides (Tabla 6, Fig. 26 y 27). Este hábitat abarca una superficie estimada de 108 ha y está generalmente estructurado por tapetes de bacterias filamentosas, que alcanzan hasta los 40 cm de diámetro, mostrando una cobertura a parches (en muchos casos 20%) y en muchas ocasiones entremezclado por especies típicas de fondos blandos batiales como pennatuláceos (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Rueda *et al.*, 2012b, 2016, 2022; Lozano *et al.* 2020 a,b) (Fig. 26). Las comunidades con especies quimiosimbióticas están bien representadas, pudiendo alcanzar hasta los 96000 ind. m⁻² en el caso de los poliquetos frenulados del género *Siboglinum*, hasta los 132 ind. m⁻² para el raro camarón fantasma *Calliax lobata* y 66,7 ind. m⁻² para diferentes bivalvos quimiosimbióticos (*Solemya elarraichensis*, *Lucinoma asapheus*) (Rueda *et al.* 2012b; Palomino *et al.* 2016; García Raso *et al.* 2019) (Fig. 28 y 29). Otras especies de bivalvos con quimiosimbiontes y que son típicos de estos hábitats son *Acharax gadirae* (especie similar a *S. elarraichensis* pero localizado a mayor profundidad) y *Thyasira vulcolutre* (sólo encontrada en el VF St. Petersburg). Los VF donde se ha detectado la mayor complejidad y densidad de especies quimiosimbióticas son en Anastasya, St. Petersburg y Aveiro (Tabla 6), no obstante en otros VF se muestran restos de comunidades quimiosintéticas complejas que contienen

especies no encontradas todavía vivas (ej. *Bathymodiolus (Gigantidas) mauritanicus* en Almazán). Todas estas especies representan endemismos del golfo de Cádiz cuyas únicas poblaciones conocidas para aguas españolas se encuentran en el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” (Rueda *et al.*, 2012b). Una excepción es el raro camarón fantasma *C. lobata*, el cual curiosamente ha sido detectado también en campos de pockmarks del Mediterráneo Central (Gela Basin) (Taviani *et al.*, 2013). Por otro lado, estas especies presentan una productividad y biomasa excepcionalmente alta comparada con los fangos batiales adyacentes sin emisiones (López *et al.*, en preparación).

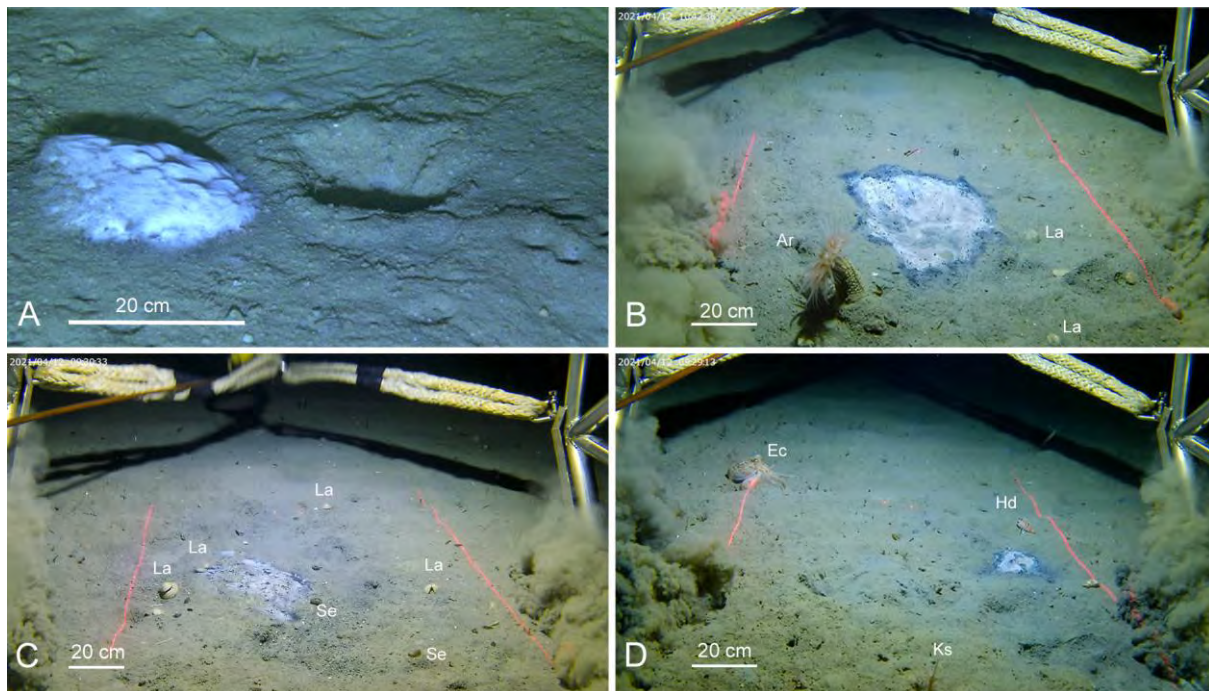


Figura 26. Imágenes submarinas del hábitat *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas* (LPRE 04020103), en las que generalmente se detectan tapetes bacterianos de diferentes tamaños y, posiblemente especies bacterianas, así como restos de especies quimiosimbióticas, fundamentalmente los bivalvos *Lucinoma asapheus* (La) y *Solemya elarraichensis* (Se). Algunas especies acompañantes son típicas de hábitats sedimentarios batiales como la actinia *Actinauge richardi* (Ar), el pennatuláceo *Kophobelemnon stelliferum* (Ks), el pulpo *Eledone cirrhosa* (Ec) o la gallineta *Helicolenus dactylopterus* (Hd).

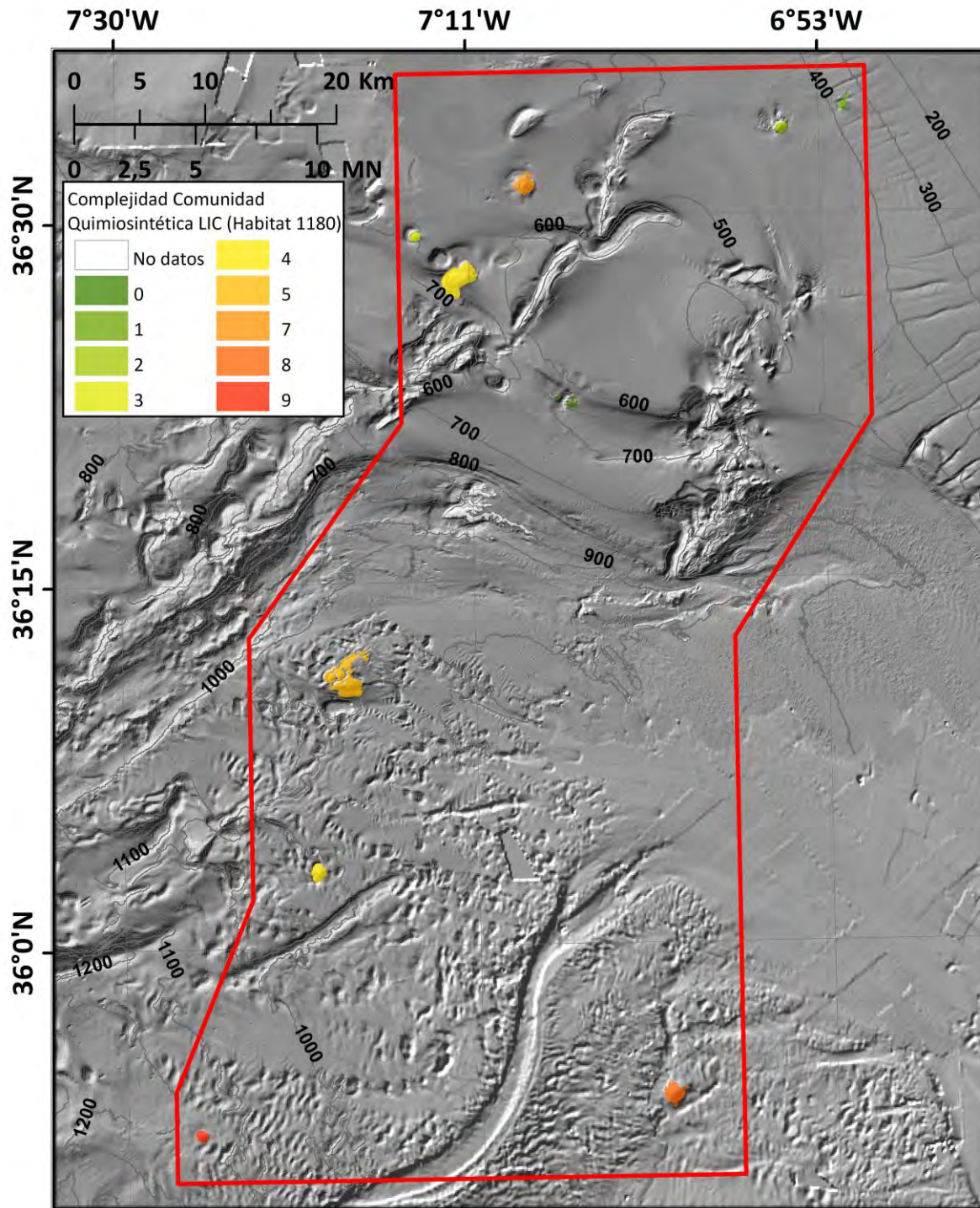


Figura 27. Complejidad de la comunidad quimiosintética en diferentes volcanes de fango y complejo diapiro - volcán de fango del Campo Somero y el Campo Profundo de Expulsión de Fluidos del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Complejidad de la comunidad quimiosintética basada en los criterios de la Tabla 2 (Adaptado de Rueda *et al.*, 2012 a,b, 2022; Palomino *et al.*, 2016, en revisión).

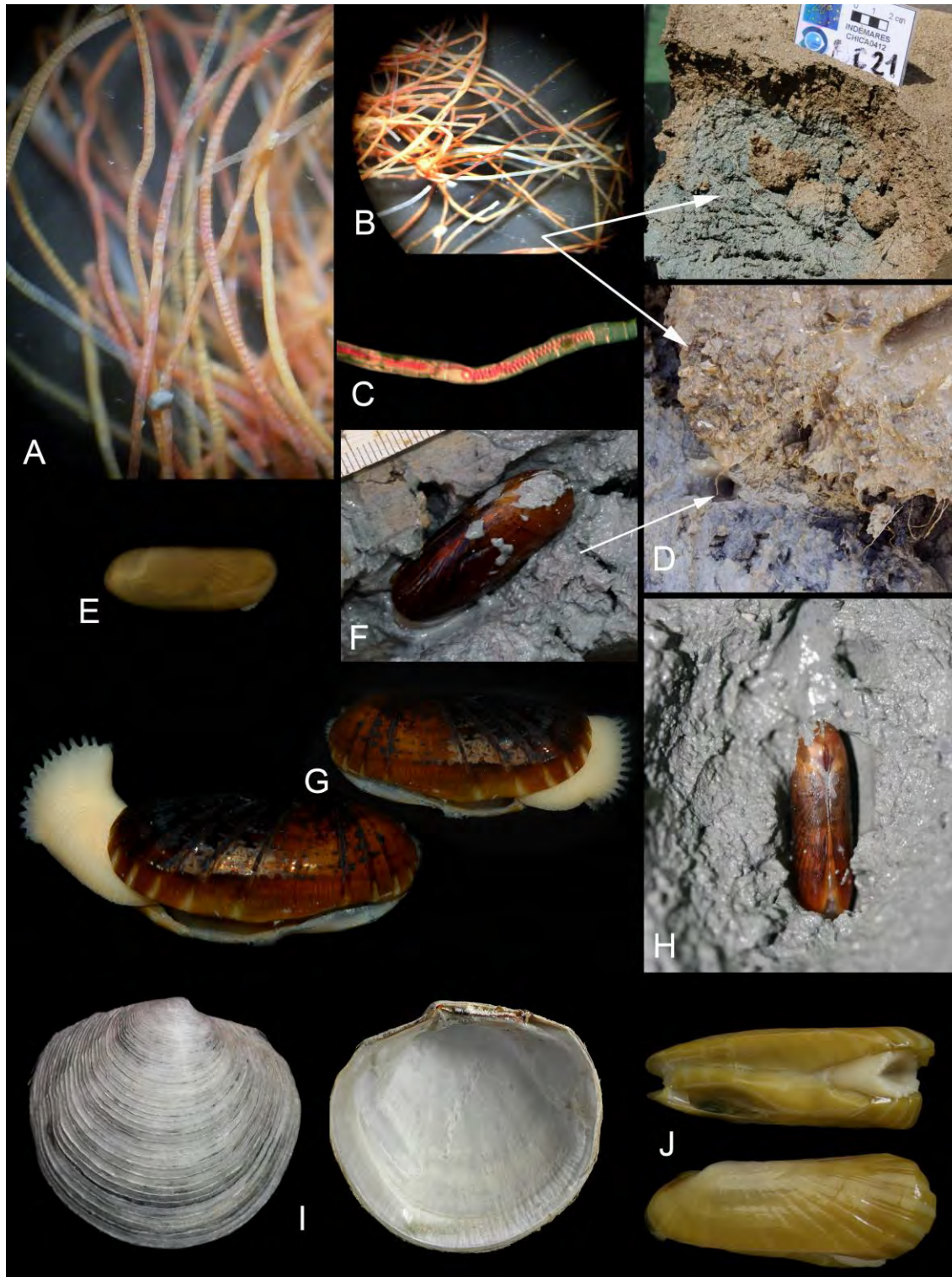


Figura 28. Algunas especies estructurantes del hábitat *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas* presente en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". A-D: Detalles del poliqueto frenulado *Siboglinum* sp. bajo la lupa binocular (A-C) y en sedimentos recolectados de la cima del volcán de fango Aveiro (D abajo) y el complejo diapiro - volcán de fango Hespérides (D arriba); E-H: Detalles de ejemplares juveniles (E) y adultos (G) del bivalvo *Solemya elarraichensis* en el laboratorio, así como en sus galerías (anotada con flecha en D) dentro del sedimento recolectado de la cima de los volcanes de fango Aveiro (F) y Anastasya (H); I: Detalle del bivalvo *Lucinoma asapeus* y J: Detalle del bivalvo *Acharax gadirae*.

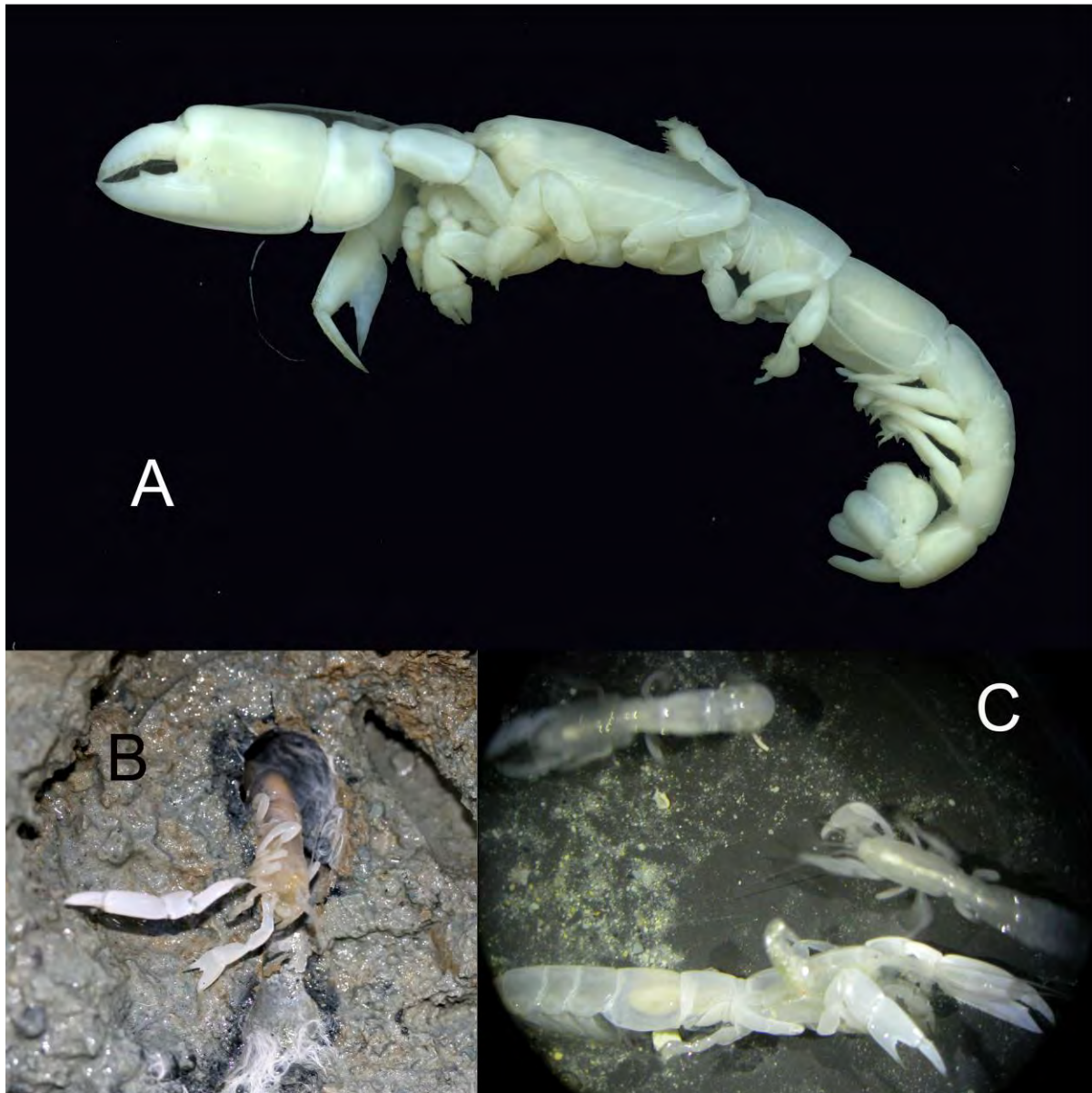


Figura 29. Especies estructurantes del hábitat *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas* presente en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". A: Vista general del crustáceo decápodo *Calliax lobata*; B: Especimen abandonando su galería cubierta de tapetes bacterianos; C: grupo de tres individuos recién recolectados en sedimentos de la cima del volcán de fango Anastasya y vistos bajo la lupa binocular

Tabla 6. Composición, estructura y complejidad de la comunidad quimiosintética, con anotaciones sobre la paleocomunidad quimiosintética en diferentes volcanes de fango (VF) y complejo diapiro - volcán de fango (DVF) del *Campo Somero* y el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos* del LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”. Complejidad de la comunidad quimiosintética basada en los criterios de la Tabla 2 (Adaptado de Rueda *et al.*, 2012 a,b, 2022; Palomino *et al.*, 2016, en revisión).

Nombre	Tipo	Campo de Expulsión de Fluidos	Composición comunidad quimiosintética	Estructura comunidad quimiosintética	Paleocomunidad quimiosintética	Complejidad comunidad quimiosintética Hábitat 1180 (Score)
Gazul	VF	Somero	<i>Siboglinum</i> sp.	11 indiv. m ⁻²	Restos de <i>Lucinoma asapheus</i>	2
Anastasya	VF	Somero	Tapetes bacterianos <i>Siboglinum</i> sp. <i>L. asapheus</i> <i>Solemya elarraichensis</i> <i>Calliax lobata</i>	3-4 tapetes. m ⁻² 33,3 -264 indiv. m ⁻² 22 indiv. m ⁻² 22,2 - 154 indiv. m ⁻² 33,3-132 indiv. m ⁻²	Restos de <i>L. asapheus</i> , <i>S. elarraichensis</i> y <i>C. lobata</i>	7
Pipoca	VF	Somero	<i>Siboglinum</i> sp. <i>C. lobata</i>	77 indiv. m ⁻² 44 indiv. m ⁻²	Restos de <i>L. asapheus</i> y <i>C. lobata</i>	4
Tarsis	VF	Somero	Tapetes bacterianos <i>Siboglinum</i> sp. <i>C. lobata</i>	<1 tapete . m ⁻² 11 indiv. m ⁻² 11 indiv. m ⁻²	Restos de <i>C. lobata</i>	3
Almazán	VF	Profundo	<i>Siboglinum</i> sp. <i>S. elarraichensis</i>	77,7 – 177,7 indiv. m ⁻² 22,2 indiv. m ⁻²	Restos de <i>L. asapheus</i> , <i>S. elarraichensis</i> , <i>Bathymodiolus (Gigantidas) mauritanicus</i> e <i>Isorropodon</i> sp.	4
St. Petersburg	VF	Profundo	Tapetes bacterianos <i>Siboglinum</i> sp. <i>S. elarraichensis</i> <i>Thyasira vulcolutre</i>	<1 tapete. m ⁻² 9510 indiv. m ⁻² 22,2 indiv. m ⁻² 11,1 indiv. m ⁻²	Restos de <i>S. elarraichensis</i> , <i>T. vulcolutre</i> e <i>Isorropodon</i> sp.	8

Nombre	Tipo	Campo de Expulsión de Fluidos	Composición comunidad quimiosintética	Estructura comunidad quimiosintética	Paleocomunidad quimiosintética	Complejidad comunidad quimiosintética Hábitat 1180 (Score)
Aveiro	VF	Profundo	Tapetes bacterianos <i>Siboglinum</i> sp. <i>S. elarraichensis</i> <i>Acharax gadirae</i>	<1 tapete. m ⁻² 165 – 96135 indiv. m ⁻² 11,1 indiv. m ⁻² 1 indiv. m ⁻²	Restos de <i>S. elarraichensis</i> y <i>A. gadirae</i>	9
Albolote	DVF	Somero	No detectado	No detectado	Restos de <i>L. asapheus</i>	1
Chica	DVF	Somero	No detectado	No detectado	No detectado	0
Geraldine	DVF	Somero	No detectado	No detectado	No detectado	0
Hespérides	DVF	Profundo	<i>Siboglinum</i> sp. <i>S. elarraichensis</i>	100 – 6366,7 indiv. m ⁻² 11,1 indiv. m ⁻²	Restos de <i>S. elarraichensis</i>	5

8) Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético (LPRE 04020102). Este tipo de hábitat ha sido detectado usando la ecosonda multihaz, muestras de draga de roca e imágenes submarinas a profundidades entre 314 y 1052 m (Palomino *et al.* 2016, en revisión; Lozano *et al.* 2020 a,b; Urra *et al.*, 2021; Fernández-Salas *et al.*, 2021). En el *Campo Somero* se encuentra este tipo de hábitat conformado por enlosados, costras y chimeneas en los VF Gazul y Pipoca, y en menor medida en Anastasya y Tarsis, así como en los DVF Albolote y Chica (Fig. 30). En el *Campo Profundo* se encuentran representados también por enlosados, chimeneas y costras, formando extensos campos en la cima de los principales conos volcánicos del DVF Hespérides, así como sobre los montículos localizados más al sur y en los valles existentes entre en los edificios volcánicos del complejo. También se encuentran en la cima y flanco SO del VF Almazán. Además se han detectado este tipo de sustratos carbonatados en numerosas zonas de las Dorsales Diapíricas de Guadalquivir y Cádiz, así como en algunos diapiros aislados. Estas estructuras carbonatadas inducen a su vez la presencia de otros hábitats vinculados con la DH, principalmente el Hábitat 1170.

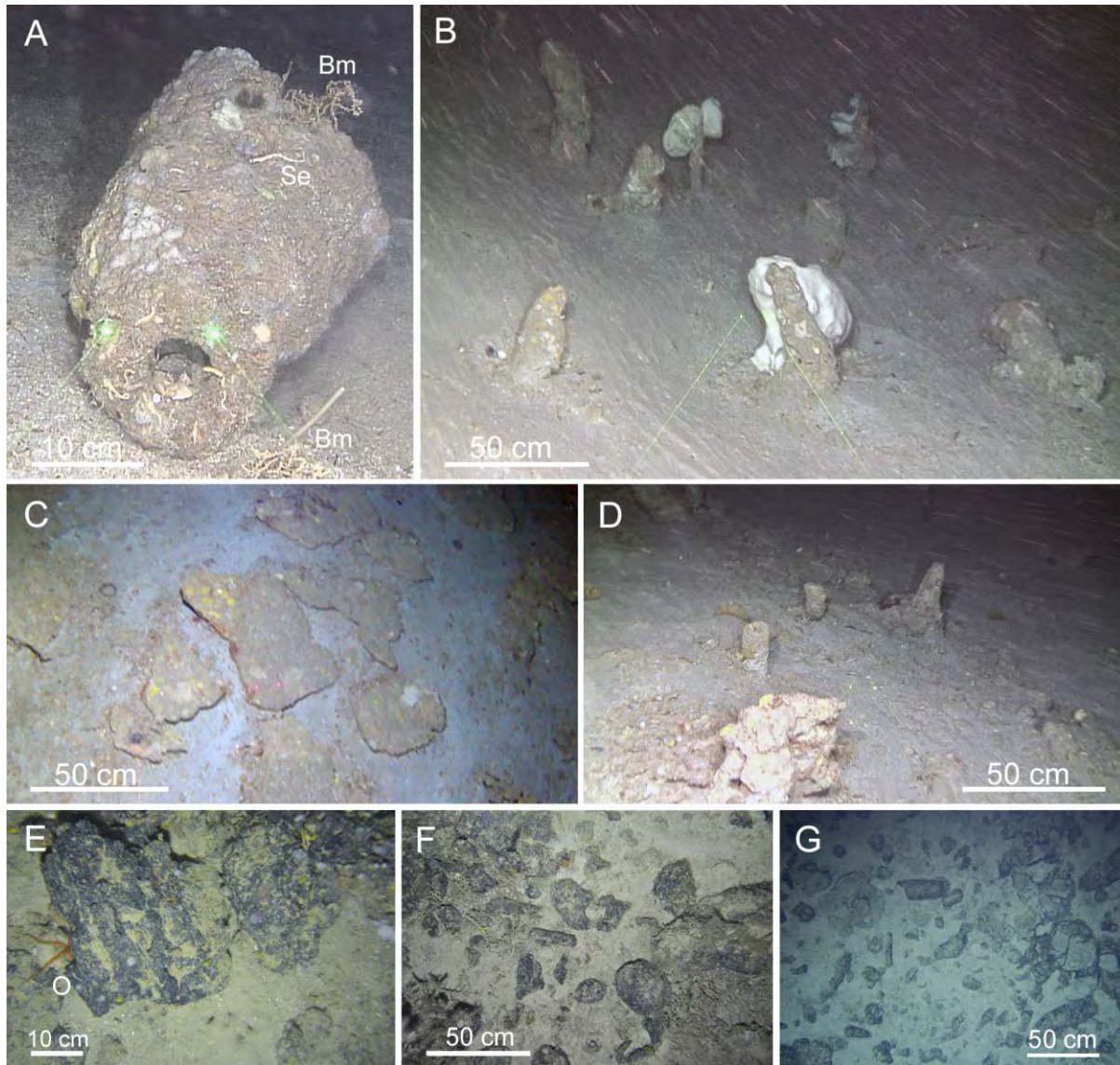


Figura 30. Imágenes submarinas del hábitat *Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético* (LPRE 04020102), en las que se ven ejemplos de diferentes tipos de carbonatos autigénicos derivados del metano (*Methane-derived authigenic carbonates*) como chimeneas (A-B, D, F y G), incluyendo algunas en posición vertical (B y D), así como enlosados y costras (C, E-G). Estos sustratos duros ofrecen soporte y cobijo para especies formadoras y estructurantes de hábitats como son la pequeña gorgonia *Bebryce mollis* (Bm), diferentes especies de esponjas masivas, y equinodermos como *Ophiothrix* sp. (O), además de otras especies asociadas como poliquetos tubícolas (Se)

5.1.2. Hábitats vinculados al Hábitat 1170 "Arrecifes" y 1110 "Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda" de la Directiva Hábitat y otros hábitats no vinculados a directivas y convenios

Tal y como se ha comentado anteriormente, se han detectado 12 hábitats vinculados al Hábitat 1170 de la DH (8 sobre substratos rocosos y 4 sobre fondos sedimentarios). Estos 12 hábitats han sido detectados y caracterizados con los transectos de imágenes submarinas. Sin embargo en las muestras de beam-trawl solo se han detectado 9 de ellos. (Tabla 3). En referencia al Hábitat 1110 de la DH se han detectado 4 hábitats, de los cuales 2 (1 no detectado con las imágenes submarinas) se obtuvo con las muestras de beam-trawl y 3 con las imágenes submarinas (1 no detectado con beam-trawl) (Tabla 3). Finalmente, se han encontrado 6 hábitats no incluidos en directivas y convenios, de los cuales 5 se han detectado y caracterizado mediante información obtenida con muestras de beam-trawl (1 no detectado con imágenes submarinas) y 5 con transectos de imágenes submarinas (1 no detectado con el beam-trawl) (Tabla 3).

En base a las muestras de beam-trawl, el SIMPROF detectó 17 grupos de muestras y 3 muestras sueltas que eran significativamente diferentes en el CLUSTER ($p < 0,01$) (Fig. 31), detectándose un patrón similar en el MDS (Fig. 32). No obstante, un análisis más exhaustivo de los datos de las especies usando el SIMPER permitió concluir que algunas de estas agrupaciones (ej. fundamentalmente de comunidades de pennatuláceos y de *Cidaris cidaris*) podrían reagruparse en agrupaciones de muestras de mayor tamaño debido a que las especies dominantes eran similares entre sí, y las diferencias se debían a las densidades de estas especies dominantes y a algunas especies acompañantes. En estos casos, las comunidades biológicas de estas agrupaciones serían tipificadoras de un mismo tipo de hábitat, posiblemente con diferente estado de conservación (ej. comunidades de pennatuláceos a media o alta densidad) y representarían facies de un mismo tipo de hábitat. Por otro lado, otras agrupaciones estaban caracterizadas por grupos de especies de fondos mixtos y por tanto contenían una combinación de diferentes hábitats (ej. *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* y *Arrecife de corales profundos*), tal y como se ha observado en imágenes submarinas. Ello es debido a la longitud de los transectos de beam-trawl que en algunos casos muestrean diferentes tipos de hábitats, obteniéndose una muestra con especies tipificadoras de ambos hábitats. Estas combinaciones de hábitats no han podido cartografiarse en algunos sectores de la zona de estudio.

Las especies que caracterizan cada agrupación en base a los resultados del análisis SIMPER o a la dominancia de las mismas (en el caso de muestras sueltas que no formaban agrupaciones) se muestran en la Tabla A (ANEXO). Con la combinación de CLUSTER, SIMPROF y SIMPER se han podido detectar 16 hábitats, los cuales incluyen 4 hábitats de fondos rocosos como son *Coral muerto compacto* (dead coral framework) (Lista patrón de hábitats marinos de España-Sin código LPRE), *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* (LPRE 04030301), *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos* (LPRE *Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias* 04010101) y *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* (LPRE 04010208). También se han detectado 3 hábitats de fondos mixtos como son *Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii* (No contemplado en LPRE), *Fondos detríticos batiales*

con campos de *Leptometra phalangium* (LPRE 0402031106) y *Arenas batiales detríticas* con *Gryphus vitreus* (LPRE 04020301). Finalmente se han detectado 9 hábitats de fondos blandos como son *Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos* (*Cidaris Cidaris*) (LPRE 04020305), *Arenas y arenas fangosas dominadas por Hormathiidae* (*Actinauge richardi*) (LPRE 04020401), *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* (LPRE *Fangos batiales con fauna excavadora* 04020210), *Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata** (LPRE *Fangos batiales con Thenea muricata* 0402020401), *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* (LPRE *Fangos batiales con pennatuláceos*, 04020202), *Fangos batiales compactos con *Isidella elongata** (LPRE 04020206), *Fangos batiales con *Flabellum** (LPRE 04020203), *Fangos y arenas fangosas batiales con *Radicipes** (LPRE *Fangos batiales con Radicipes* 0402020402) y *Fangos batiales con *Pheronema carpenteri** (LPRE 0402020403).

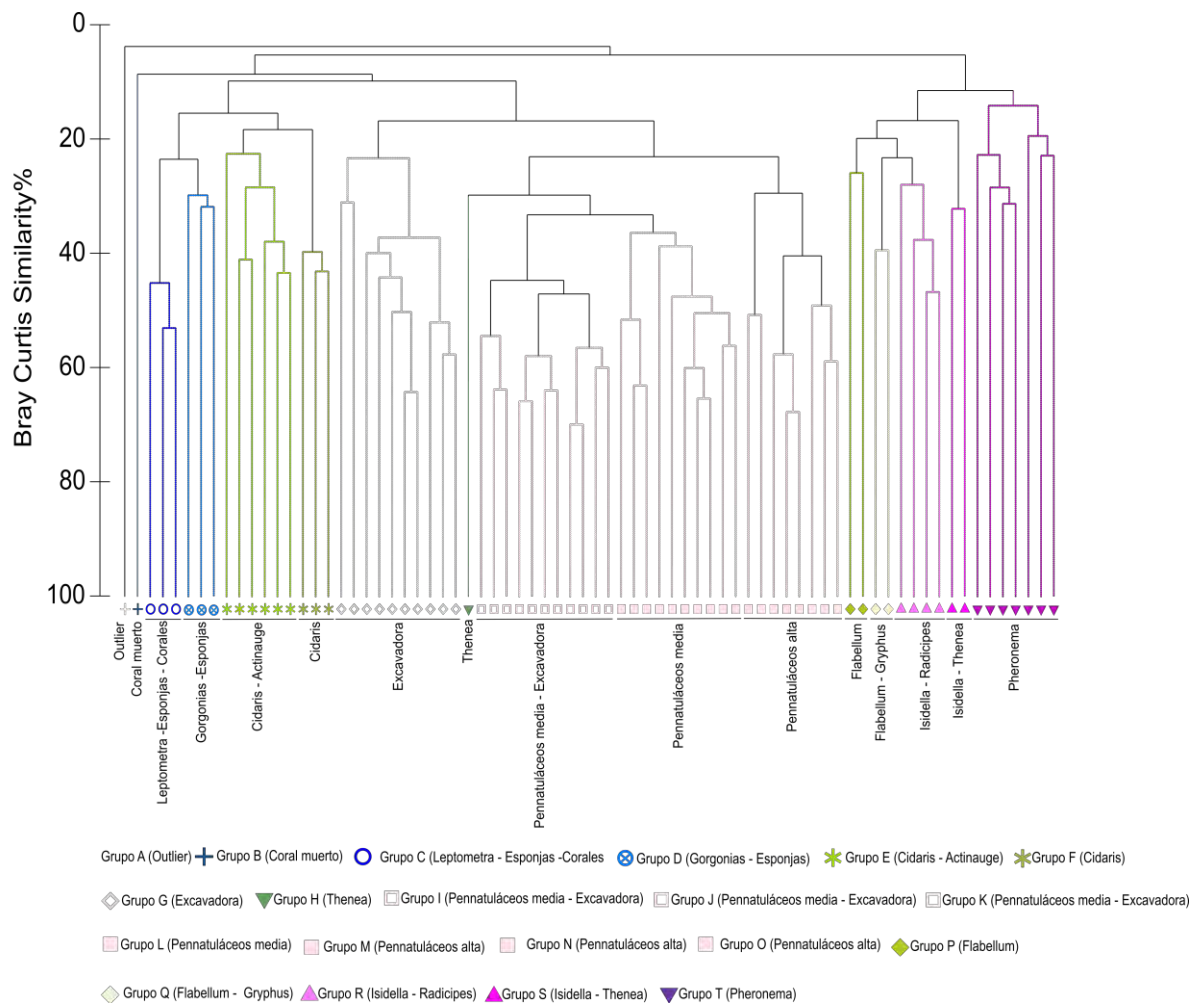
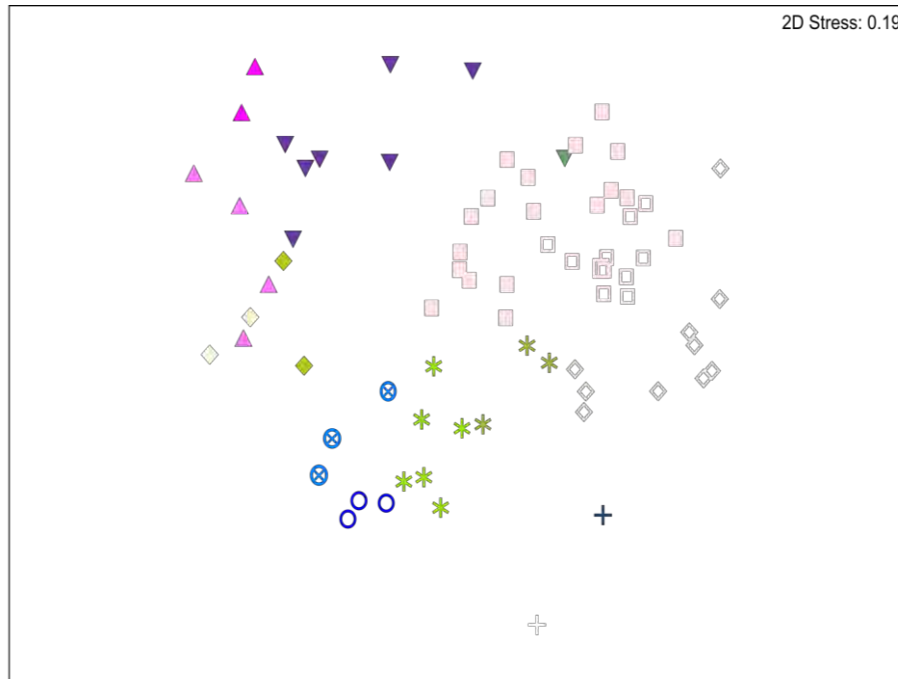


Figura 31. Dendrograma o CLUSTER obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis y datos de abundancia de especies bentónicas (transformados a la raíz cuadrada) de muestras de beam-trawl de las campañas INDEMARES-CHICA 0610 y 0211, CIRCASUR 1020 e INTEMARES A4 CAD. Las líneas coloreadas separan las diferentes agrupaciones de muestras (interpretadas como hábitats, facies o combinaciones de hábitats) obtenidas mediante la prueba de SIMPROF ($p < 0,01$). En la parte basal se muestra la reagrupación en hábitats de algunas agrupaciones con alta similitud faunística en base a resultados de SIMPER.



- Grupo A (Outlier) + Grupo B (Coral muerto) ○ Grupo C (Leptometra - Esponjas - Corales) ⊗ Grupo D (Gorgonias - Esponjas) * Grupo E (Cidaris - Actinauge) * Grupo F (Cidaris)
- ◇ Grupo G (Excavadora) ▼ Grupo H (Thenea) □ Grupo I (Pennatuláceos media - Excavadora) □ Grupo J (Pennatuláceos media - Excavadora) □ Grupo K (Pennatuláceos media - Excavadora)
- Grupo L (Pennatuláceos media) □ Grupo M (Pennatuláceos alta) □ Grupo N (Pennatuláceos alta) □ Grupo O (Pennatuláceos alta) ◆ Grupo P (Flabellum)
- ◆ Grupo Q (Flabellum - Gryphus) ▲ Grupo R (Isidella - Radicipes) ▼ Grupo S (Isidella - Thenea) ▼ Grupo T (Pheronema)

Figura 32. nMDS obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis y datos de abundancia de especies bentónicas (transformados a la raíz cuadrada) de muestras de beam-trawl de las campañas INDEMARES-CHICA 0610 y 0211, CIRCASUR 1020 e INTEMARES A4 CAD. Los diferentes símbolos muestran las diferentes agrupaciones (interpretadas como hábitats, facies o combinaciones de hábitats) que fueron obtenidas mediante la prueba de SIMPROF ($p < 0,01$).

En base a los 227 transectos de imágenes submarinas (tratados como muestras), el test de SIMPROF detectó 25 grupos de muestras y 4 muestras sueltas que eran diferentes en el CLUSTER ($p < 0,005$) (Fig. 33), y agrupaciones similares se detectaron en el correspondiente MDS (Fig. 34). No obstante, un análisis más exhaustivo de los datos de las especies usando el SIMPER permitió concluir que algunas de estas agrupaciones (ej. fundamentalmente de comunidades de pennatuláceos, de corales de aguas frías, de esponjas) podrían reagruparse en agrupaciones de muestras de mayor tamaño debido a que las especies dominantes eran similares entre sí, y las diferencias se debían a las densidades de estas especies dominantes y a algunas especies acompañantes, tal y como se observó con los datos de beam-trawl (Tabla B ANEXO). En estos casos, las comunidades biológicas de estas agrupaciones serían tipificadoras de un mismo tipo de hábitat, posiblemente con diferente estado de conservación (ej. comunidades de pennatuláceos a media o alta densidad) o por representar facies de transición entre diferentes hábitats.

Por otro lado, y tal y como se observó con los datos de beam-trawl, otras agrupaciones estaban caracterizadas por grupos de especies de fondos mixtos y por tanto contenían una combinación de diferentes hábitats incluidos en la LPRE (ej. *Roca batial colmatada de*

sedimentos con dominancia de esponjas y Arrecife de corales profundos). Ello es debido a la longitud de los transectos que en algunos casos muestreaban diferentes tipos de hábitats a escalas de metros o decenas de metros, obteniéndose una muestra con especies tipificadoras de ambos hábitats, pero que es imposible de cartografiar a una escala con tanta resolución. Algunas veces, hábitats de sustratos duros con sustratos blandos muestran un alto grado de parcheado (*patchiness*) a escalas de metros e incluso centímetros, con rocas dominadas por unas especies o filos y otras por otros, lo cual hace más complicada la caracterización de hábitats y su cartografiado. Estas combinaciones de hábitats no se han podido cartografiar en muchos sectores de la zona de estudio, debido a que se necesita de capas ambientales a una resolución mucho mayor de escala de metros y, en algunos casos, de mayor información de tipo biológica. Por ello se ha optado por indicar el hábitat predominante en la zona, en el caso de que el *patchiness* fuese muy elevado.

Las especies que caracterizan cada agrupación en base a los resultados del análisis SIMPER o a la dominancia de las mismas (en el caso de muestras sueltas que no formaban agrupaciones claras) se muestran en la Tabla B (ANEXO). Con la combinación de CLUSTER, SIMPROF y SIMPER se han podido detectar hábitats muy similares a los detectados con las muestras de beam-trawl, incluyendo un total de 17 tipos de hábitats, de los cuales 5 hábitats sólo se han detectado con este método usando imágenes submarinas, entre los que se encuentran: *Roca batial dominada por ascidias* (Sin Código LPRE), *Roca batial con corales negros* (*Leiopathes glaberrima* y *Antipathes dichotoma*) (Sin Código LPRE), *Fondos mixtos batiales dominados por Anthomastus* (Sin Código LPRE), *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos* (Sin Código LPRE) y *Fangos batiales con dominancia de ceriantarios* (LPRE 04020207). De los 11 hábitats que son comunes a los detectados usando muestras de beam-trawl, hay 3 hábitats de sustratos duros como son *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata*) (LPRE 04030301), *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos* (LPRE *Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias* 04010101) y *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* (LPRE 04010208). También se han detectado 2 hábitats de fondos mixtos como son *Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii* (No contemplado en LPRE) y *Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium* (LPRE 0402031106) que ya habían sido detectados con muestras de beam-trawl. Finalmente se han detectado 7 hábitats de fondos blandos que fueron también previamente detectados con el beam-trawl como son *Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos* (*Cidaris Cidaris*) (LPRE 04020305), *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* (LPRE *Fangos batiales con fauna excavadora* 04020210), *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata* (LPRE *Fangos batiales con Thenea muricata* 0402020401), *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* (LPRE *Fangos batiales con pennatuláceos*, 04020202), *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* (LPRE 04020206), *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* (LPRE *Fangos batiales con Radicipes* 0402020402) y *Fangos batiales con Pheronema carpenteri* (LPRE 0402020403).

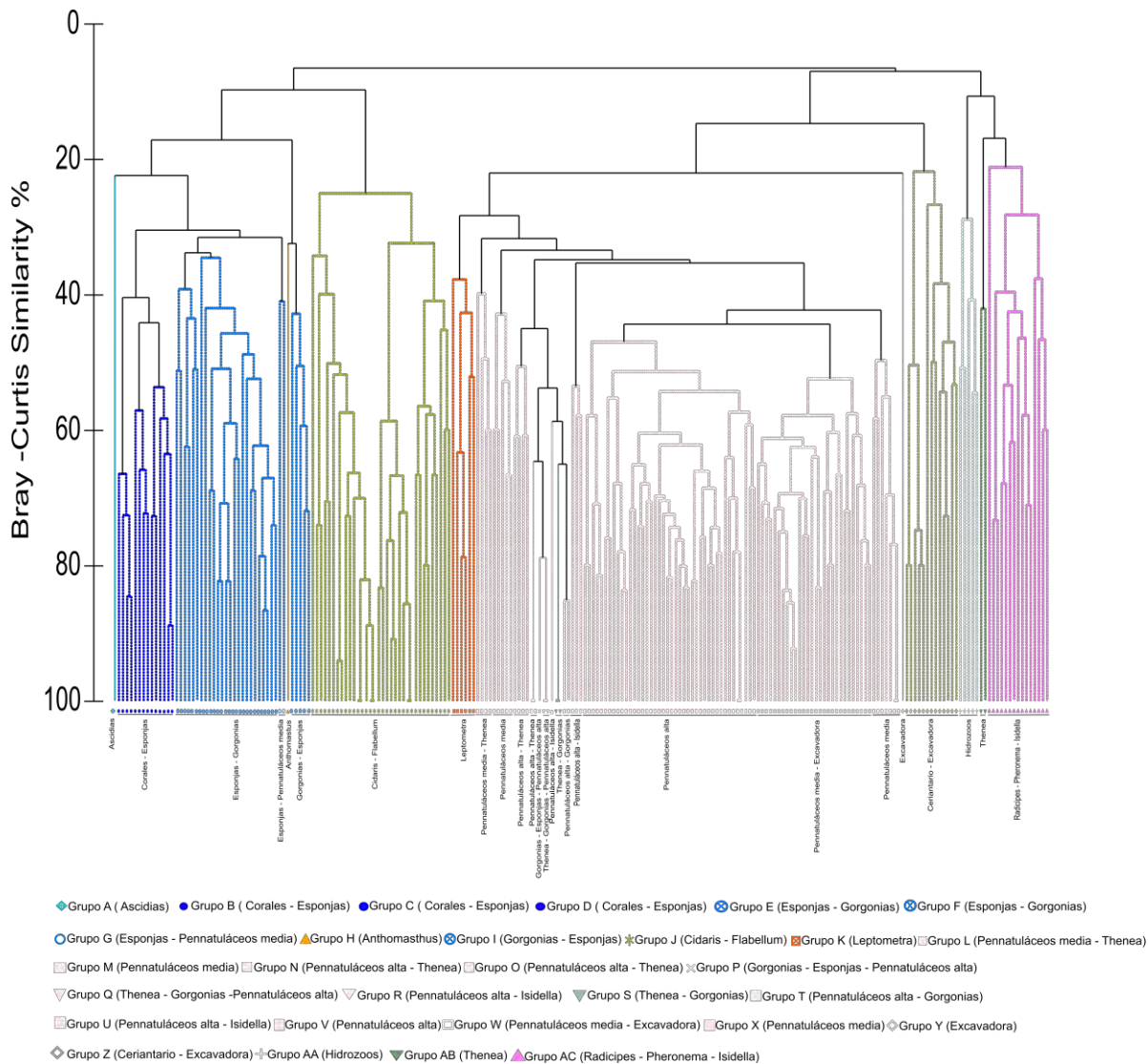
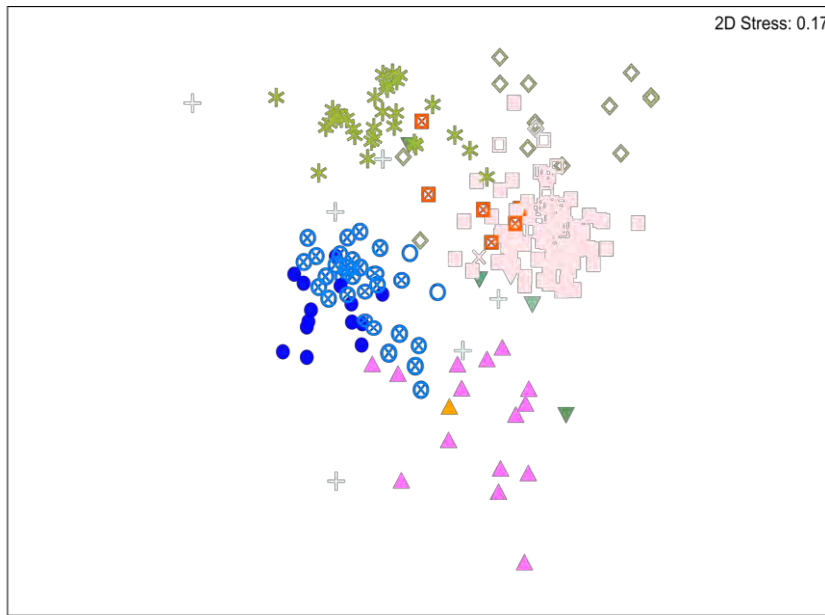


Figura 33. Dendrograma o CLUSTER obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis y datos de rango de abundancia de especies bentónicas de transectos de imágenes submarinas de las campañas INDEMARES-CHICA 0412, ISUNEPCA (2014-2019), MEDWAVES 0916, INPULSE 0718 e INTEMARES A4 CAD. Las líneas coloreadas separan las diferentes agrupaciones de muestras (interpretadas como hábitats, facies o combinaciones de hábitats) obtenidas mediante la prueba de SIMPROF ($p < 0,01$). En la parte basal se muestra la reagrupación en hábitats de algunas agrupaciones con alta similitud faunística en base a resultados de SIMPER (Tabla B ANEXO).

En base al conjunto de resultados obtenidos (muestreos con beam-trawl e imágenes submarinas) en los análisis multivariantes, y teniendo en cuenta la alta similitud faunística de algunos grupos de muestras detectada en el análisis SIMPER (Tablas A y B ANEXO), se presenta una descripción más detallada de los diferentes tipos de hábitats, los cuales incluyen hábitats vinculados con el 1170 "Arrecifes" de la Directiva Hábitat (DH), el 1110 "Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda" y otros hábitats que no tienen vinculación con hábitats de la DH.



- ◆ Grupo A (Ascidias) ● Grupo B (Corales - Esponjas) ● Grupo C (Corales - Esponjas) ● Grupo D (Corales - Esponjas) ⊗ Grupo E (Esponjas - Gorgonias) ⊗ Grupo F (Esponjas - Gorgonias)
- Grupo G (Esponjas - Pennatuláceos media) ▲ Grupo H (Anthomasthus) ⊗ Grupo I (Gorgonias - Esponjas) ✱ Grupo J (Cidaris - Flabellum) ⊗ Grupo K (Leptometra) □ Grupo L (Pennatuláceos media - Thenea)
- Grupo M (Pennatuláceos media) □ Grupo N (Pennatuláceos alta - Thenea) □ Grupo O (Pennatuláceos alta - Thenea) ✱ Grupo P (Gorgonias - Esponjas - Pennatuláceos alta)
- ▽ Grupo Q (Thenea - Gorgonias - Pennatuláceos alta) ▽ Grupo R (Pennatuláceos alta - Isidella) ▽ Grupo S (Thenea - Gorgonias) □ Grupo T (Pennatuláceos alta - Gorgonias)
- Grupo U (Pennatuláceos alta - Isidella) □ Grupo V (Pennatuláceos alta) □ Grupo W (Pennatuláceos media - Excavadora) □ Grupo X (Pennatuláceos media) ◆ Grupo Y (Excavadora)
- ◆ Grupo Z (Ceriantario - Excavadora) ⊕ Grupo AA (Hidrozoos) ▽ Grupo AB (Thenea) ▲ Grupo AC (Radicipes - Pheronema - Isidella)

Figura 34. nMDS obtenido con el índice de similitud de Bray-Curtis y datos de rango de abundancia de especies bentónicas de transectos de imágenes submarinas de las campañas INDEMARES-CHICA 0412, ISUNEPCA (2014-2019), MEDWAVES 0916, INPULSE 0718 e INTEMARES A4 CAD. Los diferentes símbolos muestran las diferentes agrupaciones (interpretadas como hábitats, facies o combinaciones de hábitats) que fueron obtenidas mediante la prueba de SIMPROF ($p < 0,01$).

Entre los hábitats vinculados al Hábitat 1170, se da la presencia de 12 tipos de hábitats en el LIC “Volcanes de fango del golfo de Cádiz”:

1. Arrecife de corales profundos (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*) (LPRE 04030301) (Acrónimo: Corales), los cuales han sido detectados entre 363 y 801 m, en el volcán de fango (VF) Gazul, principalmente en el flanco NO cerca de la cima (Fig. 35, Tabla 7), así como en zonas muy concretas del complejo diapiro-volcán de fango (DVF) Geraldine (en el canal de Cádiz), y la Dorsal Diapírica de Cádiz. La especie dominante es *Madrepora oculata* (densidad media de 10 colonias (col.) m^{-2}), entremezclada con algunas colonias dispersas de otros hexacorales escleractínios como *Lophelia pertusa* (actualmente se denomina *Desmophyllum pertusum*) y *Dendrophyllia cornigera* (Lamarck, 1816).

Las comunidades asociadas a este hábitat son de las más diversas dentro del LIC, entre las que destacan poliquetos como *Filograna implexa*, *Serpula vermicularis* o *Eunice norvegica*, gasterópodos como *Epitonium celesti* o *Epitonium algerianum* que se alimentan

de cnidarios, bivalvos que se adhieren a los restos de coral (*Batharca philippiana*, *Asperarca nodulosa*), pequeñas gorgonias y corales negros (*Acanthogorgia hirsuta*, *Placogorgia* spp., *Antipathella subpinnata*), incluso especies raras para el margen continental europeo, como la estrella de mar *Hacelia superba* (Rueda *et al.*, 2011).

Puntualmente se han detectado presencia de colonias vivas de *M. oculata* en otras zonas del LIC como es el DVF Geraldine (en el canal de Cádiz) (Lozano *et al.*, 2020 b), así como en la dorsal diapírica de Cádiz, por lo que una exploración de dicha zona para adquirir imágenes submarinas podría aportar interesantes y novedosos datos sobre la presencia de este hábitat tan singular y altamente vulnerable en el LIC.

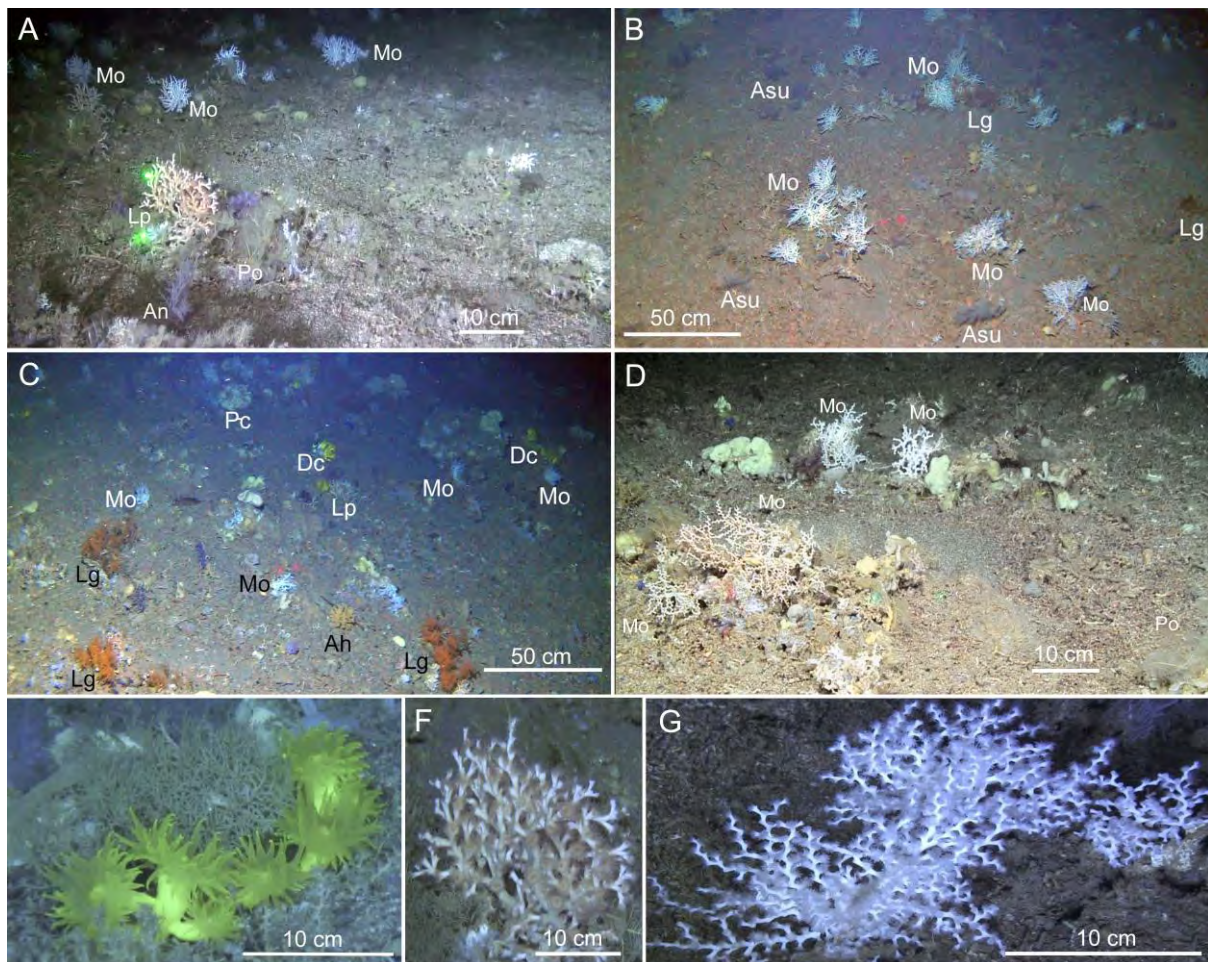


Figura 35. Imágenes submarinas del hábitat *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*) (LPRE 04030301) (Volcán de fango Gazul, 370–399 m profundidad), dominado por las escleractínias *Madrepora oculata* (Mo)(detalle en Figura G), *Lophelia pertusa* (Lp)(detalle en F) y *Dendrophyllia cornigera* (Dc)(detalle en E), y acompañado por los antipatarios *Antipathella subpinnata* (Asu) y *Leiopathes glaberrima* (Lg), el hidrozoo *Polyplumaria flabellata* (Pf) y la gorgonia *Acanthogorgia hirsuta* (Ah).

2. Coral muerto compacto (dead coral framework) (Sin código en LPRE) (Acrónimo: Coral muerto), el cual ha sido detectado a profundidades entre los 328 y 1013 m de profundidad. Dentro del *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)*, este hábitat ha sido detectado principalmente en el DVF Albolote, en el VF Gazul, en el diapiro Cristobal Colón, y en los DVF Geraldine y Hespérides (Fig. 36, Tabla 7). Estos acúmulos están formados por restos de *M. oculata* y *L. pertusa* colonizados por pequeñas gorgonias como *Acanthogorgia* sp., *Swiftia dubia*, *Bebryce mollis*, hidrozooos y fauna asociada a fondos duros como los bivalvos *A. nodulosa* y *B. philippiana* y los poliqueto serpúlidos *S. vermicularis* o *Vermiliopsis* spp. En el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (Campo Profundo)* se ha detectado en el DVF Hespérides, y en los VF Almazan y Aveiro (Tabla 7). En estas zonas abundan los restos de *Dendrophyllia alternata* (especialmente en Hespérides), así como de *M. oculata* y *L. pertusa*, los cuales están colonizados por especies como *Chelidonisis aurantiaca* (hasta 1-2 colonias m⁻²), *Anthomastus* sp., *Anthothella grandiflora*, *Telestula* sp., *Swiftia pallida* (1-2 colonias m⁻²), *Placogorgia* sp. (3-4 colonias m⁻²) así como antipatarios de gran porte (*Leiopathes glaberrima*) (2-3 colonias m⁻²), junto con otras especies como *Munida* sp., el crinoideo *Neocomatella europaea* o la estrella *Peltaster placenta*.

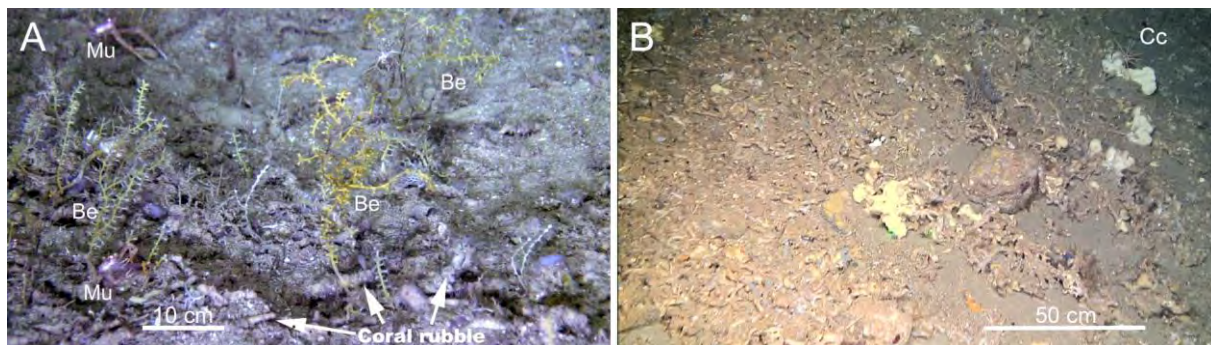


Figura 36. Imágenes submarinas del hábitat *Coral muerto compacto (dead coral framework)* (Sin código en LPRE), dominado por restos de las escleractinias *Madrepora oculata*, *Lophelia pertusa* y, en menor medida, *Dendrophyllia cornigera*, y acompañado por pequeñas esponjas, pequeñas gorgonias, como *Bebryce mollis* (Be), decápodos como *Munida intermedia* (Mu) y equinodermos ubiquistas como *Cidaris cidaris* (Cc).

3. Roca batial con corales negros (*Leiopathes glaberrima* y *Antipathes dichotoma*), (Sin código en LPRE) (Acrónimo: Corales) generalmente se encuentran a profundidades entre 673 y 918 m, entremezclado con otros hábitats o formando parte de hábitats multiespecíficos de forma puntual en los VF Gazul y Almazán, en DVF Chica así como zonas concretas de la Dorsal Diapírica de Cádiz, aunque las mejores formaciones se han detectado en los montículos cerca del complejo DVF Hespérides (Tabla 7), con especies de antipatarios como *L. glaberrima* (1-2 colonias . m⁻²), *Paranhipathes larix*, *A. subpinnata* y *Stichopathes gravieri*, y octocorales como *Anthomastus* sp. (5-6 colonias . m⁻²), *Telestula*

sp. (3 colonias . m⁻²), *S. pallida*, *Placogorgia* sp. (2 colonias . m⁻²) junto con pequeñas esponjas, serpúlidos (*Vermiliopsis* sp.), decápodos (*Paromola cuvieri*), equinodermos (*C. cidaris*, *P. placenta*) y algunas especies demersales (*Nezumia equalis*, *Galeus* spp.).

4. Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (LPRE Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias 04010101) (Acrónimo: Gorgonias), detectadas entre 314 y 1052 m de profundidad. Dentro del *Campo Somero* se ha detectado principalmente en áreas específicas de las dorsales diapíricas, así como en los VF Gazul y Pipoca y el DVF Chica, y siempre entremezcladas con esponjas (Fig. 37, Tabla 7).

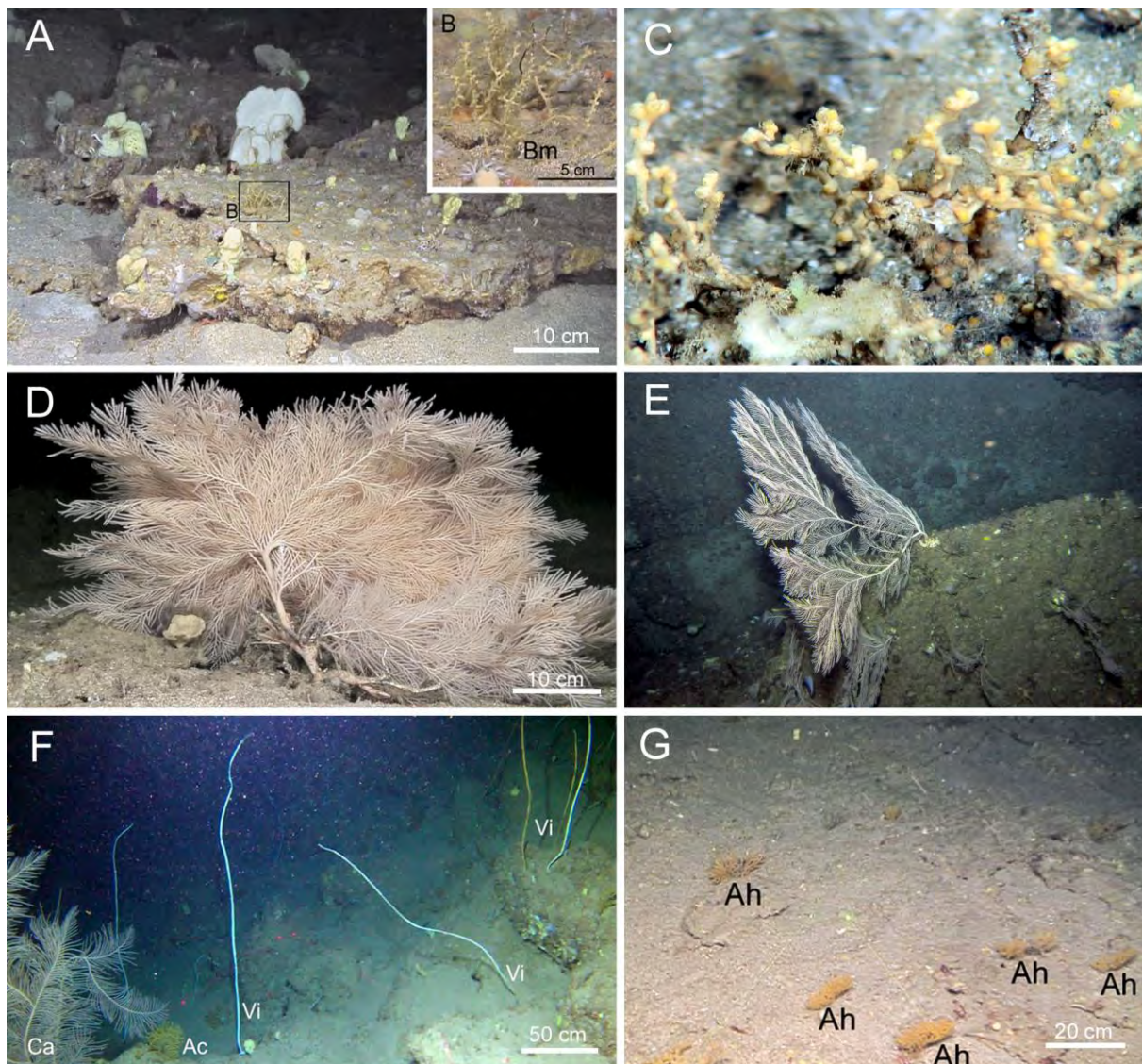


Figura 37. Imágenes submarinas del hábitat *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos* (LPRE Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, 04010101), a menudo codominado por esponjas y gorgonias, y otras veces solo por gorgonias, como *Bebryce mollis* (Bm), *Callogorgia verticillata* (Ca) (Figura D y E), *Viminella flagellum* (Vi)(Figura F) o *Acanthogorgia hirsuta* (Ah) (Figura G).

Las especies principales incluyen tanto gorgonias de gran porte (*Callogorgia verticillata* y *Viminella flagellum*) como de pequeño porte (*A. hirsuta*, *B. mollis*, *S. dubia*, *Placogorgia* spp.) (ca. 15 col. m⁻²). En el *Campo Profundo*, se ha detectado en el DVF Hespérides, el VF Almazán y zonas cercanas al Norte y Sur del surco erosivo Gil Eanes, así como en otros puntos aislados. En esta zona están compuestos por *Acanthogorgia* sp. (1-3 colonias m⁻²), *S. pallida*, *Placogorgia* sp., aunque también aparecen otros antozoos como *Anthomastus* sp., *Caryophyllia* sp., así como colonias aisladas de *L. pertusa*, crustáceos como *Munida* sp. o el braquiópodo *Gryphus vitreus*.

Este hábitat en el *Campo Profundo* comparte algunas especies con el *Campo Somero*, sin embargo cabe destacar la ausencia de *V. flagellum* y la presencia de una rara especie atlántica de coral bambú ligada a fondos duros como *C. aurantiaca*. En numerosas ocasiones no existe un hábitat monoespecífico de gorgonias, sino que se encuentran entremezcladas con agregaciones de esponjas, por lo que se ha preferido cartografiar el hábitat como mixto denominado “*Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas*” .

5. Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (Sin código LPRE) (Acrónimo: Esponjas), está ampliamente repartido en el LIC, a profundidades entre 314 y 1052 m de profundidad. En el *Campo Somero* se ha detectado principalmente en los VF de Gazul y Pipoca, en el DVF Chica, así como en las dorsales diapíricas (Fig. 38, Tabla 7). En el *Campo Profundo* se pueden encontrar en el DVF Hespérides y en el VF Almazán. Las esponjas más comunes incluyen especies de tamaño grande (*Asconema setubalense*, ca. 5 individuos (ind.) m⁻²) y mediano (*Petrosia crassa*, *Poecillastra compressa*, *Phakellia robusta*, *Phakellia ventilabrum*) (ca. 10 ind. m⁻²) o *Aplysilla sulfurea*. Otras especies utilizan las esponjas como zona de alimentación o sustrato donde asentarse como los gasterópodos *Emarginula adriatica* y *E. multistriata* o los crinoideos *Leptometra phalangium* y *N. europaea*, respectivamente. En numerosas ocasiones no existe un hábitat monoespecífico de esponjas, sino que se encuentran entremezcladas con agregaciones de gorgonias y por ello se ha cartografiado como “*Sustrato duro batial de gorgonias y esponjas*”.

6. Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas (Sin código LPRE) (Acrónimo: Gorgonias-Esponjas), posiblemente este hábitat es el que mejor se corresponde con lo detectado en el LIC, donde generalmente coexisten gorgonias y esponjas en muchas zonas, y por tanto es una integración de los dos hábitats anteriores. Este hábitat es el que finalmente no se ha cartografiado por separado debido a la imposibilidad de delimitar zonas con dominancia de esponjas y zonas con dominancia de gorgonias. Generalmente se han detectado en fondos duros a profundidades entre 314 y 1052 m, en áreas específicas de las dorsales diapíricas, así como en los VF Gazul y Pipoca, el DVF Chica dentro del *Campo Somero*, así como en el DVF Hespérides y el VF Almazán y zonas

cercanas al Norte y Sur del surco erosivo Gil Eanes, y en otros puntos aislados del *Campo Profundo*. En los montículos situados en la zona adyacente oriental del VF Gazul se ha detectado agregación mixta y densa de *A. setubalense* (hasta 4 col. m⁻²) y *A. hirsuta* (hasta 10 col. m⁻²) (Fig. 37 y 38, Tabla 7). Además de otras gorgonias como *C. verticillata*, pequeñas gorgonias (principalmente *B. mollis* y *S. dubia*), equinodermos (*Chaetaster longipes*, *C. cidaris*, *Gracilechinus acutus*), el decápodo *Munida intermedia* (Figura 38) y el pulpo *Eledone cirrhosa*.

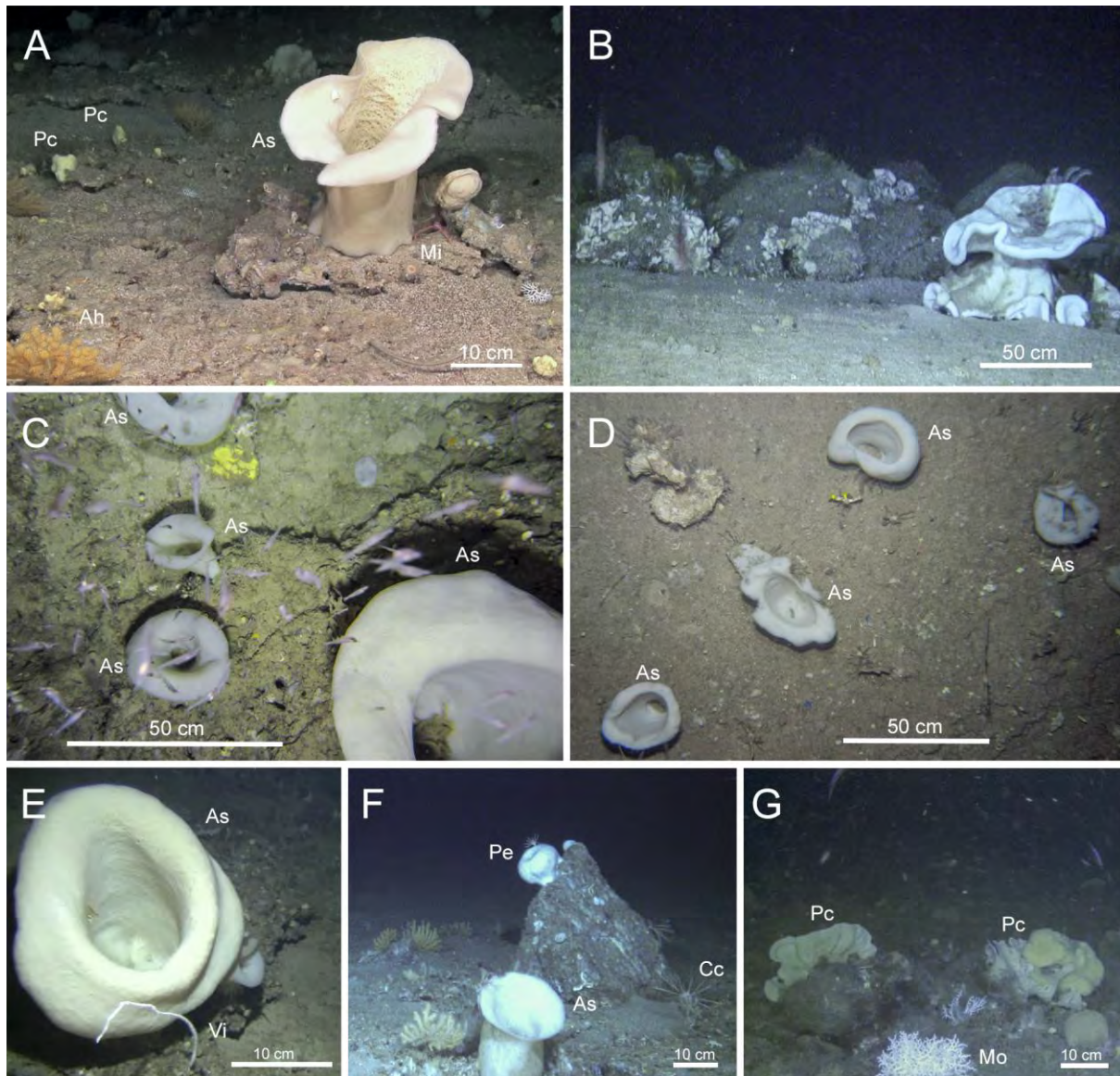


Figura 38. Imágenes submarinas del hábitat *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* (Sin código LPRE), a menudo codominado por esponjas y gorgonias, y otras veces solo por esponjas, como *Asconema setubalense* (As), esponjas litistidas, y/o globulares como *Petrosia* spp. (Pe) o *Poecillastra compressa* (Pc). Este tipo de hábitat muchas veces está acompañado de gorgonias como *Viminella flagellum* (Vi) (Figura E) o *Acanthogorgia hirsuta* (Ah) (Figura A), colonias de *Madrepora oculata* (Mo) (Figura G), así como las especies ubiquistas *Munida intermedia* (Mi) (Figura A) o *Cidaris cidaris* (Cc) (Figura F).

7. Roca batial dominada por agregaciones de ascidias (Sin Código LPRE)(Acrónimo: Ascidias), principalmente formado por ascidias estilizadas del género *Polycarpa* asociadas a sustratos duros, en concreto enlosados de gran tamaño, en muchas ocasiones cubiertas de sedimento y en menor medida sobre fondos de arena con ripples. Este hábitat está muy localizado, a profundidades entre 465 y 471 m, y se encuentran en la zona adyacente occidental del VF Gazul (Figura 39, Tabla 7). Estas ascidias llegan a alcanzar unas densidades de hasta 50-70 ind. m⁻² y aparecen acompañadas por colonias de pequeñas gorgonias como *B. mollis* o *A. hirsuta* (15 col. m⁻²), grandes esponjas (3 ind. m⁻²), decápodos como *Munida intermedia* y *Bathynectes maravigna*, esponjas incrustadas amarillentas y grandes colonias del poliqueto serpúlido *Filograna implexa*.

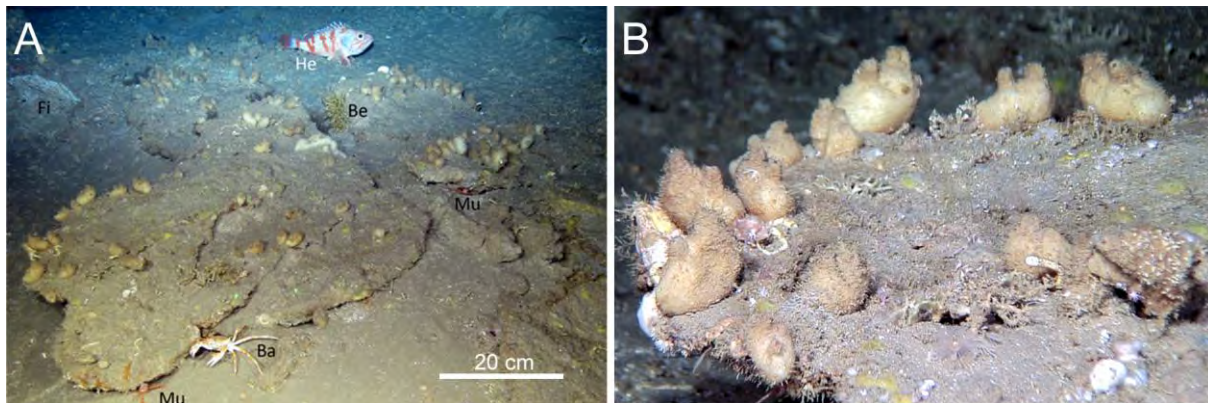


Figura 39. Imágenes submarinas del hábitat *Roca batial dominada por agregaciones de ascidias* (Sin código LPRE), probablemente pertenecientes al género *Polycarpa* (Pa) (área adyacente occidental al volcán de fango Gazul, 472 m de profundidad), acompañado de *Bebryce mollis* (Bm) y colonias de poliqueto *Filograna implexa* (Fi), junto con los decápodos *Munida intermedia* (Mi) y *Bathynectes maravigna* (Ba). Derecha: Detalle de las ascidias estilénidas. Extraído de Urra *et al.* (2021).

8. Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos (Sin Código LPRE) (Acrónimo: Hidrozoos), conformado por grandes bloques de carbonatos autigénicos y brecha fangosa colonizados por diferentes especies de hidrozoos y parcialmente cubiertos con arena fangosa y fango. Este hábitat sólo se ha detectado claramente en el VF St. Petersburg, a profundidades entre 806 y 1002 m, pero seguramente se encuentra en otras zonas con sustratos rocosos inestables, que favorezcan especies de suspensívoros de rápido crecimiento frente a las de lento crecimiento (ej. gorgonias, antipatarios, etc.) (Tabla 7).

Tabla 7. Hábitats detectados en análisis multivariantes con muestras de beam-trawl y transectos de imágenes submarinas del LIC *Volcanes de fango del golfo de Cádiz*, con referencia a los grupos de cluster y número de muestras/transectos, su localización (Campo y Sector), rango de profundidad (metros), tipo de fondo y especies más representativas. VF: Volcán de fango; DVF: Diapiro- volcán de fango; Prof.: Profundidad. Grupos de Cluster en Tablas A y B de ANEXO.

GRUPO DE CLUSTER	N TOTAL MUESTRAS	HÁBITAT BENTÓNICO DETECTADO	TIPO DE FONDO	CAMPO	PROF. (m)	SECTORES	ESPECIES/ATRIBUTOS CARACTERÍSTICOS
Beam-trawl: C Imágenes: B,C,D	Beam-trawl: 3 Imágenes: 14	Arrecife de corales profundos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i>) (LPRE 04030301)	Roca/restos coral	Somero	363-801	VF Gazul y en zonas concretas de la Dorsal diapírica de Cádiz	<i>Madrepora oculata</i> y colonias dispersas de <i>Lophelia pertusa</i> y <i>Dendrophyllia cornigera</i> .
Beam-trawl: B Imágenes: Out	Beam-trawl: 1 Imágenes: 1	Coral muerto compacto (<i>dead coral framework</i>) (Sin código LPRE)	restos coral	Somero / Profundo	328-1013	DVF Albolote, DVF Geraldine, zonas puntuales de VF Gazul y Diapiro de Cristobal Colón	Restos de <i>M. oculata</i> y <i>L. pertusa</i> colonizados por pequeñas gorgonias como <i>Acanthogorgia</i> sp., <i>Swiftia dubia</i> , <i>Bebryce mollis</i> .
Beam-trawl: -- Imágenes: D	Beam-trawl: -- Imágenes: 6	Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> y <i>Antipathes dichotoma</i>), (Sin código en LPRE)	Roca, restos de coral	Somero / Profundo	673 - 918	DVF Chica y DVF Hespérides, zonas puntuales de algunos VF	<i>Leiopathes glaberrima</i> , <i>Antipathella subpinnata</i> , <i>Parantipathes larix</i> .
Beam-trawl: D Imágenes: E, F, I	Beam-trawl: 3 Imágenes: 29	Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (LPRE Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias 04010101)	Roca	Somero / Profundo	314-1052	En áreas específicas de las dorsales diapíricas del <i>Campo Somero</i> , VF Gazul, VF Pipoca, DVF Chica, DVF Hespérides, VF Almazán y zonas cercanas al Norte y Sur del surco erosivo Gil Eanes	<i>Callogorgia verticillata</i> , <i>Viminella flagellum</i> , <i>Acanthogorgia hirsuta</i> , <i>B. mollis</i> , <i>S. dubia</i> y <i>Placogorgia</i> spp.
Beam-trawl: C, D Imágenes: E, F, I	Beam-trawl: 6 Imágenes: 29	Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208)	Roca	Somero / Profundo	314-1052	En áreas específicas de las dorsales diapíricas del <i>Campo Somero</i> , VF Gazul, VF Pipoca, DVF Chica y zonas adyacentes	<i>Asconema setubalense</i> , <i>Petrosia crassa</i> , <i>Poecillastra compressa</i> , <i>Phakellia robusta</i> , <i>Phakellia ventilabrum</i> y <i>Pachastrella monilifera</i> .
Beam-trawl: C,D Imágenes: E,F,I	Beam-trawl: 6 Imágenes: 29	Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas (Sin código LPRE)	Roca	Somero / Profundo	314-1052	En áreas específicas de las dorsales diapíricas del <i>Campo Somero</i> , VF Gazul, VF Pipoca, DVF Chica, DVF Hespérides, VF Almazán y zonas cercanas al Norte y Sur del surco erosivo Gil Eanes	<i>A. setubalense</i> con <i>A. hirsuta</i> / <i>Phakelia</i> spp. con <i>S. dubia</i> y <i>Acanthogorgia</i> sp.
Beam-trawl: -- Imágenes: A	Beam-trawl: -- Imágenes: 1	Roca batial dominada por ascidias (Sin código LPRE)	Roca	Somero	465-471	Zona adyacente occidental de VF Gazul	Ascidias estilizadas del tipo <i>Polycarpa</i> .

GRUPO DE CLUSTER	N TOTAL MUESTRAS	HÁBITAT BENTÓNICO DETECTADO	TIPO DE FONDO	CAMPO	PROF. (m)	SECTORES	ESPECIES/ATRIBUTOS CARACTERÍSTICOS
Beam-trawl: -- Imágenes: AA	Beam-trawl: -- Imágenes: 5	Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos (Sin código LPRE)	Roca	Profundo	806-1002	VF St. Petersburg	Hidrozoos
Beam-trawl: R,S Imágenes: AC	Beam-trawl: 6 Imágenes: 15	Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i> (LPRE 04020206)	Fango y arena fangosa	Somero/Profundo	586-1203	En zonas muy puntuales y cercanas al Canal de Huelva, en VF Tarsis y zonas adyacentes, al SE de VF Pipoca y al SE del sector central de la Dorsal Diapírica del Guadalquivir. VF Almazán y depresiones aledañas, VF Aveiro y zonas adyacentes Zonas adyacentes de VF Almazán y depresiones aledañas, VF Aveiro y fondos adyacentes, así como en algunos canales	<i>Isidella elongata</i>
Beam-trawl: R,S Imágenes: AC	Beam-trawl: 6 Imágenes: 15	Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Radicipes</i> (LPRE Fangos batiales con <i>Radicipes</i> 0402020402)	Fango y arena fangosa	Profundo	831-1087	St. Petersburg y zonas puntuales del <i>Campo Profundo</i>	<i>Radicipes gracilis</i>
Beam-trawl: T Imágenes: AC	Beam-trawl: 7 Imágenes: 15	Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i> (LPRE 0402020403)	Fango	Profundo	860-1182	Áreas aplaceradas de diapiros de Enmedio y Cristobal Colón, VF Anastasya y zonas adyacentes, VF Tarsis y depresión adyacente, fondos adyacentes de VF Pipoca y DVF Chica. En el <i>Campo Profundo</i> en VF Aveiro y VF St. Petersburg, así como en depresiones aledañas a estos VF	<i>Pheronema carpenteri</i> , <i>R. gracilis</i> y <i>Protopilum</i> sp.
Beam-trawl: I,J,K,L, M,N,O Imágenes: L,M,N,O,T,U,V,W, X	Beam-trawl: 29 Imágenes: 99	Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202)	Fango y arena fangosa	Somero / Profundo	364-1094	Fondos adyacentes aVF Gazul, VF Pipoca, en las dorsales diapíricas, canales y puntualmente en zonas aplaceradas del <i>Campo Somero</i>	<i>Kophobelemnon stelliferum</i> , <i>Funiculina quadrangularis</i> , <i>Pennatula aculeata</i> y <i>Protoptilum</i> sp. Así como <i>Thenea muricata</i> , pero en una densidad menor que en los fangos batiales dominados por <i>T. muricata</i>
Beam-trawl: -- Imágenes: K	Beam-trawl: -- Imágenes: 6	Fondos detríticos batiales con campos de <i>Leptometra phalangium</i> (LPRE 0402031106)	Arena, detrítico	Somero	378-866		<i>Leptometra phalangium</i>
Beam-trawl: Q Imágenes: --	Beam-trawl: 2 Imágenes: --	Arenas batiales detríticas con <i>Gryphus vitreus</i> (LPRE 04020301)	Arena, detrítico	Profundo	691-848	DVF Hespérides	<i>Gryphus vitreus</i>
Beam-trawl: P,Q Imágenes: J	Beam-trawl: 4 Imágenes: 34	Sedimentos mixtos batiales con <i>Flabellum chunii</i> (Sin código LPRE)	Arena, detrítico	Somero / Profundo	378-1052	Sector meridional de la Dorsal Diapírica de Cádiz, zonas adyacentes y depresión de VF Gazul y DVF Hespérides	<i>Flabellum chunii</i>

GRUPO DE CLUSTER	N TOTAL MUESTRAS	HÁBITAT BENTÓNICO DETECTADO	TIPO DE FONDO	CAMPO	PROF. (m)	SECTORES	ESPECIES/ATRIBUTOS CARACTERÍSTICOS
Beam-trawl: -- Imágenes: H	Beam-trawl: -- Imágenes: 1	Fondos mixtos batiales dominados por <i>Anthomastus</i> (Sin código LPRE)	Arena, detrítico	Profundo	845-878	Canal Gil Eanes	<i>Anthomastus</i> sp., <i>Anthothella grandiflora</i> , <i>Telestula</i> sp.
Beam-trawl: H Imágenes: AB	Beam-trawl: 1 Imágenes: 2	Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Thenia muricata</i> (LPRE Fangos batiales con <i>Thenia muricata</i> , 0402020401)	Fango y arena fangosa	Somero / Profundo	867-1203	VF Aveiro y zonas adyacentes, y zonas puntuales del <i>Campo Somero</i>	<i>T. muricata</i>
Beam-trawl: F,E Imágenes: J	Beam-trawl: 9 Imágenes: 34	Fondos sedimentarios batiales no fangosos con cidarioideos (<i>Cidaris Cidaris</i>) (LPRE 04020305)	Arena, detrítico	Somero / Profundo	319-1042	Fondos adyacentes a VF Gazul y VF Pipoca, DVF Chica, VF Almazan y zonas adyacentes, canales y fondos aledaños a estos	<i>Cidaris cidaris</i>
Beam-trawl: P, Q Imágenes: --	Beam-trawl: 4	Fangos batiales con <i>Flabellum chunii</i> (Sin código LPRE)	Fango	Profundo	657-1055	DVF Hespérides	<i>F. chunii</i>
Beam-trawl: E Imágenes: --	Beam-trawl: 6 Imágenes: --	Arenas y arenas fangosas dominadas por Hormathiidae (<i>Actinauge richardi</i>) (LPRE 04020401)	Fango y arena fangosa	Somero	258-769	Fondos adyacentes occidentales y orientales de VF Gazul y DVF Chica, zona oriental de la Dorsal Diapírica de Cádiz, y Canal de Huelva, así como en zonas aplaceradas con ripples bajo un hidrodinamismo moderado	<i>Actinauge richardi</i>
Beam-trawl: -- Imágenes: Z	Beam-trawl: -- Imágenes: 13	Fangos batiales con dominancia de ceriantarios (LPRE 04020207)	Fango	Profundo	827-849	Al Sur del Canal de Cádiz	<i>Cerianthus</i> spp., <i>Arachnanthus</i> sp.
Beam-trawl: G Imágenes: W,Y	Beam-trawl: 10 Imágenes: 29	Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora, 04020210)	Fango y arena fangosa	Somero / Profundo	474-1040	Zonas aplaceradas del <i>Campo Somero</i> , así como en zonas adyacentes a VF Aveiro y VF St. Petersburg	<i>Nephrops norvegicus</i> , <i>Munida</i> spp. y <i>Goneplax rhomboides</i> . Y de manera aislada pennatuláceos (<i>K. stelliferum</i>) y pequeñas esponjas (<i>T. muricata</i>)

9. Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* (LPRE 04020206) (Acrónimo: *Isidella*), se encuentra en zonas muy concretas, a profundidades entre 586 y 1203 m, y con poca actividad de arrastre de fondo, debido a ello su presencia en el *Campo Somero* se restringe a zonas muy puntuales y cercanas al Canal de Huelva (cerca del VF Tarsis, al SE del VF Pipoca y al SE del sector central de la Dorsal Diapírica de Guadalquivir) (Tabla 1). Este hábitat, en el *Campo Somero*, aparece entremezclado con el hábitat fangos batiales con pennatuláceos presentando una menor densidad de colonias que en el *Campo Profundo*, y numerosos restos de antiguas colonias. En el *Campo Profundo*, este hábitat se ha detectado de forma extensiva en las depresiones alrededor de los VF Almazán y Aveiro, y en zonas cercanas a grandes canales del *Campo Profundo* (Fig. 40, Tabla 7), llegando a alcanzar unos densidades de 7-8 colonias m⁻².

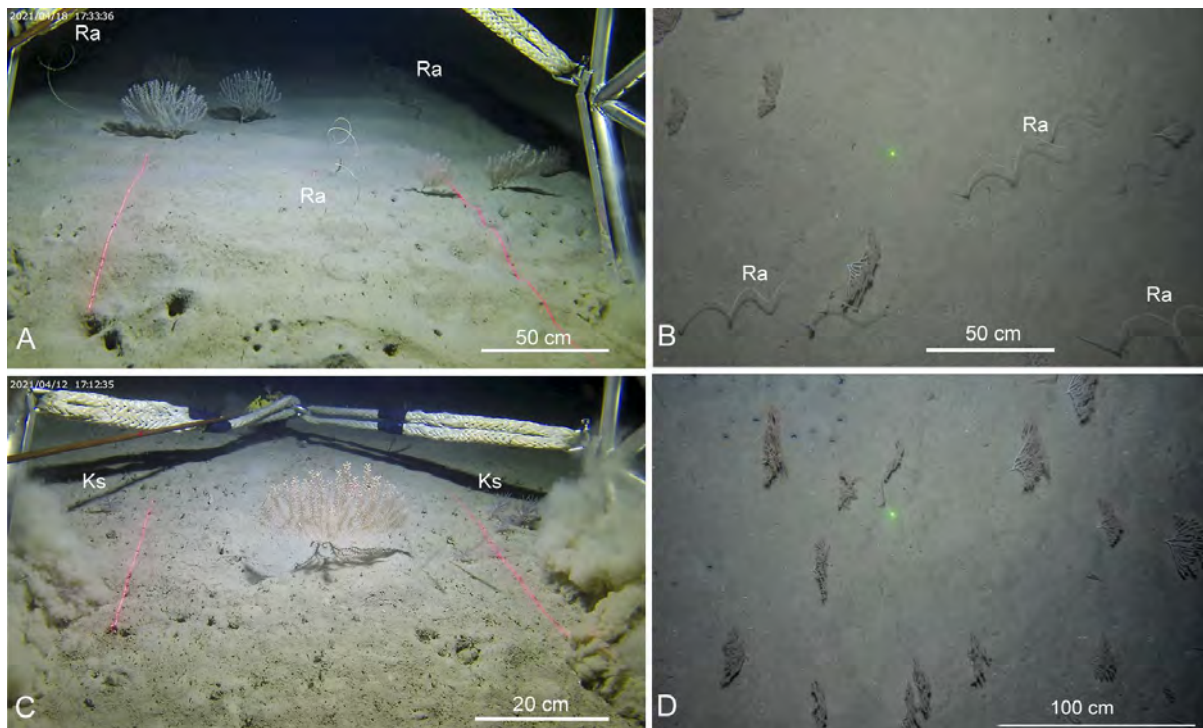


Figura 40. Imágenes submarinas de los hábitats *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* (LPRE 04020206) y *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* (LPRE Fangos batiales con *Radicipes*, 0402020402), generalmente dominado o codominado por *Isidella elongata* y *Radicipes fragilis* (Ra), y a veces acompañado por el pennatuláceo *Kophobelemnon stelliferum* (Ks).

10. Fangos y arenas fangosas batiales con *Radicipes* (LPRE Fangos batiales con *Radicipes*, 0402020402) (Acrónimo: *Radicipes*) presentes sólo en el *Campo Profundo*, a profundidades entre 831 y 1087 m, y concretamente en zonas adyacentes del VF Almazán y depresiones aledañas, en el VF Aveiro y fondos adyacentes, así como en canales y zonas cercanas a los VF de este campo (Fig. 40, Tabla 7), donde pueden alcanzar densidades de 2-4 colonias . m⁻². Este tipo de hábitat suele aparecer entremezclado con otros hábitats de fondos sedimentarios del *Campo Profundo* como son los conformados por el coral bambú

Isidella elongata, el pennatuláceo *Protopilum* cf. *carpenteri* o la esponja hexactinélida *Pheronema carpenteri*. Otras especies comunes en estos hábitats son *Gymnosarca bathybius*, *Nymphaster arenatus*, *Odontaster mediterraneus*, *Limopsis aurita*, *Leocrates atlanticus*, *Pagurus alatus* y *Spirotropis sarsi*.

11. Fangos batiales con *Pheronema carpenteri* (LPRE 0402020403) (Acrónimo: Pheronema), se encuentra tan sólo en el *Campo Profundo*, a profundidades entre 860 y 1182 m, en el VF St. Petersburg y zonas adyacentes (Fig. 41, Tabla 7). Son fangos dominados por la esponja *P. carpenteri* (10-12 colonias m⁻²), aunque también pueden aparecer los antozoos *Radicipes* cf. *fragilis* (3-4 colonias . m⁻²), *I. elongata* y *P. cf. carpenteri*. Otras especies comunes en este hábitat son el asteroideo *N. arenatus*, la esponja *Thenea muricata* y los decápodos *Rochinia carpenteri* y *Geryon longipes*

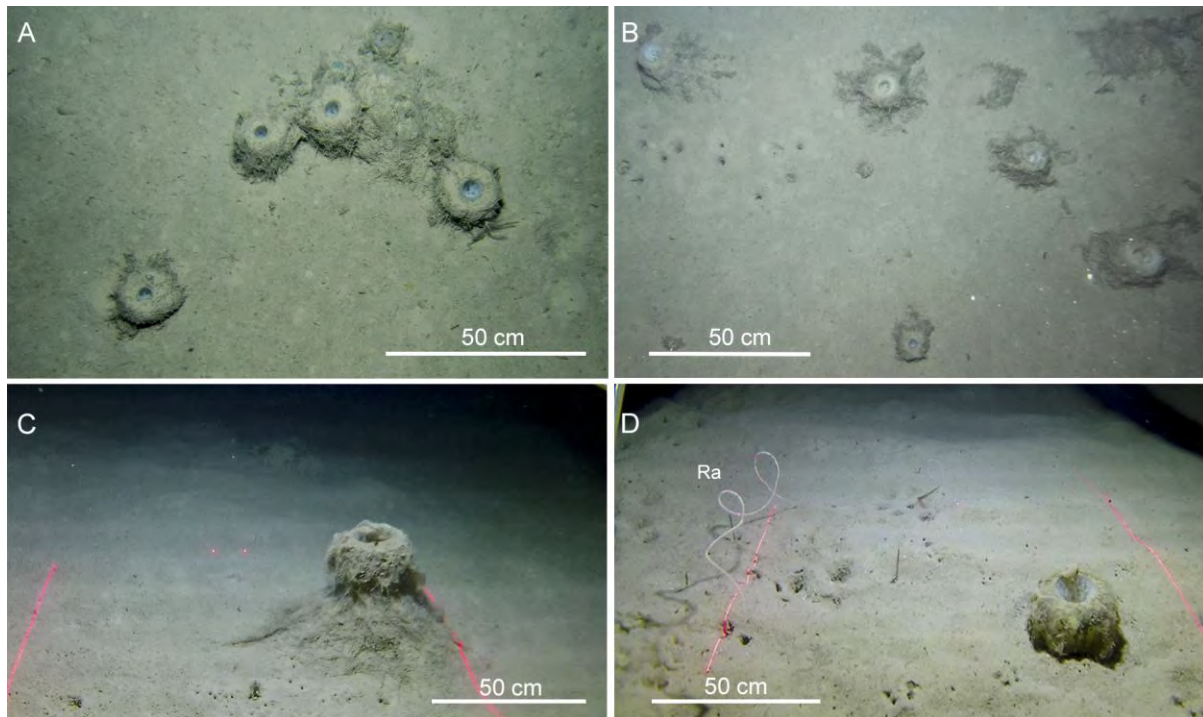


Figura 41. Imágenes submarinas del hábitat *Fangos batiales con Pheronema carpenteri* (LPRE 0402020403), a veces acompañado por la gorgonia *Radicipes fragilis* (Ra).

12. Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) (Acrónimo: Pennatuláceos), representa uno de los hábitats que ocupa una mayor extensión en el LIC, a profundidades entre 364 y 1094 m. En el *Campo Somero*, se encuentran principalmente en fondos aplacerados, y específicamente en algunos Diapiros (ej. Cristóbal Colón), en zonas concretas de los VF Anastasya y Tarsis, así como en fondos adyacentes del VF Pipoca y el DVF Chica (Fig. 42, Tabla 7). Este hábitat está principalmente conformado por los pennatuláceos *Kophobelemnon stelliferum* (10-20 colonias m⁻²), *Funiculina quadrangularis* y *Pennatula aculeata* (ca. 10 ind. m⁻²), intercalados

con pequeñas esponjas (*T. muricata*), solenogastos (*Dorymenia sarsii*), equinodermos (*Hymenodiscus coronata*, *L. phalangium*), y el frágil y protegido coral bambú *I. elongata* en zonas prístinas. En el LIC muestra diferentes facies con zonas donde domina *K. stelliferum* y otras donde domina *F. quadrangularis*, así como zonas con diferentes densidades y tallas de estas especies posiblemente ligado a algunas variables ambientales y al efecto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino. En el *Campo Profundo* se encuentra representado en los VF Aveiro y St. Petersburg, así como en las depresiones aledañas a estos VF. Este hábitat presenta una composición diferente según la profundidad, y en el *Campo Profundo* aparecen otras especies como *Protoptilum cf. carpenteri* que rara vez se encuentran en el *Campo Somero*.

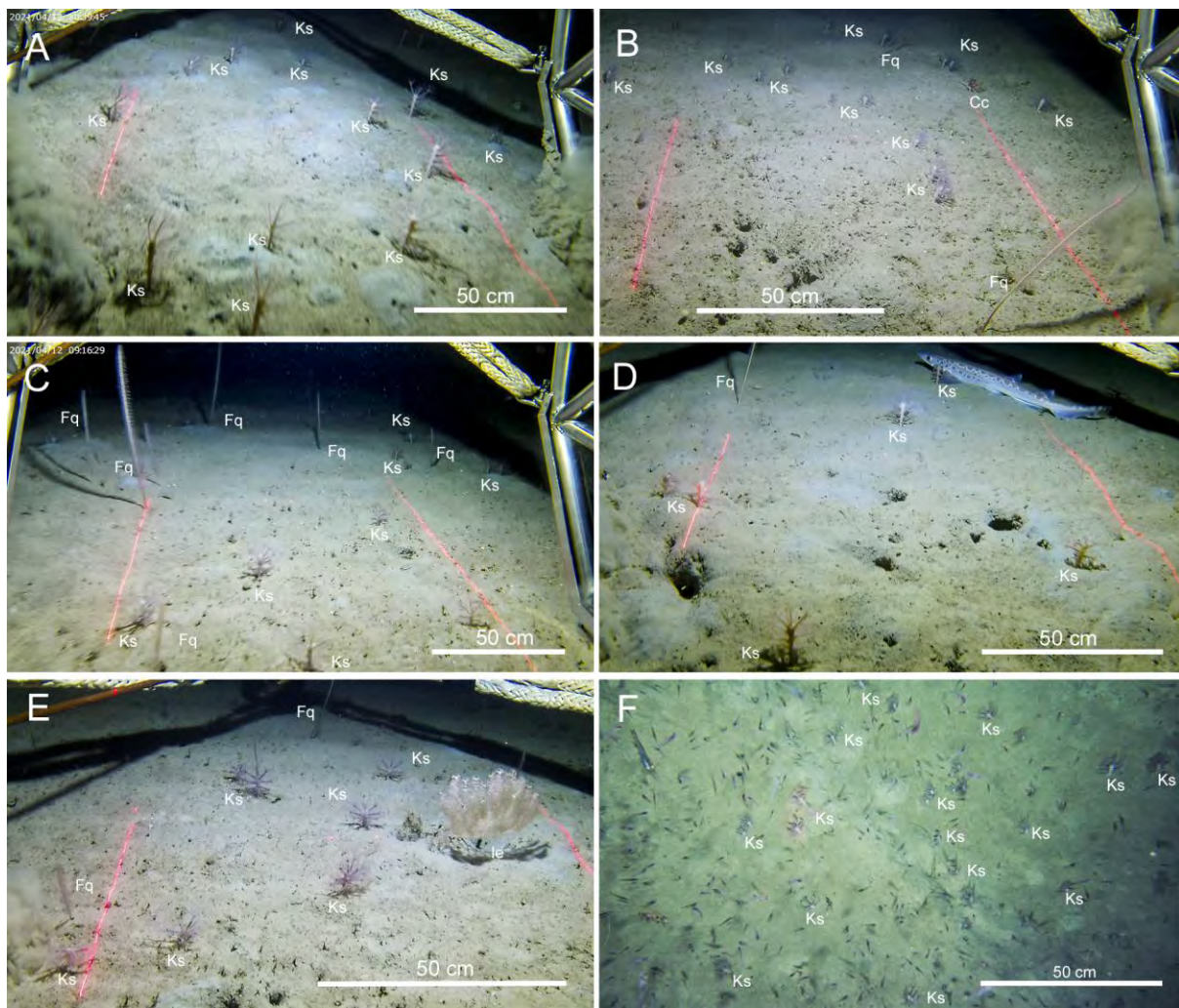


Figura 42. Imágenes submarinas del hábitat Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202), principalmente conformado por los pennatuláceos *Kophobelemnion stelliferum* (Ks), *Funiculina quadrangularis* (Fq) y *Pennatula aculeata*, intercalados con el frágil coral bambú *Isidella elongata* (Figura E) o el equinodermo *Cidaridiscus* (Cc).

Entre los hábitats vinculados al Hábitat 1110, se da la presencia de 4 tipos de hábitats en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz":

1. Fondos detríticos batiales con campos de *Leptometra phalangium* (LPRE 0402031106) (Acrónimo: Leptometra), presentes fundamentalmente en el Campo Somero, a profundidades entre 378 y 866 m, concretamente en los VF de Gazul y Pipoca, en las dorsales diapíricas, canales y zonas planas específicas (Fig. 43, Tabla 7). La especie dominante es el crinoideo *L. phalangium* (ca. 100 ind. m⁻²), aunque en muchas ocasiones se entremezcla con el coral solitario *Flabellum chunii*. Otras especies características son el anélido *Hyalinoecia tubicola*, los equinodermos *Gracilechinus acutus* y *Luidia sarsii*, o decápodos como *Ergasticus clouei* e *Inachus leptochirus*.

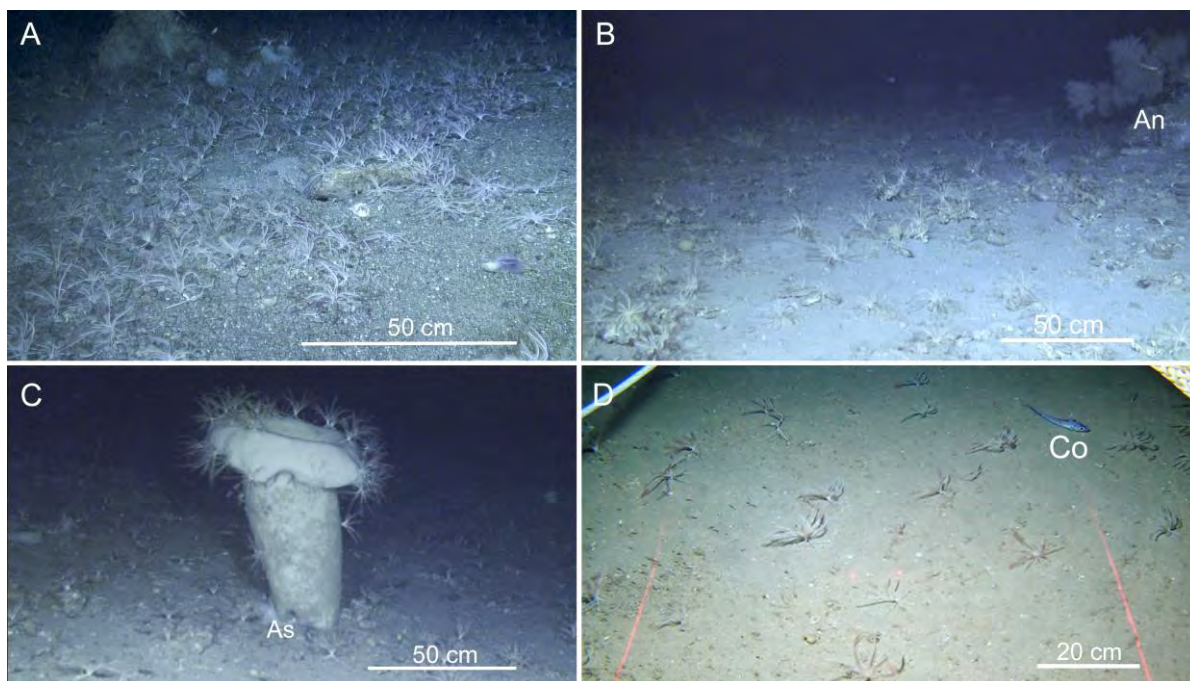


Figura 43. Imágenes submarinas del hábitat *Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium* (LPRE 0402031106), a veces recubriendo otras especies constructoras de hábitats como la esponja *Asconema setubalense* (As) y con especies de peces comunes en los fondos sedimentarios del LIC como *Coelorinchus caelorrhincus* (Co).

2. Arenas batiales detríticas con *Gryphus vitreus* (LPRE 04020301) (Acrónimo: Gryphus), se encuentra muy localizado en el DVF Hespérides, entre 691 y 858 m de profundidad (Tabla 7), y está caracterizado principalmente por el braquiópodo *G. vitreus*, y a veces acompañado de los bivalvos *Asperarca nodulosa* y *Limopsis angusta*, pequeñas esponjas incrustantes (*Terpios* sp.), antozoos estoloníferos (*Telestula* sp.) y el erizo *C. cidaris*.

3. Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii* (Sin código LPRE) (Acrónimo: Flabellum), se han detectado en el LIC, a profundidades entre los 378 y 1052 m. En el

Campo Somero se encuentra muy restringido, concretamente en la depresión de colapso del VF Gazul, y en alguna depresión erosiva de la Dorsal Diapírica de Cádiz. En el *Campo Profundo* sólo se ha detectado en el sector del DVF Hespérides (Figura 44, Tabla 7). El hábitat está dominado por el coral solitario *Flabellum chunii*, y otras especies acompañantes son el poliqueto *Lumbriconereis flabellicola* (que vive en mutualismo con *F. chunii*), así como los bivalvos *Pseudamussium sulcatum*, *Asperarca nodulosa* y *Limopsis angusta*, el erizo *C. cidaris* y el poliqueto *Hyalinoecia tubicola*.

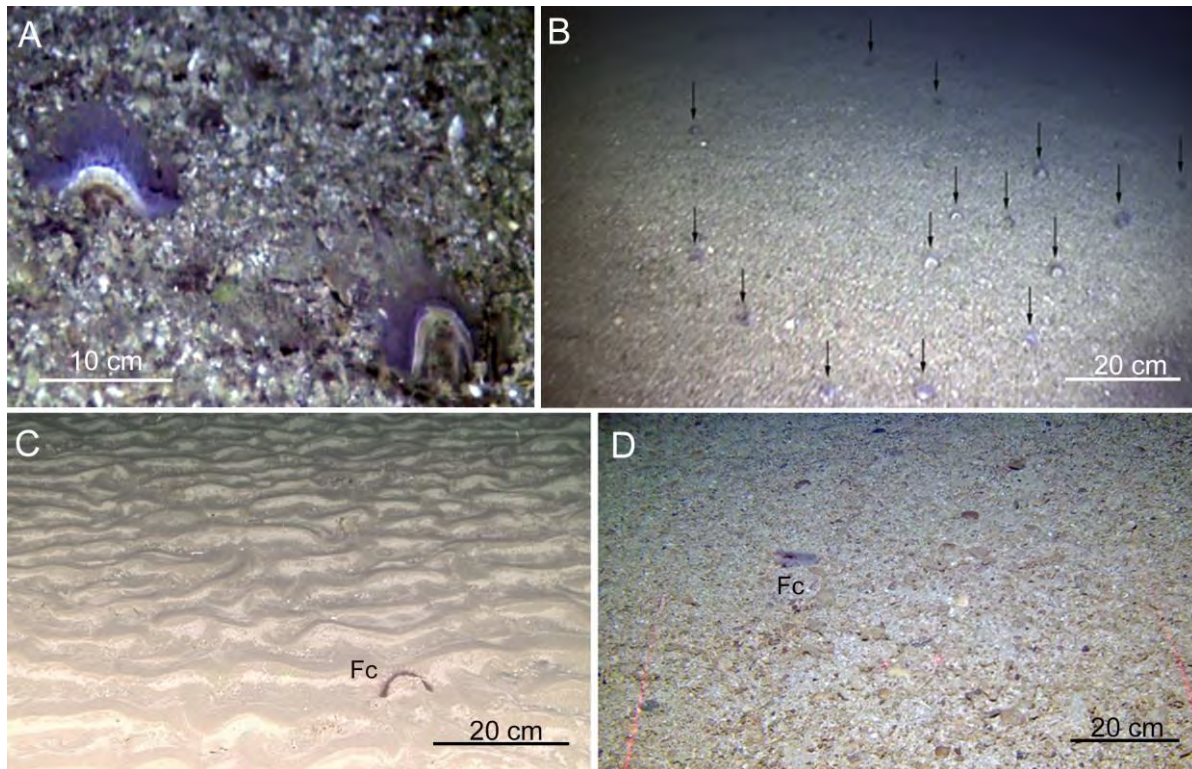


Figura 44. Imágenes submarinas del hábitat *Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii* (Sin código LPRE). Fc: *Flabellum chunii*

4. Fondos mixtos batiales dominados por *Anthomastus* (Sin código LPRE) (Acrónimo: *Anthomastus*), se encuentra también muy localizado en zonas concretas del *Campo Profundo*, a profundidades entre 845 y 878 m, concretamente al sureste del comienzo del canal Gil Eanes, y están dominados por el alcionáceo *Anthomastus*, a veces acompañado por otros antozoos como el alcionáceo *Anthotella grandiflora* o el estolonífero *Telestula* sp. (Tabla 7).

Entre los hábitats no vinculados a hábitats de la DH, se ha detectado la presencia de 6 tipos de hábitats en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz":

1. Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (LPRE Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) (Acrónimo: *Thenea*), suelen representar hábitats que en muchas ocasiones se encuentran entremezclados con otros hábitats estructurados por pennatuláceos, coral bambú *I. elongata* o grandes esponjas hexactinélidas (*Pheronema carpenteri*), e incluso pueden ser parte de hábitats mixtos con estas especies mostrando dominancias similares. Algunos ejemplos de este hábitat se encuentran puntualmente en el sector del Diapiro Enmedio y zonas adyacentes al VF Pipoca y en el DVF Chica (Figura 45, Tabla 7), pero en el *Campo Profundo* se encuentra sin entremezclarse con otros hábitats, a profundidades entre 867 y 1203 m, como ocurre en zonas adyacentes al VF Aveiro, así como en zonas cercanas al canal Gil Eanes.

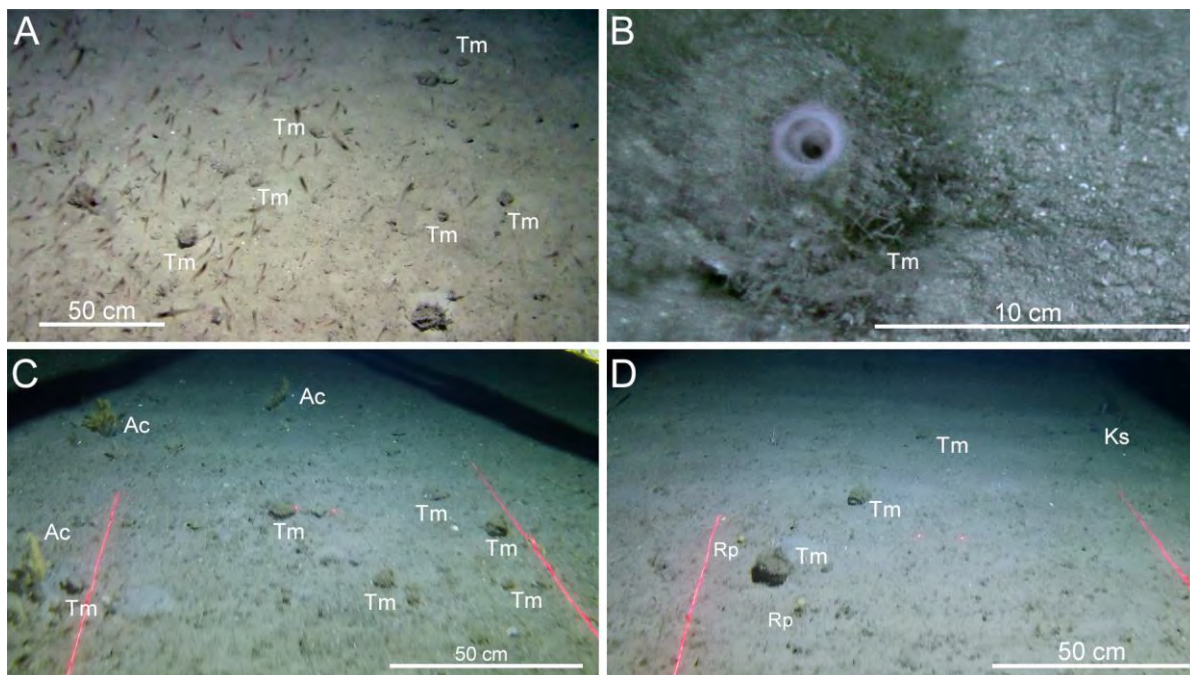


Figura 45. Imágenes submarinas del hábitat *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata* (LPRE Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401), en los que *Thenea muricata* (Tm) es la especie dominante, muchas veces pasa desapercibida en las fotos por tener largas espículas y fibras que favorecen la retención de la sedimentación sobre su superficie, así como organismos epibiontes (ej. *Epizoanthus cf. arenaceus*) que a veces les hace parecer pequeñas piedras. En ocasiones esta especie aparece acompañada de otras esponjas de fondos sedimentarios como las esponjas chupa-chups, principalmente *Rhizaxinella pyrifer* (Rp) (Figura D), gorgonias como *Acanthogorgia* spp. (Ac) (Figura C), y pennatuláceos como *Kophobelemnion stelliferum* (Ks) (Figura D).

2. Fangos batiales con *Flabellum chunii* (LPRE 04020203) (Acrónimo: *Flabellum fango*), es muy similar al hábitat Sedimentos mixtos batiales con *F. chunii* siendo en este caso el sedimento fangoso. Se ha encontrado alrededor del DVF Hespérides, entre los 657 a 1055 m de profundidad (Tabla 7).

3. Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos *Cidaris Cidaris* (LPRE 04020305) (Acrónimo: Cidaris), se han detectado en zonas de moderado a fuerte hidrodinamismo, entre 319 y 1042 m de profundidad, generalmente en canales, campos de ondas, campos de ripples y fondos adyacentes a algunos VF, llegando a presentar el equinoideo *C. cidaris* densidades de hasta 20 ind. m⁻². En el *Campo Somero* se ha detectado en fondos adyacentes al VF Gazul, en zonas adyacentes al VF Pipoca y DVF Chica, en el canal de Huelva y el canal gusano (Figura 46, Tabla 7). En el *Campo Profundo* se da la presencia de este tipo de hábitat también en zonas de fuerte hidrodinamismo como es el canal de Cádiz o el canal Gil Eanes. Algunas especies acompañantes son el poliqueto mutualista *Phalacrostemma cidariophilum*, el cual vive sobre las espinas de *C. cidaris*, así como el crinoideo *Leptometra phalangium* y el equinoideo *G. acutus*, y los decápodos *Pagurus alatus* y *Ergasticus clouei*.

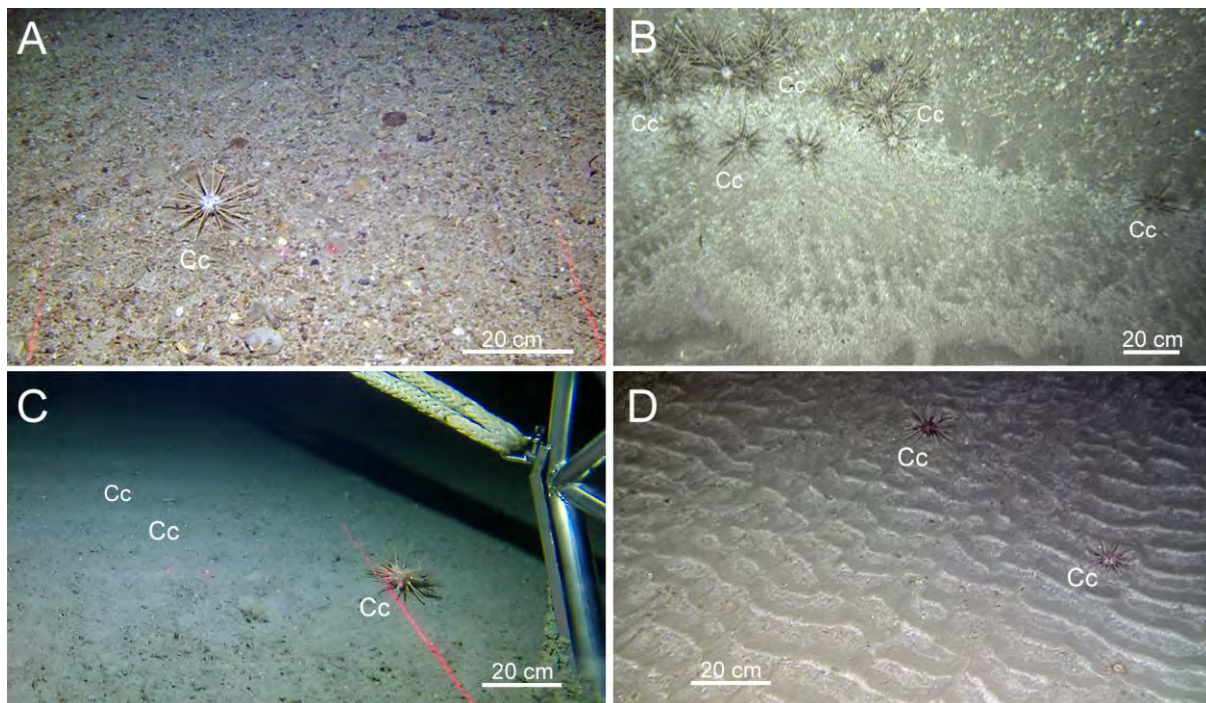


Figura 46. Imágenes submarinas del hábitat *Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos Cidaris cidaris* (LPRE 04020305), donde domina el equinoideo *Cidaris cidaris* (Cc), incluso en zonas con moderado hidrodinamismo y fondos con ripples (Fig. D).

4. Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (*Actinauge richardi*) (LPRE 04020401) (Acrónimo: Actinauge), presente sólo en el *Campo Somero*, a profundidades entre 258 y 769 m de profundidad, en zonas aplaceradas con ripples bajo un hidrodinamismo moderado y también bordeando a algunos canales, concretamente en fondos adyacentes del VF Gazul, al norte y este de la Dorsal Diapírica de Cádiz y bordeando al canal de Huelva y Cádiz (Figura 47, Tabla 7). La especie dominante es el antozoo *Actinauge richardi*, con densidades de hasta 20 ind. m⁻², que se entremezcla a veces con *C. cidaris*, crinoideos (*L. phalangium*, *Antedon bifida*) y corales solitarios (*F.*

chunii), pero a menores densidades. En ocasiones puede aparecer el gasterópodo *Opaliopsis atlantis*, el cual se alimenta de *A. richardi*.

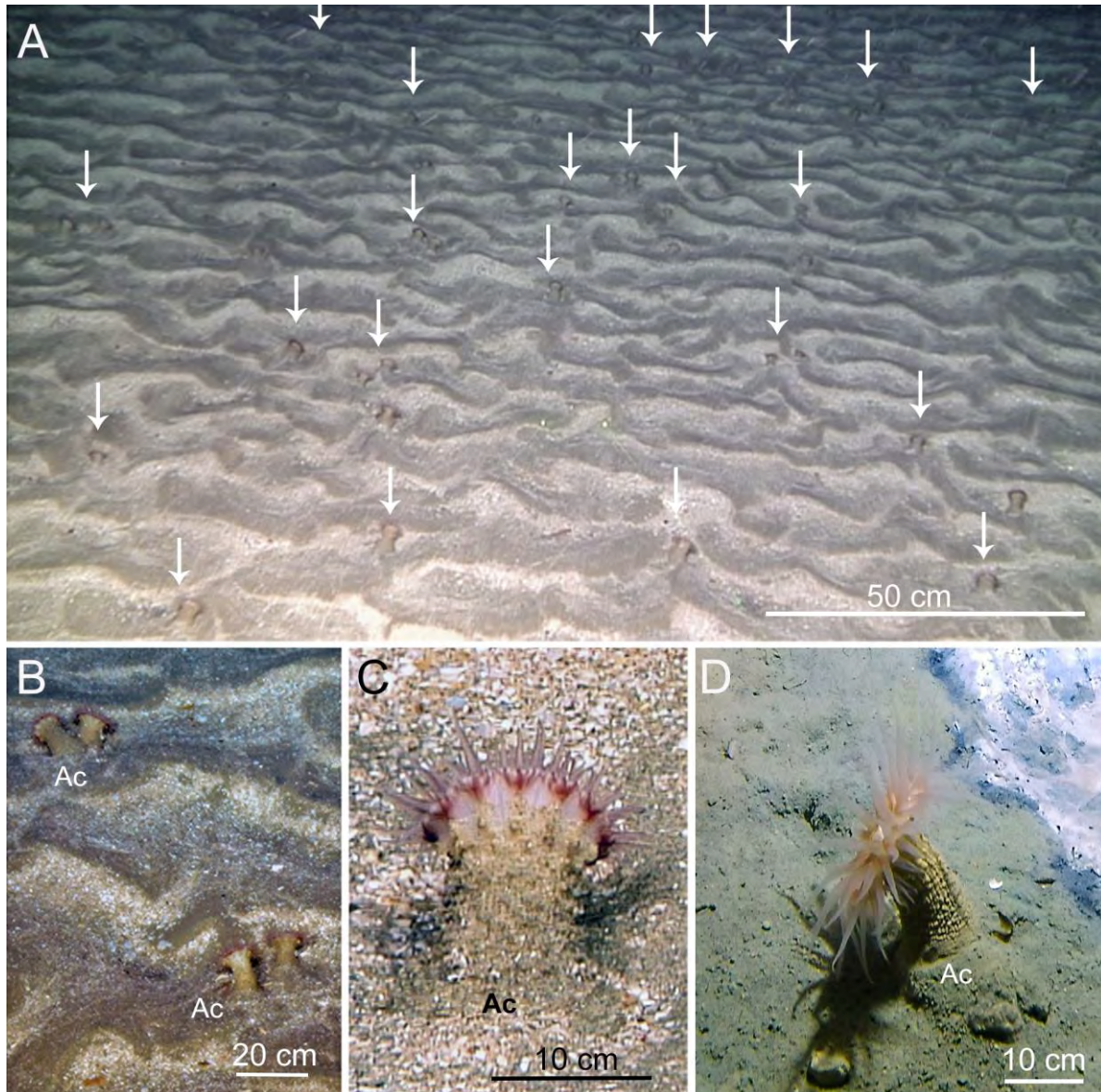


Figura 47. Imágenes submarinas del hábitat Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por *Hormathiidae* (*Actinauge richardi*) (LPRE 04020401), donde suele dominar las anémonas del género *Actinauge* (Ac) (Figs. C y D), las cuales pueden aparecer como fauna acompañante en otros tipos de hábitats, incluyendo los ligados al Hábitat 1180 (D).

5. Fangos batiales con dominancia de ceriantarios (LPRE 04020207) (Acrónimo: Ceriantarios), detectado puntualmente en zonas concretas del *Campo Profundo*, concretamente al sur del canal de Cádiz, a profundidades entre 827 y 849 m (Tabla 7)

6. Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora, 04020210) (Acrónimo: Excavadora). Se localizan entre 474 y 1040 m de profundidad, pero principalmente en fondos aplacerados del *Campo Somero*, donde opera la flota pesquera dedicada a la pesca de arrastre de fondo (Fig. 48,

Tabla 7). Las comunidades asociadas son generalmente pobres en especies y complejidad, y compuestas por especies sedentarias que pueden enterrarse (ej. ceriantarios) y móviles con alta capacidad excavadora como los decápodos *Nephrops norvegicus* (cigala), *Munida* spp., *Monodaeus couchii* y *Goneplax rhomboides*. También pueden aparecer de manera aislada algunos pennatuláceos de pequeño tamaño (*K. stelliferum*, *P. aculeata*) y pequeñas esponjas (*T. muricata*). Estos fondos aplacerados son unas de las estructuras más abundantes en el *Campo Somero*, representando un 70% de la superficie total. El tipo de sedimento es la arena fangosa y el fango. En el *Campo Profundo* también hay sectores donde se ha detectado este hábitat, sobre todo en los fondos adyacentes de los VF de Aveiro y St. Petersburg, en el canal Gil Eanes y en el canal ciego situado al norte al canal Gil Eanes.

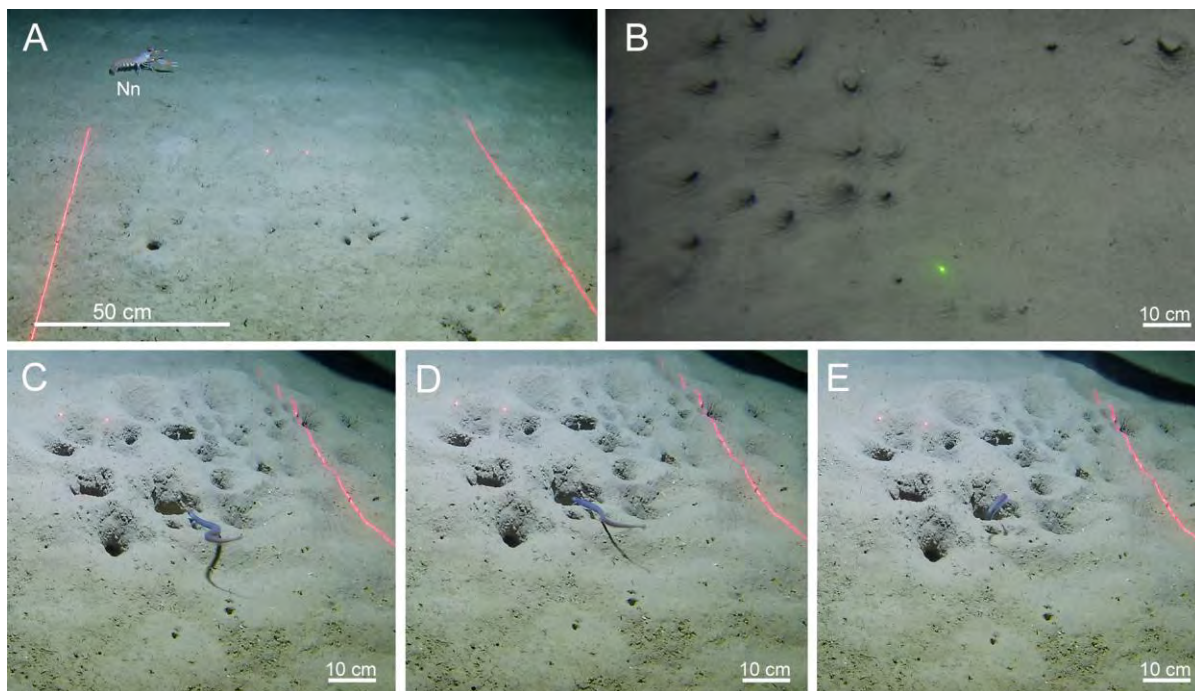


Figura 48. Imágenes submarinas del hábitat *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora, 04020210), que incluye diferentes tipos de decápodos, como la cigala *Nephrops norvegicus* (Nn), sobretodo en el *Campo Somero* y de peces, como el pez anguiliforme *Synphobranchus kaupii*, en el *Campo profundo* (Figs. C-E).

5.2. Distribución y cartografiado de los hábitats bentónicos

Tal y como se comentó en el apartado de Material y Métodos, el estudio de distribución y cartografiado se realizó combinando diferentes métodos: (1) técnicas de modelización (*Random Forest*) y (2) técnicas de combinación-vinculación directa de la información procedente de los datos de la geomorfología del fondo, sedimentológicos y muestreos en la zona, con la cual se realizaba un cartografiado manual basado en criterio de experto (*expert judgment*) y observaciones directas (*Ground-truth, Ground-based*). Se ha obtenido una resolución de 15 x 15 m.

5.2.1. Distribución y cartografiado del Hábitat 1180

Para el cartografiado del Hábitat 1180, y tal y como se comentó en el apartado de Material y Métodos, se ha usado la (1) batimetría (y datos derivados) y la reflectividad, (2) datos de sonda paramétrica TOPAS; (3) la identificación y clasificación de estructuras morfológicas y tipos de fondos (Fernández-Salas *et al.*, 2021; Palomino *et al.*, 2016, en revisión; Lozano *et al.*, 2020 a,b); (4) muestras tomadas con testigos de gravedad y box-corer, (5) imágenes submarinas y (6) proxies ambientales (concentraciones de metano, flujos de carbono y materia orgánica particulada) (Jiménez-López *et al.*, 2021; Amaral *et al.*, 2021). El cartografiado del Hábitat 1180 no se pudo realizar mediante técnicas de modelado debido a la ausencia de datos espaciales de muchas e importantes variables que influyen en la presencia de este hábitat (ej. concentración de metano en sedimento, concentración de sulfhídrico, presencia de fondos rocosos que estén conformados por carbonatos autigénicos, etc.).

En relación con el Hábitat 1180, es importante incidir en el solapamiento que puede tener dicha superficie con la de otros hábitats vinculados al 1170 y 1110, hasta que se pueda realizar una reclasificación de los tipos de hábitats de la Lista Patrón de Hábitats Marinos presentes en España (LPRE). El hábitat “*Volcán de fango*” (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201) se distribuye tanto en el *Campo Somero*, como en el *Campo Profundo*, entre 363 y 1176 metros de profundidad, y está presente en los sectores de Gazul, volcán nuevo, Anastasya, Pipoca, Tarsis, Almazán, Aveiro y St Petersburg. Se caracteriza por presentar brecha fangosa, y en algunos casos carbonatos autigénicos, comunidades quimiosintéticas y emisiones de Metano/Sulfhídrico (Fig. 49). El hábitat “*Complejo diapiro - volcán de fango*” (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201), también está presente en el *Campo Somero* y *Campo Profundo* entre 328 y 978 m de profundidad, concretamente en los sectores de Albolote, Chica, Magallanes, Geraldine y Hespérides. Se caracteriza también por presentar brecha fangosa, y en algunos casos carbonatos autigénicos, comunidades quimiosintéticas y emisiones de Metano/Sulfhídrico (Fig. 49). El hábitat “*Diapiro*” (LPRE sin código) se ha detectado en el *Campo Somero*, a profundidades entre 388 y 751 metros, y está presente en los sectores diapíricos de Cristóbal Colón, Juan Sebastián Elcano, Enano y Enmedio. Se caracteriza por

presentar *Cap rock*-carbonatos autigénicos, que sustentan diferentes tipos de hábitats. El hábitat “*Dorsal Diapírica*” (LPRE sin código) se encuentra sobretodo en el *Campo Somero*, entre 314 y 878 metros, y está presente en los sectores Dorsal Diapírica de Cádiz, Dorsal Diapírica de Guadalquivir y Dorsal Diapírica de Guadiana. Se caracteriza por presentar *Cap rock*-carbonatos autigénicos que sustentan diferentes tipos de hábitats. El hábitat “*Pockmark*” (LPRE 04020101) se ha detectado sólo en el *Campo Somero*, entre 538 y 598 m, y en los sectores situados entre la Dorsal Diapírica de Cádiz y la de Guadalquivir, al norte del canal de Huelva, y en Anastasya. Es un hábitat muy poco estudiado y se desconocen sus comunidades biológicas. Finalmente, el hábitat “*Depresiones de colapso*” (LPRE sin código), se ha detectado tanto en el *Campo Somero* como en el *Campo Profundo*, entre 434 y 1055 m de profundidad, en los sectores de Gazul, Anastasya, Tarsis, Pipoca, Almazán, Aveiro y St. Petersburg y en el complejo diapiro-volcán de fango Hespérides. Se caracteriza por tener carbonatos autigénicos, así como restos de comunidades quimiosintéticas.

Por otro lado, existen 2 tipos de hábitats que presentan solapamiento con los anteriores (Fig. 49), como son: “*Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas*” (LPRE 04020103), presente en el *Campo Somero* y *Campo Profundo*, entre 363 y 1123 m de profundidad, generalmente en las cimas de los volcanes de fango (VF) Gazul, Anastasya, Tarsis, Pipoca, Almazán, Aveiro y St. Petersburg, y en la cima del complejo diapiro-volcán de fango (DVF) Hespérides. Se caracteriza por tener tapetes bacterianos, así como metazoos quimiosimbióticos (ej. *Siboglinum* sp., *Solemya elarraichensis*, *Lucinoma asapheus*, *Acharax gadirae*, *Thyasira vulcolutre*, *Calliax lobata*) y emisiones de metano y sulfhídrico. El último tipo de hábitat es “*Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético*” (LPRE 04020102), presente por todo el LIC, entre 314 y 1052 m de profundidad, fundamentalmente en los sectores de los complejos DVF Albolote, Chica y Hespérides, en los VF Gazul, Anastasya, Pipoca, Tarsis, Almazán y St. Petersburg, en los Diapiros Cristóbal Colón, Juan Sebastián Elcano, Enano y Enmedio, y en las Dorsales Diapíricas de Cádiz, Guadalquivir y Guadiana. Se caracteriza por presentar carbonatos autigénicos, restos de comunidades quimiosintéticas, así como organismos suspensivos formadores de hábitats (ej. esponjas, corales, gorgonias, etc.).

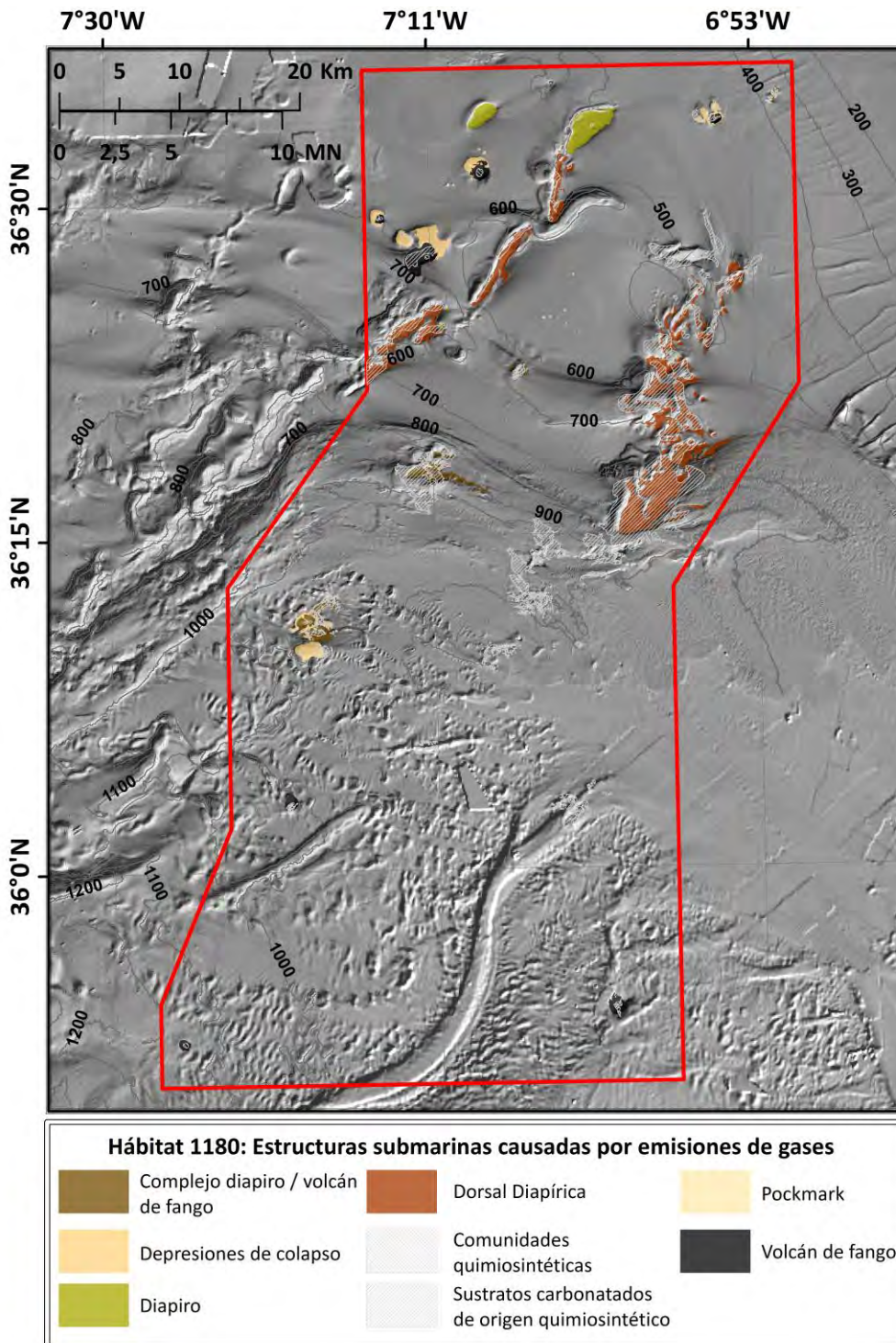


Figura 49. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1180 "Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases" de la Directiva Hábitat en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". En ANEXO se adjuntan mapas a mayor resolución del Campo Somero y Campo Profundo de Expulsión de Fluidos del LIC.

5.2.2. Distribución y cartografiado de los hábitats 1170, 1110 y otros hábitats no contemplados en directivas o convenios

Tal y como se ha comentado en Material y Métodos, el cartografiado del resto de hábitats (Hábitat 1170, 1110 y otros no contemplados en directivas y convenios) se han obtenido mediante (1) técnicas de modelización (*Random Forest*) (sólo en el *Campo Somero*) y (2) cartografiado obtenido mediante la combinación-vinculación directa de la información procedente de los datos de la geomorfología del fondo, sedimentológicos y muestreos en la zona, con la cual se realizaba un cartografiado manual basado en criterio de experto (*expert judgment*) y observaciones directas (*Ground-truth, Ground-based*) (en el *Campo Somero* y algunas zonas del *Campo Profundo*).

En relación al modelado, se realizaron dos tipos de modelos usando datos de presencia/ausencia y datos de abundancia de especies constructoras-estructurantes de hábitats sedimentarios (*Funiculina quadrangularis*, *Kophobelemnion stelliferum*, *Pennatula aculeata*) y de megafauna excavadora (*Nephrops norvegicus*, etc.). Los hábitats con los que se obtuvieron los resultados más fiables fueron: "*Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*" y "*Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora*" (Fig. 50 y 51). Las variables finalmente utilizadas fueron la temperatura, la salinidad y la velocidad de la corriente cercana al fondo, así como la profundidad, esfuerzo de pesca de arrastre, el índice de posición batimétrica (BPI) y el tipo de sustrato (Tabla 8).

Los diferentes modelos de presencia/ausencia y abundancia para "*Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*" y "*Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora*" mostraron un error cuadrático medio normalizado (RMSE%) entre 18 y 19 % y el error absoluto medio normalizado (NMAE%) osciló entre 12 y 15 % (Tabla 8). Las principales variables explicativas para predecir la presencia y abundancia de pennatuláceos y, por tanto, el hábitat "*Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*", fueron la velocidad de la corriente, profundidad, temperatura, sustrato y bBPI (*broad scale Bathymetric Position Index*-Índice de posición batimétrica de amplia escala), y por otro lado la profundidad, velocidad de la corriente, salinidad, temperatura y bBPI, respectivamente (Tabla 8). Para la megafauna excavadora (*Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora*), las principales variables para explicar la presencia del hábitat y la abundancia de fauna excavadora fueron el tipo de sustrato, la velocidad, la temperatura, la profundidad, y el bBPI, y por otro lado, la profundidad, la actividad de arrastre, el sustrato, la velocidad de la corriente y la inclinación del fondo (*slope*), respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Variables explicatorias, *Area Under Curve* (AUC), error cuadrático medio normalizado (RMSE%) y error absoluto medio normalizado (NMAE%) de los modelos de favorabilidad *Random Forest* para presencia y ausencia y abundancia de especies estructurantes de 2 hábitats sedimentarios ampliamente representados en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos* del LIC *Volcanes de fango del golfo de Cádiz*. bBPI- *broad scale Bathymetric Position Index*

RANDOM FOREST (PRESENCIA/AUSENCIA)				
Hábitat	Variables explicatorias	AUC	RMSE%	NMAE%
<i>Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos</i>	Velocidad de la corriente, Profundidad, Temperatura, Sustrato, bBPI	0,94	--	--
<i>Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora</i>	Sustrato, velocidad de la corriente, Temperatura, Profundidad, bBPI	0,94	--	--
RANDOM FOREST (ABUNDANCIA)				
<i>Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos</i>	Profundidad, Velocidad de la corriente, Salinidad, Temperatura, bBPI	--	18,09	12,60
<i>Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora</i>	Profundidad, Actividad arrastre, Sustrato, velocidad de la corriente, inclinación del fondo (slope)	--	19,00	14,04

El cartografiado de hábitats obtenido con modelado se completó basándose en criterio de experto (*expert judgment*) y observaciones directas (*Ground-truth, Ground-based*), excepto en aquellas zonas en las que no se disponía de mucha información tanto de imágenes submarinas como de muestreos, como en el caso de diferentes sectores del *Campo Profundo*, en las cuales el cartografiado se realizó a nivel de tipo de fondo y sin poder aportar información del componente biológico (indicado en la tabla de atributos como "*Componente Biológico Desconocido*") (Fig. 54 y 55).

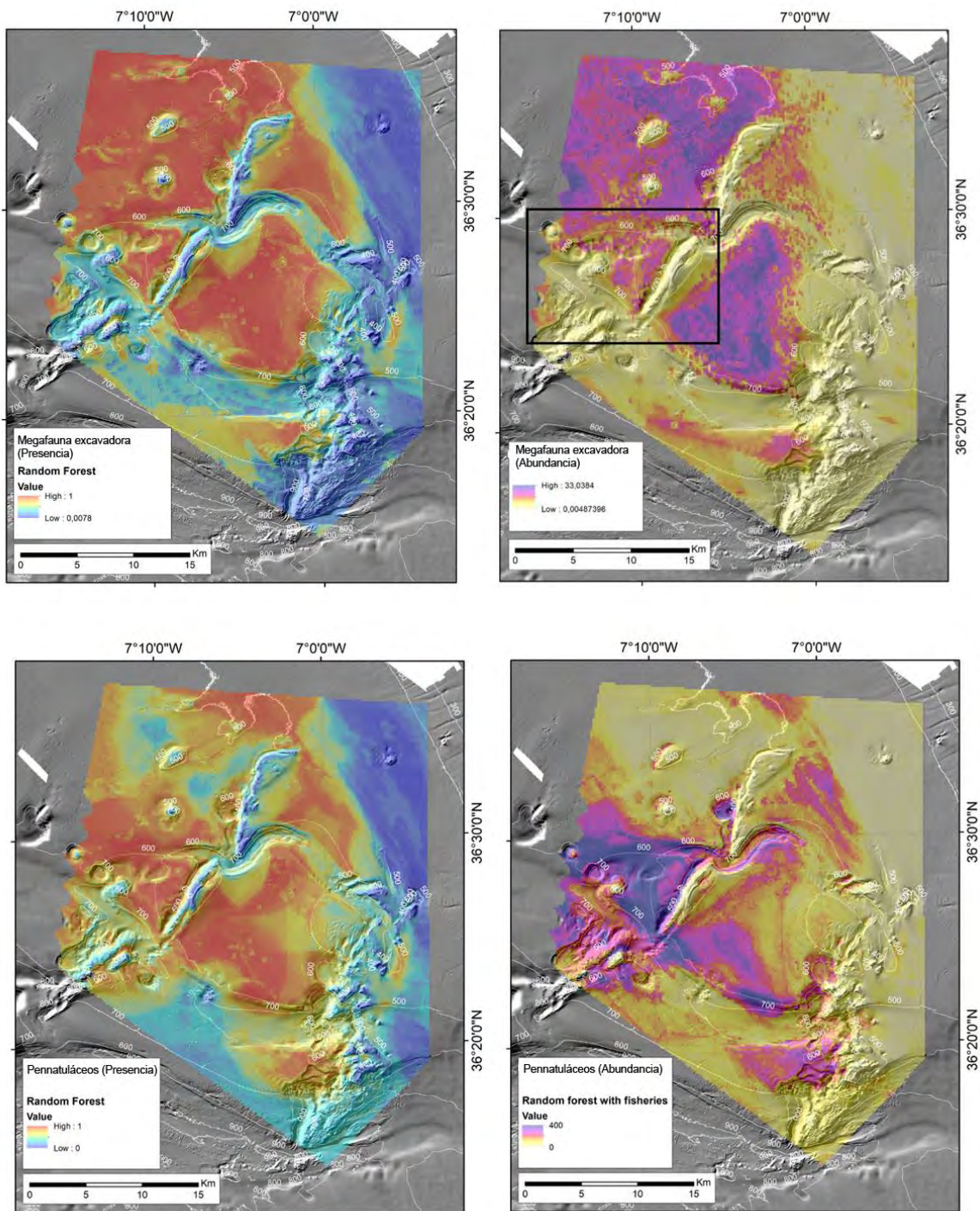


Figura 50. Distribución de dos hábitats sedimentarios con alta representación en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos* del LIC basado en modelos de favorabilidad *Random Forest* para presencia y ausencia y abundancia de especies estructurantes, teniendo en cuenta variables ambientales y actividad pesquera de arrastre de fondo. Extraído de Lozano *et al.* (en preparación).

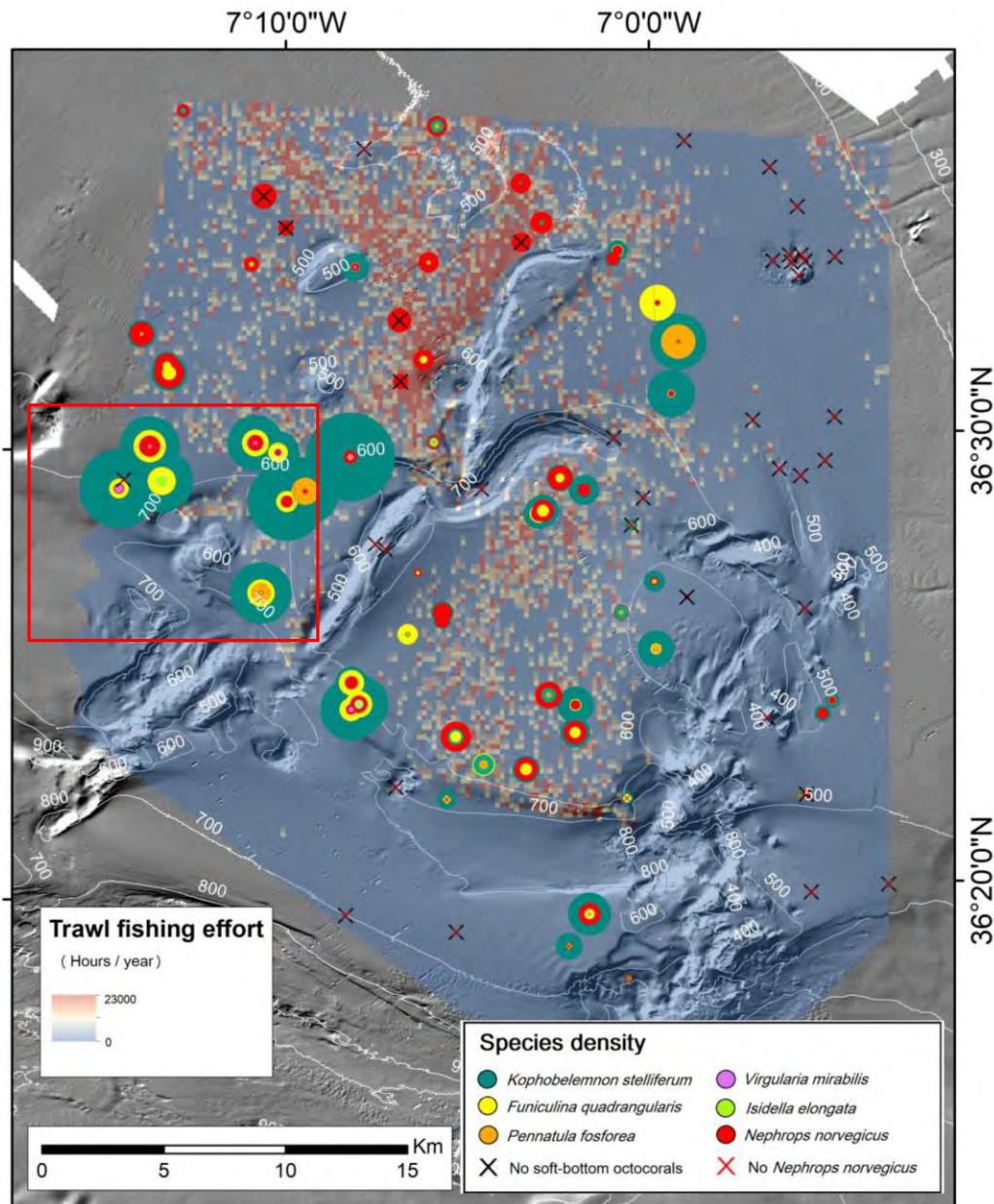


Figura 51. Distribución del esfuerzo pesquero de arrastre de fondo y la densidad de especies estructurantes de hábitats sedimentarios con alta representación en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos* del LIC y usados en modelos de favorabilidad *Random Forest*. El tamaño de cada círculo muestra la densidad de las especies en cada video y las cruces muestran la ausencia del *Isidella elongata* y megafauna excavadora. Extraído de Lozano *et al.* (en preparación).

En el cartografiado final y en relación a los hábitats 1170 de sustrato rocoso (Fig. 52), el hábitat "*Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*)" (LPRE 04030301) se detectó sobre sustratos rocosos y con restos de coral del *Campo Somero*, entre 363 y 801 m de profundidad, concretamente en el VF Gazul y en zonas concretas de la Dorsal diapírica de Cádiz. El hábitat "*Coral muerto compacto*" (dead coral framework) (Sin código LPRE) se detectó sobre restos de coral, tanto en el *Campo Somero* como en el *Campo Profundo*, a profundidades entre 328 y 1013 m de profundidad, en los sectores de

los complejos DVF Albolote, Geraldine y Hespérides, en zonas puntuales del VF Gazul y el Diapiro de Cristobal Colón. El hábitat "*Roca batial con corales negros (Leiopathes glaberrima y Antipathes dichotoma)*" (LPRE 04010115) se ha detectado fundamentalmente en fondos rocosos del *Campo Somero* y *Campo Profundo*, a profundidades entre 673 y 918 m, entremezclado con otros hábitats o formando parte de hábitats multiespecíficos de forma puntual, pero de manera extensiva en el complejo DVF Hespérides. Los hábitats "*Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos*" (LPRE Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias 04010101) y "*Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas*" (LPRE 04010208) se han agrupado en el hábitat "*Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas*" (Sin código LPRE) detectado sobre sustratos rocosos del *Campo Somero* y *Campo Profundo*, a profundidades entre 314 y 1052 m de profundidad, en los sectores de las dorsales diapíricas del *Campo Somero*, los VF Gazul, Pipoca, Tarsis y Almazán, en los complejos DVF Chica y Hespérides y zonas cercanas al Norte y Sur del surco erosivo Gil Eanes. El hábitat "*Roca batial dominada por ascidias*" (Sin código LPRE) se ha detectado sobre sustrato rocoso, y restringido a zonas muy concretas del VF Gazul, a profundidades entre 465 y 471. Finalmente el hábitat "*Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos*" (Sin código LPRE) se ha detectado en zonas muy puntuales del VF St. Petersburg, entre 806 y 1002 m de profundidad.

En relación a los hábitats 1170 de sustrato sedimentario (Fig. 52), el hábitat "*Fangos batiales compactos con Isidella elongata*" (LPRE 04020206), se detectó sobre fondos fangosos y, en menor medida, sobre arena fangosa, tanto del *Campo Somero* como del *Campo Profundo*, entre 586 y 1203 m de profundidad. En el *Campo Somero* está muy restringido a zonas puntuales y cercanas al Canal de Huelva, los VF Tarsis y Pipoca y al SE del sector central de la Dorsal Diapírica del Guadalquivir. En el *Campo Profundo* se ha detectado de forma mucho más extensiva y formando un verdadero hábitat, en zonas de canales ciegos y de los VF Almazán y Aveiro, así como en fondos y depresiones adyacentes. El hábitat "*Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes*" (LPRE Fangos batiales con *Radicipes* 0402020402), se ha detectado en fondos de fango y arena fangosa del *Campo Profundo*, a profundidades entre 831 y 1087 m, y a veces entremezclado con el hábitat de "*Fangos batiales compactos con Isidella elongata*" en zonas adyacentes del VF Almazán y depresiones aledañas, y fondos adyacentes al VF Aveiro, así como en canales. El hábitat "*Fangos batiales con Pheronema carpenteri*" (LPRE 0402020403) se ha detectado sólo en fondos fangosos del *Campo Profundo*, entre 860 y 1182 m de profundidad, fundamentalmente en el sector del VF St. Petersburg. Finalmente, el hábitat "*Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*" (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202), se ha detectado en fondos aplacerados de fango y arena fangosa, tanto del *Campo Somero* como del *Campo Profundo*, a profundidades entre 364 y 1094 m de profundidad, en zonas de los diapiros del *Campo Somero* (ej. Cristobal Colón, Enmedio etc.), los VF Anastasya, Tarsis y su depresión adyacente, así como en fondos adyacentes de los sectores del VF Pipoca y el complejo DVF Chica. En el *Campo Profundo*,

fundamentalmente se han detectado en los VF Aveiro y St. Petersburg así como en depresiones aledañas a éstos.

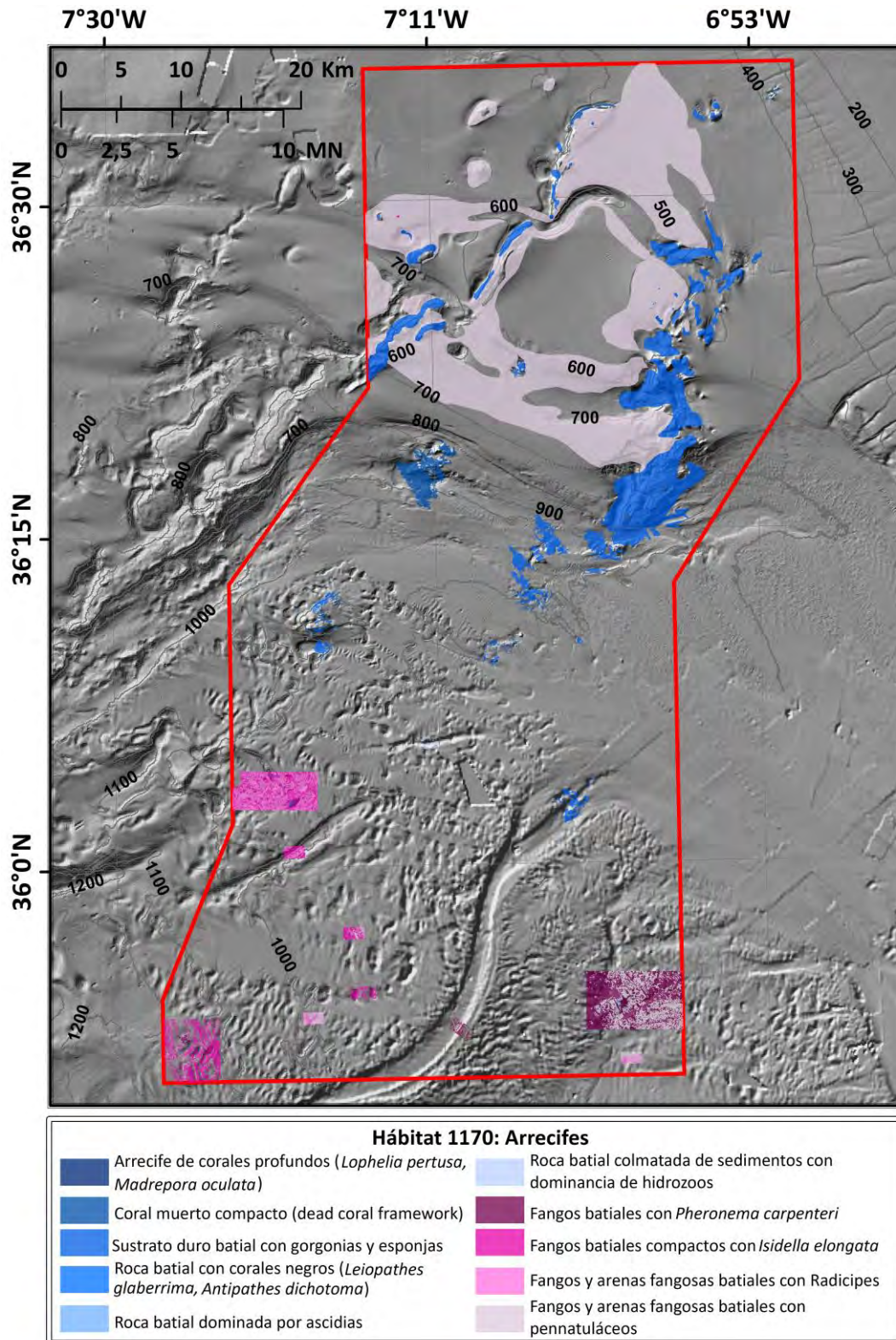


Figura 52. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1170 "Arrecifes" en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". En ANEXO se adjuntan mapas a mayor resolución del Campo Somero y Campo Profundo de Expulsión de Fluidos del LIC.

En relación a los hábitats relacionados con el 1110 (Fig. 53), el hábitat "*Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium*" (LPRE 0402031106) se detectó en fondos de arena y fondos detríticos del *Campo Somero*, entre 378 y 866 m de profundidad, en los VF y zonas adyacentes de Pipoca y de Gazul, así como bordeando dorsales diapíricas, canales y zonas aplaceradas. El hábitat "*Arenas batiales detríticas con Gryphus vitreus*" (LPRE 04020301) fue detectado en fondos similares al hábitat anterior, pero restringido al *Campo Profundo* (sector del complejo DVF Hespérides, a profundidades entre 691 y 848 m). El hábitat "*Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii*" (Sin código LPRE) también se ha detectado en fondos arenosos y detríticos del *Campo Somero y Profundo*, en zonas adyacentes y depresiones de los VF Gazul y alrededor de la Dorsal Diapírica de Cádiz y el complejo DVF Hespérides, a profundidades entre 378 y 1052 m. Finalmente el hábitat "*Fondos mixtos batiales dominados por Anthomastus*" (Sin código LPRE), se ha detectado muy puntualmente en fondos arenosos y detríticos del *Campo Profundo*, concretamente en el sector del canal Gil Eanes, a profundidades entre 845 y 878 m.

En relación a los hábitats sin correspondencia con directivas y convenios (Fig. 54), el hábitat "*Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata*" (LPRE Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) queda restringido a fondos arenoso fangosos y fangosos de zonas muy concretas del *Campo Profundo*, en el entorno del VF Aveiro, a profundidades entre 867 y 1203 m, pero también se ha detectado en zonas puntuales del *Campo Somero*, entremezcladas con hábitats de pennatuláceos y que no han podido ser cartografiadas. El hábitat "*Fangos batiales con Flabellum chunii*" (LPRE 04020203), es muy similar al hábitat "*Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii*" (Sin código LPRE) pero en este caso el sedimento es fangoso, se ha encontrado alrededor del complejo DVF Hespérides, entre los 657 a 1055 m de profundidad. El hábitat "*Fondos sedimentarios batiales no fangosos con cidarioideos (Cidaris Cidaris)*" (LPRE 04020305) suele ocurrir sobre fondos arenosos y detríticos, pero incluso fangosos, del *Campo Somero y Campo Profundo*, a profundidades entre 319 y 1042, en zonas adyacentes a los sectores de los VF Gazul, Pipoca y Almazán y el complejo DVF Chica, así como en campos de dunas y ripples, canales y fondos aledaños a éstos. El hábitat "*Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (Actinauge richardi)*" (LPRE 04020401), queda restringido a fondos fangosos y arenoso fangosos con ripples bajo un hidrodinamismo moderado del *Campo Somero*, a profundidades entre 258 y 769, de los sectores de VF Gazul, la zona norte y este de la Dorsal Diapírica de Cádiz y el Canal de Huelva. El hábitat "*Fangos batiales con dominancia de ceriantarios*" (LPRE 04020207) se ha detectado en el *Campo Profundo*, concretamente al sur del Canal de Cádiz a profundidades entre 827 y 849 m. Finalmente, el hábitat "*Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora*" (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora, 04020210) se ha detectado en fondos aplacerados fangosos y arenoso fangosos del *Campo Somero y Campo Profundo*, a profundidades entre 474 y 1040 m, del noroeste del LIC, en zonas entre las dorsales diapíricas, así como en zonas puntuales adyacentes a los VF Aveiro y St. Petersburg.

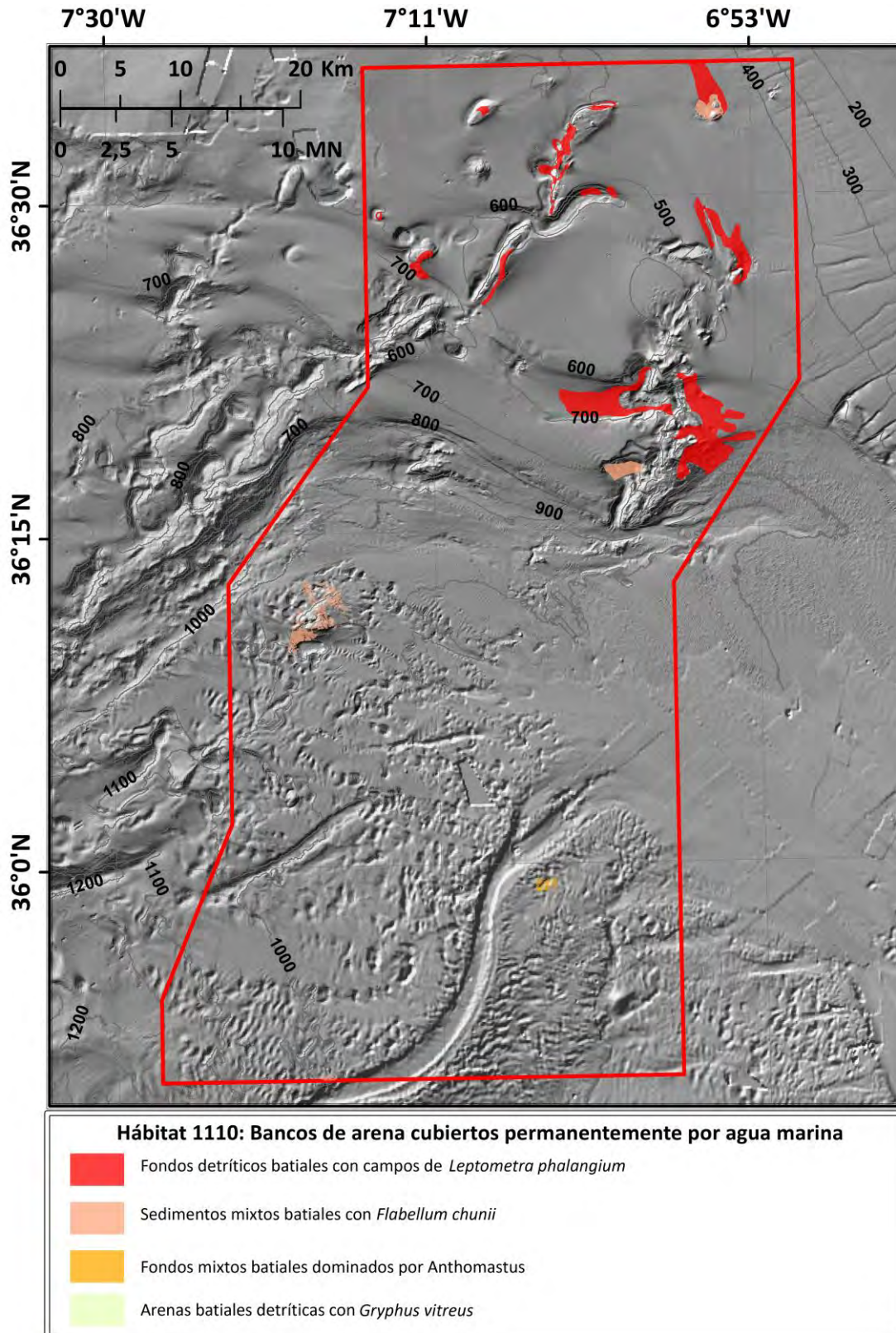


Figura 53. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1110 "Bancos de arena poco profundos cubiertos permanentemente por agua marina" en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". En ANEXO se adjuntan mapas a mayor resolución del Campo Somero y Campo Profundo de Expulsión de Fluidos del LIC.

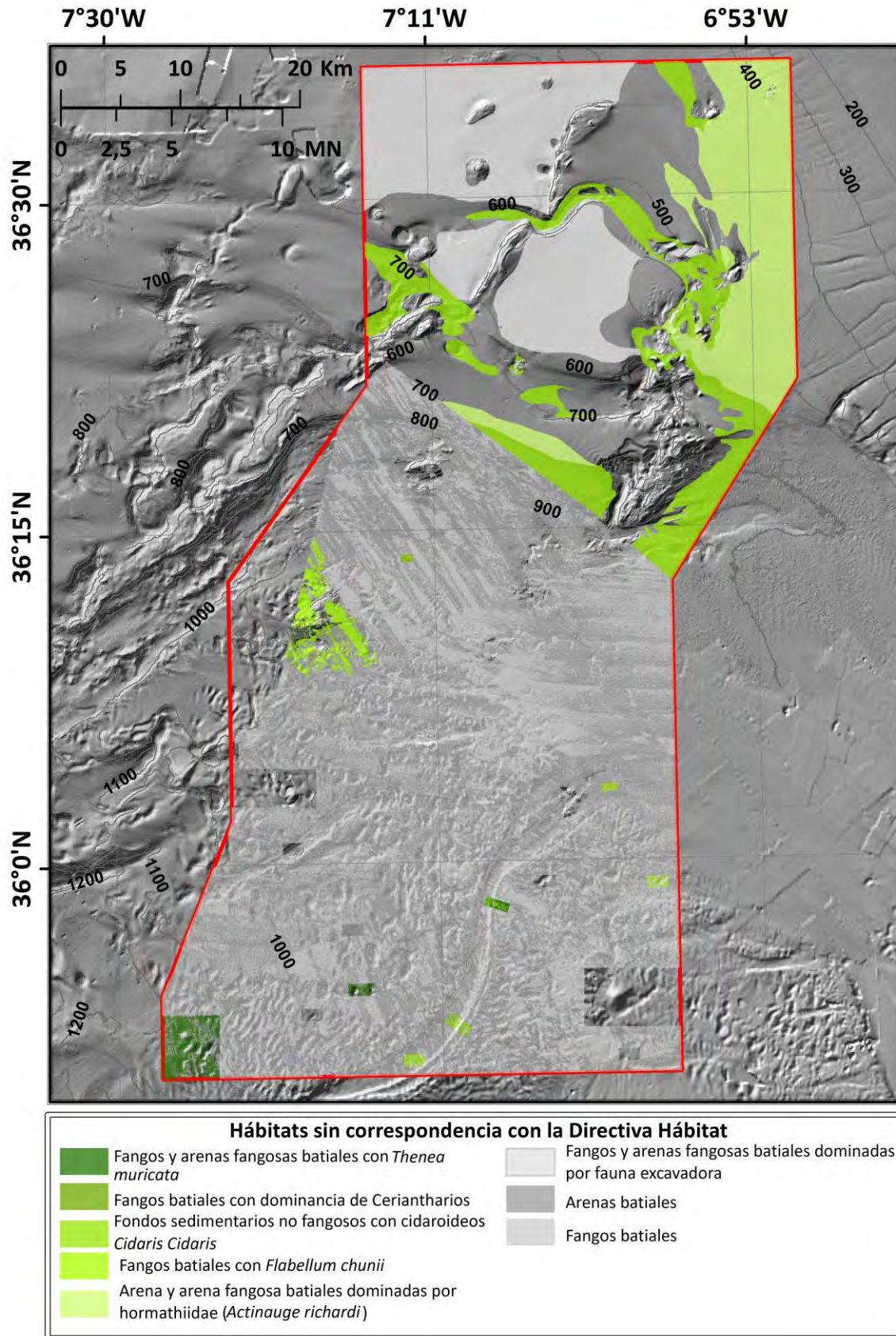


Figura 54. Distribución de los hábitats sin correspondencia con directivas ni convenios en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". En ANEXO se adjuntan mapas a mayor resolución del Campo Somero y Campo Profundo de Expulsión de Fluidos del LIC.

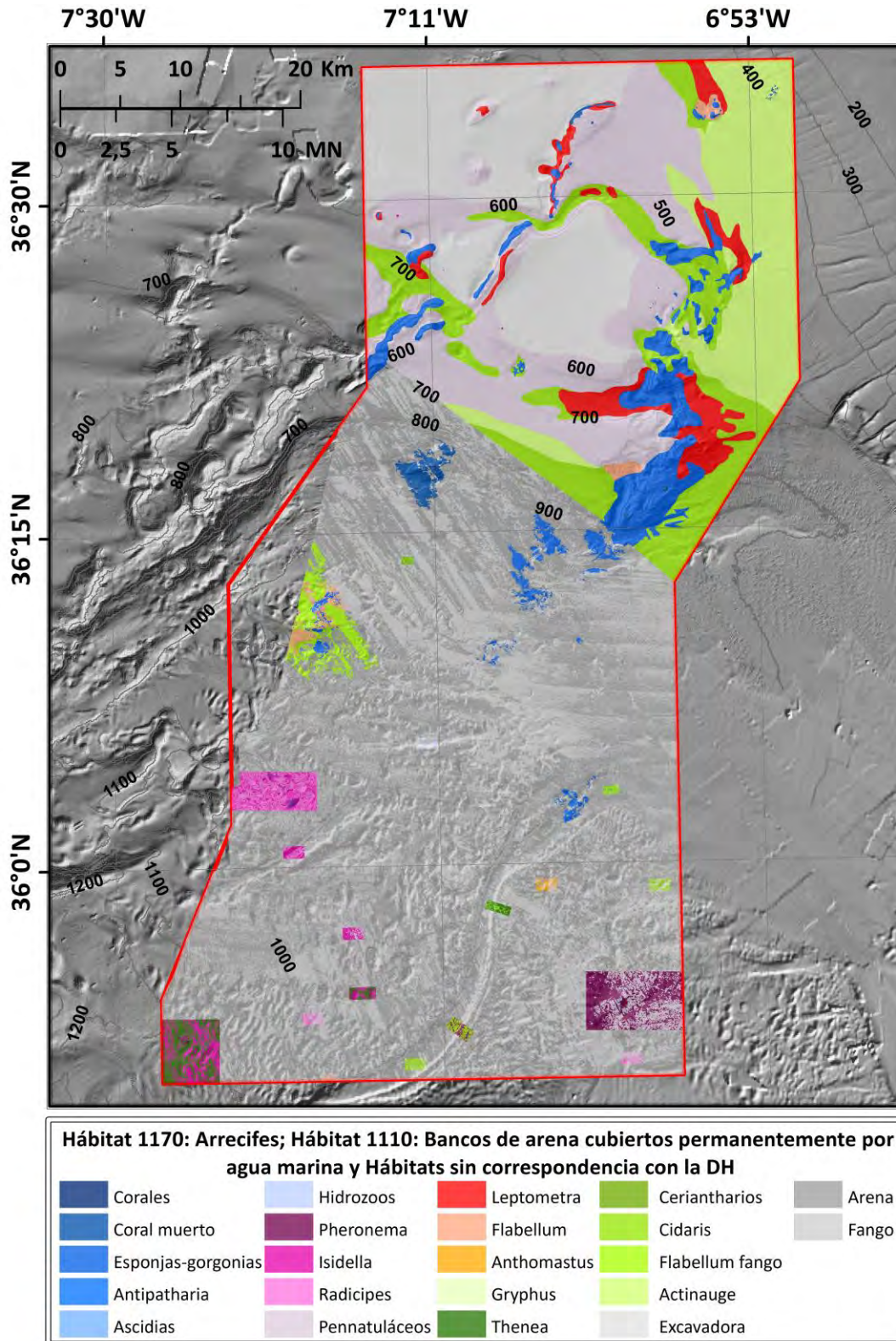


Figura 55. Distribución de los hábitats 1170, 1110 y los que no tienen correspondencia con directivas ni convenios en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". En ANEXO se adjuntan mapas a mayor resolución del Campo Somero y Campo Profundo de Expulsión de Fluidos del LIC.

5.3. Hábitats vulnerables considerados en normativas y convenciones internacionales

El análisis de correspondencia de los hábitats detectados en el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” con los incluidos en las clasificaciones de hábitats del Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE), de EUNIS, del Convenio OSPAR, del Convenio de Barcelona y de la Lista patrón de los hábitats marinos presentes en España (LPRE) se muestra en la Tabla 9. La correspondencia con los hábitats del listado del Convenio de Barcelona se ha realizado ya que la zona donde se encuentra el LIC, aunque se encuentra en la parte nororiental del golfo de Cádiz (océano Atlántico), está bañada por masas de aguas profundas de origen mediterráneo y algunos hábitats detectados tienen afinidad con esa región.

La correspondencia de cada hábitat con algunas de las definiciones que ofrecen todas estas clasificaciones de hábitats es complicada, especialmente en aguas profundas donde muchos hábitats están ausentes o mal clasificados, y en muchas ocasiones se encuentran entremezclados entre sí (tal y como ocurre en aguas someras), o se han definido en dichas clasificaciones con un enfoque de hábitat estructurado por una especie o filo, y no por un conjunto de especies y filos como a veces ocurre también en zonas someras. En este estudio se ha optado por realizar una vinculación del hábitat encontrado en el LIC con los más similares detectados en esas clasificaciones siempre que ha sido posible, y si no hubiese sido el caso, se ha indicado que no existe correspondencia.

5.3.1. Directiva Hábitats

Se han detectado 24 tipos de hábitats que se podrían encuadrar en alguna categoría de hábitat de la Directiva Hábitat (DH), concretamente 8 en el Hábitat 1180 (*Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases*), 12 en el Hábitat 1170 (*Arrecifes*) y 4 en el hábitat 1110 (*Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda*) y, por otro lado, 6 hábitats que no muestran correspondencia con ningún hábitat de la DH (Tabla 9). En base a esto, dichos hábitats vulnerables y contemplados por la DH justificarían la creación de una Zona de Especial Conservación (ZEC) que favorezca su conservación y protección, de acuerdo con los objetivos de dicha Directiva.

En relación con el Hábitat 1180, la mayor variedad de tipos de hábitats se encuentra en el *Campo Somero* con 8 tipos de hábitats, frente a 6 presentes en el *Campo Profundo*, en el cual no se ha podido constatar la existencia de pockmarks ni de dorsales diapíricas. Es importante recalcar que en el *Campo Profundo* se ha realizado un esfuerzo exploratorio mucho menor ya que la zona se encuentra a una profundidad mayor, por lo que los datos

pueden tener una menor resolución a los del *Campo Somero*. En el proyecto LIFE+ INDEMARES (subproyecto Chimeneas de Cádiz) se concluyó de la existencia de diferentes estructuras interpretadas como pockmarks que, finalmente, han resultado ser depresiones de colapso vinculadas con expulsión de fluidos o canales erosivos creados por las corrientes del fondo (Fernández-Salas et al., 2021). No obstante, se debería realizar un análisis más detallado de cada una de estas estructuras de relieve negativo, usando nuevos datos batimétricos, perfiles de sonda paramétrica y muestreos, para verificar si se tratan de verdaderos pockmarks o, si por el contrario, se deben a estructuras de colapso o erosivas. Por otro lado, las dorsales diapíricas y los diapiros se han interpretado como pertenecientes al Hábitat 1180 porque estas estructuras han favorecido la migración y extrusión de fluidos y sedimentos sometidos a la sobrepresión a lo largo de la columna sedimentaria para, finalmente, dar lugar a la construcción en superficie de otras estructuras como son los volcanes de fango (VF) (Palomino et al., 2016; Lozano et al., 2020 a,b; Fernández-Salas et al., 2021). Algunos VF se encuentran relacionados con diapiros someros/aflorescentes que forman crestas NE- SO o en base a observaciones realizadas en perfiles sísmicos multicanal (Medialdea et al., 2008). Además, algunos tipos de diapiros pueden a veces contener sustrato duro carbonatado en su parte superior, conocido como “*Cap rock*”, el cual se forma por complejos procesos de oxidación anaeróbica de bacterias dependientes de sulfuros, tal y como han demostrado estudios en otras zonas con importantes emisiones de fluidos (ej. golfo de México) (Caesar et al., 2019).

En relación al Hábitat 1170, 8 de estos hábitats se encuentran sobre fondo rocoso o sustrato duro y por tanto cuadran totalmente con la definición del Hábitat 1170, pero 4 de ellos se encuentran sobre fondo sedimentario, concretamente (1) *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*, (2) *Fangos batiales con Pheronema carpenteri*, (3) *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* y (4) *Fangos batiales compactos con Isidella elongata*. La correspondencia de estos tipos de hábitats con el Hábitat 1170 se basa en que están conformados por especies de lento crecimiento y sensibles a las perturbaciones, que ofrecen una estructura tridimensional al fondo marino y, por tanto, aumenta la complejidad estructural y biológica, ofreciendo cobijo, alimento y sustrato para otras especies. Además, el Comité Científico del proyecto LIFE IP INTEMARES considera que estos hábitats deberían ser incluidos en el Hábitat 1170 (Esparza et al., 2018), y de hecho están contemplados en otros listados de hábitats sensibles y vulnerables de interés para la conservación, como son el listado del Convenio OSPAR o del Convenio de Barcelona. En el *Campo Somero* se ha detectado una variedad de hábitats vinculados con el 1170 similar a la del *Campo Profundo*, con 8 tipos de hábitats cada uno.

En relación al hábitat 1110, se han detectado 4 hábitats que podrían vincularse a esta categoría en base a la propuesta realizada por el Comité Científico del proyecto LIFE IP INTEMARES (Esparza et al., 2018). Estos tipos de hábitats suelen encontrarse en zonas con moderado hidrodinamismo, que favorece la presencia de sustrato sedimentario más

grueso y bioclastos, con cavidades, y especies que necesitan de un sustrato medianamente estable. En estas zonas puede haber alta productividad (alto flujo de partículas alimenticias transportadas por corrientes), lo cual favorece el asentamiento y desarrollo de organismos suspensívoros como son los crinoideos (*Leptometra phalangium*) o corales solitarios (*Flabellum chunii*), que conforman hábitats que son de interés para la conservación en la región Mediterránea (ej. comunidades de *Leptometra phalangium*) según el Convenio de Barcelona. En el *Campo Somero* se ha detectado una variedad de hábitats vinculados con el 1110 similar a la del *Campo Profundo*, con 3 tipos de hábitats cada uno.

5.3.2. Clasificación EUNIS

La mayoría de los hábitats identificados no tienen ninguna correspondencia con los hábitats EUNIS o tienen una baja similitud (generalmente hábitats EUNIS de nivel 3 o 4) y sólo 3 de los hábitats (*Fangos batiales compactos con Isidella elongata*, *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* y *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata*) tienen una alta correspondencia con los de EUNIS (nivel 5) (Tabla 9). La mayoría de los hábitats se relacionan a hábitats biogénicos (EUNIS 4) registrados en el LIC con hábitats no biogénicos en la clasificación EUNIS (EUNIS 3). Esto suele ocurrir en los hábitats batiales (>200 m de profundidad) para los cuales EUNIS no proporciona el grado de detalle que sí ofrece para hábitats más someros del infra y circalitoral. En el caso de los hábitats profundos, la clasificación EUNIS se basa exclusivamente en el tipo de sustrato y en la geomorfología (cañones, montañas submarinas y escapes de gases), y en muchos casos no se ha podido encontrar una correspondencia clara. Sin embargo, una actualización de 2019 ha ayudado a mejorar la vinculación de algunos hábitats, aunque no obstante sigue siendo limitada. Los hábitats vinculados al Hábitat 1180 podrían encuadrarse en el hábitat EUNIS A6.91 (*Deep-sea reducing habitats*), mientras que muchos de los hábitats vinculados al Hábitat 1170 sí parecen tener una correspondencia mayor con algunos de los incluidos en EUNIS.

No obstante, algunos expertos han hecho recomendaciones para futuras revisiones con el objetivo de mejorar esta clasificación europea y éste, al igual que otros informes de hábitats de zonas del Proyecto LIFE IP INTEMARES, documenta la presencia de una veintena de hábitats del LIC, algunos de ellos registrados previamente en aguas españolas en el marco de la LPRE, pero que no están actualmente incluidas en la lista EUNIS, lo cual podrían considerarse como futuros candidatos para su inclusión en dicha clasificación.

5.3.3. Clasificación Convenio OSPAR

Entre los hábitats detectados en el LIC, 13 de ellos están incluidos en la Lista de Especies y Hábitats amenazados y/o en descenso de OSPAR (Tabla 9), siendo 1 de ellos

(Arrecife de corales profundos (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*)) similar a “*Lophelia pertusa* reefs”, otro (*Coral muerto compacto*) podría ser similar a lo descrito como “*Carbonate mounds*”, 5 hábitats (ej. *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos*, *Roca batial con corales negros* (*Leiopathes glaberrima* y *Antipathes dichotoma*), *Fangos batiales compactos con Isidella elongata*, etc.) se encuadrarían dentro de “*Coral gardens*”, 4 de ellos dentro de “*Deep-Sea Sponge Aggregations*” (ej. *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas*, *Fangos batiales con Pheronema carpenteri*, etc.), y 2 de ellos (*Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*, *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora*) dentro de “*Sea-Pen & Burrowing Megafauna Communities*” (Tabla 9). Algunos de los hábitats contemplados por el convenio OSPAR han sido propuestos por el Comité Científico del proyecto LIFE IP INTEMARES para que sean incluidos dentro de la DH (Esparza *et al.*, 2018), como son *Fangos batiales compactos con Isidella elongata*, *Fangos batiales con Pheronema carpenteri*, o *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*, entre otros.

En relación a los hábitats vinculados al Hábitat 1180, ninguno de ellos tiene correspondencia a los hábitats del Convenio OSPAR, y se debería de proponer la inclusión de estos hábitats vinculados a surgencias frías en el listado de OSPAR, al igual que se incluyó en su época los hábitats vinculados a las fuentes hidrotermales (*Oceanic Ridges with Hydrothermal Vents*).

Tabla 9. Correspondencia de los hábitats encontrados en el LIC *Volcanes de fango del golfo de Cádiz* con directivas y convenios nacionales e internacionales, así como con la Lista patrón de hábitats marinos presentes en España (LPRE, se muestra el hábitat más cercano o similar). NC: No correspondence, ND: No data, DD: Data Deficient, LC: Least Concern, NT: Near Threatened, EN: Endangered, CR: Critically Endangered.* Dependiendo de la especie formadora del hábitat, se encuadra dentro de diferentes categorías

Hábitat	Directiva Hábitat	EUNIS Nivel 3	EUNIS Nivel 4	EUNIS Nivel 5	OSPAR	Lista hábitats prioritarios región Mediterránea (Convenio de Barcelona)	Código LPRE	IUCN
Volcán de fango	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	Similar a 040201	NC
Complejo diapiro - volcán de fango	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	Similar a 040201	NC
Diapiro	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	Similar a 040201	NC
Dorsal Diapírica	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	Similar a 040201	NC
Pockmarks	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	04020101	NC
Depresiones de colapso	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	Similar a 040201	NC
Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	04020103	ND

Hábitat	Directiva Hábitat	EUNIS Nivel 3	EUNIS Nivel 4	EUNIS Nivel 5	OSPAR	Lista hábitats prioritarios región Mediterránea (Convenio de Barcelona)	Código LPRE	IUCN
Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético	1180	A6.9 (Vents, seeps, hypoxic and anoxic habitats of the deep sea)	A6.91 (Deep-sea reducing habitats)	--	Sin Correspondencia	Similar a MG6.1, Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano	04020102	NC
Arrecife de corales profundos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i>)	1170	A6.6 (Deep-sea bioherms)	A6.61	--	Similar a <i>Lophelia pertusa</i> reefs	ME1.521 Arrecifes de <i>Madrepora oculata</i> , ME1.513 Arrecifes de <i>Madrepora oculata</i> and <i>Lophelia pertusa</i>	04030301	EN
Coral muerto compacto (<i>dead coral framework</i>)	1170	A6.6 (Deep-sea bioherms)	A6.75 (Carbonate mounds) ó A6.22 (Deep-sea biogenic gravels (shells, coral debris)	--	Carbonate mounds	NO CORRESPONDENCIA	Sin código	ND
Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> y <i>Antipathes dichotoma</i>)	1170	A6.1 (Deep-sea rock and artificial hard substrata)	A6.11 (Deep-sea bedrock)	--	Coral gardens	ME1.51, Rocas batiales con <i>Leiopathes glaberrima</i> y/o <i>Antipathes dichotoma</i>	04010115	EN
Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos	1170	A6.1 (Deep-sea rock and artificial hard substrata)	A6.11 (Deep-sea bedrock)	--	Coral gardens	ME1.51 Roca batial superior mediterránea, con Alcyonacea (e.g. <i>Acanthogorgia</i> spp., <i>Betryce mollis</i> , <i>Callogorgia verticillata</i> , <i>Placogorgia</i> spp., <i>Viminella flagellum</i>)	Similar a 04010101	DD;LC;NT*
Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas	1170	A6.6 (Deep-sea bioherms)	A6.62 (Deep-sea sponge aggregations)	--	Deep-Sea Sponge Aggregations	ME1.51 Roca batial superior mediterránea, con esponjas hexactinélidas y demosponjas	04010208	ND
Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas	1170	A6.1 (Deep-sea rock and artificial hard substrata)	A6.11 (Deep-sea bedrock) /A6.62 (Deep-sea sponge aggregations)	--	Coral gardens /Deep-Sea Sponge Aggregations	Similar a ME1.51 Roca batial superior mediterránea, con <i>Acanthogorgia</i> spp., y esponjas hexactinélidas y demosponjas	04010101 04010101	LC/DD

Hábitat	Directiva Hábitat	EUNIS Nivel 3	EUNIS Nivel 4	EUNIS Nivel 5	OSPAR	Lista hábitats prioritarios región Mediterránea (Convenio de Barcelona)	Código LPRE	IUCN
Roca batial dominada por ascidias	1170	A6.1 (Deep-sea rock and artificial hard substrata)	A6.11 (Deep-sea bedrock)	--	Sin Correspondencia	MC1.52 Roca del borde de la plataforma continental con varios organismos que se alimentan por suspensión (esponjas, hidrozoos, briozoos, ascidias y otros)	Sin código	ND
Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos	1170	A6.1 (Deep-sea rock and artificial hard substrata)	A6.11 (Deep-sea bedrock)	--	Sin Correspondencia	MC1.52 Roca del borde de la plataforma continental con varios organismos que se alimentan por suspensión (esponjas, hidrozoos, briozoos, ascidias y otros)	Sin código	ND
Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i>	1170	A6.5 (Deep-sea mud)	A6.51 (Mediterranean communities of bathyal muds)	A6.514 (Facies of compact muds with [<i>Isidella elongata</i>])	Coral gardens	ME6.515 Fangos batiales con <i>Isidella elongata</i>	04020206	CR
Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Radicipes</i>	1170	A6.5 (Deep-sea mud)		--	Coral gardens	Similar a ME6.5 Fangos batiales superiores mediterráneos, con alcionáceos	040202040 2	ND
Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>	1170	A6.5 (Deep-sea mud)	A6.62 (Deep-sea sponge aggregations)	--	Deep-Sea Sponge Aggregations	ME6.514 Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>	040202040 3	ND
Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos	1170	A6.5 (Deep-sea mud)	A6.51 (Mediterranean communities of bathyal muds)	A6.513 (Facies of soft muds with [<i>Funiculina quadrangularis</i>] and [<i>Aporrhais serressianus</i>])	Sea-Pen & Burrowing Megafauna Communities	ME6.513 Fangos batiales con <i>Funiculina quadrangularis</i> , <i>Kophobelemnon stelliferum</i> , <i>Pennatula</i> spp.	Similar a 04020202	LC

Hábitat	Directiva Hábitat	EUNIS Nivel 3	EUNIS Nivel 4	EUNIS Nivel 5	OSPAR	Lista hábitats prioritarios región Mediterránea (Convenio de Barcelona)	Código LPRE	IUCN
Fondos detríticos batiales con campos de <i>Leptometra phalangium</i>	1110	A6.2 (Deep-sea mixed substrata)	A6.22 (Deep-sea biogenic gravels (shells, coral debris))	--	Sin Correspondencia	ME5.51 Arenas detríticas batiales superiores con <i>Leptometra phalangium</i> y/o <i>Antedon mediterranea</i>	0402031106	ND
Arenas batiales detríticas con <i>Gryphus vitreus</i>	1110	A6.2 (Deep-sea mixed substrata)	A6.22 (Deep-sea biogenic gravels (shells, coral debris))	--	Sin Correspondencia	Similar a MF551 Asociaciones biológicas de arenas batiales inferiores del Mediterráneo	04020301	ND
Sedimentos mixtos batiales con <i>Flabellum chunii</i>	1110	A6.2 (Deep-sea mixed substrata)	A6.22 (Deep-sea biogenic gravels (shells, coral debris))	--	Sin Correspondencia	MF6.51 Fangos batiales inferiores / ME5.51 Arenas detríticas batiales superiores	Sin código	ND
Fondos mixtos batiales dominados por <i>Anthomastus</i>	1110	A6.2 (Deep-sea mixed substrata)	--	--	Coral gardens	NO CORRESPONDENCIA	Sin código	ND
Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Thenia muricata</i>	--	A6.5 (Deep-sea mud)	A6.51 (Mediterranean communities of bathyal muds)	A6.511 (Facies of sandy muds with [<i>Thenia muricata</i>])	Deep-Sea Sponge Aggregations	ME6.511 Fangos batiales con <i>Thenia muricata</i> y/o <i>Cladorhiza abyssicola</i>	Similar a 0402020401	ND
Fangos batiales con <i>Flabellum chunii</i>	--	A6.5 (Deep-sea mud)	--	--	Sin Correspondencia	MF6.51 Fangos batiales inferiores / ME5.51 Arenas detríticas batiales superiores	04020203	ND
Fondos sedimentarios batiales no fangosos con cidarioideos (<i>Cidaris Cidaris</i>)	--	A6.2 (Deep-sea mixed substrata) o A6.3 (Deep-sea sand)	--	--	Sin Correspondencia	MF6.51 Fangos batiales inferiores / ME5.51 Arenas detríticas batiales superiores	04020305	ND
Arenas y arenas fangosas dominadas por Hormathiidae (<i>Actinauge richardi</i>)	--	A6.4 (Deep-sea muddy sand)	--	--	Sin Correspondencia	MF6.51 Fangos batiales inferiores / ME5.51 Arenas detríticas batiales superiores	04020401	DD
Fangos batiales con dominancia de ceriantarios	--	A6.5 (Deep-sea mud)	--	--	Sin Correspondencia	MF6.51 Fangos batiales inferiores	04020207	ND
Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora	--	A6.5 (Deep-sea mud)	--	--	Sea-Pen & Burrowing Megafauna Communities	MF6.51 Fangos batiales inferiores ó ME6.5 Fangos batiales con pennatuláceos, alcionáceos y crustáceos decápodos	Similar a 04020210	ND/LC

5.3.4. Clasificación Convenio Barcelona

De los hábitats biogénicos identificados en el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”, la gran mayoría de ellos han sido aprobados en el marco del Plan de Acción para el Mediterráneo del Programa de Naciones Unidas para el medio Ambiente (UNEP/IUCN) para su integración en la Lista de Hábitats Prioritarios del Convenio de Barcelona (Tabla 9), mientras que 2 de ellos no tienen ninguna correspondencia en dicha lista y una decena de ellos tienen correspondencia con hábitats similares, pero no sobre los mismos tipos de fondo o formando los mismos tipos de hábitats mixtos con las mismas combinaciones de especies estructurantes. Este es el caso de todos los hábitats vinculados con el Hábitat 1180 de la DH (ej. “*volcán de fango*”, “*Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas*”, “*Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético*”, etc.) que podrían corresponderse con el hábitat MG6.1 “*Emanaciones frías y fuentes hidrotermales, filtraciones de metano*” del Convenio de Barcelona. Otros 3 hábitats coinciden de manera parcial con aquellos incluidos en el Convenio de Barcelona, que son además de los relacionados con las estructuras producidas por escape de gases, los “*Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes*”, el cual no aparece como tal pero sí de una manera más general como ME6.5 “*Fangos batiales superiores mediterráneos, con alcionáceos*”. Otros hábitats, si bien coinciden a nivel de composición de especies, no lo hacen así con respecto al piso batimétrico, como el hábitat “*Roca batial dominada por ascidias*” que coincide de manera similar con el hábitat MC1.52 “*Roca del borde de la plataforma continental con varios organismos que se alimentan por suspensión (esponjas, hidrozoos, briozoos, ascidias y otros)*”. Y por último, hay 6 hábitats que solo coinciden de manera general en referencia al piso batimétrico y el tipo de sustratos que los componen (MF6.51/ME5.51) (Tabla 9).

5.3.5. Clasificación de la Lista patrón de los hábitats marinos presentes en España - Inventario Español de Hábitats Marinos

Muchos de los hábitats presentes en el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” tienen representación directa o son muy similares a los hábitats de la Lista Patrón de Hábitats Marinos presentes en España (LPRE) (Templado *et al.*, 2012), en concreto una veintena de los hábitats (Tabla 9). Para estos hábitats se ha seguido la terminología de la LPRE y, en algunos casos, con alta similitud, las diferencias se han debido simplemente a añadir un tipo de sedimento más a la nomenclatura (ej. *Fangos batiales con pennatuláceos* por *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*) y se ha incluido el código de la LPRE. Sin embargo, algunos hábitats detectados en el LIC no están contemplados en la LPRE, como son “*Roca batial dominada por ascidias*” o “*Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos*” (Tabla 9). En relación a los hábitats ligados a las emisiones de fluidos (Hábitat 1180 de la DH), hay 5 hábitats que no están contemplados específicamente en la LPRE. Al igual que con el resto de hábitats, se ha intentado vincular

con el hábitat más similar de dicha lista, a la espera de una nueva revisión de la LPRE en los próximos años por parte de diferentes expertos en hábitats.

5.3.6. Correspondencia en base al grado de amenaza de la especie estructurante del hábitat en el marco de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

En este caso, no se tratan de clasificaciones o listados de conservación de tipos de hábitats, pero sí del grado de conservación de la especie estructurante del hábitat en el marco del Libro Rojo de las Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). En base a ello, uno de los hábitats más amenazados de los presentes en el LIC serían los “*Fangos batiales compactos con Isidella elongata*”, ya que esta especie de octocoral está críticamente amenazada (CR), según la UICN (Tabla 9), debido a su lento crecimiento y fragilidad frente a impactos mecánicos (ej. pesca de arrastre de fondo). Las poblaciones de esta especie, dentro del *Campo Somero* del LIC, se encuentran relegadas a unas zonas muy concretas y presentan abundancias muy bajas y ejemplares de pequeña talla, mientras que las poblaciones del *Campo Profundo* tienen una mejor representación y estado ambiental, con poblaciones más densas cubriendo mayores áreas y ejemplares de tallas grandes. Otro de los hábitats amenazados, teniendo en cuenta el grado de amenaza de sus especies estructurantes, son los formados por los corales de aguas frías (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*) y corales negros (*Leiopathes glaberrima* y *Antipathes dichotoma*) (Tabla 9). Sin embargo, existen otros hábitats que también podrían estar amenazados, pero no están recogidos en la lista por falta de información. Estos hábitats son los formados por diferentes tipos de gorgonias (*Callogorgia verticillata*, *Viminella flagellum*, *Placogorgia* spp. o *Radicipes gracilis*), pennatuláceos, esponjas de fondos duros como *Asconema setubalense* o *Phakellia* spp. o esponjas asociadas a fondos blandos como *Pheronema carpenteri*.

5.4. Caracterización de los hábitats bentónicos

En las siguientes líneas se ha recopilado algunos resultados que están vinculados con el Formulario Normalizado de Datos de LICs y ZECs de la Red Natura 2000 (RN2000), y que pueden ser de ayuda para la elaboración de los planes de gestión, como son la superficie de ocupación y representatividad de los hábitats en el LIC, el estado ambiental de los mismos en base a diferentes criterios (riqueza de especies, diversidad de Shannon-Wiener, composición funcional), su sensibilidad frente a la principal actividad humana (en este caso la pesca de arrastre de fondo) y el grado de conservación de los principales hábitats. Todo ello se ha realizado para poder estimar una evaluación global de los hábitats de interés comunitario.

5.4.1. Superficie de ocupación y representatividad de los hábitats

5.4.1. Superficie de ocupación

La superficie de ocupación se ha calculado para los hábitats de la DH, en concreto los vinculados con los hábitats 1180, 1170, 1110 y los no incluidos en directivas de conservación (Tablas 10, 11 y 12). El cálculo de estas superficies no fue posible realizarlo para algunos hábitats del *Campo Profundo* ya que no pudieron obtenerse un número de muestras suficientes y, por ello, amplias zonas no exploradas se tuvieron que cartografiar en base a las características del tipo de fondo sin el componente biológico, siguiendo la cartografía de Fernández-Salas et al. (2021). También una zona occidental del LIC, limítrofe con aguas portuguesas y que tiene una superficie de 9.911,11 hectáreas (ha), no ha podido cartografiarse, ni tan siquiera a nivel geológico debido a la imposibilidad de explorar esta franja en expediciones anteriores.

En relación con el Hábitat 1180, es importante incidir en el solapamiento que puede tener dicha superficie con la de otros hábitats vinculados al 1170 y 1110, hasta que se pueda realizar una reclasificación de los tipos de hábitats de la Lista Patrón de Hábitats Marinos presentes en España (LPRE). Por ejemplo, el *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas* puede solaparse con el hábitat *Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético*, en aquellas zonas donde el sustrato esté conformado por carbonatos autigénicos derivados del metano, como ocurre en numerosos volcanes de fango y complejos diapiro-volcán de fango. Una posible opción para el futuro sería realizar una reclasificación de los hábitats de la LPRE que se vinculen con el 1180 y que tuviese en cuenta este tipo de singularidades (ej. *Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético colonizados por gorgonias y esponjas*). Lo mismo ocurre con aquellas zonas donde se da el hábitat “*Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas*”, estructurado-dominado por especies endofaunales con quimiosimbiontes, pero que a veces tiene un componente epifaunal dominado por pennatuláceos o crinoideos. En este caso habría que reclasificar estos tipos de hábitats teniendo en cuenta ambos componentes (ej. *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas y pennatuláceos*), y así diferenciarlos de los hábitats que tengan sólo uno de los componentes y que se localizan en zonas adyacentes a las estructuras de expulsión de fluidos (ej. *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*). Por otro lado, algunos tipos de hábitats vinculados al Hábitat 1180 también pueden solaparse en base al tipo de estructura morfológica en la que se encuentren. Por ejemplo, el hábitat *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas*, el cual muchas veces se localiza en la cima del hábitat-estructura *Volcán de fango*, tendría que reorganizarse y poder así evitar solapamientos (ej. *Comunidades quimiosintéticas batiales de volcanes de fango*).

En relación a las superficies de ocupación, el Hábitat 1180 ocupa un área total de 23.661,8 ha, representando un 7,54% de la superficie total del LIC (Tabla 10). El hábitat con la mayor representación en el LIC serían las *Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético* con 12.752,24 ha (4,01% de la superficie del LIC), seguido de *Dorsales diapíricas* con 6.182,49 ha (1,95%), las *Depresiones de colapso* con 1.322,46 ha (0,42%), *Volcanes de fango* con 1.113,19 ha (0,35 %), *Complejo diapiro - volcán de fango* con 1.082,95 ha (0,34%) y *Diapiros* con 1.064,08 ha (0,33 %) (Tabla 11). Los hábitats con menor superficie de ocupación serían las *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas* con 108,15 ha (0,03%) y los Pockmarks con 36,26 ha (0,01 %).

Tabla 10. Superficie de ocupación de hábitats de interés comunitario (1180 - Estructuras submarinas cuasadas por emisiones de gases, 1170- Arrecifes, 1110 - Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda). La representatividad o porcentaje de ocupación del hábitat se calculó con respecto a la superficie del área de estudio, con una superficie total de 317.723 ha. La superficie relativa se calculó con respecto a la superficie total del hábitat en aguas españolas para 2013-2018 tomado de la página web <https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/habitat/report/?period=5&group=Coastal+habitats&country=ES®ion=>

Hábitat	Superficie (ha)	Superficie de ocupación (%)	Superficie relativa a Red Natura 2000 en España (% respecto a ha)
Hábitat 1180	23.661,8	7,54 %	Mayor al 100% ya que supera el dato de superficie de 16.729 ha de Hábitat 1180 en aguas españolas para 2013-2018
Hábitat 1170	54.697,86	17,22 %	5,15 % (1.062.967 ha) en aguas españolas
Hábitat 1110	7.811,62	2,46 %	17,97% (43.452 ha) en aguas españolas

Tabla 11. Superficie de ocupación de los 8 hábitats vinculados con el Hábitat 1180 de la Directiva Hábitat, incluyendo anotaciones sobre su profundidad mínima y máxima y su superficie en hectáreas (ha). El porcentaje de ocupación de cada hábitat se calculó con respecto a la superficie del área del LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”, con una superficie total de 317.723 ha.

Hábitat 1180	Profundidad mínima (m)	Profundidad máxima (m)	Superficie (ha)	Superficie de ocupación (%)
Volcán de fango	363	1176	1.113,19	0,35
Complejo diapiro - volcán de fango	328	978	1.082,95	0,34
Diapiro	388	751	1.064,08	0,33
Dorsal diapírica	314	878	6.182,49	1,95
Pockmarks	538	598	36,26	0,01
Depresiones de colapso	434	1055	1.322,46	0,42
Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas	363	1123	108,15	0,03
Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético	314	1052	12.752,24	4,01

En relación al Hábitat 1170, éste ocupa un total de 54.697,86 ha que representan un 17,22 % del LIC (Tabla 10). Dentro del 1170 los hábitats con mayor superficie de ocupación serían los *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* con 35.791,46 ha (11,26 % de la superficie del LIC), seguido de *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas* con 11.320,43 ha (3,56 %), *Fangos batiales con Pheronema carpenteri* con 2.369,64 ha (0,75 %), *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* con 2.302,08 ha (0,72 %) y *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* con 1.552,95 ha (0,49 %) (Tabla 12). Los hábitats con menor superficie de ocupación serían *Coral muerto compacto (dead coral framework)* con 1.227,19 ha (0,39 %), *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos* con 81,47 ha (0,03 %), *Roca batial con corales negros* (*Leiopathes glaberrima* y *Antipathes dichotoma*) con 32,66 ha (0,01 %), *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*) con 19,08 ha (0,01 %) y *Roca batial dominada por ascidias* con 0,90 ha (0,001 %) (Tabla 11).

Tabla 12. Superficie de ocupación de los hábitats vinculados con el Hábitat 1170 y 1110 de la Directiva Hábitat (DH), incluyendo anotaciones sobre su profundidad mínima y máxima y su superficie en hectáreas (ha). El porcentaje de ocupación de cada hábitat se calculó con respecto a la superficie del área del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz", con una superficie total de 317.723 ha.

DH	Hábitat	Profund. mínima (m)	Profund. máxima (m)	Superficie (ha)	Superficie de ocupación (%)
1170	Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos	364	1094	35.791,46	11,26
1170	Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas	314	1052	11.320,43	3,56
1170	Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>	860	1182	2.369,64	0,75
1170	Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i>	586	1203	2.302,08	0,72
1170	Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Radicipes</i>	831	1087	1.552,95	0,49
1170	Coral muerto compacto (<i>dead coral framework</i>)	328	1013	1.227,19	0,39
1170	Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos	806	1002	81,47	0,03
1170	Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> y <i>Antipathes dichotoma</i>)	673	918	32,66	0,01
1170	Arrecife de corales profundos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i>)	363	801	19,08	0,01
1170	Roca batial dominada por ascidias	465	471	0,90	<0,01
1110	Fondos detríticos batiales con campos de <i>Leptometra phalangium</i>	378	866	6.481,98	2,04
1110	Sedimentos mixtos batiales con <i>Flabellum chunii</i>	378	1052	1.213,80	0,38
1110	Fondos mixtos batiales dominados por <i>Anthomastus</i>	845	878	93,23	0,03
1110	Arenas batiales detríticas con <i>Gryphus vitreus</i>	691	848	22,62	0,01

En relación al Hábitat 1110, el área ocupada es de 7.811,63 ha que representa un 2,46% de la superficie del LIC (Tabla 10). Dentro de este, el hábitat con mayor superficie de ocupación es el de *Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium* con 6.481,98 ha (2,04 %), *Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii* con 1.213,80 ha (0,38 %), *Fondos mixtos batiales dominados por Anthomastus* con 93,23 ha (0,03 %) y *Arenas batiales detríticas con Gryphus vitreus* con 22,62 ha (0,01 %) (Tabla 12).

Los hábitats no incluidos en directivas ni listados de conservación ocupan una significativa superficie dentro del LIC con 75.042,52 ha que representan un 23.62% del LIC

(Tabla 10), siendo los más dominantes los *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* con 32.690,09 ha (10,29 %), seguido de *Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae* (*Actinauge richardi*) con 20.862,39 ha (6,57 %), *Fondos sedimentarios batiales no fangosos con cidaroideos* (*Cidaris Cidaris*) con 17.696,52 ha (5,57 %), *Fangos batiales con Flabellum chunii* con 2.143,57 ha (0,67 %), *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata* con 1.621,49 ha (0,51 %) y *Fangos batiales con dominancia de ceriantarios* con 28,46 ha (0,01 %) (Tabla 13).

Tabla 13. Superficie de ocupación de los hábitats no incluidos en listados de conservación ni en Directiva Hábitat (DH), incluyendo anotaciones sobre su profundidad mínima y máxima y su superficie en hectáreas (ha). El porcentaje de ocupación de cada hábitat se calculó con respecto a la superficie del área del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz", con una superficie total de 317.723 Ha.

DH	Hábitat	Profund. mínima (m)	Profund. máxima (m)	Superficie (ha)	Superficie de ocupación (%)
Sin correspondencia	Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora	474	1040	32.690,09	10,29
Sin correspondencia	Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (<i>Actinauge richardi</i>)	258	769	20.862,39	6,57
Sin correspondencia	Fondos sedimentarios batiales no fangosos con cidaroideos (<i>Cidaris Cidaris</i>)	319	1042	17.696,52	5,57
Sin correspondencia	Fangos batiales con <i>Flabellum chunii</i>	657	1055	2.143,57	0,67
Sin correspondencia	Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Thenea muricata</i>	867	1203	1.621,49	0,51
Sin correspondencia	Fangos batiales con dominancia de ceriantarios	827	849	28,46	0,01

Finalmente comentar que en el *Campo Profundo* no se pudieron explorar numerosas zonas y, en este caso, los hábitats sólo han podido identificarse sin el componente biológico, siendo el hábitat predominante las *Arenas batiales - componente biológico desconocido* con 86.865,20 ha (27,34%), seguido de los *Fangos batiales - componente biológico desconocido* con 83.341,16 ha (26,23%).

5.4.2. Estado ambiental

Para el análisis del estado ambiental, se han utilizado los datos y hábitats resultantes del análisis de las muestras de beam-trawl ya que ofrecen datos más completos sobre la composición y estructura de las especies asociadas a dichos hábitats, lo cual influye en los datos de riqueza específica y diversidad de Shannon-Wiener, y también sobre una mejor estimación de la composición funcional de los mismos y de su sensibilidad al arrastre. Entre los diferentes hábitats presentes en el LIC, se han podido obtener datos para un total

de 15 hábitats, algunos de los cuales muestran una alta similitud (por estar entremezclados, ej. *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* o *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes*) o una diferente estructura de sus especies estructurantes (ej. *Comunidades de pennatuláceos a alta o media densidad*), pero pertenecientes a un mismo tipo de hábitat (ej. *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*). Estos hábitats están asociados a dos tipos de sustratos blando y uno calificado como mixto - duro.

5.4.2.1. Riqueza de especies e identificación de "hotspots"

Los mayores valores de riqueza de especies (riqueza específica) fueron encontrados en determinados hábitats de fondos blandos, como son: (1) los *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* de alta densidad (Acrónimo "Pennatuláceos alta" en Fig. 56), (2) la combinación de los hábitats *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* y *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* (Acrónimo Isidella-Radicipes en Fig. 56) y (3) *Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii* (Acrónimo "Flabellum" en Fig. 56), así como en los hábitats de sustratos duros y mixtos como son (1) la combinación de los hábitats *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*) y *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* (Acrónimo Leptometra-Esponjas-Corales en Fig. 56), (2) la combinación *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos* y *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* (Acrónimo Gorgonias y Esponjas en Fig. 56) y (3) *Coral muerto compacto* (Acrónimo Coral muerto en Fig. 56). En el otro extremo, los hábitats con menor riqueza específica fueron *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* (Acrónimo Excavadora en Fig. 56), *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata* (Acrónimo Thenea en Fig. 56) y *Fangos batiales con Pheronema carpenteri* (Acrónimo Pheronema en Fig. 56).

El mapa de la riqueza específica permitió identificar "hotspots" de gran interés en el LIC, fundamentalmente en zonas ocupadas por sustratos duros con hábitats biogénicos (Fig. 57). En general se localizaron 5 áreas con los mayores niveles de riqueza: una zona restringida al VF Gazul, principalmente vinculado a la presencia de *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*), *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* y *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos*, otra en la Dorsal Diapírica de Guadalquivir debido a la coexistencia de *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* y *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos*. Las otras dos zonas con valores altos de riqueza específica se han detectado en el complejo DVF Hespérides y en el VF Almazán, ambos en el *Campo Profundo*. Las zonas de menor riqueza específica se han detectado en los fondos aplacerados entre las dorsales diapíricas y en el noroeste del LIC, bordeando el VF Anastasya y los Diapiros Cristóbal Colón y Juan Sebastián El Cano.

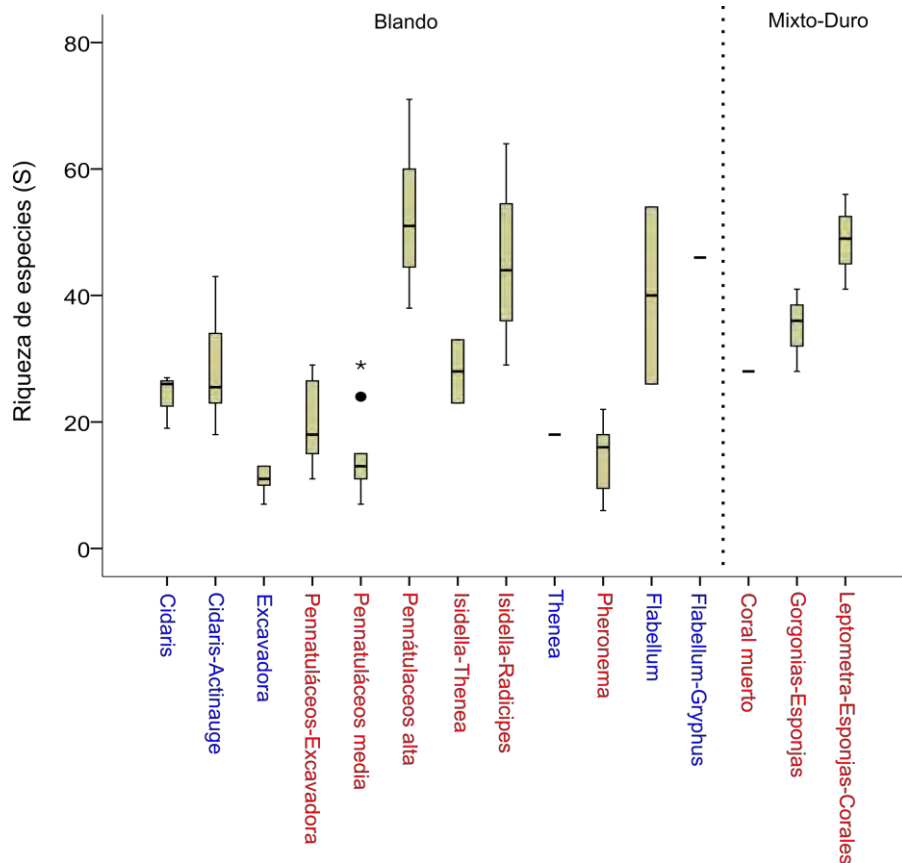


Figura 56. Riqueza de especies (S) bentónicas en hábitats y combinaciones de hábitats detectados en análisis multivariantes con datos de beam-trawl para el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Se comparan los hábitats asociados a diferentes tipos de fondo, así como los hábitats incluidos en el Hábitat 1170 de la Directiva Hábitat (rojo) y los no incluidos, y con un componente biogénico menor (azul). Cidaris: Fondos sedimentarios no fangosos con cidaroideos (*Cidaris Cidaris*); Cidaris-Actinauge: Fondos sedimentarios no fangosos con cidaroideos (*Cidaris Cidaris*) + Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (*Actinauge richardi*); Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos-Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (baja densidad) + Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos media: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (media densidad); Pennatuláceos alta: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (alta densidad); Isidella-Thenea: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Isidella-Radicipes: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Radicipes*; Thenea: Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Pheronema: Fangos batiales con *Pheronema carpenteri*; Flabellum: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii*; Flabellum-Gryphus: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii* + Arenas batiales detríticas con *Gryphus vitreus*; Coral muerto: Coral muerto compacto (*dead coral framework*); Gorgonias-Esponjas: Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas; Leptometra-Esponjas-Corales: Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas + Arrecife de corales profundos (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*).

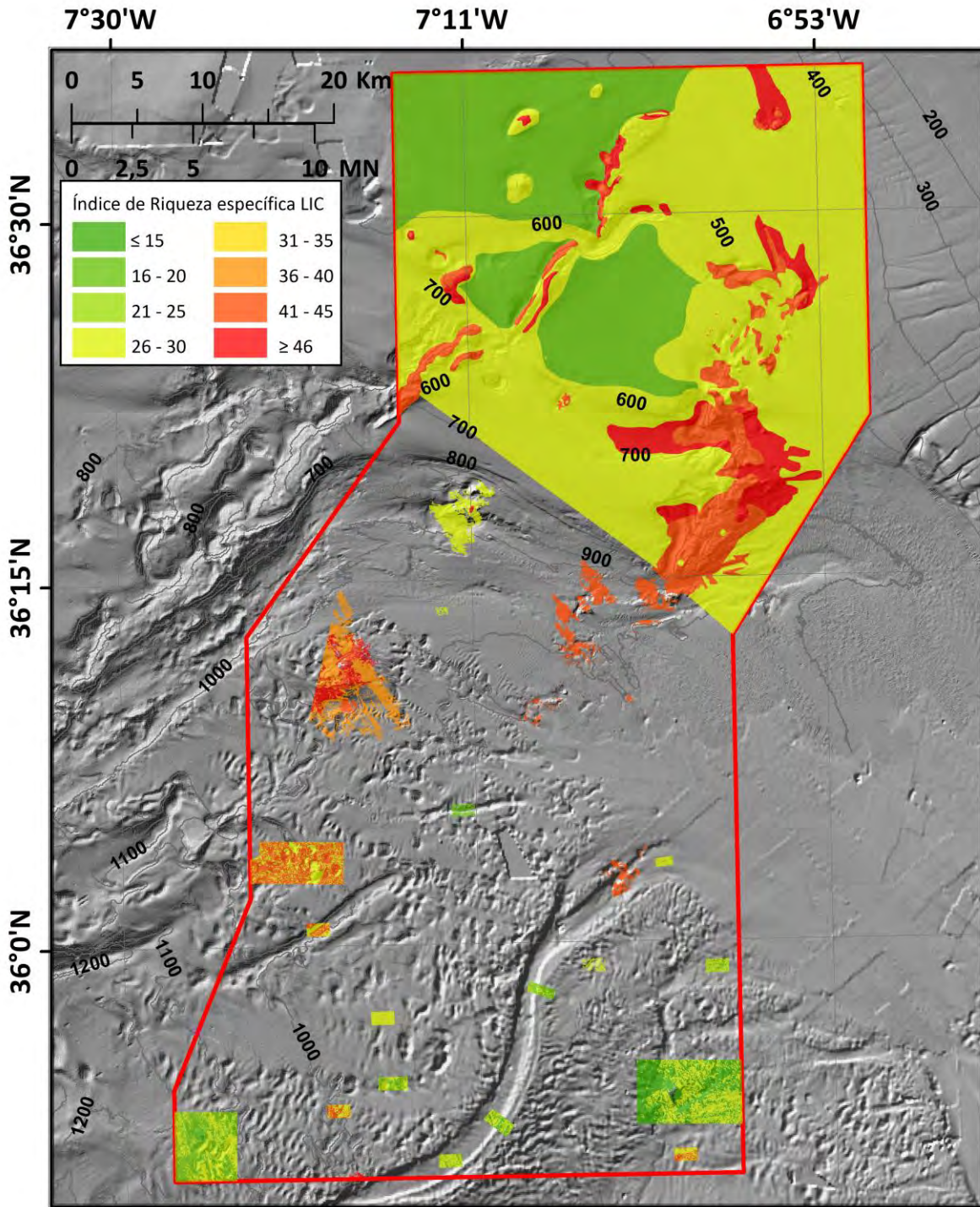


Figura 57. Distribución de la riqueza específica en los diferentes hábitats del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" en base a muestras de beam-trawl. Zonas sin coloración representan hábitats en los que no se ha podido evaluar este índice ecológico.

5.4.2.2. Índice de Diversidad de Shannon- Wiener (H')

Los valores del Índice de diversidad de Shannon-Wiener fueron muy similares en los diferentes hábitats de fondos blandos (Fig. 58).

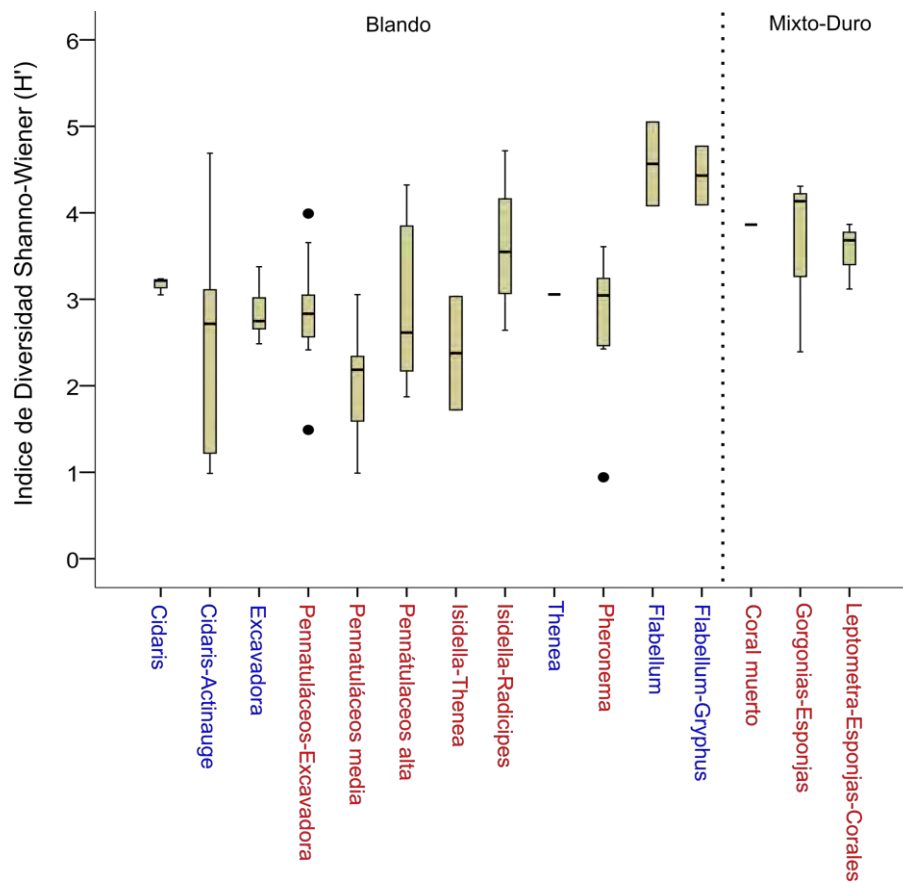


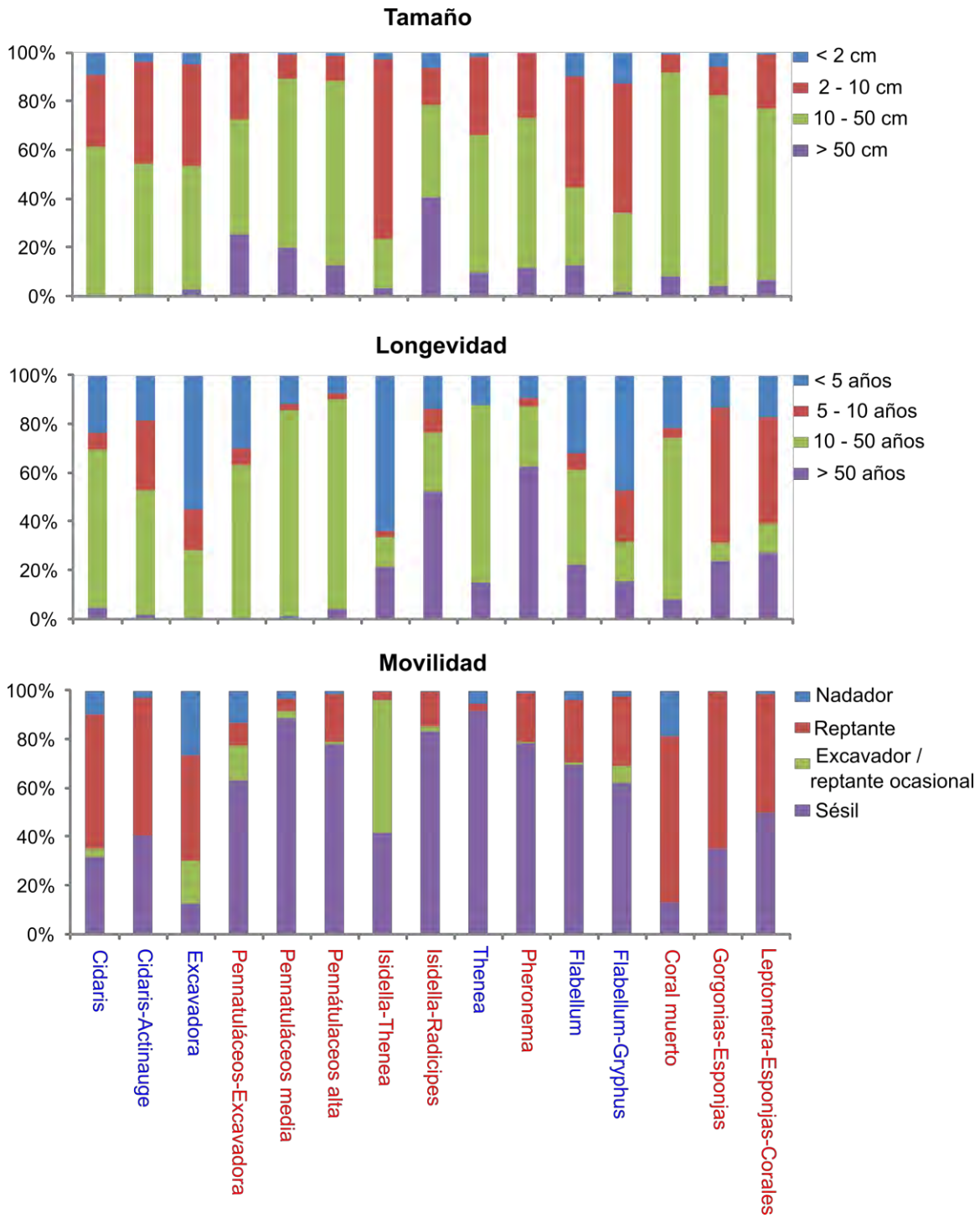
Figura 58. Valores medios del índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') en hábitats y combinaciones de hábitats detectados en análisis multivariantes con datos de beam-trawl para el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Se comparan los hábitats asociados a diferentes tipos de fondo, así como los hábitats incluidos en el Hábitat 1170 de la Directiva Hábitat (rojo) y los no incluidos, y con un componente biogénico menor (azul). Cidaris: Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos (*Cidaris Cidaris*); Cidaris-Actinauge: Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos (*Cidaris Cidaris*) + Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (*Actinauge richardi*); Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos-Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (baja densidad) + Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos media: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (media densidad); Pennatuláceos alta: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (alta densidad); Isidella-Thenea: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Isidella-Radicipes: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Radicipes*; Thenea: Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Pheronema: Fangos batiales con *Pheronema carpenteri*; Flabellum: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii*; Flabellum-Gryphus: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii* + Arenas batiales detríticas con *Gryphus vitreus*; Coral muerto: Coral muerto compacto (*dead coral framework*); Gorgonias-Esponjas: Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas; Leptometra-Esponjas-Corales: Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas + Arrecife de corales profundos (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*).

En los hábitats de sustrato mixto y duro se detectaron mayores valores (Acrónimos Coral muerto, Gorgonias-Esponjas y Leptometra-Esponjas-Corales en Fig. 58), así como en algunos de sustrato blando (Acrónimos Flabellum, Flabellum-Gryphus, Isidella-Radicipes en Fig. 58).

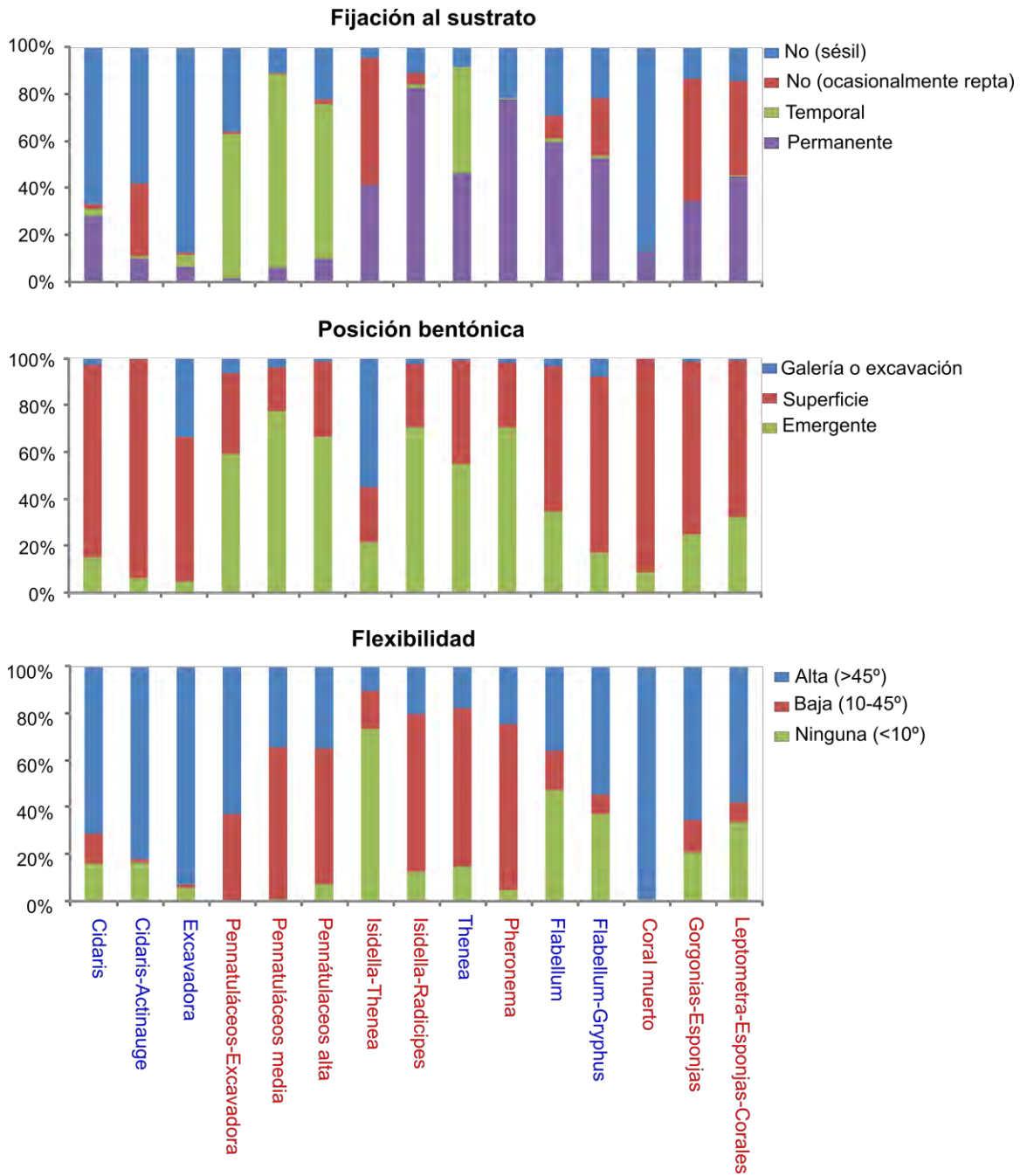
5.4.2.3. Composición funcional

Generalmente, las características funcionales (*traits*) de las especies de los diferentes hábitats han resultado en la presencia de diferencias funcionales entre hábitats con componente biogénico y no biogénico (Fig. 59-61). Las especies asociadas a los hábitats vinculados al Hábitat 1170 de la DH y con un alto componente biogénico (Acrónimos Pennatuláceos, Isidella-Radicipes, Pheronema, Gorgonias-Esponjas en Fig. 59-61) fueron de mayor tamaño y vida más larga, principalmente sésiles, de superficie o emergentes, poco flexibles y sin protección, depositívoras-suspensívoras y filtradoras. Por el contrario, en los hábitats con un bajo componente biogénico (Acrónimos Excavadora, Cidaris, Cidaris-Actinauge en Fig. 59-61) y no vinculados al Hábitat 1170, las especies eran generalmente de pequeño tamaño, de vida corta, sésiles y reptantes-arrastrantes, flexibles y con cuerpo duro, y generalmente carroñeras.

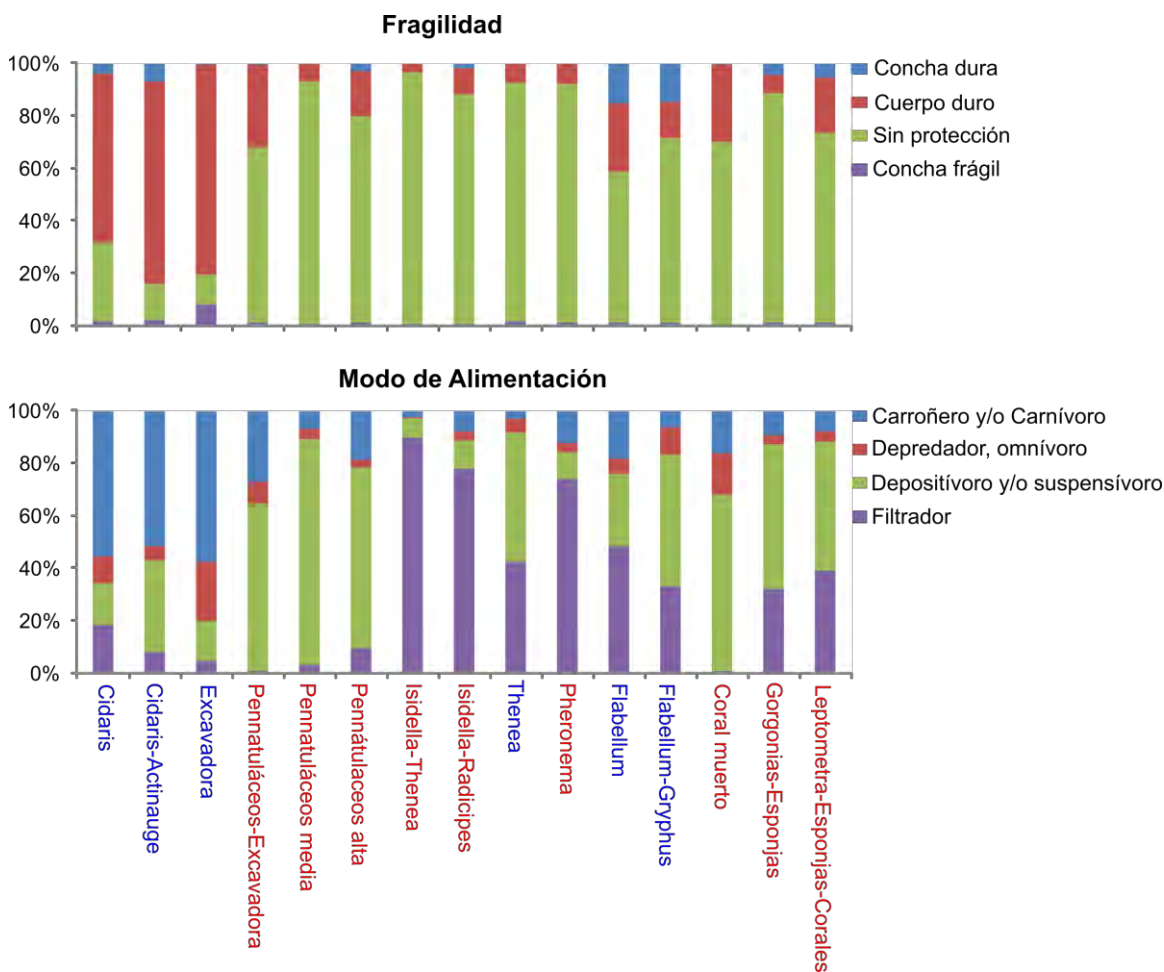
Figuras 59-61. Composición funcional de los diferentes hábitats basada en las características funcionales de las especies (abundancia relativa de cada modalidad de cada característica para cada hábitat). Se comparan los hábitats asociados a diferentes tipos de fondo, así como los hábitats incluidos en el Hábitat 1170 de la Directiva Hábitat (rojo) y los no incluidos, y con un componente biogénico menor (azul). Cidaris: Fondos sedimentarios no fangosos con cidaroideos (*Cidaris Cidaris*); Cidaris-Actinauge: Fondos sedimentarios no fangosos con cidaroideos (*Cidaris Cidaris*) + Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (*Actinauge richardi*); Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos-Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (baja densidad) + Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos media: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (media densidad); Pennatuláceos alta: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (alta densidad); Isidella-Thenea: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Isidella-Radicipes: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Radicipes*; Thenea: Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Pheronema: Fangos batiales con *Pheronema carpenteri*; Flabellum: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii*; Flabellum-Gryphus: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii* + Arenas batiales detríticas con *Gryphus vitreus*; Coral muerto: Coral muerto compacto (*dead coral framework*); Gorgonias-Esponjas: Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas; Leptometra-Esponjas-Corales: Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas + Arrecife de corales profundos (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*).



(Figura 59 continuación)



(Figura 6o continuación)



(Figura 61 continuación)

5.4.3. Sensibilidad y/o vulnerabilidad de los hábitats bentónicos frente a las principales presiones y actividades con impacto sobre el lugar

Los hábitats relacionados con el Hábitat 1170 y con un alto componente biogénico mostraron una mayor sensibilidad a la pesca de arrastre de fondo (índice BESITO, *Benthos Sensitivity Index to Trawling Operations*) que los hábitats sin componente biogénico o con un componente biogénico bajo (Fig. 62). En el caso de los hábitats asociados a fondos blandos, los que presentaron una mayor sensibilidad a la pesca de arrastre de fondo fueron los hábitats (1) *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* y *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* (Acrónimo Isidella-Radicipes en Fig. 62), (2) *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* y *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata* (Acrónimo Isidella-Thenea en Fig. 62), (3) *Fangos batiales con Pheronema carpenteri* (Acrónimo Pheronema en Fig. 62), y (4) *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* (Acrónimo Pennatuláceos media y alta en Fig. 62). Los hábitats asociados a fondos mixtos y duros con una mayor sensibilidad fueron (1) *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas* (Acrónimo Gorgonias-Esponjas en Fig. 62) y (2) la combinación *Roca*

batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas y Arrecife de corales profundos (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*) (Acrónimo Leptometra-Esponjas-Corales en Fig. 62). En el extremo contrario, los hábitats con menor sensibilidad al arrastre fueron (1) *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* (Acrónimo Excavadora en Fig. 62), (2) *Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos* (*Cidaris Cidaris*) (Acrónimo Cidaris en Fig. 62) y *Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae* (*Actinauge richardi*) (Acrónimo Cidaris-Actinauge en Fig. 62).

En relación al *Campo Somero*, los valores más altos de sensibilidad al arrastre se detectaron en el VF Gazul y fondos adyacentes orientales, debido a la presencia de *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas, Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata*) y *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*; en Dorsales Diapíricas de Cádiz y Guadalquivir, debido a la presencia de *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas*; en los VF Anastasya, Tarsis y Pipoca y en el Diapiro Cristobal Colón, así como en sus fondos adyacentes y en la zona más profunda del *Campo Somero* debido a la presencia de *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* (Fig. 63). Por el contrario las zonas con los hábitats menos sensibles a la pesca de arrastre de fondo se localizan en la zona noroccidental del LIC, así como en la zona occidental a la Dorsal Diapírica de Guadalquivir y entre esta dorsal y la Dorsal Diapírica de Cádiz, debido a la presencia de *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* (Fig. 63).

En relación al *Campo Profundo*, los valores más altos de sensibilidad al arrastre se detectaron en las zonas más profundas, en los VF Almazán, St. Petersburg y Aveiro y en los fondos adyacentes, debido a la presencia de *Fangos batiales compactos con Isidella elongata*, *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* y *Fangos batiales con Pheronema carpenteri* (Fig. 64). Los valores más bajos se detectaron en la zona central del *Campo profundo* debido a la presencia de *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora* y *Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos* (*Cidaris Cidaris*) (Fig. 64).

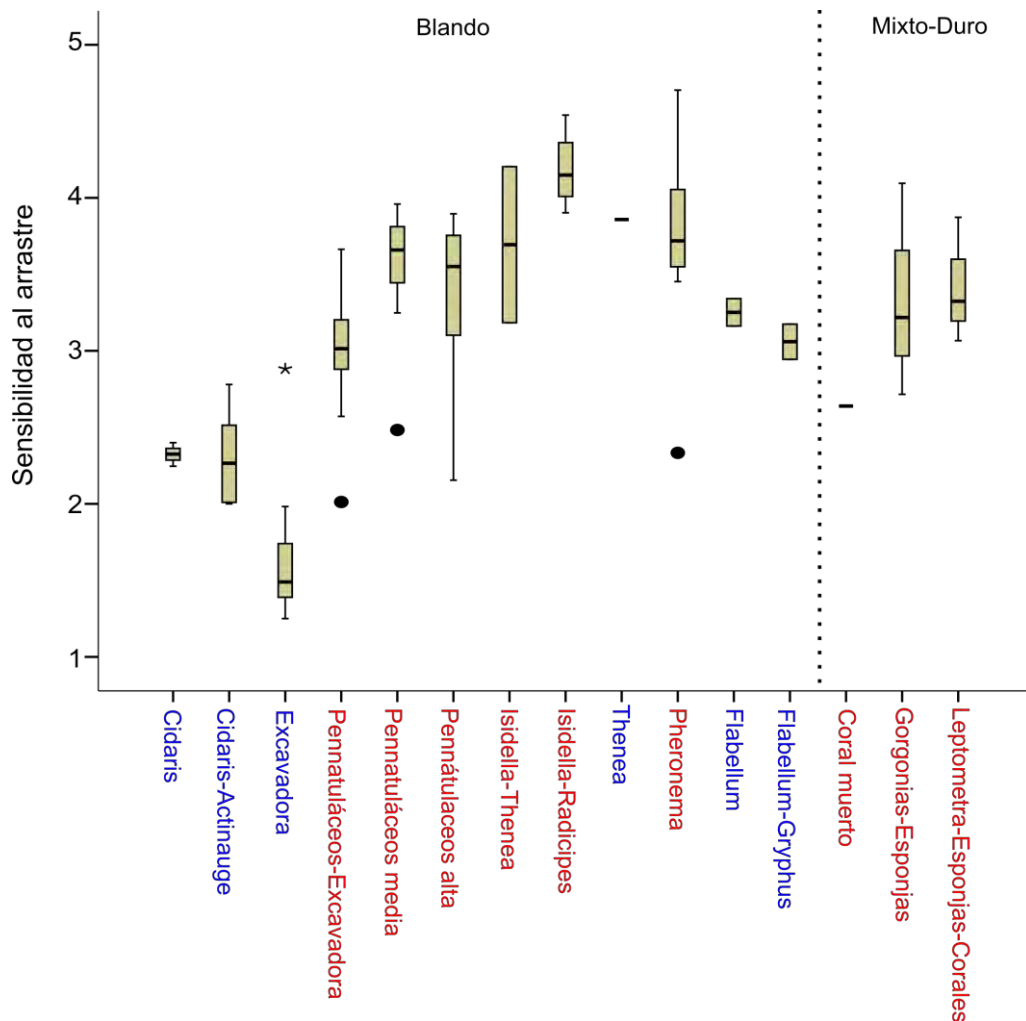


Figura 63. Valores del índice BESITO (sensibilidad al arrastre) de los hábitats del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Se comparan los hábitats asociados a diferentes tipos de fondo, así como los hábitats incluidos en el Hábitat 1170 de la Directiva Hábitat (rojo) y los no incluidos, y con un componente biogénico menor (azul). Cidaris: Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos (*Cidaris Cidaris*); Cidaris-Actinauge: Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos (*Cidaris Cidaris*) + Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (*Actinauge richardi*); Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos-Excavadora: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (baja densidad) + Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora; Pennatuláceos media: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (media densidad); Pennatuláceos alta: Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (alta densidad); Isidella-Thenea: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Isidella-Radicipes: Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* + Fangos y arenas fangosas batiales con *Radicipes*; Thenea: Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata*; Pheronema: Fangos batiales con *Pheronema carpenteri*; Flabellum: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii*; Flabellum-Gryphus: Sedimentos mixtos batiales con *Flabellum chunii* + Arenas batiales detríticas con *Gryphus vitreus*; Coral muerto: Coral muerto compacto (*dead coral framework*); Gorgonias-Esponjas: Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas; Leptometra-Esponjas-Corales: Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas + Arrecife de corales profundos (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*).

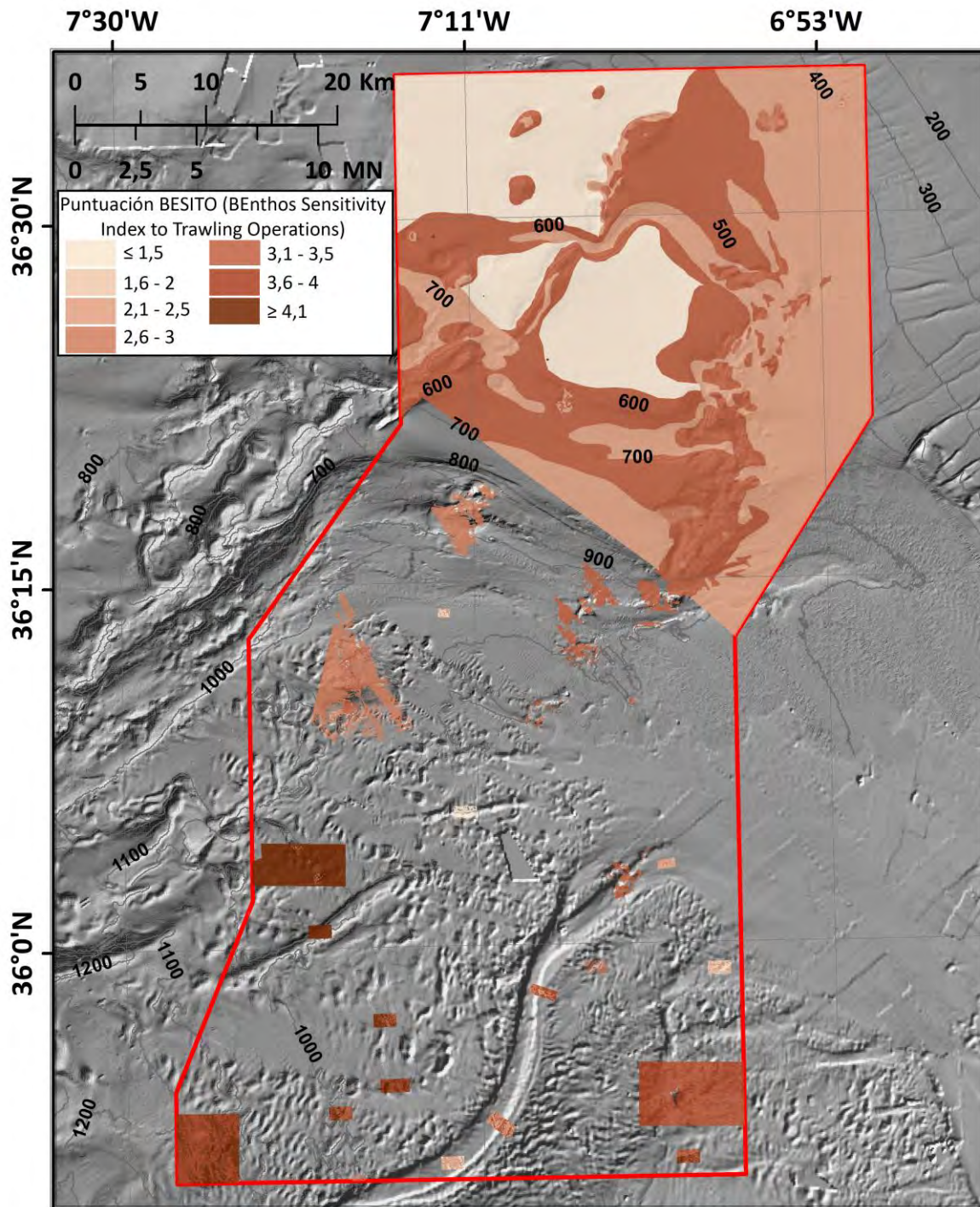


Figura 64. Distribución de la sensibilidad al arrastre (basada en el índice BESITO) en los diferentes hábitats del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" en base a muestras de beam-trawl. Zonas sin coloración representan hábitats en los que no se ha podido obtener ese índice.

5.4.5. Grado de Conservación de los hábitats de interés comunitario

Teniendo en cuenta que, tal y como se ha comentado anteriormente, es prácticamente imposible obtener datos concretos y cuantificables sobre el estado de la estructura y función de determinados hábitats, y que no se dispone de un valor de referencia de lo que sería un hábitat con un buen estado de conservación sin ningún impacto en la demarcación Sudatlántica (como ocurre en otras demarcaciones). El análisis preliminar de los sub-criterios del grado de conservación se ha hecho teniendo en cuenta el criterio experto, basado en el conocimiento que se tiene de los hábitats y en la información que se aporta en el presente informe (Tabla 14).

De manera general, las valoraciones de la mayoría de los criterios tienen valores intermedios, ya que tenemos una disparidad de información entre los hábitats del *Campo Somero* y *Campo Profundo* del LIC. Por lo tanto, asumimos un cierto grado de incertidumbre, y considerar que el estado actual es excelente sería demasiado imprudente.

5.4.5.1. Conservación de la estructura

Dentro del Hábitat 1180 de la DH, la mayoría de los hábitats presentan *una estructura bien conservada*, ya que son estructuras del fondo marino con relieve positivo (ej. volcán de fango, diapiros) y/o negativo (ej. pockmarks), muchas de ellas de un tamaño importante, para las cuales el impacto que puedan sufrir por las diferentes presiones presentes en el golfo de Cádiz se podría considerar como bajo. Sin embargo, otros hábitats, dentro del Hábitat 1180, como son las *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas* o *Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético* sí que presentan una mayor sensibilidad, principalmente a la pesca de arrastre de fondo. Estos hábitats son muy singulares y están presentes en zonas muy restringidas, principalmente en la cima de los VF y complejos DVF, y puede que en otras zonas no exploradas hasta la fecha. En el *Campo Somero* son especialmente relevantes las comunidades quimiosintéticas de los VF Anastasya, Tarsis y Pipoca con altas abundancias de tapetes bacterianos, poliquetos frenulados como *Siboglinum* sp., bivalvos como *Lucinoma asapheus* y *Solemya elarraichensis* o decápodos como *Calliax lobata*. Aunque no se han observado marcas de arrastre en sus cimas, sí que se han encontrado abundantes marcas de arrastres en sus alrededores, pues estos VF se encuentran en zonas con alta presión pesquera, lo que nos hace pensar que han podido verse afectadas por esta actividad en algún momento (Fig. 65). Es por esto que bajamos el nivel y las catalogamos como *estructuras mediana o parcialmente degradadas* (Tabla 14). Por otro lado en el *Campo Profundo*, las catalogamos como *estructuras bien conservadas*, ya que estas especies

quimiosintéticas alcanzan sus valores máximos de densidad y la presión pesquera es nula (Tabla 14; Fig. 65).

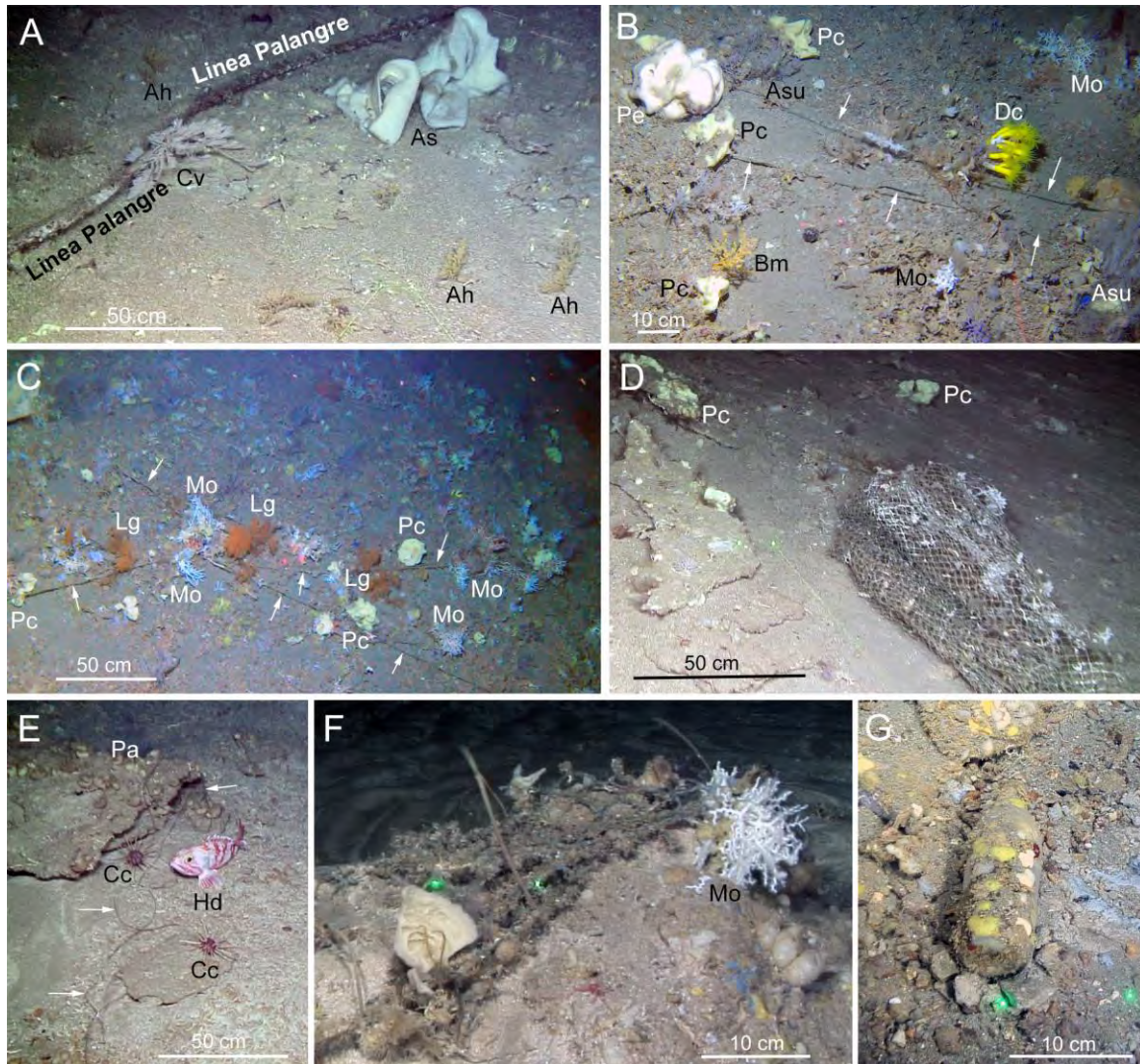


Figura 65. Restos de líneas de palangre y redes, así como basura, encontradas en hábitats ligados al Hábitat 1170 en el volcán de fango Gazul. Ah: *Acanthogorgia hirsuta*; As: *Asconema setubalense*; Asu: *Antipathella subpinnata*; Bm: *Bebryce mollis*; Cc: *Cidaris cidaris*; Cv: *Callogorgia verticillata*; Dc: *Dendrophyllia cornigera*; Hd: *Helicolenus dactylopterus*; Lg: *Leiopathes glaberrima*; Mo: *Madrepora oculata*; Pa: *Polycarpa* sp.; Pe: *Petrosia crassa*; Pc: *Poecillastra compressa*.

En relación a los hábitats ligados al Hábitat 1170 de la DH, se detectan hábitats como *Coral muerto compacto* (*dead coral framework*), *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos*, *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas* o *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* que presentan una estructura bien conservada (Tabla 14). La mayoría de estos hábitats presentan una superficie de ocupación relativa importante dentro del LIC (a excepción del *Coral muerto compacto*), con una diversidad y abundancia de especies características razonablemente alta. Por el contrario, existen otros hábitats que, aun presentando una diversidad de especies relativamente alta, tienen una superficie de ocupación pequeña como por ejemplo *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia*

pertusa, *Madrepora oculata*)” (Tabla 14). Este hábitat se encuentra fundamentalmente en la cima del VF Gazul, y es en este VF donde se ha encontrado las mayores concentraciones de basuras de todo el LIC, siendo los restos de sedales y redes los principales desechos además de plásticos y vidrios (Urra *et al.* 2021) (Fig. 65). Todo esto hace que no solo este hábitat lo cataloguemos como un hábitat con una *estructura mediana o parcialmente degradada*, si no también otros hábitats presentes exclusivamente allí como *Roca batial dominada por ascidias*.

En el VF Gazul y sus zonas adyacentes, Urra *et al.* (2021) registraron un total de 28 tipos de basura marina. En general, las artes de pesca representaban la fuente dominante de desechos (60,7%), incluidos los sedales y las redes. Plásticos y vidrios fueron encontrados con una frecuencia de ocurrencia entre el 17,9% y el 14,3%, en su mayoría como botellas, mientras que se observaron cuerdas ocasionalmente, representando el 7,1% de las muestras. Las mayores acumulaciones de basuras se encontraron en la zona adyacente occidental del volcán (42,9% del total observado), en particular líneas de pesca, seguido por la depresión occidental (25%) y el flanco norte (14,3%). Más de la mitad de la basura marina (61,5%) se observó en contacto con invertebrados sésiles como grandes esponjas, gorgonias y/o ascidias (56,2%) que habitaban fondos mixtos y las cuales presentaban señales de abrasión. Plásticos y botellas se encontraron yaciendo en fondos blandos (60%), y se observaron varias líneas de pesca perdidas colgando de sustratos duros en fondos mixtos (40%), en ambos casos sin producir ninguna lesión aparente en los organismos. Por lo que, de manera local, estos hábitats presentan en Gazul una *estructura mediana o parcialmente degradada*.

Otros hábitats 1170 con una *estructura mediana o parcialmente degradada* son los *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* (Tabla 14), que incluye comunidades de pennatuláceos con densidades y riquezas de especies que van desde valores altos a valores muy bajos, tal y como se vió en la sección anterior. Ello indicaría que este hábitat, el cual presenta una importante superficie de ocupación dentro del LIC, puede estar sufriendo un deterioro, principalmente provocado por el impacto de la pesca de arrastre de fondo dentro del *Campo Somero* del LIC (Figura 66). Este impacto es tan relevante en el LIC que seguramente está desplazando a otros hábitats 1170 hacia zonas más profundas y alejadas de costa donde los barcos de arrastre no operan. Algunos de estos hábitats son *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* y *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes*, de los cuales se han detectado abundantes restos de sus esqueletos en el *Campo Somero* pero con una presencia de colonias vivas muy baja, por lo que se le asigna una *estructura mediana o parcialmente degradada* en el *Campo Somero* (Tabla 14); sin embargo, presentan una *estructura bien conservada* en el *Campo Profundo* del LIC (Tabla 14).

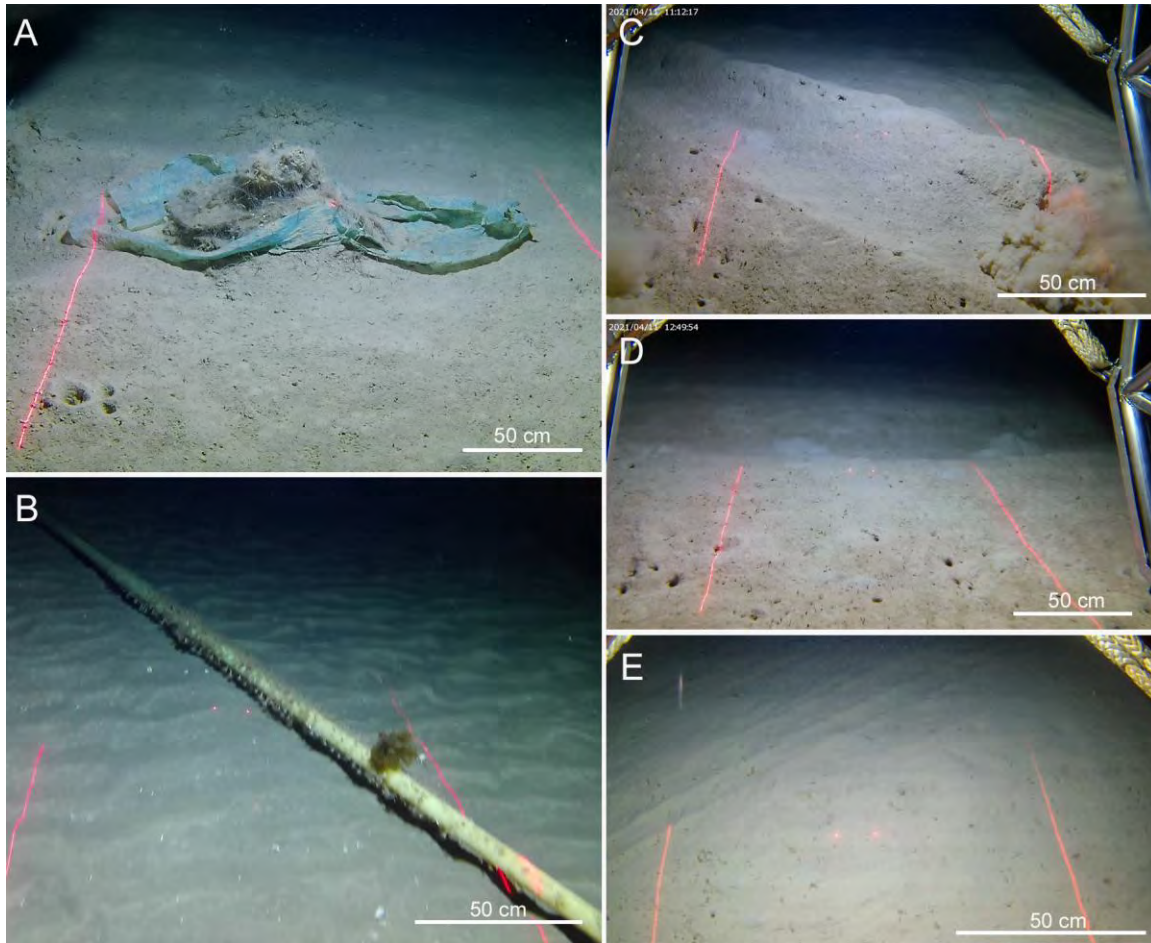


Figura 66. Restos de basuras (A), cables submarinos (B) y marcas de arrastreros (marcas de puertas en C y D y red en E) en fondos sedimentarios del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

La actividad de arrastre se concentra en el *Campo Somero* del LIC (Fig. 67). Las principales especies que se capturan son la gamba blanca (*Parapenaeus longirostris*), la cigala (*Nephrops norvegicus*), y la merluza (*Merluccius merluccius*) (González-García *et al.* 2019). Las pescas de gamba blanca y cigala se concentran entre los 400-700m principalmente alrededor de VF de Anastasya (sobre todo en la zona norte), en el triangulo formado por los VF de Anastasya, Tarsis y Pipoca, así como en los depósitos contorníticos localizados entre las crestas diapíricas del Guadalquivir y Cádiz. Las capturas de merluza se realizan entre los 500-700m, alrededor de Anastasya y en los depósitos contorníticos localizados entre las crestas diapíricas (González-García *et al.* 2019). Finalmente, las capturas accesorias de bacaladilla (*Micromesistius poutassou*) fueron altas hacia el este del VF Gazul y hacia el norte y el este del VF Anastasya entre 400 y 550 m de profundidad.

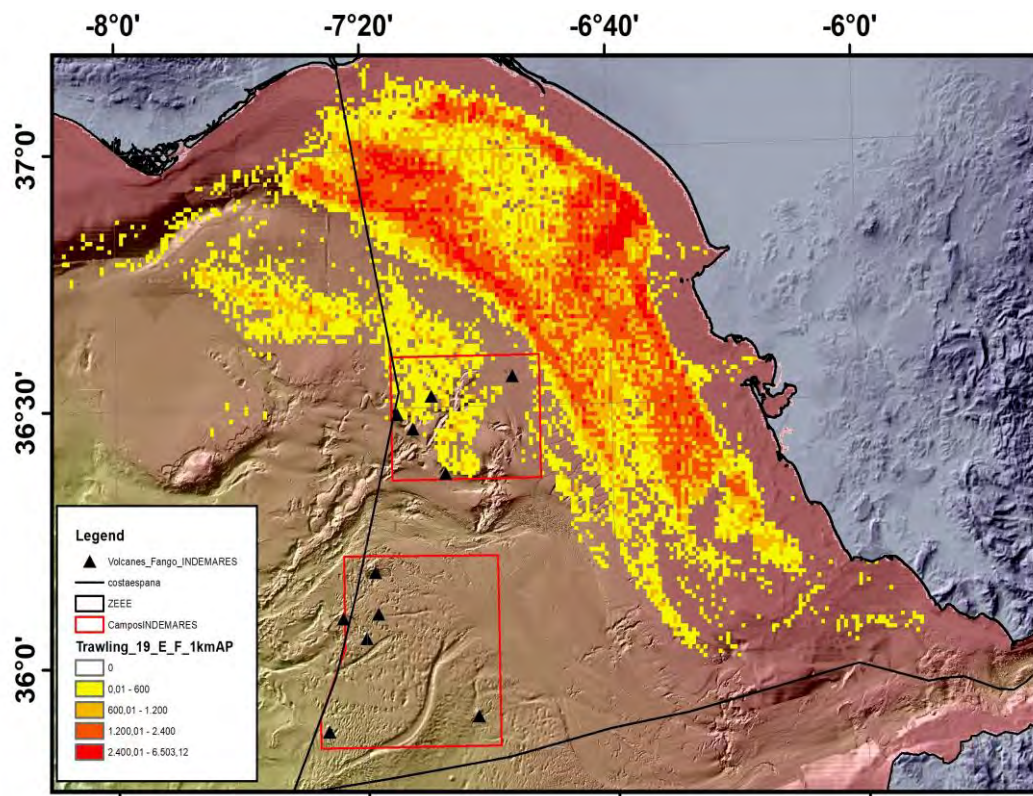


Figura 67. Distribución general de la actividad de la pesca de arrastre en los diferentes sectores del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz" en base a datos VMS (González-García *et al.*, 2020a, 2022).

Consecuentemente, los hábitats más amenazados a la actividad de arrastre de fondo dentro del LIC son los localizados en el sector NO y en los depósitos contorníticos situados entre las Dorsales Diapíricas del Guadalquivir y Cádiz, así como en el complejo DVF Chica (Fig. 67). Los hábitats que sufren una mayor presión son aquellos asociados a los fondos blandos como *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos* y *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora*. Por último, otros hábitats que podrían verse afectados por la pesca de arrastre de fondo dentro del Campo Somero del LIC serían *Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos* (*Cidaris Cidaris*), *Fangos y sedimentos mixtos batiales dominados por Flabellum chunii*, *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas* y *Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium*, estos últimos con una mayor sensibilidad al arrastre.

Especialmente relevante son los *Fangos batiales con Pheronema carpenteri*, ya que se han encontrado zonas con un gran número de individuos muertos durante la campaña INTEMARES A4 CAD. Desconocemos la naturaleza de este fenómeno, pero en base a estas observaciones se ha catalogado como un hábitat con una *estructura mediana o parcialmente degradada* (Tabla 14).

Finalmente, existen otros dos hábitats dentro del 1170 que, debido a su presencia puntual, se han catalogado como *estructura mediana o parcialmente degradada*, como son

la *Roca batial con corales negros* (*Leiopathes glaberrima* y *Antipathes dichotoma*) y *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos* (Tabla 14).

En relación a los hábitats vinculados al Hábitat 1110 de la DH, existen dos hábitats que presentan una riqueza de especies y valores de diversidad relativamente altos en comparación con otros hábitats asociados a fondos blandos, aunque presentan diferentes estados de conservación de la estructura. El primero es *Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium* y presenta una *estructura bien conservada* gracias a una alta superficie de ocupación (Tabla 14). Por el contrario, los *Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii*, presentes en unas pequeñas áreas muy concretas, se considera que tienen una *estructura mediana o parcialmente degradada* (Tabla 14).

Por último y dentro de los hábitats que no están recogidos por la DH, se han detectado hábitats que presentan una *estructura bien conservada* como son los *Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos* (*Cidaris Cidaris*) y *Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae* (*Actinauge richardi*), los cuales tienen una diversidad de especies media, densidades altas de sus especies características y ocupan una superficie bastante grande (Tabla 14). Otros hábitats como *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata*, *Fangos batiales con dominancia de ceriantarios* y *Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora*, aun teniendo una diversidad de especies baja se consideran que presentan una *estructura bien conservada*, ya que presentan una superficie de ocupación y densidades de sus especies características media-alta (Tabla 14). No se sabe si su baja diversidad de especies se debe a causas naturales, es decir son hábitats pobres por sí mismos, o han sufrido un posible impacto de la pesca de arrastre, la cual ha infligido una selección hacia aquellas especies capaces de sobrevivir a la abrasión del fondo marino y el descarte. No obstante, sí se puede apreciar una menor densidad de *T. muricata* en el *Campo Somero* que en el *Campo Profundo*, y es por esto que se ha considerado que este hábitat presenta una *estructura mediana o parcialmente degradada* en el *Campo Somero* del LIC.

Existen otros hábitats que solo se han encontrado en el *Campo Profundo* del LIC y que se han catalogado como hábitats con una *estructura mediana o parcialmente degradada* como *Arenas batiales detríticas con Gryphus vitreus*, *Fangos batiales con Flabellum chunii* o *Fondos mixtos batiales dominados por Anthomastus* (Tabla 14). Los dos primeros si bien presentan una diversidad de especies alta, ocupan una superficie pequeña dentro del LIC, estando solo presentes en zonas muy concretas alrededor del complejo DVF Hespérides; mientras que el último presentan una distribución aun más restringida.

5.4.5.2. Conservación de las funciones

Este criterio se ha valorado en función de la capacidad y probabilidad que presentan los hábitats de conservar sus funciones en relación a las presiones e impactos asociados que

están soportando. Los hábitats vinculados a estructuras geológicas ligadas al Hábitat 1180, debido a su naturaleza y al tamaño de muchas de ellas, presentan unas *perspectivas buenas*, pues es difícil que los impactos y amenazas que soporta el LIC tengan alguna influencia significativa sobre la morfología y estructura de ellas. Sin embargo, todos los demás hábitats con componente biológico, ya sean del 1180, 1170, 1110 o aquellos que no están recogidos dentro de la DH presentan unas *perspectivas medianas o desfavorables*. Uno de los principales impactos responsables de estas bajas perspectivas es la pesca de arrastre de fondo, la cual se concentra en el *Campo Somero* del LIC (González-García *et al.* 2020 a,b; 2022). De hecho, se ha detectado durante el periodo 2007-2012 una media de 51 barcos anuales faenando en el *Campo Somero*, siendo el tiempo medio de arrastre durante este periodo bastante alto, principalmente en las zonas adyacentes del VF Anastasya y del Diapiro de Cristóbal Colón mientras que en VF Gazul y DVF Chica el promedio de horas de arrastre durante ese periodo fue bastante bajo (González-García *et al.* 2022). Las principales especies objetivo son la gamba blanca, cigala y merluza, las cuales habitan principalmente sobre fondos blandos localizados entre los 400 y 700 me de profundidad (González-García *et al.* 2020 a). Por lo que todos los hábitats sedimentarios del *Campo Somero* del LIC presentan unas expectativas bastantes negativas. El arrastre produce un gran deterioro de la estabilidad del fondo marino, destruyendo hábitats y causando la regresión de muchas especies sésiles presentes en el caladero, y pudiendo impedir la formación de nuevo sustrato consolidado al alterar las condiciones ambientales necesarias para ello (e.j. *Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas* o *Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético*) (González-García *et al.*, 2020 a, en preparación; Rueda *et al.*, 2022).

Otro impacto que empieza a ser muy preocupante y está aún por conocer los posibles efectos que tendría, no solo sobre los hábitats presentes en el LIC sino en todo el golfo de Cádiz y en el mar de Alborán, es la presencia de arribazones del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (E.Y.Dawson) I.K.Hwang, W.J.Lee & H.S.Kim. Durante las campañas INPULSE 2019, CIRCASUR 1020 y INTEMARES A4 CAD 2021 se ha detectado dentro del LIC y a profundidades que van desde los 35 hasta los 1141 m un gran número de talos en suspensión de esta alga invasora, sedimentados en el fondo marino y ocupando grandes áreas, o enredados sobre especies de invertebrados sésiles y formadoras de hábitats como gorgonias (*Swiftia dubia*, *Acanthogorgia hirsuta*, *Isidella elongata* y *Radicipes gracilis*) y esponjas (*Phakellia* spp. y *Pheronema carpenteri*), en otros invertebrados sésiles como ceriantarios, e incluyendo también sobre especies móviles como *Cidaris cidaris*, así como grandes acumulaciones de talos impactando sobre cigalas (*Nephrops norvegicus*) y sus madrigueras (Mateo-Ramírez *et al.* en revisión). Toda esta biomasa procedente del alga se irá descomponiendo, pudiendo provocar procesos anóxicos y liberando sustancias y metabolitos que podría potencialmente afectar a estas especies y los hábitats que conforman (Kurata *et al.* 1988; Suzuki *et al.* 2002; Casal-Porras *et al.* 2021).

Por último, existen otros dos tipos de presiones que suponen un problema añadido para la conservación de las funciones de los citados hábitats: (1) las basuras marinas, especialmente preocupante en el VF Gazul (Urra *et al.* 2021); y (2) el tendido de cables submarinos y la ingeniería de conducciones/canalizaciones submarinas, que alteran el lecho marino y los hábitats allí presentes.

Es por la suma de todos estos impactos, y principalmente por la pesca de arrastre y las ingentes cantidades de biomasa algales arrojadas desde las zonas costeras hasta las profundidades del golfo de Cádiz, por lo que consideramos que las perspectivas de todos los hábitats con componente biológico ya sean del 1180, 1170, 1110 o de aquellos no incluidos en la DH son *perspectivas medianas o desfavorables*.

5.4.5.2. Posibilidad de restauración

En referencia a las posibilidades de restauración, se ha establecido el criterio de *restauración difícil o imposible*. Son muchas las razones para pensar que la restauración de alguno de los hábitats presentes en el LIC es difícil. La primera es la profundidad a la que se encuentran estos hábitats, con rangos que van desde los 300 a los más de 1000 m, lo cual implica una dificultad técnica y costes elevadísimos. Por otra parte, la mayoría de las especies formadoras de hábitats son especies de crecimiento lento o muy lento, y muchas de ellas son muy sensibles al impacto producido por la pesca de arrastre de fondo, por lo que los beneficios de una posible restauración solo se verían a muy largo plazo, siempre y cuando se cesara la pesca de arrastre sobre ellos. Es más, aun suprimiendo la pesca de arrastre, está el problema de las inmensas cantidades de talos desprendidos de *R. okamuræ*, anclados sobre estas especies y acumulados en el lecho marino. Es por esto que consideramos que las posibilidades de restauración son difíciles o imposibles.

Finalmente, en base a las instrucciones y en el esquema del manual de interpretación del Formulario Normalizado de Datos de los espacios protegidos de la Red Natura 2000 (FND) (Figura 68), el grado de conservación del Hábitat 1180 es de:

- Buena, para las estructuras geológicas como volcanes de fango, complejos diapiro
- volcán de fango, diapiros, dorsales diapíricas, pockmarks y depresiones de colapso.
- *Mediana o Reducida, para Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas y Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético.*

El grado de conservación para el Hábitat 1170:

- *Mediana o Reducida* para todos los hábitats del LIC.

El grado de conservación para el Hábitat 1110:

- *Mediana o Reducida* para todos los hábitats del LIC.

El grado de conservación para los hábitats no incluidos dentro de la directiva hábitats:

- *Mediana o Reducida* para todos los hábitats del LIC.

Tabla 14. Conservación de la estructura (CON-ES), de las funciones (CON-FUN) y posibilidad de restauración (POS-REST), así como grado de conservación potencial (GRAD-CON) en hábitats del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". DH: Directiva Hábitat. Superf: Superficie de ocupación (% área de estudio).

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	DH	Superf	CON-ES	CON-FUN	POS-REST	GRAD-CON
Volcán de fango (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	1180	0,35	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas buenas</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Buena</i>
Complejo diapiro - volcán de fango (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	1180	0,34	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas buenas</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Buena</i>
Diapiro (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	1180	0,33	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas buenas</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Buena</i>
Dorsal Diapírica (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	1180	1,95	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas buenas</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Buena</i>
Pockmarks (LPRE 04020101)	1180	0,01	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas buenas</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Buena</i>
Depresiones de colapso (Estructuras producidas por escape de gases, LPRE 040201)	1180	0,42	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas buenas</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Buena</i>
Estructuras producidas por escape de gases con comunidades quimiosintéticas (LPRE 04020103)	1180	0,03	<i>Estructura bien conservada (en el campo profundo) / Estructura mediana o parcialmente degradada (campo somero)</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	DH	Superf	CON-ES	CON-FUN	POS-REST	GRAD-CON
Estructuras producidas por escape de gases con sustratos carbonatados de origen quimiosintético (LPRE 04020102)	1180	4,01	<i>Estructura bien conservada (en el campo profundo) / Estructura mediana o parcialmente degradada (campo somero)</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Arrecife de corales profundos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i>) (LPRE 04030301)	1170	0,01	<i>Estructura mediana o parcialmente degradada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Coral muerto compacto (dead coral framework) (Sin código LPRE)	1170	0,39	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> y <i>Antipathes dichotoma</i>) (LPRE 04010115)	1170	0,01	<i>Estructura mediana o parcialmente degradada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101)	1170	--	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas	1170	3,56	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208)	1170	--	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos (Sin código LPRE)	1170	0,03	<i>Estructura mediana o parcialmente degradada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Roca batial dominada por ascidias (Sin código LPRE)	1170	<0,01	<i>Estructura mediana o parcialmente degradada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i> (LPRE 04020206)	1170	0,72	<i>Estructura bien conservada (en el campo profundo) / Estructura mediana o parcialmente degradada (campo somero)</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	DH	Superf	CON-ES	CON-FUN	POS-REST	GRAD-CON
Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes (Fangos batiales con Radicipes, LPRE 0402020402)	1170	0,49	Estructura bien conservada (en el campo profundo)	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i> (LPRE 0402020403)	1170	0,75	Estructura mediana o parcialmente degradada (hemos observado zonas con muchas <i>Pheronemas</i> muertas)	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202)	1170	11,26	Estructura mediana o parcialmente degradada	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Fondos detríticos batiales con campos de <i>Leptometra phalangium</i> (LPRE 0402031106)	1110	2,04	Estructura bien conservada	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Sedimentos mixtos batiales con <i>Flabellum chunii</i> (Sin código LPRE)	1110	0,38	Estructura mediana o parcialmente degradada	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Arenas batiales detríticas con <i>Gryphus vitreus</i> (LPRE 04020301)	1110	0,01	Estructura mediana o parcialmente degradada	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Fondos mixtos batiales dominados por <i>Anthomastus</i> (Sin código LPRE)	1110	0,03	Estructura mediana o parcialmente degradada	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Thenia muricata</i> (Fangos batiales con <i>Thenia muricata</i> , LPRE 0402020401)	--	0,51	Estructura bien conservada (en el campo profundo) / Estructura mediana o parcialmente degradada (campo somero)	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Fangos batiales con <i>Flabellum chunii</i> (LPRE 04020203)	--	0,67	Estructura mediana o parcialmente degradada	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida
Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos <i>Cidaris</i> (<i>Cidaris</i>) (LPRE 04020305)	--	5,57	Estructura bien conservada	Perspectivas medianas o desfavorables	Restauración difícil o imposible	Mediana o Reducida

HÁBITATS BENTÓNICOS DETECTADOS	DH	Superf	CON-ES	CON-FUN	POS-REST	GRAD-CON
Arenas y arenas fangosas batiales dominadas por Hormathiidae (<i>Actinauge richardi</i>) (LPRE 04020401)	--	6,57	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Fangos batiales con dominancia de ceriantarios (LPRE 04020207)	--	0,01	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora (Fangos batiales con fauna excavadora, LPRE 04020210)	--	10,29	<i>Estructura bien conservada</i>	<i>Perspectivas medianas o desfavorables</i>	<i>Restauración difícil o imposible</i>	<i>Mediana o Reducida</i>
Arenas batiales - componente biológico desconocido	--	--	<i>No procede</i>	<i>No procede</i>	<i>No procede</i>	<i>No procede</i>
Fangos batiales - componente biológico desconocido	--	--	<i>No procede</i>	<i>No procede</i>	<i>No procede</i>	<i>No procede</i>

6. Conclusiones y recomendaciones

En relación a los resultados de este estudio y de la mejora de conocimiento de los hábitats y de sus comunidades asociadas del LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*", se pueden extraer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Clasificación de hábitats

Este estudio ha detectado la presencia de 30 tipos de hábitats (contando 2 hábitats que se integran en otro conformado por gorgonias y esponjas), de los cuales 8 están vinculados al Hábitat 1180 *Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases*, 12 al Hábitat 1170 *Arrecifes*, y 4 al Hábitat 1110 *Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda* de la Directiva Hábitat (DH), y 6 a otros hábitats no contemplados en directivas ni en convenios de conservación (Tabla 3). Esto incrementa notablemente el conocimiento de los hábitats con respecto a lo obtenido tras el proyecto LIFE+ INDEMARES (subproyecto Chimeneas de Cádiz) para el LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*".

En relación al Hábitat 1180, se ha podido delimitar de una manera más fina y a mayor resolución los 8 tipos de hábitats detectados, sobre todo para aquellos situados en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos (Campo Somero)* del LIC, del cual se ha podido conseguir una mayor cantidad de información y a una mayor resolución espacial. No obstante, el cartografiado para este tipo de hábitat en la zona más profunda del LIC (*Campo Profundo de Expulsión de Fluidos, Campo Profundo*) debe aún mejorarse, pero para ello se deben de realizar nuevas expediciones en las que se puedan obtener la adquisición de datos acústicos con ecosonda multihaz y perfiles del subsuelo con ecosonda paramétrica TOPAS, así como la toma de un mayor número de imágenes submarinas y de muestras. Por otro lado, es importante realizar una reclasificación de los tipos de hábitats vinculados al 1180 en la LPRE mediante un taller de expertos, ya que algunos no están presentes en la lista o deben redescibirse para que se ajusten más a lo observado en el ámbito de aguas españolas, y que puedan incluir un componente abiótico y otro biótico, siempre que sea posible. En este informe se ha seguido la nomenclatura ya recogida en la LPRE y en antiguos informes del proyecto LIFE+ INDEMARES, a la espera de realizar una reclasificación de tipos de hábitats consensuadas por diferentes expertos.

En relación a los hábitats biogénicos, 6 hábitats corresponderían al Hábitat 1170 (*Arrecifes*), de acuerdo con el Anexo I de la DH, pero se han detectado además 4 hábitats sedimentarios con componente biogénico (*Fangos batiales compactos con Isidella elongata, Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes, Fangos batiales con Pheronema carpenteri, Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*) que, por consenso científico, se han propuesto para su inclusión en Hábitat 1170. Además, se han documentado algunos hábitats bentónicos que podrían ser propuestos para su inclusión en

la definición del Hábitat 1110- "*Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda*", por lo que este se suma a los Hábitats 1180 y 1170 de la DH que hicieron que la zona (LIC ESZZ12002) fuera merecedora de formar parte de la Red Natura 2000. Estos hábitats son los (1) *Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium*, (2) *Arenas batiales detríticas con Gryphus vitreus*, (3) *Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii* y (4) *Fondos mixtos batiales dominados por Anthomastus*.

En el presente informe, se han detectado y caracterizado una serie de hábitats que han sido vinculados en la mayor medida de lo posible a los incluidos en la LPRE; sin embargo, en algunos casos no ha sido posible por: (1) no estar contemplado en dicho listado (ej. *Roca batial dominada por ascidias*); (2) estar contemplado parcialmente en dicho listado y con un único tipo de fondo (ej. *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos vs. Fangos batiales con pennatuláceos* de la LPRE); (3) estar contemplado parcialmente en dicho listado y con una única especie estructurante del hábitat (ej. *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas vs. Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias y Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas*). En este sentido es importante realizar una revisión de los hábitats batiales de la LPRE para incluir algunos tipos de hábitats, o crear categorías de hábitats que permitan incluir hábitats conformados por varias especies estructurantes y que ocurran en diferentes tipos de fondos (sustratos).

Distribución y estado ambiental de los hábitats bentónicos

Tal y como se ha presentado, el cartografiado de hábitats se ha obtenido mediante (1) técnicas de modelización (*Random Forest*) (sólo en el *Campo Somero*) y (2) cartografiado obtenido mediante la combinación-vinculación directa de la información procedente de los datos de la geomorfología del fondo, sedimentológicos y muestreos en la zona, con la cual se realizaba un cartografiado manual basado en criterio de experto (*expert judgment*) y observaciones directas (*Ground-truth, Ground-based*) (en el *Campo Somero* y algunas zonas del *Campo Profundo*). En el *Campo Profundo*, sólo se ha podido cartografiar aquellas zonas en las que se han podido realizar muestreos o adquirir imágenes submarinas, dejando un gran número de zonas sin poder cartografiar el tipo de hábitat con su componente biológico y expresándolo en base a la cartografía de tipos de fondos aportada por Fernández-Salas *et al.* (2021). En algunos casos no se han podido utilizar técnicas de modelización debido a la ausencia de datos en algunos tipos de fondos o sectores dentro del LIC, ello sugiere que se puedan explorar en sucesivas campañas diferentes sectores poco explorados (*Campo Profundo*, Dorsales diapíricas, canales erosivos, etc.), para así poder mejorar el cartografiado del LIC.

En relación a la superficie de ocupación del Hábitat 1180 - *Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases*, ésta se ha visto alterada con respecto al informe previo de Díaz del Río *et al.* (2014 a,b) debido a: (1) un estudio más detallado de los relieves

negativos del *Campo Profundo*, los cuales se interpretaron como *Pockmarks* en Díaz del Río *et al.* (2014 a,b), pero un estudio más detallado por parte de Fernández-Salas *et al.* (2020) ha indicado que estas estructuras podrían tratarse de canales y depresiones posiblemente vinculadas a corrientes erosivas y contorníticas, no obstante esta zona profunda del LIC debe ser explorada con un mayor grado de detalle en el futuro para poder afinar mucho más en el cartografiado; y (2) la inclusión de los *Diapiros* y las *Dorsales Diapíricas* dentro del Hábitat 1180, debido a que son estructuras que pueden ser aflorantes, subaflorantes o enterradas y que favorecen el ascenso de fluidos y/o actúan como área fuente del fluido (Medialdea *et al.*, 2008), presentando en muchas ocasiones un sustrato duro carbonatado en su parte superior, conocido como "*cap rock*", el cual se forma por complejos procesos de oxidación anaeróbica de bacterias dependientes de sulfuros tal y como han demostrado estudios en otras zonas con importantes emisiones de fluidos (ej. golfo de México) (Caesar *et al.*, 2019).

El Hábitat 1180 se ha detectado en un amplio rango de profundidad, entre 363 y 1123 m, ocupando diferentes estratos batimétricos del LIC, pero de forma altamente parcheada. El hábitat ocupa una superficie de 23.661,8 ha, lo cual representa el 7,54% del LIC, siendo los volcanes de fango (VF) Aveiro, St. Petersburg y Anastasya, los puntos de emisiones de fluidos que presentan comunidades biológicas de mayor complejidad y dependiente de las emisiones de fluidos. En este nuevo cartografiado, la estimación de superficie del Hábitat 1180 se ha visto ligeramente incrementada con respecto a los datos que aportaron Díaz del Río *et al.* (2014 a,b) (15490,07 ha) y los consultados en EUNIS (17.999,7 ha) (<https://eunis.eea.europa.eu/sites/ESZZ12002>).

En relación al Hábitat 1170 - *Arrecifes*, el Comité Científico del proyecto LIFE IP INTEMARES, considera que algunos de los hábitats bentónicos identificados en el LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*": *Fangos batiales compactos con Isidella elongata*, *Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes*, *Fangos batiales con Pheronema carpenteri*, *Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos*, deberían incluirse en la definición del Hábitat 1170- *Arrecifes* de la DH. De esta forma, la distribución y superficie ocupada por el Hábitat 1170 aumentaría en el LIC con respecto a lo estimado en informes anteriores (Díaz del Río *et al.*, 2014 a,b). Además, se han podido cartografiar zonas del *Campo Somero* que quedaron sin cartografiar tras finalizar la etapa del proyecto LIFE+ INDEMARES, lo cual ha permitido afinar aún más en la estimación de dicha superficie (Díaz del Río *et al.*, 2014a,b). Por el contrario, la estimación de la superficie del Hábitat 1170 no se ha podido realizar en su totalidad en el *Campo Profundo*, debido a que muchas de estas zonas profundas no han podido ser exploradas y por tanto se desconoce el componente biológico estructurante de los hábitats.

Se ha detectado una distribución parcheada de hábitats bentónicos vulnerables relacionados al Hábitat 1170 que cubren gran parte de los puntos de emisiones de fluidos, en algunas ocasiones solapándose con el Hábitat 1180, y otras estructuras relacionadas con la migración de fluidos como son los diapiros y dorsales diapíricas. En zonas

sedimentarias aplaceradas, depresiones y canales, la presencia de este tipo de hábitats biogénicos es menor debido a una mayor actividad pesquera de arrastre de fondo o a un fuerte hidrodinamismo e inestabilidad del fondo marino. En estas zonas, los únicos hábitats biogénicos encontrados son los *Fangos* y *arenas fangosas con pennatuláceos* y aquellos con *Isidella elongata* y *Radicipes*. El rango batimétrico de los hábitats biogénicos de sustratos rocosos relacionados con el Hábitat 1170 va desde los 314 a 1052 m, con una superficie de ocupación de 12.681,73 ha (4% de la superficie del LIC). Por otro lado, el rango batimétrico de los hábitats biogénicos de sustratos sedimentarios relacionados con el Hábitat 1170 va desde 364 a 1203 m, con una superficie de ocupación de 42.016,13 h (13,22%). En este nuevo cartografiado, la estimación de superficie del Hábitat 1170 se ha visto incrementada considerablemente con respecto a los datos que aportaron Díaz del Río *et al.* (2014 a,b) (1.578,9 ha) y los consultados en EUNIS (2.051,26 ha) (<https://eunis.eea.europa.eu/sites/ESZZ12002>). Posiblemente esta superficie sea mucho mayor cuando se pueda realizar una exploración más detallada del amplio *Campo Profundo* del LIC.

Los hábitats biogénicos de sustrato duro relacionados con el Hábitat 1170 se han encontrado fundamentalmente en los VF y complejos diapiro-volcán de fango (DVF), así como en las Dorsales Diapíricas. Entre las diferentes zonas destacan, por su riqueza y complejidad, los detectados en los VF Gazul y Pipoca, los complejos DVF Chica y Hespérides, y la Dorsal Diapírica de Cádiz. Por el contrario, los hábitats biogénicos de sustrato blando relacionados con el Hábitat 1170 se han encontrado fundamentalmente en zonas adyacentes a algunos VF y complejos DVF, así como en zonas aplaceradas con poca actividad de pesca de arrastre. Entre las diferentes zonas destacan, por su riqueza y complejidad, los detectados en los VF Anastasya y Tarsis (*Campo Somero*) y los VF Aveiro y St Petersburg (*Campo Profundo*), y zonas aplaceradas específicas del *Campo Somero* con baja actividad de arrastre, pero sobretodo del *Campo Profundo* donde la actividad de arrastre es nula.

En relación al Hábitat 1110 - *Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda*, se han incorporado una serie de hábitats de fondos detríticos, los cuales se trataron en el Comité Científico del proyecto LIFE IP INTEMARES en España, y se propusieron para incluir en la definición del Hábitat 1110 de la DH. Estos hábitats se han seleccionado por estar contemplados en otras directivas y convenios (*Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium*), por las características biológicas-ecológicas y sensibilidad de sus especies estructurantes (*Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii*) y la posibilidad de que puedan sufrir impactos en el futuro debido a las actividades antrópicas, o por presentar altos niveles de diversidad biológica (*Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii*, *Arenas batiales detríticas con Gryphus vitreus*). No obstante, la mayor parte de estos hábitats se encuentran en zonas con baja actividad de pesca de arrastre de fondo, ya que son zonas con alto hidrodinamismo y con sustratos mixtos (zonas adyacentes a dorsales diapíricas, canales y algunos VF y complejo DVF) que

pueden dificultar las operaciones pesqueras y que, además, no suelen tener una alta abundancia de especies objetivo de la flota arrastrera que faena en el golfo de Cádiz (González-García *et al.*, 2020a, 2022).

El Hábitat 1110 se ha detectado en un rango batimétrico entre 378 y 1052 m, ocupando una superficie algo menor a la de los hábitats anteriores, concretamente de 7.811,62 ha (2,46% de la superficie del LIC). La presencia de algunos de estos hábitats vinculados al Hábitat 1110 ya fue detectada por Díaz del Río *et al.* (2014 a,b), pero no fueron vinculados a dicho hábitat en esos trabajos.

Los hábitats biogénicos (estructurados por una componente biológica y en ocasiones especies estructurantes) generalmente albergan mayores niveles de riqueza y biodiversidad, tanto taxonómica como funcional. Esto es particularmente notable en algunos hábitats sobre fondos blandos o mixtos, en los que las especies estructurantes generan un efecto multiplicador aportando nuevo sustrato.

Los hábitats no biogénicos son ambientes resistentes a los impactos y cambios ambientales y, por lo tanto, presentan menores niveles de sensibilidad y mayor resiliencia. Esto pone de manifiesto la posibilidad de conservación de los hábitats biogénicos con el objetivo de mantener ecosistemas saludables que son susceptibles a cambios ambientales y a la pérdida de especies. Por el contrario, esto permite la posibilidad de realizar algunas actividades antropogénicas en zonas con hábitats no biogénicos, los cuales ocupan una gran superficie en el LIC y permitirían un equilibrio entre los aspectos ambientales y socio-económicos de la zona.

Los hábitats biogénicos (con especies estructurantes), los niveles altos de riqueza de especies y los hábitats sensibles se localizan principalmente en zonas con sustratos duros del LIC, tanto en VF y complejos DVF como en las dorsales diapíricas con abundantes carbonatos autigénicos colonizados por diferentes especies suspensívoras, así como en zonas aplaceradas y algunos canales del *Campo Somero*, y sobre todo del *Campo Profundo* donde abundan las agregaciones de especies altamente sensibles a la pesca de arrastre (ej. pennatuláceos, *Isidella elongata*, *Radicipes fragilis*, *Pheronema carpenteri*, etc.).

Gestión y Conservación

El LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” representa hasta la fecha el lugar de mayor importancia y relevancia para el Hábitat 1180 en aguas españolas, con una amplia variedad de estructuras submarinas causadas por la expulsión de fluidos, y en las cuales se desarrollan comunidades y especies exclusivas de este tipo de ambientes. Las únicas poblaciones de estas especies quimiosintéticas (bacterias) y quimiosimbióticas en el ámbito español radican en este LIC, por lo que las medidas de gestión y conservación de dichas comunidades deben de ser bien establecidas y consensuadas con diferentes sectores para así poder preservar un patrimonio natural que es altamente singular para la

gran diversidad de hábitats y especies presentes en aguas españolas. La mayoría de estas comunidades se encuentran en zonas con baja actividad antropogénica, excepto el VF Anastasya que representa una de las estructuras submarinas causadas por emisiones de gases más relevantes del LIC, con emisiones activas y comunidades basadas en la quimiosíntesis que son complejas.

Además, en diferentes sectores del LIC se han identificado numerosos hábitats bentónicos con un importante componente biológico, estructurados por especies altamente vulnerables y reconocidos internacionalmente como indicadores de "Ecosistemas Marinos Vulnerable" (VME, *Vulnerable Marine Ecosystem*; FAO, 2009). Generalmente estos hábitats bentónicos se distribuyen en mosaico y localizados en una zona caracterizada por fuertes gradientes ambientales, con diferentes procesos geológicos, masas de aguas del Mediterráneo y el Atlántico y organismos procedentes de diferentes regiones biogeográficas (Lusitánica, Mediterránea y Mauritánica), lo cual le confiere a esta zona un carácter único en el ámbito internacional y nacional. Este carácter singular es considerado un criterio prioritario de conservación, situando a esta zona submarina como uno de los lugares del margen Ibérico cuya biodiversidad es necesario mantener en el largo plazo (EBSA site 5 - Gulf of Cádiz, <https://www.cbd.int/doc/c/7d96/2418/5a119cb332dbc741312d97b6/ebsa-ws-2019-01-04-en.pdf>).

La superficie total ocupada por el Hábitat 1170- *Arrecifes* se encuentra alrededor del 17,22% de la superficie total del LIC, no obstante este porcentaje sería mayor una vez que se haya podido completar la exploración del *Campo Profundo*. En el caso de los hábitats ligados con el Hábitat 1170 de sustratos rocosos, la actividad antrópica en estas zonas se podría considerar como baja y seguramente el impacto socioeconómico de una regulación de las actividades humanas podría ser considerado como moderado o bajo. En el caso de los hábitats 1170 de sustratos sedimentarios, algunos de ellos se encuentran en zonas de actividad pesquera de arrastre baja o nula (*Campo Profundo*), pero otros se encuentran en zonas con actividad pesquera de arrastre moderada o baja (*Campo Somero*). Por ello sería necesario realizar un cartografiado a mayor detalle para conocer dónde se encuentran los núcleos de mayores densidades de pennatuláceos, y tener en cuenta estos datos a la hora de establecer medidas de gestión y regulación de las actividades humanas en estos tipos de hábitats con diferentes facies basadas en su grado de complejidad y conservación.

La superficie total ocupada por el Hábitat 1110- *Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina*, poco profunda, ocupan un 2,42% de la superficie total del LIC, pero en su mayoría se encuentran en zonas con baja actividad humana, por lo que se estima que su gestión presentaría un bajo impacto socioeconómico.

El LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*", en relación a los hábitats bentónicos, cumple con la mayoría de los criterios que justifican su integración en la Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE; RD 1599/2011) y que a continuación se detallan:

- (a) representatividad del Hábitat 1170 en las diferentes estructuras geomorfológicas (volcanes de fango, complejo diapiro - volcán de fango, diapiros, fondos aplacerados, etc.), que engloba una diversidad de hábitats bentónicos biogénicos bastante amplia con diferentes tipos de hábitats dominadas por poríferos, cnidarios e incluso ascidias. De hecho contiene una representación bastante buena y completa de los tipos de hábitats presentes en los fondos batiales del sur de la península Ibérica.
- (b) su carácter único o raro, típico de zonas con expulsiones de fluidos, donde se producen complejos procesos geológicos y ecológicos, con hábitats extremófilos y especies endémicas a hábitats complejos y productivos con alta biodiversidad.
- (c) su importancia para hábitats en peligro o declive demostrado por la elevada extensión ocupada por hábitats biogénicos vulnerables, y otras especies incluidas en listados de conservación (Mateo-Ramírez *et al.*, 2020).
- (d) su grado de naturalidad, típico de unidades geológicas alejadas de costa *-offshore-* como es el caso de las zonas profundas del *Campo Somero* y todo el *Campo Profundo*, donde el desarrollo de determinadas actividades que impactan sobre el lecho marino se ven limitadas.
- (e) su vulnerabilidad-sensibilidad-lenta recuperación, demostrada por la presencia de numerosos hábitats caracterizados por especies sésiles de gran tamaño, de vida larga y baja tasa de reproducción, filtradoras-depositívoras-suspensívoras y por lo tanto, sensibles a cambios ambientales o actividades como la actividad pesquera.
- (f) su contribución a la conectividad al ser una zona de tránsito entre el mar Mediterráneo y el océano Atlántico que facilita la migración, la distribución geográfica, la dispersión larvaria de especies sésiles y el intercambio genético entre poblaciones de diferentes cuencas.
- (g) su importancia para el desarrollo de alguna de las fases del ciclo biológico de ciertas especies, basado en la elevada cobertura del área por hábitats biogénicos con especies estructurantes que proporcionan sustrato, cobijo y una gran variedad de recursos para diferentes grupos faunísticos, así como de otras zonas con hábitats no biogénicos donde se encuentran importantes poblaciones de especies de interés pesquero (González-García *et al.*, 2020a, 2020b).

Metodología

La metodología empleada ha permitido mejorar la cartografía existente de los hábitats bentónicos y realizar una valoración inicial de su estado. Esta metodología, basada en el principio de *"assemble first, predict later"* ("primero agrupar y luego predecir"), identifica en primer lugar las comunidades biológicas y los hábitats para posteriormente modelar y predecir la distribución de algunos de ellos, y completar dicha distribución con cartografiado manual basado en criterio de experto. Adicionalmente, el estudio del estado ambiental basado en la riqueza taxonómica y sensibilidad, permite obtener valiosa información a la hora de diseñar su gestión y conservación.

La necesidad de explorar zonas del *Campo Profundo*, así como estructuras de gran porte del *Campo Somero* (Dorsales Diapíricas), permitirá en el futuro un cartografiado mucho más exhaustivo de los tipos de hábitats de estas zonas, y seguramente algunos descubrimientos significativos de especies y tipos de hábitats.

Impactos recientes

La aparición de *Rugulopteryx okamurae* en los hábitats costeros del sur de España está provocando una homogenización de los mismos, generando una pérdida de diversidad y de servicios ecosistémicos (García-Gómez *et al.* 2020; Sempere-Valverde *et al.* 2020), afectando no solo a hábitats infralitorales sino también a hábitats circalitorales y batiales (Mateo-Ramírez *et al.* en revisión). La presencia de talos de *R. okamurae* acumulados en el lecho marino, enredados sobre organismos bentónicos tanto sésiles como móviles, es algo que se ha constatado recientemente en los fondos del golfo de Cádiz y del LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” (Mateo-Ramírez *et al.* en revisión). Sin embargo es algo que marca un punto de inflexión, pues si bien otros impactos dentro del LIC se pueden controlar, regular o incluso eliminar, como es el caso de la pesca de arrastre, la llegada de estas inmensas cantidades de biomasa y sus efectos sobre los animales y hábitats batiales es algo muy difícil o incluso imposible de controlar.

Como recomendación, proponemos hacer seguimientos anuales y estacionales de la llegada de estos arribazones a los fondos batiales del golfo de Cádiz y del LIC, analizando las condiciones meteorológicas e hidrodinámicas que provocan estos flujos de biomasa algal. De esta manera se podría (1) analizar la procedencia aproximada de estos arribazones y que fenómenos climáticos y oceanográficos modulan el movimiento de los mismos, pudiendo predecir que hábitats se verán más afectados por dichos flujos de talos de *Rugulopteryx* a la deriva, y (2) hacer un seguimiento anual del impacto provocado por estos arribazones sobre los hábitats del LIC, para poder conocer el alcance real de este impacto.

7. Referencias bibliográficas (Con asterisco se marcan las realizadas en el marco del proyecto LIFE IP INTEMARES para el LIC “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*”)

- Amaral, V., Romera-Castillo, C., Forja, J., 2021. Submarine mud volcanoes as a source of chromophoric dissolved organic matter to the deep waters of the Gulf of Cádiz. *Sci. Rep.* 3200 (11), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82632-3>
- Bray J.R., Curtis J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27 (4), 325-349.

- Caesar, K.H., Kyle, J.R., Lyons, T.W., Tripathi, A., Loyd, S.J., 2019. Carbonate formation in salt dome cap rocks by microbial anaerobic oxidation of methane. *Nat. Commun.* 808 (10), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08687-z>.
- Casal-Porras, I., Zubía E., Brun F.G. 2021. Dilkamural: A novel chemical weapon involved in the invasive capacity of the alga *Rugulopteryx okamurae* in the Strait of Gibraltar. *Estuarine, Coastal & Shelf Science* 257: 107398. Doi: 10.1016/j.ecss.2021.107398
- *Cepeda Jorge, C., 2018. Sedimentological, geomorphological and biological characterization of fluid venting structures of the middle slope of the gulf of Cádiz (SW Spain). Tesis de Master. Master Universitario de Oceanografía. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz, España, 55 pp.
- Clarke K.R., Gorley R.N., 2006. PRIMER v6: user manual-tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 192 pp.
- De la Torriente, A., Aguilar, R., Serrano, A., García, S., Fernández Salas, L., García Muñoz, M., Punzón, A., Arcos, J., Sagarminaga, R., 2014. Sur de Almería Seco de Los Olivos. In: Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (Eds.), Proyecto LIFE+ INDEMARES, Madrid, 102pp.
- Díaz-del-Río, V., Somoza, L., Martínez-Frias, J., Mata, M.P., Delgado, A., Hernández-Molina, F.J., Lunar, R., Martín-Rubí, J.A., Maestro, A., Fernández-Puga, M.C., León, R., Llave, E., Medialdea, T., Vázquez, J.T., 2003. Vast fields of hydrocarbon-derived carbonate chimneys related to the accretionary wedge/olistostrome of the Gulf of Cádiz. *Mar. Geol.* 195 (1-4), 177-200. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00687-4](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00687-4)
- Díaz-del-Río-Español, V., Rueda, J.L., Fernández-Salas, L.M., Bruque-Carmona, G., González-García, E., López-González, N., López-Rodríguez, F.J., Palomino, D., Rittierott, C., Sánchez-Leal, R.F., Vázquez, J.T., Farias, C., Fernández Zambrano, A., Oporto, T., Marina-Ureña, P., Sánchez-Guillamón, O., García-Muñoz, M., Urra, J., Jiménez, M.P., Luque, V., Alfaro, B., 2014a. Caracterización ecológica del área marina de "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Informe Final área LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732). Instituto Español de Oceanografía. Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid, 967 pp.
- Díaz del Río V., Bruque G., Fernández-Salas L.M., Rueda, J.L., González, E., López, N., Palomino, D., López, F.J., Farias, C., Sánchez, R., Vázquez, J.T., Rittierott, C.C., Fernández, A., Marina, P., Luque, V., Oporto, T., Sánchez, O., García, M., Urra, J., Bárcenas, P., Jiménez, M.P., Sagarminaga, R., Arcos, J.M., 2014b. *Volcanes de fango del golfo de Cádiz*. In: Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, (Ed.), Proyecto LIFE+ INDEMARES, Madrid, 128 pp.

Esparza, o., 2018, Ayala, B., Navacerrada, J., 2018. INFORME DE RESULTADOS del taller participativo sobre la evaluación de insuficiencias de la red Natura 2000 marina. LIFE IP INTEMARES Gestión integrada, innovadora participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español. Madrid, 7 de Mayo de 2018.

Faugères, J.C., Stow, D.A.V., Imbert, P., Viana, A., 1999. Seismic features diagnostic of contourite drifts. *Mar. Geol.* 162, 1–38. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(99\)00068-7](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(99)00068-7)

Fernández-Puga, M.C., Vázquez, J.T., Somoza, L., Díaz del Río, V., Medialdea, T., Mata, M.P., León, R., 2007. Gas-related morphologies and diapirism in the Gulf of Cádiz. *Geo-Mar. Lett.* 27, 213-221. <https://doi.org/10.1007/s00367-007-0076-0>

Fernández-Salas, L.M., Sánchez Leal, R.F., Rueda, J.L., López-González, N., González-García, E., López-Rodríguez, F.J., Bruque, G., Vázquez, J.T., Díaz-del-Río, V., 2012. Interacción entre las masas de agua, los relieves submarinos y la distribución de especies bentónicas en el talud continental del Golfo de Cádiz. In: Fernández, L.P., Fernández, A., Cuesta, A. (Eds.), *Resúmenes extendidos del VIII Congreso Geológico de España*, Oviedo, pp. 569-572.

Fernández-Salas, L.M., Durán, R., Mendes, I., Galparsoro, I., Lobo, F.J., Bárcenas, P., Rosa, F., Ribó, M., García-Gil, S., Ferrín, A., Carrara, G., Roque, C., Canals, M., 2015. Shelves of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands (I): morphology and sediment types. *Bol. Geol. Min.* 126 (2-3), 327–376.

Fernández-Salas, L.M., Villar-Menéndez, I., Sánchez-Guillamón, O., Palomino, D., López-González, N., Vázquez, J.T., Farias, C., Sánchez-Leal, R., Bárcenas, P., Mena, A., Francés, G., Pérez-Arlucea, M., Hernández-Molina, F.J., Nombela, M.A., Silva, J., García-García, Alejo, I., Fernández-Puga, M.C., Roque, D., De Weger, W., Velasco, A., 2019. Informe de campaña INPULSE_0719, Instituto Español de Oceanografía, 36 pp.

*Fernández-Salas, L.M., Palomino, D., Villar Menéndez, I., García García, M., Sánchez-Guillamón, O., 2021. LIFE IP INTEMARES. Informe sobre la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del LIC-ESZZ12002-Volcanes de fango del Golfo de Cádiz (Demarcación Sudatlántica). SubAcción A.2.1: Mejora del conocimiento en zonas ya declaradas. Proyecto LIFE IP INTEMARES. Instituto Español de Oceanografía. Informe técnico. 49 pp.

Field, J.G., Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8, 37-52. <http://doi.org/10.3354/meps008037>

Fielding, A.H., Bell, J.F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environ. Conser.* 24 (1), 38–49. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000088>

Gallardo-Núñez, M., Rueda, J.L., Farias, C., González-García, E., Sánchez-Guillamón, O., Bárcenas, P., López-González, N., Vila, Y., 2015. Caracterización preliminar de hábitats y megafauna en caladeros de cigala (*Nephrops norvegicus*) del golfo de Cádiz a partir de imágenes submarinas. In: Díaz del Río, V., Bárcenas, P., Fernández-Salas, L.M., López-González, N., Palomino, D., Rueda, J.L., Sánchez-Guillamón, O., Vázquez, J.T. (Eds.), Resúmenes sobre el VIII Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico, Málaga, pp. 643-646.

García-Gómez J.C., Sempere-Valverde J., Roi A., Martínez-Chacón M., Oloya-Ponzone L., Sánchez-Moyano E., Ostalé-Valriberas E., Megina C. 2020. From exotic to invasive in record time: The extreme impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in the strait of Gibraltar. *Science of the Total Environment* 704: 135408. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135408

*García Raso J., García-Muñoz J., Mateo-Ramírez A., et al. 2019. Decapod crustaceans Eucalliicidae in chemoautotrophic bathyal bottoms of the Gulf of Cadiz (Atlantic Ocean), environmental characteristics and associated communities. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 99 (2), 437-444. <https://doi.org/10.1017/S0025315418000280>

Gil Herrera, J., Delgado, M., Farias, C., Sayago, M., Rodríguez de la Rúa, A., Román, S., Villar, I., Fernández, L.M., Rueda, J.L., Mateo-Ramírez, A., 2020. Informe del estudio de los hábitats bentónicos en la demarcación Sudatlántica. Campaña CIRCASUR 2020, Instituto Español de Oceanografía, 16 pp.

*González-García, E., Mateo-Ramírez, A., Urra, J., Farias, C., García, T., Gil, J., García Raso, E., López-González, N., Rueda, J.L., 2020a. Bottom trawling activity, main fishery resources and associated benthic and demersal fauna in a mud volcano field of the Gulf of Cádiz (southwestern Iberian Peninsula). *Reg. Stud. Mar. Sci.* 33, 100985. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100985>

*González-García, E., Mateo-Ramírez, Á., Urra, J., Farias, C., Marina, P., Lozano, P., López-González, P. J., Megina, C., García Raso, J.E., Gofas, S., López, E., Moreira, J., López-González, N., Sánchez-Leal, R.F., Fernández-Salas, L.M. & Rueda, J.L. 2020b. Composition, structure and distribution of epibenthic communities within a mud volcano field of the northern Gulf of Cádiz in relation to environmental variables and trawling activity. *Journal of Sea Research*, 160, 101892. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101892>

*González-Fernández, J.M., 2020. Crustáceos del Lugar de Importancia Comunitaria "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Trabajo Final de Master, Master de Diversidad Biológica y Medio Ambiente, Universidad de Málaga 56 pp.

González-Irusta, J.M., De la Torriente, A., Punzón, A., Blanco, M., Serrano, A., 2018. Determining and mapping species sensitivity to trawling impacts: The BENTHOS

- Sensitivity Index to Trawling Operations (BESITO). ICES Journal of Marine Science 75(5). <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy030>
- Gonzalez-Mirelis, G., Buhl-Mortensen, P., 2015. Modelling benthic habitats and biotopes off the coast of Norway to support spatial management. Ecol. Inform. 30, 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.06.005>
- Greenwell, B.M., 2017. pdp: An R package for constructing partial dependence plots. R. J. 9 (1), 421-436. ISSN 2073-4859
- Grinyó, J., Francescangeli, M., Santín, A., Ercilla, G., Estrada, F., Mecho, A., Fanelli E., Costa, C., Danovaro, R., Batista Company, J., Sobrino, I., Valencia, J., Aguzzi, J., 2022. Megafaunal assemblages in deep-sea ecosystems of the Gulf of Cadiz, northeast Atlantic ocean. Deep Sea Res. I Oceanogr. Res. Pap. 183, 103738. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2022.103738>
- Hernández-Molina, F.J., Llave, E., Somoza, L., Fernández-Puga, M.C., Maestro, A., León, R., Medialdea, M., Barnolas, A., García, M., Díaz del Río, V., Fernández-Salas, L.M., Vázquez, J.T., Lobo, F., Alveirinho Dias, J., Rodero, J., Gardner, J. (2003) Looking for clues to paleoceanographic imprints: a diagnosis of the Gulf of Cadiz Contourite Depositional Systems. Geology, 31: 19-22.
- Howell, K.L., Davies, J.S., Allcock, A.L., Braga-Henriques, A., Buhl-Mortensen, P., Carreiro-Silva, M., Dominguez-Carrió, C., Durden, J.M., Foster, N.L., Game, C.A., Hitchin, B., Horton, T., Hosking, B., Jones, D.O.B., Mah, C., Marchais, C.L., Menot, L., Morato, T., Pearman, T.R.R., Piechaud, N., Ross, R.E., Ruhl, H.A., Saeedi, H., Stefanoudis, P.V., Taranto, G.H., Michael, B.T., Taylor, J.R., Tyler, P., Vad, J., Victorero, L., Vieira, R.P., Woodall, L.C., Xavier, J.R., Wagner, D., 2019. A framework for the development of a global standardised marine taxon reference image database (SMarTaR-ID) to support image-based analyses. PLoS ONE 14 (12), e0218904. <https://doi.org/10.1101/670786>
- Kenyon, N.H., Belderson, R.H., 1973. Bed forms of the Mediterranean undercurrent observed with side-scan sonar. Sediment. Geol. 9, 77–99. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(73\)90027-4](https://doi.org/10.1016/0037-0738(73)90027-4)
- Krebs, C.J., 1989. Ecological Methodology. Harper and Row Publishers, New York, 620 pp.
- Kruskal, W.H., Wallis, W.A., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. J. Am. Stat. Assoc. 47 (260), 583-621.
- Kruskal, J.B., Wish, M., 1978. Multidimensional scaling, 11. Sage University Paper.
- Kurata, K., Taniguchi, K., Shiraishi, K., Suzuki M., 1989. Structures of secospatane-type diterpenes with feeding-deterrent activity from the brown alga *Dilophus okamurai*. Tetrahedron Letters 30: 1567–1570. Doi: 10.1016/S0040-4039(00)99521

- Lacharité, M., Metaxas, A., 2017. Hard substrate in the deep ocean: How sediment features influence epibenthic megafauna on the eastern Canadian margin. *Deep-Sea Res. Part I* 126, 50-61. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.05.013>
- León, R., Somoza, L., Medialdea, T., González, F.J., Díaz-del-Río, V., Fernández-Puga, M.C., Maestro, A., Mata, M.P., 2007. Sea-floor features related to hydrocarbon seeps in deepwater carbonate-mud mounds of the Gulf of Cádiz: from mud flows to carbonate precipitates. *Geo-Mar. Lett.* 27, 237-247. <https://doi.org/10.1007/s00367-007-0074-2>
- León, R., Somoza, L., Medialdea, T., Vázquez, J.T., González, F.J., López-González, N., Casas, D., Mata, M.P., Fernández-Puga, M.C., Giménez-Moreno, C.J., Díaz-del-Río, V., 2012. New discoveries of mud volcanoes on the Moroccan Atlantic continental margin (Gulf of Cádiz): morpho-structural characterization. *Geo-Mar. Lett.* 32, 473-488. <https://doi.org/10.1007/s00367-012-0275-1>
- Liaw, A., Wiener, M., 2002. Classification and Regression by randomForest. *R news* 2 (3), 18-22.
- Llave, E., Hernández-Molina, F.J., Somoza, L., Díaz-del-Río, V., Stow, D.A.V., Maestro, A., Alveirinho Dias, J.M., 2001. Seismic stacking pattern of the Faro-Albufeira contourite system (Gulf of Cadiz): a Quaternary record of paleoceanographic and tectonic influences. *Mar. Geophys. Res.* 22 (5-6), 475-496. <https://doi.org/10.1023/A:1016355801344>
- *López-Rodríguez, C., Mateo-Ramírez, A., Oporto T., Utrilla, O., López-González, N., Marina, P., González-García, E., Moreira, J., López, E., Farias, C., Urra, J., Fernández-Salas, L.M., Rueda, J.L. En revisión. Sedimentological and faunistic characterization of summits and adjacent bottoms of fluid venting submarine structures of the north-eastern Gulf of Cádiz.
- *Lozano, P., Rueda, J.L., Gallardo-Núñez, M., Farias, C., Urra, J., Vila, Y., López-González, N., Palomino, D., Sánchez-Guillamón, O., Vázquez, J.T., Fernández-Salas, L.M., 2020a. Habitat distribution and associated biota in different geomorphic features within a fluid venting area of the Gulf of Cádiz (Southwestern Iberian Peninsula, Northeast Atlantic Ocean). In: Harris, P.T., Baker, E., (Eds.), *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat*, Elsevier Inc., pp. 847-861. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814960-7.00052-X>
- *Lozano, P., Fernández-Salas, L.M., Hernández-Molina, F.J., Sánchez-Leal, R., Sánchez-Guillamón, O., Palomino, D., Farias, C., Mateo-Ramírez, A., López-González, N., García, M., Vázquez, J.T., Vila, Y., Rueda, J.L., 2020b. Multiprocess interaction shaping geofoms and controlling substrate types and benthic community distribution in the Gulf of Cádiz. *Mar. Geol.* 423, 106139. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106139>.

*Lozano, P., González-Mirelis, G., Rueda, J.L., Ross, R.E., Gallardo-Núñez, M., González-García, E., Sánchez-Leal, R.F., Vila, Y., Buhl-Mortensen, P., Fernández-Salas, L.M. En preparación. Environmental variables and bottom trawling effort affect the conditioning complexity and distribution of soft-bottom octocorals and burrowing megafauna communities in the Gulf of Cádiz.

Maestro, A., Somoza, L., Díaz del Río, V., Vázquez, J.T., Martín-Alfageme, S., Alveirinho, J.M., Barnolas, A., Vegas, R., 1998. Neotectónica transpresiva en la plataforma continental Suribérica Atlántica. *Geogaceta* 24, 203–206.

MarLIN, 2006. BIOTIC - Biological Traits Information Catalogue. Marine Life Information Network. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [Cited insert date] Available from www.marlin.ac.uk/biotic

*Mateo-Ramírez, A., González-García, E., Farias, C., García Raso, J.E., Gofas, S., López, E., López-González, P.J., Maldonado, M., Marina, P., Megina, C., Moreira, J., Ramalho, L., Ramos-Esplá, A.A., Sitjà, C., Urra, J., Utrilla, O., Rueda, J.L., 2019. New Advances in the study of the biodiversity of the SCI “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” (southwestern Spanish Margin). *Front. Mar. Sci Conference Abstract, XX Iberian Symposium on Marine Biology Studies (SIEBM XX)*. Universidad de Minho, Braga.

*Mateo-Ramírez, A., González-García, E., Utrilla, O., Urra, J., Ramalho, L.V., Farias, C., Gallardo-Núñez, M., Rueda, J.L., 2020. LIFE IP INTEMARES. Informe sobre el estado actual de conocimiento de la biodiversidad del LIC-ESZZ12002 “*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*” (Demarcación Sudatlántica). Proyecto Life IP INTEMARES. Instituto Español de Oceanografía. Informe técnico. 87 pp.

Mateo-Ramírez, A., Marina, P., Moreno, D., Alcántara Valero, A.F., Aguilar, R., Báez, J.C., Bárcenas, P., Baro, J., Caballero-Herrera, J.A., Camiñas, J.A., Idrissi, M.M., de la Torriente, A., García, T., García Raso, J.E., Gofas, S., González-García, E., González-García, J.A., Moya-Urbano, E., Román-Muñoz, A., Sánchez-Tocino, L., Salas, C., Templado, J., Tierno de Figueroa, J.M., Urra, J., Vázquez, J.T., Rueda, J.L., 2021. List and date of establishment of marine protected areas and key biodiversity areas of the Alboran Sea. In: Báez, J.C., Vázquez, J.T., Camiñas, J.A., Idrissi, M.M., (Eds.), *Alboran Sea-Ecosystems and Marine Resources*, Springer, Cham., pp. 819-923. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65516-7_25

*Mateo-Ramírez, A., Iñiguez, C., Fernández-Salas, L.M., Sánchez-Leal, R.F., Farias, C., Bellanco, M.J., Gil, J., Rueda, J.L. En revisión. Healthy thalli of the invasive seaweed *Rugulopteryx okamurae* (Phaeophyceae) being massively dragged into deep-sea bottoms by the Mediterranean Outflow Water. *Phycologia*.

Medialdea, T., Vegas, R., Somoza, L., Vázquez, J.T., Maldonado, A., Díaz-del-Río, V., Maestro, A., Córdoba, D., Fernández-Puga, M.C., 2004. Structure and evolution of the

- "Olistostrome" complex of the Gibraltar Arc in the Gulf of Cádiz (eastern Central Atlantic): evidence from two long seismic cross-sections. *Mar. Geol.* 209 (1-4), 173-198.
<https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.05.029>
- Medialdea, T., Somoza, L., Vázquez, J.T., León, R., Fernández Puga, M.C., Vegas, R., Díaz del Río, V., 2008. Volcanes de fango y tectónica en el Golfo de Cádiz. *Geo-Temas* 10, 639-642.
- Medialdea, T., Somoza, L., Pinheiro, L.M., Fernández-Puga, M.C., Vázquez, J.T., León, R., Ivanov, M.K., Magalhaes, V., Díaz-del-Río, V., Vegas, R., 2009. Tectonics and mud volcano development in the Gulf of Cádiz. *Mar. Geol.* 261 (1-4), 48-63.
<https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.10.007>
- Montefalcone, M., Tunesi, L., Ouerghi, A., 2021. A review of the classification systems for marine benthic habitats and the new updated Barcelona Convention classification for the Mediterranean. *Mar. Environ. Res.* 169, 105387.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105387>
- Nelson, C.H., Baraza, J., Maldonado, A., Rodero, J., Escutiã, C., Barber Jr, J.H., 1999. Influence of the Atlantic inflow and Mediterranean outflow currents on Late Quaternary sedimentary facies of the Gulf of Cadiz continental margin. *Mar. Geol.* 155 (1-2), 99-129.
[https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(98\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(98)00143-1)
- Oliver, G., Rodrigues, C.F. & Cunha, M.R., 2011. Chemosymbiotic bivalves from the mud volcanoes of the Gulf of Cadiz, NE Atlantic, with descriptions of new species of Solemyidae, Lucinidae and Vesicomidae. *ZooKeys*, 113: 1-38
- Orejas, C., Addamo, A., Álvarez, M., Aparicio, A., Alcoverro, D., Arnaud-Haond, S., Bilan, M., Boavida, J., Caínzos, V., Calderón, R., Caldeiro, P., Castaño, M., Fox, A., Gallardo, M., Gori, A., Gutiérrez, C., Henry, L.A., Hermida, M., Jiménez, J.A., López-Jurado, J.L., Lozano, P., Mateo-Ramírez, A., Mateu, G., Matoso, J.L., Méndez, C., Morillas, A., Movilla, J., Olarriaga, A., Paredes, M., Pelayo, V., Piñeiro, S., Rakka, M., Ramírez, T., Ramos, M., Reis, J., Rivera, J., Romero, A., Rueda, J.L., Salvador, T., Sampaio, I., Sánchez, H., Santiago, R., Serrano, A., Taranto, G., Urra, J., Vélez-Belchí, P., Viladrich, N., Zein, M., 2017. Summary Report-MEDWAVES survey, 580 pp.
- Palomino, D., López-González, N., Vázquez, J.T., Fernández-Salas, L.M., Rueda, J.L., Sánchez-Leal, R., Díaz-del-Río, V., 2016. Multidisciplinary study of mud volcanoes and diapirs and their relationship to seepages and bottom currents in the Gulf of Cádiz continental slope (northeastern sector). *Mar. Geol.* 378, 196-212.
<https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.10.001>
- *Palomino, D., Mateo-Ramírez, A., 1, Vázquez, J.T., López-González, N., González-García, E., Fernández-Salas, L.M., Cepeda, C., & Rueda, J.L. En revisión. Fluid venting

submarine structures in the middle slope of the Spanish continental margin of the Gulf of Cádiz: geomorphology, internal structure, benthic features and control factors. *Marine Geology*.

Pinheiro, L., Ivanov, M.K., Sautkin, A., Akhmanov, G., Magalhães, V., Volkonskaya, A., Monteiro, J.H., Somoza, L., Gardner, J., Hamouni, N., Cunha, M.R., 2003. Mud volcanism in the Gulf of Cádiz: results from the TTR-10 cruise. *Mar. Geol.* 195 (1-4), 131-151. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00685-0](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00685-0)

Prasad, A. M., Iverson, L.R., Liaw, A. 2006. Newer classification and regression tree techniques: Bagging and Random Forests for ecological prediction. *Ecosystems*. (9): 181-199.

Puerta, P., Mosquera-Giménez, A., Reñones, O., Domínguez-Carrió, C., Rueda, J.L., Urra, J., Carreiro-Silva, M., Blasco-Ferre, J., Santana, Y., Gutiérrez-Zárate, C., Vélez-Belchí, P., Rivera, J., Morato, T., Orejas, C., 2022. Variability of deep-sea megabenthic assemblages along the western pathway of the Mediterranean outflow water. *Deep-Sea Res. I* 185, 103791. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2022.103791>

*Ramalho, L.V., López-Fé, C.M., Rueda, J.L., 2018. Three species of *Reteporella* (Bryozoa: Cheilostomata) in a diapiric and mud volcano field of the Gulf of Cádiz, with the description of *Reteporella victori* n. sp. *Zootaxa* 4375 (1), 90-104. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4375.1.4>

*Ramalho, L.V., López-Fé C.M., Mateo-Ramírez A. & Rueda, J.L. 2020. Bryozoa from deep-sea habitats of the northern Gulf of Cádiz (Northeastern Atlantic). *Zootaxa*, 4768(4). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4768.4.1>

Rueda, J.L., Gil, J., González-García, E., Farias, C., López-González, N., Díaz-del-Río, V., 2011. First record of *Hacelia superba* (Echinodermata: Asteroidea) on the European continental margin. *Mar. Biodivers. Rec.* 4, e96. <https://doi.org/10.1017/S175526721100087X>

Rueda, J.L., Díaz-del-Río, V., Sayago-Gil, M., López-González, N., Fernández-Salas, L.M., Vázquez, J.T., 2012a. Fluid venting through the seabed in the Gulf of Cadiz (SE Atlantic Ocean, Western Iberian Peninsula): geomorphic features, habitats and associated fauna. In: Harris, P.T., Baker, E.K., (Eds.), *Seafloor geomorphology as benthic habitat: Geohab atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats*. Elsevier, London, pp. 831-841. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385140-6.00061-X>

Rueda, J.L., Urra, J., Gofas, S., López-González, N., Fernández-Salas, L.M., Díaz-del-Río, V., 2012b. New records of recently described chemosymbiotic bivalves for mud volcanoes within the European waters (Gulf of Cádiz). *Mediterr. Mar. Sci.* 13, 262-267. <https://doi.org/10.12681/mms.307>

Rueda, J.L., González-García, E., Krutzky, C., López-Rodríguez, F.J., Bruque, G., López-González, N., Palomino, D., Sánchez, R.F., Vázquez, J.T., Fernández-Salas, L.M., Díaz-del-Río, V., 2016. From chemosynthesis-based communities to cold-water corals: Vulnerable deep-sea habitats of the Gulf of Cádiz. *Mar. Biodivers.* 46, 473-482. <https://doi.org/10.1007/s12526-015-0366-0>

*Rueda, J.L., Urra, J., Aguilar, R., Angeletti, L., Bo, M., García-Ruiz, C., González-Duarte, M.M., López, E., Madurell, T., Maldonado, M., Mateo-Ramírez, A., Megina, C., Moreira, J., Moya, F., Ramalho, L.V., Rosso, A., Sitjà, C., Taviani, M., 2019. Cold-Water Coral Associated Fauna in the Mediterranean Sea and Adjacent Areas. In: Orejas, C., Jiménez, C., (Eds.), *Mediterranean Cold-Water Corals: Past, Present and Future. Coral Reefs of the World*, 9. Springer, Cham, pp. 295-333. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91608-8_29

Rueda, J.L., Gofas, S., Aguilar, R., de la Torriente, A., García Raso, J.E., Lo Iacono, C., Luque, A.A., Marina, P., Mateo-Ramírez, A., Moya-Urbano, E., Moreno, D., Navarro-Barranco, C., Salas, C., Sánchez-Tocino, L., Templado, J., Urra, J., 2021. Benthic fauna of littoral and deep-sea habitats of the Alboran Sea: a hotspot of biodiversity. In: Báez, J.C., Camiñas, J.A., Vázquez, J.T., Malouli, M., (Eds.), *Alboran Sea and its marine resources*, 9. Springer, Cham, pp. 285-358. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65516-7_9

*Rueda, J.L., González-García, E., Gallardo-Núñez, M., Urra, J., Mateo-Ramírez, A., Palomino, D., Farias, C., García García, M., Rodríguez-Rúa, A., Villar-Menéndez, I., Utrilla, U., Franco-Gutiérrez, E., 2022. Informe de la campaña INTEMARES A4 CAD en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz". Instituto Español de Oceanografía. Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid, 116 pp.

Sánchez-Leal, R.F., Bellanco, M.J., Fernández-Salas, L.M., García-Lafuente, J., Gasser-Rubinat, M., González-Pola, C., Hernández-Molina, F.J., Pelegrí, J.L., Peliz, A., Relvas, P., Roque, D., Ruiz-Villareal, M., Sammartino, S., Sánchez-Garrido, J.C., 2017. The Mediterranean Overflow in the Gulf of Cadiz: A rugged journey. *Sci. Adv.* 3 (11), eaa00609. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaa00609>

Sempere-Valverde, J., Ostal, E., Maestre, M., and González, R. 2020. Impacts of the non-indigenous seaweed *Rugulopteryx okamurae* on a Mediterranean coralligenous community (Strait of Gibraltar): the role of long-term monitoring. *Ecol. Indic.* 121:107135. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.107135

Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27, 379-423.

*Sitjà, C., Maldonado, M., Farias, C., Rueda, J.L., 2019. Deep-water sponge fauna from the mud volcanoes of the Gulf of Cadiz (North Atlantic, Spain). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 99 (4), 807-831. <https://doi.org/10.1017/S0025315418000589>

*Sitjà, C., Maldonado, M., Farias, C., Rueda, J.L., 2020. Export of bathyal benthos to the Atlantic through the Mediterranean outflow: Sponges from the mud volcanoes of the Gulf of Cadiz as a case study. *Deep Sea Res. I Oceanogr. Res. Pap.* 163, 103326. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103326>.

Sneath, P.H., Sokal, R.R., 1973. Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. *Syst. Zool.* 2 (24), 263-268. <https://doi.org/10.2307/2412767>

Somoza, L., Díaz-del-Río, V., León, R., Ivanov, M., Fernández-Puga, M.C., Gardner, J.M., Hernández-Molina, F.J., Pinheiro, L.M., Rodero, J., Lobato, A., Maestro, A., Vázquez, J.T., Medialdea, T., Fernández-Salas, L.M., 2003. Seabed morphology and hydrocarbon seepage in the Gulf of Cádiz mud volcano area: Acoustic imagery, multibeam and ultrahigh resolution seismic data. *Mar. Geol.* 195, 153-176. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00686-2](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00686-2)

Somoza, L., Rueda, J.L., González, F.J., Rincón-Tomás, B., Medialdea, T., Sánchez-Guillamón, O., Hoppert, M., Vázquez, J.T., Madureira, P., Santofimia, E., López-Pamo, E., Palomino, D., Ortíz, J.E., Blanco, L., Fernández-Puga, M.C., Fernández-Salas, L.M., Reitner, J., 2021. A relict oasis of living deep-sea mussels *Bathymodiolus* and microbial-mediated seep carbonates at newly-discovered active cold seeps in the Gulf of Cádiz, NE Atlantic Ocean. *PalZ* 95, 793-807. <https://doi.org/10.1007/s12542-021-00594-3>

Stow, D.A.V., Faugères, J.C., Gonthier, E., Cremer, M., Llave, E., Hernández-Molina, F.J., Somoza, L., Díaz del Río, V., 2002a. Faro–Albufeira drift complex, Northern Gulf of Cadiz. In: Stow, D.A.V., Pudsey, C.J., Howe, J., Faugères, J.C. (Eds.), *IGCP 432. Deep-Water Contourite Systems: Modern Drifts and Ancient Series, Seismic and Sedimentary Characteristics*. Special Publication, 22. Geological Society of London, pp. 137–154.

Stow, D.A.V., Hernández-Molina, F.J., Llave, E., Sayago, M., Díaz del Río, V., Branson, A., 2009. Bedform-velocity matrix: the estimation of bottom current velocity from bedform observations. *Geology* 37 (4), 327–330. Stow et al., 2002

Suzuki, M., Yamada H., Kurata, K., 2002. Dictyterpenoids A and B, two novel diterpenoids with feeding- deterrent activity from the brown alga *Dilophus okamurae*. *Journal of Natural Products* 65: 121–125. Doi: 10.1021/np010234b

Taviani, M., Angeletti, L., Ceregato, A., Foglini, F., Froglià, C., Trincardi, F., 2013. The Gela Basin pockmark field in the strait of Sicily (Mediterranean Sea): chemosymbiotic faunal and carbonate signatures of postglacial to modern cold seepage. *Biogeosciences* 10, 4653-4671. <https://doi.org/10.5194/bg-10-4653-2013>.

Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Martín, L., Brito, A., 2012. Guía Interpretativa. Inventario Español de Hábitats Marinos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 229 pp.

*Urra, J., Palomino, D., Lozano, P., González-García, E., Farias, C., Mateo-Ramírez, A., Fernández-Salas, L.M., López-González, N., Vila, Y., Orejas, C., Puerta, P., Rivera, J., Henry, L.A., Rueda, J.L., 2021. Deep-sea habitat characterization using acoustic data and underwater imagery in Gazul mud volcano (Gulf of Cádiz, NE Atlantic). *Deep Sea Res. I Oceanogr. Res. Pap.* 169, 103458. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103458>

*Utrilla, O., Gofas, S., Urra, J., Marina, P., Mateo-Ramírez, A., López-González, N., González-García, E., Salas, C., Rueda, J.L., 2020. Molluscs from benthic habitats of the Gazul mud volcano (Gulf of Cádiz). *Sci. Mar.* 84 (3), 273–295. <https://doi.org/10.3989/scimar.05027.17A>

Vila, Y., Burgos, C., Rueda, J.L., Soriano, M., Gallardo, M., Farias, C., González-Herráiz, I., Gil, J., 2015. Abundance estimation of Norway lobster *Nephrops norvegicus* in the Gulf of Cadiz using underwater imaging. Final Report Project AC1-20123118. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

WoRMS Editorial Board. 2022. World Register of Marine Species. Accessed 2022-06-20. Available at <http://www.marinespecies.org>.

8. Agradecimientos

En las siguientes líneas nos gustaría agradecer a los diferentes capitanes, tripulación y personal científico de las campañas INDEMARES-CHICA, ISUNEPCA, INTEMARES A4 CAD, MEDWAVES e INPULSE por toda la ayuda ofrecida durante las mismas.

También agradecemos la ayuda prestada por los compañeros y compañeras de geología de Geociencias Marinas y toda la ayuda que nos han prestado con la interpretación geológica y sedimentológica, así como las capas generadas en el informe geológico del LIC presentado el año pasado.

Finalmente agradecer a expertos taxónomos de diferentes instituciones que nos han asesorado con los poríferos (Manuel Maldonado, Celia Sitjà), cnidarios (Pablo López-González, Cesar Megina), briozoos (Lais Ramalho), moluscos (Serge Gofas, Carmen Salas), anélidos (Eduardo López, Juan Moreira, Guillermo SanMartín) y crustáceos (J. Enrique García Raso) recogidos en muestras y también en imágenes submarinas.

9. Anexo

Tabla A. Resultados del análisis SIMPER en el que se muestra la contribución de las especies a los diferentes grupos de CLUSTER y SIMPROF (interpretados como hábitats o combinaciones de 2 hábitats) obtenidos con muestras de beam-trawl. Se muestra también la dominancia de las especies en aquellos grupos conformados por una muestra, así como la correspondencia de los grupos con hábitats de la Lista Patrón de Hábitats Marinos de España (LPRE).

GRUPO A (outlier) (1 muestra)

GRUPO B - *Coral muerto compacto (dead coral framework)* (Sin Código LPRE) (1 muestra) (Acrónimo: Coral muerto)

Especies	Dominancia (%)
<i>Holothuria</i> sp.	23.08
<i>Parapenaeus longirostris</i>	12.31
<i>Cidaris cidaris</i>	10.41
<i>Savalia savaglia</i>	8.98
<i>Hormathia coronata</i>	4.90
<i>Chlorotocus crassicornis</i>	3.57
<i>Sepietta oweniana</i>	3.57
<i>Spinolambrus macrochelos</i>	3.47
<i>Caryophyllia smithii</i>	1.57
<i>Rondeletiola minor</i>	1.38
<i>Ophiothrix fragilis</i>	1.38
<i>Sclerasterias</i> sp.	1.28
<i>Pilumnus inermis</i>	1.05
<i>Acryptolaria</i> cf. <i>conferta</i>	1.05

GRUPO C - *Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* (LPRE 04010208) - *Arrecife de corales profundos* (*Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* (LPRE 04030301) - *Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium* (LPRE 0402031106)(3 muestras) (Acrónimo: Esponjas-Corales)

Average similarity: 30.01

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Leptometra phalangium</i>	9.32	19.29	19.29
<i>Cidaris cidaris</i>	2.8	6.91	26.2
<i>Petrosia crassa</i>	4.22	6.65	32.85
<i>Actinauge richardi</i>	3.13	5.76	38.61
<i>Asconema setubalense</i>	2.44	5.53	44.15
<i>Madrepora oculata</i>	2.92	5.39	49.54
Porifera spp.	4.13	4.98	54.52
<i>Filograna implexa</i>	2.48	4.69	59.2
Astrophorida	2.58	4.44	63.64
<i>Polyplumaria flabellata</i>	2.22	4.38	68.02
<i>Ophiothrix fragilis</i>	1.99	3.73	71.75
<i>Acanthogorgia hirsuta</i>	1.44	3.16	74.91
<i>Haliclona mucosa</i>	1.93	2.75	77.66
<i>Eunice norvegica</i>	1.47	2.69	80.35
<i>Munida intermedia</i>	1.25	2.56	82.91

GRUPO D- *Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos* (LPRE Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias 04010101) - *Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas-Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas* (LPRE 04010208) (3 muestras)(Acrónimo: Gorgonias-Esponjas)

Average similarity: 30.43

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Acanthogorgia hirsuta</i>	2.74	11.10	11.10
<i>Asconema setubalense</i>	1.90	11.03	22.13
<i>Haliclona mucosa</i>	1.67	9.45	31.59
<i>Cidaris cidaris</i>	1.78	8.74	40.33
<i>Bathyarca philippiana</i>	1.19	7.95	48.27
<i>Pachastrella</i> sp.	1.10	7.29	55.56
<i>Bathynectes maravigna</i>	0.92	5.66	61.22
<i>Monodaeus couchi</i>	0.84	5.66	66.89
<i>Munida intermedia</i>	0.84	5.66	72.55

Porifera spp.	2.03	5.40	77.94
<i>Phakellia</i> sp.	0.89	2.43	80.37
<i>Ergasticus clouei</i>	0.59	2.27	82.65
Porifera 3	0.49	2.27	84.92

GRUPO E - Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos *Cidaris Cidaris* (LPRE 04020305) -Arenas y arenas fangosas dominadas por *Hormathiidae* (*Actinauge richardi*) (LPRE04020401) (6 muestras) (Acrónimo: *Cidaris-Actinauge*)

Average similarity: 29.52

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Cidaris cidaris</i>	6.98	38.17	38.17
<i>Gracilechinus acutus</i>	1.43	9.4	47.57
<i>Pagurus alatus</i>	0.98	6.97	54.53
<i>Ergasticus clouei</i>	1.37	4.24	58.77
<i>Serpula vermicularis</i>	1.12	3.78	62.54
<i>Flabellum chunii</i>	1.57	3.43	65.97
<i>Actinauge richardi</i>	3.1	2.75	68.73
<i>Hormathia alba</i>	0.53	2.55	71.28
<i>Monodaeus couchi</i>	0.59	2.41	73.69
<i>Luidia sarsi</i>	0.6	2.27	75.96
<i>Inachus leptochirus</i>	0.71	1.85	77.8
<i>Heteronomia squamula</i>	0.66	1.67	79.48
<i>Bathynectes maravigna</i>	0.57	1.54	81.01
<i>Plesionika martia</i>	0.53	1.42	82.43
<i>Hyalinoecia tubicola</i>	1.19	1.32	83.75

GRUPO F - Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos *Cidaris Cidaris* (LPRE 04020305) (3 muestras) Muy similar al GRUPO E (Acrónimo: *Cidaris*)

Average similarity: 40.81

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Cidaris cidaris</i>	5.57	33.90	33.90
<i>Eusergestes arcticus</i>	1.67	12.09	46.00
<i>Swiftia dubia</i>	2.19	11.16	57.15
<i>Philocheras echinulatus</i>	1.14	6.97	64.13
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1.00	6.45	70.58
<i>Sepietta</i> sp.	0.73	5.18	75.76
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	1.10	4.58	80.34
<i>Dorymenia sarsi</i>	1.09	3.80	84.13

GRUPO G - Fangos y arenas fangosas batiales dominadas por fauna excavadora (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora 04020210) (10 muestras) (Acrónimo: Excavadora)

Average similarity: 35.09

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1.64	28.12	28.12
<i>Brissopsis</i> sp.	0.95	12.81	40.92
<i>Nephrops norvegicus</i>	1.05	9.37	50.29
<i>Solenocera membranacea</i>	0.58	7.99	58.28
<i>Monodaeus couchi</i>	0.83	7.72	65.99
<i>Goneplax rhomboides</i>	0.65	7.40	73.39
<i>Cidaris cidaris</i>	1.07	4.55	77.95
<i>Funiculina quadrangularis</i>	0.44	2.73	80.67
<i>Dorymenia sarsi</i>	0.40	2.64	83.31

GRUPO H -Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (LPRE Fangos batiales con *Thenea muricata* 04020204021) (1 muestra) (Acrónimo: *Thenea*)

Especies	Dominancia (%)
<i>Thenea muricata</i>	15.22
Porifera spp.	14.11
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	13.84
<i>Funiculina quadrangularis</i>	8.13
<i>Pennatula aculeata</i>	7.61
<i>Heteronomia squamula</i>	3.57

GRUPO I - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) -Fangos y arenas fangosas con fauna excavadora (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora 04020210) (3 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media-Excavadora). Muy similar a los grupos J y K

Average similarity: 57.50

Especies

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	4.70	41.51	41.51
<i>Nephraps norvegicus</i>	1.63	14.93	56.44
<i>Funiculina quadrangularis</i>	1.71	14.42	70.86
<i>Pennatula aculeata</i>	1.02	8.27	79.12
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1.18	6.62	85.74

GRUPO J - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) -Fangos y arenas fangosas con fauna excavadora (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora 04020210) (4 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media-Excavadora). Muy similar a los grupos I y K

Average similarity: 60.21

Especies

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	5.35	15.85	15.85
<i>Processa canaliculata</i>	2.80	9.24	25.10
<i>Funiculina quadrangularis</i>	3.74	8.53	33.63
<i>Processa nouveli</i>	2.35	8.34	41.97
<i>Nephraps norvegicus</i>	2.06	7.91	49.88
<i>Parapenaeus longirostris</i>	2.28	7.33	57.21
<i>Solenocera membranacea</i>	1.52	6.15	63.35
<i>Philocheras echinulatus</i>	1.83	5.16	68.51
<i>Chlorotocus crassicornis</i>	1.03	3.97	72.48
<i>Monodaeus couchi</i>	0.95	3.49	75.96
<i>Baptodoris cinnabarina</i>	0.98	3.29	79.25
<i>Pennatula aculeata</i>	1.32	3.21	82.46
<i>Hormatia alba</i>	1.02	2.32	84.78

GRUPO K - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) -Fangos y arenas fangosas con fauna excavadora (LPRE Fangos batiales con fauna excavadora 04020210) (4 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media-Excavadora). Muy similar a los grupos I y J

Average similarity: 59.25

Especies

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Funiculina quadrangularis</i>	5.32	25.18	25.18
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	4.35	19.46	44.64
<i>Processa canaliculata</i>	2.28	10.76	55.40
<i>Philocheras echinulatus</i>	1.33	7.24	62.64
<i>Pennatula aculeata</i>	1.10	6.42	69.06
<i>Solenocera membranacea</i>	1.01	5.45	74.51
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1.16	4.28	78.79
<i>Leptometra phalangium</i>	0.89	3.28	82.06
<i>Cidaris cidaris</i>	0.99	2.53	84.60

GRUPO L - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) (10 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media)

Average similarity: 43.16

Especies

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	6.77	51.79	51.79
<i>Funiculina quadrangularis</i>	3.40	17.54	69.33
<i>Pennatula aculeata</i>	1.94	10.65	79.97
<i>Dorymenia sarsi</i>	0.81	4.84	84.81

GRUPO M - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) (2 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta). Muy similar al grupo N y O

Average similarity: 50.46

Especies

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Cidaris cidaris</i>	12.44	18.79	18.79
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	10.52	13.29	32.08
<i>Ergasticus clovei</i>	3.20	6.72	38.80
<i>Processa canaliculata</i>	2.89	6.01	44.81
<i>Gracilechinus elegans</i>	3.48	6.01	50.81
<i>Plesionika martia</i>	2.11	5.30	56.11
<i>Ascorhiza mawatarii</i>	1.88	4.53	60.64
<i>Funiculina quadrangularis</i>	2.97	3.51	64.15
<i>Mesothuria intestinalis</i>	1.21	2.87	67.02
<i>Haliclona pedunculata</i>	1.98	2.87	69.89
<i>Solenocera membranacea</i>	0.93	2.03	71.91

<i>Bathyarca philippiana</i>	0.93	2.03	73.94
<i>Thenea muricata</i>	1.05	2.03	75.97
<i>Inachus leptochirus</i>	0.77	2.00	79.97
<i>Macropipus tuberculatus</i>	1.06	2.00	81.97
<i>Philocheras echinulatus</i>	1.25	2.00	83.98

GRUPO N - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) (3 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta). Muy similar al grupo M y O

Average similarity: 60.95

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	20.39	29.22	29.22
<i>Funiculina quadrangularis</i>	11.49	15.60	44.81
<i>Pennatula aculeata</i>	7.25	9.52	54.34
<i>Hymenodiscus coronata</i>	2.34	3.25	57.59
<i>Thenea muricata</i>	2.60	2.87	60.46
<i>Bathyarca philippiana</i>	1.87	2.48	62.94
Plumularidae 1	1.74	2.34	65.28
<i>Cidaris cidaris</i>	1.99	2.31	67.59
<i>Isidella elongata</i>	2.24	2.18	69.77
Polynoioinae 6	1.78	2.11	71.88
<i>Plesionika martia</i>	2.35	2.01	73.88
<i>Nephtys</i> sp. 1	1.72	1.94	75.83
Porifera spp.	2.59	1.90	77.72
<i>Nephrops norvegicus</i>	1.44	1.75	79.48
<i>Dorymenia sarsi</i>	1.80	1.62	81.10
<i>Bathyarca pectunculoides</i>	1.39	1.43	82.53

GRUPO O - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (LPRE Fangos batiales con pennatuláceos, 04020202) (3 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta). Muy similar al grupo M y N

Average similarity: 52.19

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Cidaris cidaris</i>	7.36	13.52	13.52
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	6.30	10.50	24.01
<i>Pennatula aculeata</i>	3.78	6.65	30.66
<i>Flabellum chunii</i>	3.47	6.28	36.94
<i>Funiculina quadrangularis</i>	3.74	5.28	42.23
<i>Hymenodiscus coronata</i>	2.35	4.45	46.67
Aphroditidae 1	1.49	3.11	49.78
<i>Swiftia pallida</i>	2.02	3.06	52.84
<i>Hornera</i> sp.	1.87	2.95	55.79
<i>Thenea muricata</i>	2.77	2.86	58.66
<i>Gracilechinus acutus</i>	1.61	2.82	61.48
Porifera 23	2.23	2.75	64.23
<i>Ergasticus clouei</i>	1.64	2.58	66.81
Porifera 3	1.80	2.53	69.34
<i>Swiftia</i> sp.	1.83	2.53	71.87
<i>Asconema setubalense</i>	1.25	2.39	74.26
<i>Bathyarca philippiana</i>	1.70	2.31	76.57
<i>Gryphus vitreus</i>	1.29	2.27	78.84
<i>Ascorhiza mawatarii</i>	1.52	2.17	81.01
<i>Acanthogorgia hirsuta</i>	1.62	1.96	82.97
<i>Leptometra phalangium</i>	1.14	1.91	84.88

GRUPO P - Fangos batiales con Flabellum (LPRE 04020203) (2 muestras) (Acrónimo: Flabellum)

Average similarity: 25.85

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Flabellum chunii</i>	2.63	18.83	18.83
<i>Cidaris cidaris</i>	2.30	11.36	30.19
<i>Balanus</i> cf. <i>hameri</i>	1.62	10.35	40.54
<i>Telestula</i> sp.	1.17	8.45	48.98
<i>Rochinia carpenteri</i>	1.05	8.03	57.01
<i>Vermiliopsis</i> sp.	1.05	8.03	65.04
<i>Strobopagurus gracilipes</i>	1.01	5.97	71.02
<i>Nymphaster arenatus</i>	0.90	5.97	76.99
<i>Lumbrineris flabellicola</i>	1.01	5.97	82.97

GRUPO Q - Fangos batiales con Flabellum (LPRE 04020203)-Arenas batiales detríticas con *Gryphus vitreus* (LPRE 04020301)

(2 muestras) (Acrónimo: Flabellum-Gryphus)

Average similarity: 39.38

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Flabellum chunii</i>	2.96	10.38	10.38
<i>Gryphus vitreus</i>	2.68	9.55	19.92
Hidrozoa spp.	4.67	9.05	28.98
<i>Asperarca nodulosa</i>	2.07	7.62	36.59
<i>Limopsis angusta</i>	1.99	7.01	43.61
<i>Neocomatella europaea</i>	3.41	6.40	50.01
<i>Leiopathes glaberrima</i>	1.46	5.73	55.73
<i>Pheronema carpenteri</i>	1.60	4.99	60.72
<i>Terpios</i> sp.	1.37	4.96	65.68
<i>Telestula</i> sp.	1.27	4.96	70.64
<i>Cidaris cidaris</i>	1.67	4.07	74.71
Ophiuroideo spp.	2.16	4.05	78.76
<i>Chelidonisis aurantiaca</i>	1.00	2.88	85.68

GRUPO R - *Fangos batiales compactos con Isidella elongata* (LPRE 04020206) -*Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes* (LPRE Fangos y arenas fangosas batiales con *Radicipes* 04020204022) (4 muestras) (Acrónimo: Isidella-Radicipes)

Average similarity: 34.25

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Isidella elongata</i>	5.98	14.18	14.18
<i>Radicipes fragilis</i>	4.44	7.79	21.97
<i>Neocomatella europaea</i>	2.38	7.40	29.37
<i>Pheronema carpenteri</i>	3.59	6.65	36.02
<i>Acanthogorgia</i> sp.	3.01	5.67	41.68
<i>Balanus</i> cf. <i>hameri</i>	2.38	5.35	47.04
<i>Hormathia</i> sp.	1.43	5.28	52.32
<i>Gymnosarca bathybius</i>	1.89	4.55	56.87
<i>Nymphaster arenatus</i>	1.39	3.87	60.74
<i>Cidaris cidaris</i>	2.07	3.64	64.38
<i>Limopsis aurita</i>	0.80	3.02	67.40
Hidrozoa spp.	1.33	2.47	69.87
<i>Leocrates atlanticus</i>	1.07	2.47	72.34
<i>Limopsis angusta</i>	1.14	1.68	74.02
Hidrozoa 11	1.35	1.68	75.70
<i>Placogorgia</i> sp. 2	0.84	1.67	77.37
<i>Pagurus alatus</i>	0.70	1.66	79.03
<i>Spirotropis sarsi</i>	0.55	1.66	80.69
<i>Odontaster mediterraneus</i>	0.54	1.43	82.13

GRUPO S - *Fangos y arenas fangosas batiales con Thenea muricata* (LPRE Fangos batiales con *Thenea muricata* 04020204021) -*Fangos batiales compactos con Isidella elongata* (LPRE 04020206) (2 muestras) (Acrónimo: Isidella-Thenea)

Average similarity: 32.11

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
Porifera 3	3.31	16.54	16.54
<i>Isidella elongata</i>	2.29	12.60	29.14
Hidrozoa spp.	2.84	10.46	39.59
Porifera 98	1.68	7.40	46.99
Porifera 99	1.89	7.40	54.39
<i>Thenea muricata</i>	3.52	7.40	61.78
<i>Siboglinum</i> sp.1	7.48	7.27	69.06
<i>Pheronema carpenteri</i>	1.00	5.23	74.28
<i>Pentacheles sculptus</i>	0.74	5.14	79.43
<i>Radicipes fragilis</i>	0.74	5.14	89.71

GRUPO T - *Fangos batiales con Pheronema carpenteri* (LPRE 0402020403) (7 muestras) (Acrónimo: Pheronema)

Average similarity: 18.41

Especies	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Pheronema carpenteri</i>	3.75	19.04	19.04
<i>Cidaris cidaris</i>	1.49	18.67	37.72
<i>Nymphaster arenatus</i>	1.75	17.30	55.02
<i>Isidella elongata</i>	1.94	13.67	68.69
<i>Thenea muricata</i>	1.14	9.29	77.98
<i>Acanthogorgia hirsuta</i>	0.62	3.27	81.25
<i>Rochinia carpenteri</i>	0.32	3.21	84.46
<i>Geryon longipes</i>	0.75	1.94	86.40

Tabla B. Resultados del análisis SIMPER en el que se muestra la contribución de las especies a los diferentes grupos de CLUSTER y SIMPROF (interpretados como hábitats o combinaciones de 2 hábitats) obtenidos con los transectos de imágenes submarinas. Se muestra también la dominancia de las especies en aquellos grupos conformados por una muestra, así como la correspondencia de los grupos con hábitats de la Lista Patrón de Hábitats Marinos de España (LPRE).

GRUPO A - Roca batial dominada por ascidias (LPRE - Sin código) (1 muestra) (Acrónimo: Ascidias)

Especies - OTUs	Dominancia %
<i>Polycarpa</i> sp.	26,67
<i>Bebryce mollis</i>	20,00
Serpulidae	13,33
<i>Cidaris cidaris</i>	13,33
<i>Bathynectes</i> cf. <i>maravigna</i>	6,67
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	6,67
<i>Paralcyonum</i> cf. <i>spinulosum</i>	6,67
Eponjas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	6,67

GRUPO B - Arrecife de corales profundos (Lophelia pertusa y Madrepora oculata (LPRE 04030301) - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208) (4 muestras) (Acrónimo: Corales-Esponjas). Muy similar a Grupo C y D

Average similarity: 71,56

Especies - OTUs	Av.Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Madrepora oculata</i>	2,75	27,89	27,89
Eponjas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	2,25	18,74	46,62
Eponjas pequeñas e incrustantes de fondos duros (<i>Terpios</i> , <i>Hymedesmia</i> , etc.)	2,25	18,3	64,93
<i>Polyplumaria flabellata</i>	1	11,25	76,17

GRUPO C - Arrecife de corales profundos (Lophelia pertusa y Madrepora oculata (LPRE 04030301) - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208) (4 muestras) (Acrónimo: Corales-Esponjas). Muy similar a Grupo B y D

Average similarity: 62,60

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Madrepora oculata</i>	4,25	12,83	12,83
Eponjas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	3,75	11,41	24,24
<i>Ophiothrix</i> sp.	3	8,86	33,1
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	3	8,78	41,89
<i>Polyplumaria flabellata</i>	3,25	8,78	50,67
<i>Antipathella</i> cf. <i>subpinnata</i>	3,5	8,29	58,96
Eponjas pequeñas e incrustantes de fondos duros (<i>Terpios</i> , <i>Hymedesmia</i> , etc.)	3	7,66	66,62
<i>Lophelia pertusa</i>	2,25	7,23	73,85
<i>Cidaris cidaris</i>	1,75	5,25	79,09

GRUPO D - Arrecife de corales profundos (Lophelia pertusa y Madrepora oculata (LPRE 04030301) - Roca batial con corales negros (Leiopathes glaberrima y Antipathes dichotoma) (LPRE 04010115) - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208) (6 muestras) (Acrónimo: Corales-Esponjas). Muy similar a Grupo B y C

Average similarity: 59,55

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Madrepora oculata</i>	3,5	21,9	21,9
<i>Antipathella cf subpinnata</i>	3,33	20,82	42,72
Espojas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	3,33	20,15	62,87
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>armata</i>)	1,33	7,75	70,62
<i>Leiopathes cf. glaberrima</i>	1,83	6,46	77,08

GRUPO E - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208) - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) (5 muestras) (Acrónimo: Esponjas - Gorgonias). Muy similar a Grupo F

Average similarity: 43,52

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
Espojas pequeñas e incrustantes de fondos duros (<i>Terpios</i> , <i>Hymedesmia</i> , etc.)	3,67	24,86	24,86
Espojas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	3,17	19,39	44,25
<i>Cidaris cidaris</i>	2,5	16,04	60,29
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>armata</i>)	1,83	9,4	69,69
<i>Leptometra phalangium</i>	1,83	6,98	76,67

GRUPO F - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208) - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) (19 muestras) (Acrónimo: Esponjas-Gorgonias). Muy similar a Grupo E

Average similarity: 49,52

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
Espojas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	2,47	31,49	31,49
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>armata</i>)	2,11	25,27	56,76
<i>Cidaris cidaris</i>	1,21	16,68	73,44
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	0,63	4,42	77,86

GRUPO G - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208) - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202)(2 muestras) (Acrónimo: Esponjas-Pennatuláceos media)

Average similarity: 41,03

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
Espojas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	3	37,5	37,5
<i>Funiculina quadrangularis</i>	2,5	25	62,5
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	2	12,5	75

GRUPO H - Fondos mixtos batiales dominados por Anthomastus (LPRE Sin Código) (1 muestra) (Acrónimo: Anthomastus)

Especies - OTUs	Dominancia (%)
<i>Cirripeds (Chirona hameri)</i>	14,81
<i>Anthomastus</i> spp.	11,11
<i>Anthothella grandiflora</i>	11,11
<i>Hydrozoa</i> sp.	11,11
<i>Gryphus vitreus</i>	7,41
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	7,41
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>armata</i>)	7,41
<i>Caryophyllia</i> spp. (<i>Caryophyllia smithii</i> & ?)	7,41
<i>Telestula</i> sp.	7,41
<i>Actinaria</i> sin ID	3,70
<i>Nymphaster arenatus</i>	3,70

<i>Spondylus gussonii</i>	3,70
<i>Thenea muricata</i>	3,70

GRUPO I - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas (LPRE 04010208) - (5 muestras) (Acrónimo: Gorgonias-Esponjas)

Average similarity: 51,40

Especies - OTUs

Telestula sp.	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Swiftia</i> spp. (<i>Swiftia pallida</i> & <i>Swiftia dubia</i>)	3,6	11,14	11,14
Esponjas pequeñas e incrustantes de fondos duros (<i>Terpios</i> , <i>Hymedesmia</i> , etc.)	3	8,95	20,09
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	3,6	8,34	28,43
<i>Chelidonisis aurantiaca</i>	3	8,03	36,46
<i>Leiopathes</i> cf. <i>glaberrima</i>	2,6	7,12	43,58
Esponjas grandes y medianas fondos rocosos (<i>Poecillastra compressa</i> , <i>Haliclona</i> , <i>Pachastrella</i> , <i>Petrosia</i> , <i>Phakellia</i> , <i>Geodia</i> , etc.)	2,8	6,61	50,19
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>armata</i>)	2,6	5,63	55,81
<i>Gryphus vitreus</i>	2,2	5,23	61,04
Crinoidea (<i>Neocomatella</i> - <i>Antedon</i>)	2,8	5,05	66,09
Alcyonacea	2,6	4,95	71,04
	1,6	4,15	75,19

GRUPO J - Fondos sedimentarios no fangosos con cidarioideos (Cidaris Cidaris) (LPRE 04020305) -Sedimentos mixtos batiales con Flabellum chunii (LPRE Sin Código) (34 muestras) (Acrónimo: Cidaris-Flabellum)

Average similarity: 36,53

Especies - OTUs

	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Cidaris cidaris</i>	1,53	57,38	57,38
<i>Flabellum chunii</i>	1,41	27,49	84,87

GRUPO K - Fondos detríticos batiales con campos de Leptometra phalangium (LPRE 0402031106) (6 muestras) (Acrónimo: Leptometra)

Average similarity: 46,86

Especies - OTUs

	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Leptometra phalangium</i>	4,67	47,35	47,35
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	2,33	18,79	66,14
<i>Funiculina quadrangularis</i>	1,5	8,87	75,01

GRUPO L - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) (4 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media -Thenea). Muy Similar a Grupo M, N y O

Average similarity: 46,46

Especies - OTUs

	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Thenea muricata</i>	2	29,61	29,61
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	2,75	27,58	57,19
<i>Cidaris cidaris</i>	1,5	12,78	69,97
<i>Parapenaeus longirostris</i>	1,25	8,41	78,38

GRUPO M - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) (5 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media). Muy Similar a Grupo L, N y O

Average similarity: 48,98

Especies - OTUs

Kophobelemnion stelliferum
Pennatula aculeata

Av. Abund	Contrib%	Cum.%
3,6	56,93	56,93
1,4	23,78	80,72

GRUPO N - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) (4 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta-*Thenea*). Muy Similar a Grupo L, M y O

Average similarity: 54,06

Especies - OTUs

Kophobelemnion stelliferum
Thenea muricata
Esponjas pedunculadas de fondos blandos (*Haliclona pedunculata*, *Cladocroce*, *Hyalonema*)
Funiculina quadrangularis

Av. Abund	Contrib%	Cum.%
4	19,37	19,37
3,75	19,2	38,57
3,75	18,78	57,35
3,75	18,45	75,8

GRUPO O - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) (2 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta-*Thenea*). Muy Similar a Grupo L, M y N

Average similarity: 100,00

Especies - OTUs

Kophobelemnion stelliferum
Esponjas chupa-chups (*Rhizaxinella*, *Stylocordila*)
Funiculina quadrangularis
Thenea muricata
Acanthogorgia spp. (*Acanthogorgia hirsuta* & *A. armata*)
Pennatula aculeata
Swiftia spp. (*Swiftia pallida* & *S. dubia*)
Protoptilum cf. *carpenteri*

Av. Abund	Contrib%	Cum.%
5	13,89	13,89
5	13,89	27,78
4	11,11	38,89
4	11,11	50
3	8,33	58,33
3	8,33	66,67
3	8,33	75
2	5,56	80,56

GRUPO P - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas, LPRE 04010208) - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) (1 muestra) (Acrónimo: Gorgonias-Esponjas-Pennatuláceos alta). Muy similar a Grupo Q, R, S y T

Especies - OTUs

Acanthogorgia spp. (*Acanthogorgia hirsuta* & *A. armata*)
Esponjas chupa-chups (*Rhizaxinella*, *Stylocordila*)
Funiculina quadrangularis
Kophobelemnion stelliferum
Pennatula aculeata
Cidaris cidaris
Esponjas pedunculadas de fondos blandos (*Haliclona pedunculata*, *Cladocroce*, *Hyalonema*)
Flabellum chunii
Esponjas hexactinélidas grandes de fondos rocosos (principalmente *Asconema setubalense*, *Euplectella*)
Desmoesponjas no identificables de fondos blandos
Swiftia spp. (*Swiftia pallida* & *S. dubia*)

Dominancia (%)

12,50
12,50
9,38
9,38
9,38
9,38
9,38
6,25
6,25
6,25
3,13

GRUPO Q - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) (2 muestras) (Acrónimo: *Thenea*-Gorgonias-

Pennatuláceos alta). Muy similar a Grupo P, R, S y T

Average similarity: 100,00

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Thenea muricata</i>	5	12,82	12,82
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>A. armata</i>)	4	10,26	23,08
<i>Cidaris cidaris</i>	4	10,26	33,33
Esponjas chupa-chups (<i>Rhizaxinella</i> , <i>Stylocordila</i>)	4	10,26	43,59
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	3	7,69	51,28
<i>Pennatula aculeata</i>	3	7,69	58,97
Desmoesponjas no identificables de fondos blandos	3	7,69	66,67
<i>Flabellum chunii</i>	2	5,13	71,79
<i>Funiculina quadrangularis</i>	2	5,13	76,92

GRUPO R - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) (1 muestra) (Acrónimo: Thenea-Gorgonias-Pennatuláceos alta). Muy similar a Grupo P, Q, S y T

Especies - OTUs	Dominancia %
<i>Funiculina quadrangularis</i>	13,89
<i>Kophobelemnion stelliferum</i>	13,89
<i>Pennatula aculeata</i>	11,11
Gorgonias sin ID (<i>Placogorgia</i> , <i>Plexauridae</i> , etc)	8,33
<i>Thenea muricata</i>	8,33
<i>Plesionika</i> spp. (<i>Plesionika martia</i> &?)	5,56
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>A. armata</i>)	5,56
<i>Virgularia mirabilis</i>	5,56
<i>Cidaris cidaris</i>	5,56
<i>Sepietta</i> sp. - <i>Sepiolo</i> sp.	5,56
Esponjas pedunculadas de fondos blandos (<i>Haliclona pedunculata</i> , <i>Cladocroce</i> , <i>Hyalonema</i>)	5,56
<i>Paguridae</i> (<i>Pagurus alatus</i> & ?)	2,78
<i>Parastichopus tremulus</i>	2,78
<i>Peltaster placenta</i>	2,78
Desmoesponjas no identificables de fondos blandos	2,78

GRUPO S - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) - (2 muestras) (Acrónimo: Thenea-Gorgonias). Muy similar a Grupo P, Q, R y T

Average similarity: 100,00

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Thenea muricata</i>	4	15,38	15,38
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>A. armata</i>)	3	11,54	26,92
<i>Cidaris cidaris</i>	3	11,54	38,46
Esponjas hexactinélidas grandes de fondos rocosos (<i>principalmente Asconema setubalense</i> , <i>Euplectella</i>)	3	11,54	61,54
Desmoesponjas no identificables de fondos blandos	3	11,54	73,08
<i>Gryphus vitreus</i>	2	7,69	80,77

GRUPO T - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Agregaciones de gorgonias sobre fondos rocosos profundos (Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias, LPRE 04010101) - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con

Thenea muricata, LPRE 0402020401) (2 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta-gorgonias). Muy similar a Grupo P, Q, R y S

Average similarity: 85,19

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Funiculina quadrangularis</i>	5	21,74	21,74
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	5	21,74	43,48
Espanjas chupa-chups (<i>Rhizaxinella</i> , <i>Stylocordila</i>)	4	17,39	60,87
<i>Acanthogorgia</i> spp. (<i>Acanthogorgia hirsuta</i> & <i>A. armata</i>)	3	13,04	73,91
<i>Pennatula aculeata</i>	3,5	13,04	86,96

GRUPO U - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* (LPRE 04020206) (3 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta-*Isidella*)

Average similarity: 55,00

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Funiculina quadrangularis</i>	4	30,54	30,54
<i>Flabellum chunii</i>	2	18,23	48,78
<i>Isidella elongata</i>	2,33	18,23	67,01
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	1,33	9,12	76,13

GRUPO V - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) (42 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos alta).

Average similarity: 55,63

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	4,67	47,52	47,52
<i>Funiculina quadrangularis</i>	3,69	33,77	81,29

GRUPO W - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Fangos y arenas fangosas con fauna excavadora (Fangos batiales con fauna excavadora, LPRE 04020210) (28 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media-Excavadora)

Average similarity: 58,76

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	3,18	25,23	25,23
<i>Funiculina quadrangularis</i>	2,82	23,14	48,37
<i>Munida</i> spp. (principalmente <i>Munida intermedia</i>)	1,96	16,02	64,38
<i>Nephrops norvegicus</i>	1,57	13,23	77,61

GRUPO X - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad media) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) (7 muestras) (Acrónimo: Pennatuláceos media).

Average similarity: 59,01

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Kophobelemnnon stelliferum</i>	3	53,6	53,6
<i>Funiculina quadrangularis</i>	2	33,68	87,28

GRUPO Y - Fangos y arenas fangosas con fauna excavadora (Fangos batiales con fauna excavadora, LPRE 04020210) (1 muestra) (Acrónimo: Excavadora)

Especies - OTUs Dominancia %

<i>Monodaeus couchi</i>	13,33
<i>Munida</i> spp. (principalmente <i>Munida intermedia</i>)	13,33
<i>Nephrops norvegicus</i>	13,33
<i>Plesionika</i> spp. (<i>Plesionika martia</i>)	13,33
<i>Funiculina quadrangularis</i>	13,33
Crustáceo reptantia	6,67
<i>Paguridae</i> (principalmente <i>Pagurus alatus</i>)	6,67
<i>Parapenaeus longirostris</i>	6,67
<i>Hormathia alba</i>	6,67
<i>Hormathia</i> cf. <i>alba</i>	6,67

GRUPO Z - Fangos batiales con dominancia de ceriantarios (LPRE 04020207) - Fangos y arenas fangosas con fauna excavadora (Fangos batiales con fauna excavadora, LPRE 04020210) (13 muestras) (Acrónimo: Ceriantario-Excavadora)

Average similarity: 33,65

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Cerianthus</i> spp.	1,62	59,43	59,43
<i>Munida</i> spp. (<i>Munida intermedia</i>)	1,46	30,71	90,14

GRUPO AA - Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos (LPRE Sin Código) (5 muestras) (Acrónimo: Hidrozoos)

Average similarity: 36,03

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Paguridae</i> (principalmente <i>Pagurus alatus</i>)	3,4	67,74	67,74
Hydrozoa sp.	2,8	15,77	83,5

GRUPO AB - Fangos y arenas fangosas batiales con *Thenea muricata* (Fangos batiales con *Thenea muricata*, LPRE 0402020401) (2 muestras) (Acrónimo: *Thenea*)

Average similarity: 42,11

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
Eponjas pedunculadas de fondos blandos (<i>Haliclona pedunculata</i> , <i>Cladocroce</i> , <i>Hyalonema</i>)	2	50	50
<i>Thenea muricata</i>	3,5	50	100

GRUPO AC - Fangos batiales con *Radicipes* (LPRE 0402020402) - Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos (densidad alta) (Fangos batiales con pennatuláceos, LPRE 04020202) - Fangos batiales con *Pheronema carpenteri* (LPRE 0402020403) - Fangos batiales compactos con *Isidella elongata* (LPRE 04020206) (15 muestras) (Acrónimo: *Radicipes* -*Pheronema* - *Isidella*).

Average similarity: 35,73

Especies - OTUs	Av. Abund	Contrib%	Cum.%
<i>Radicipes gracilis</i>	2,6	30,11	30,11
<i>Protoptilum</i> cf. <i>carpenteri</i>	2,27	27,31	57,42
<i>Pheronema carpenteri</i>	2	11,68	69,1
<i>Isidella elongata</i>	1,6	8,45	77,56

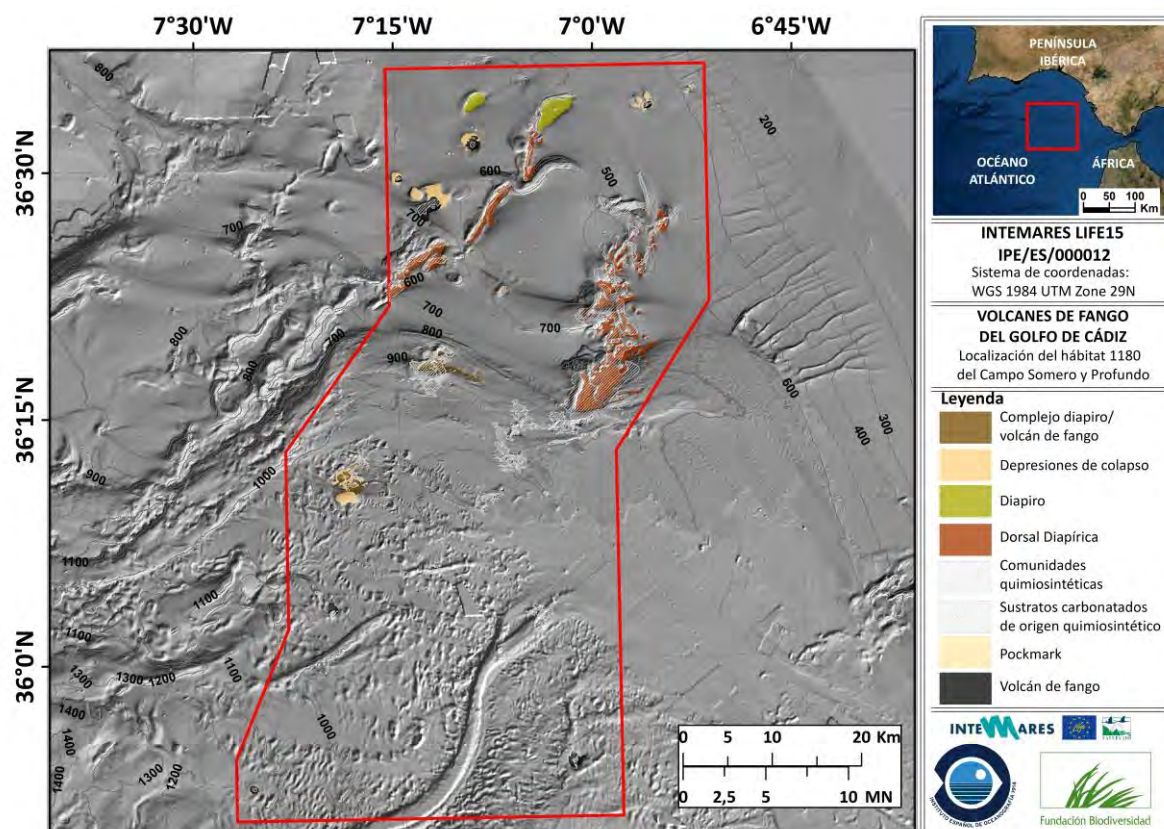


Figura A. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1180 "Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases" de la Directiva Hábitat en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

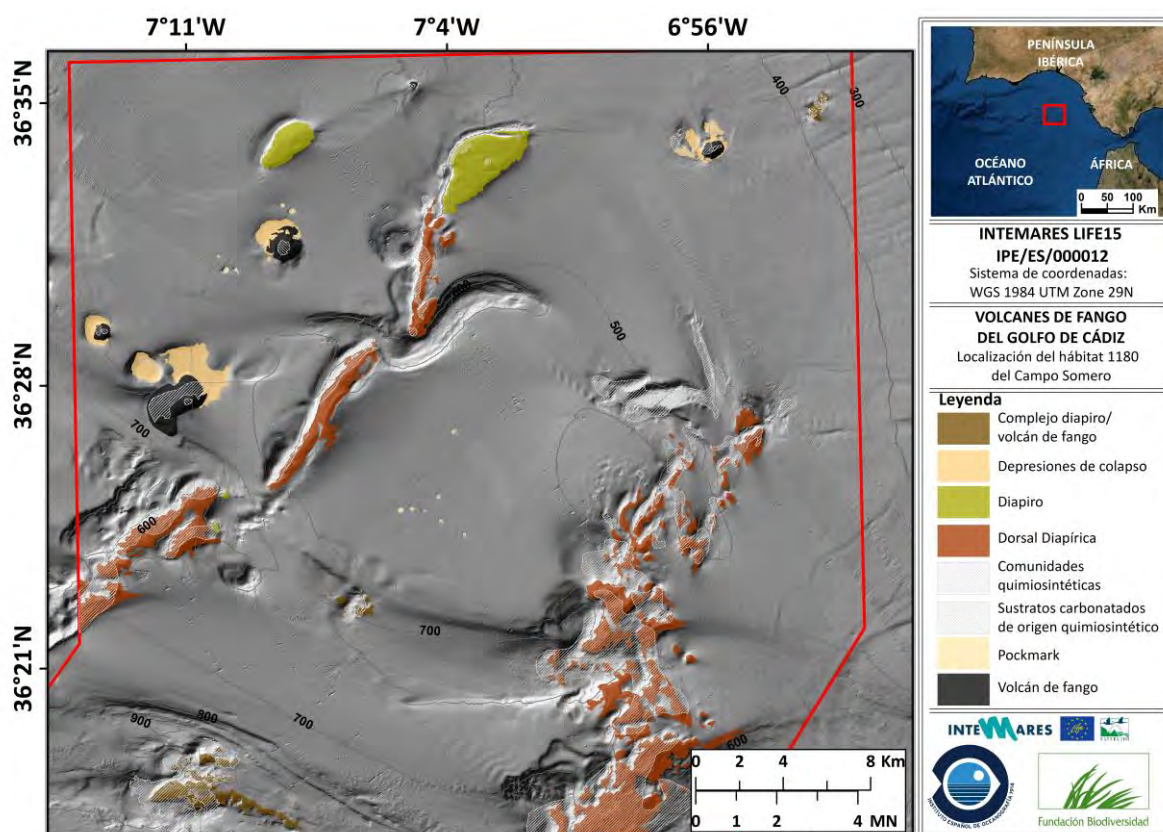


Figura B. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1180 "*Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases*" de la Directiva Hábitat en el Campo Somero de Expulsión de Fluidos del LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*".

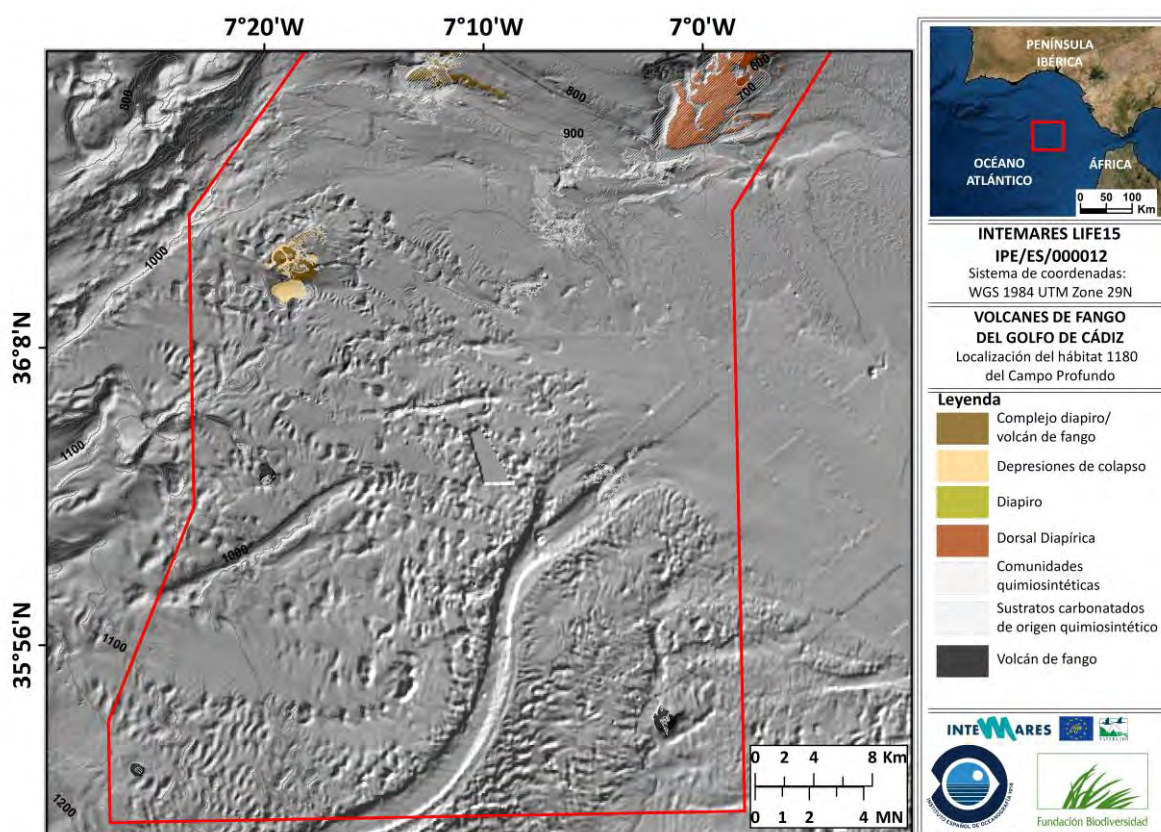
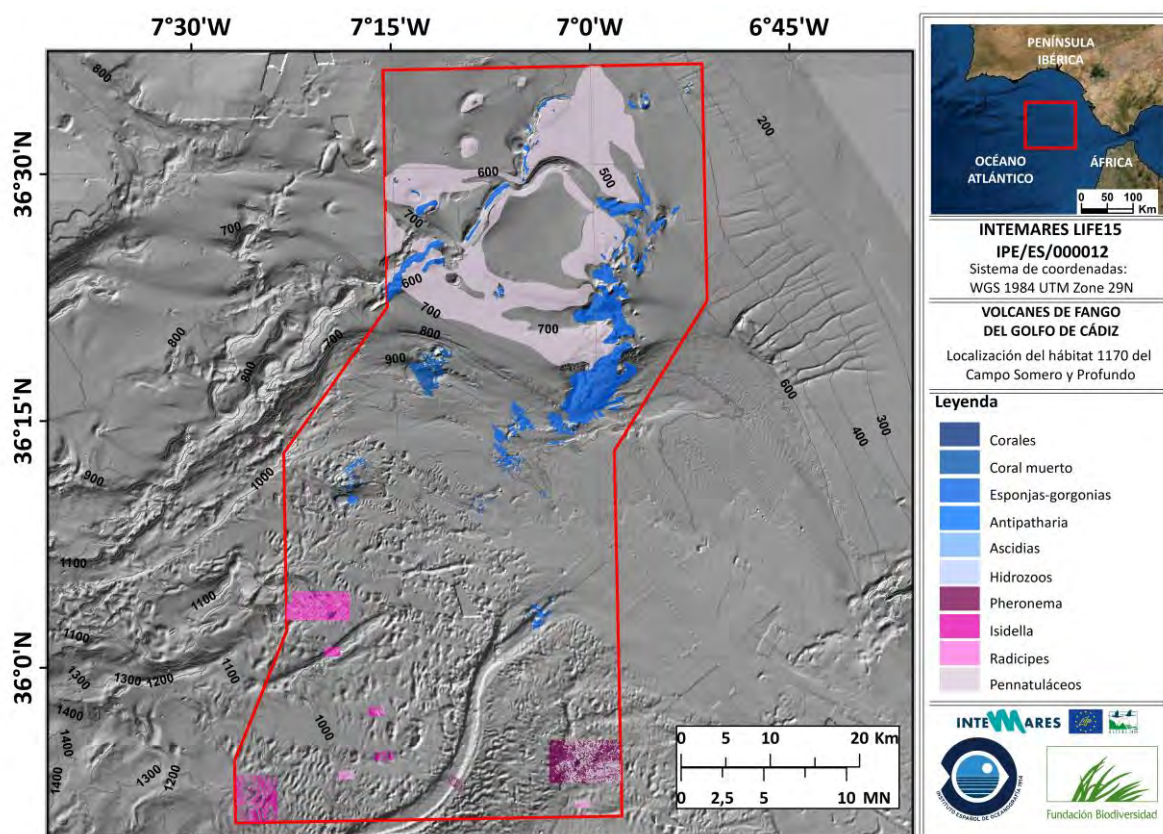
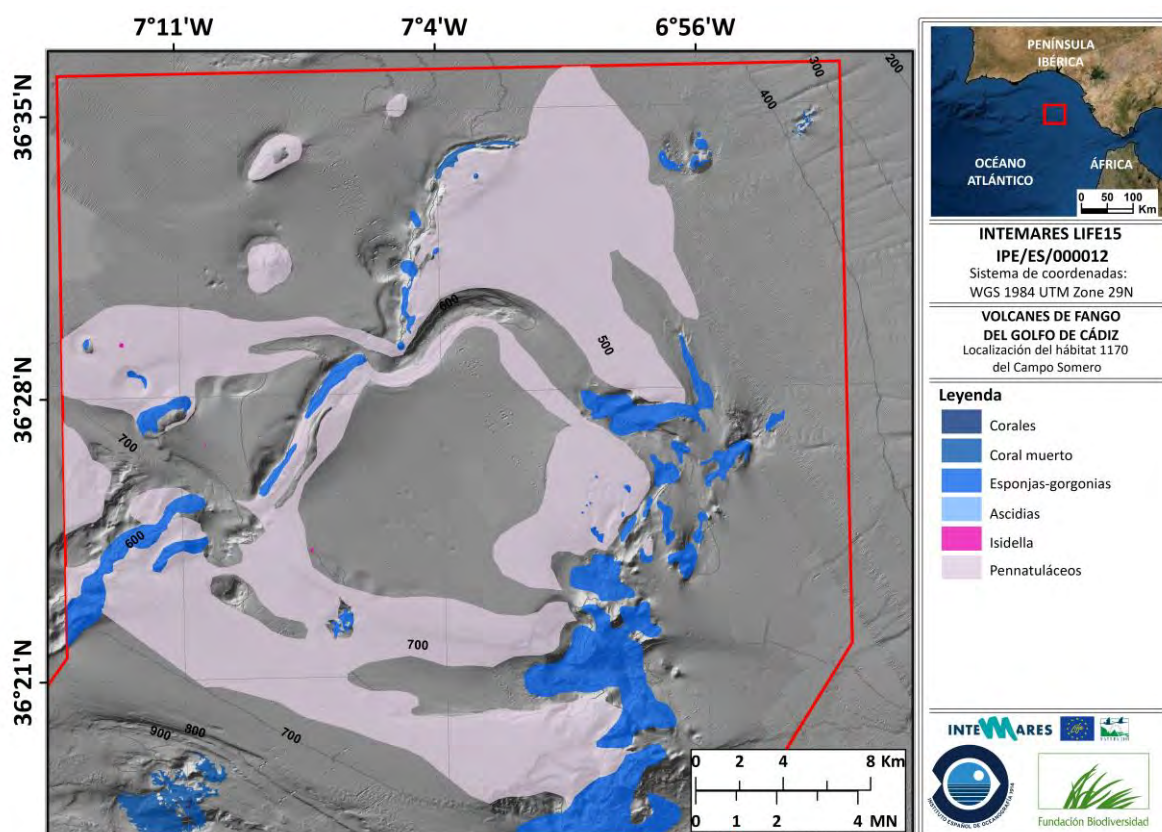


Figura C. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1180 "*Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases*" de la Directiva Hábitat en el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos* del LIC "*Volcanes de fango del golfo de Cádiz*".



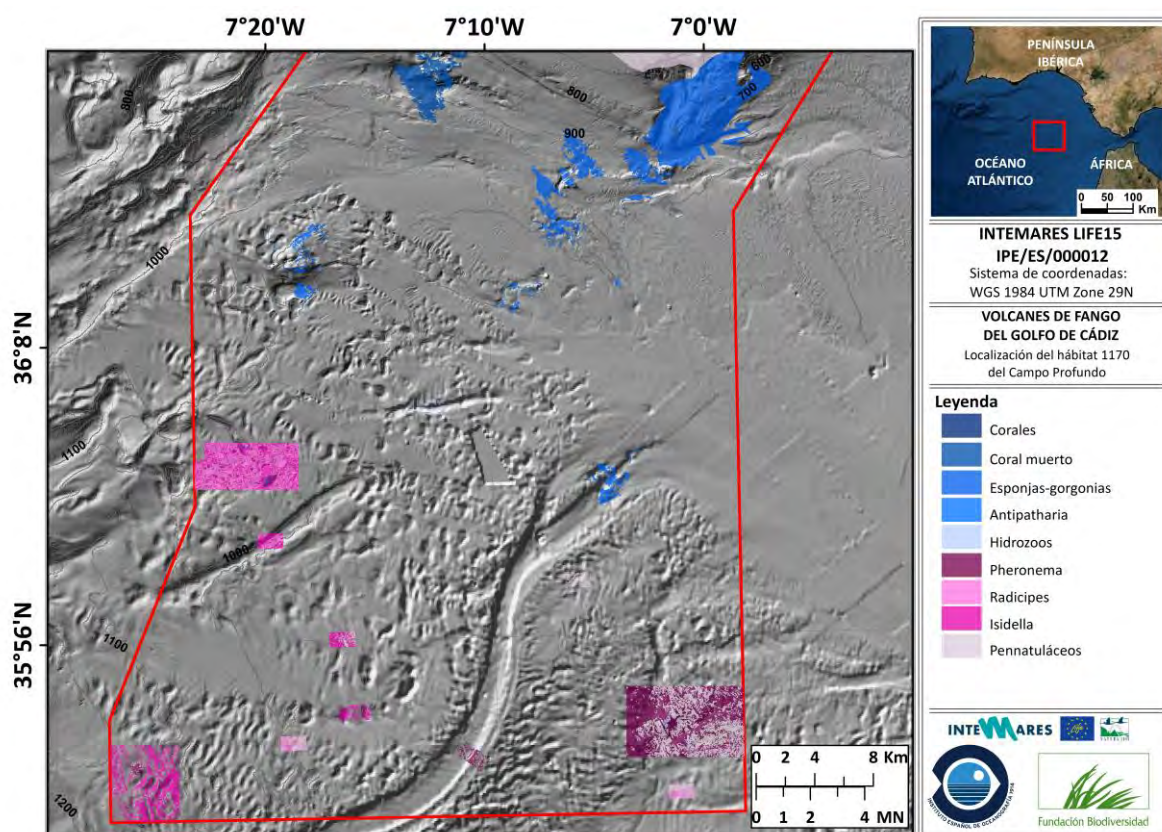
Hábitat 1170: Arrecifes	
Arrecife de corales profundos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i>)	Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos
Coral muerto compacto (dead coral framework)	Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>
Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas	Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i>
Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> , <i>Antipathes dichotoma</i>)	Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes
Roca batial dominada por ascidias	Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos

Figura D. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1170 "Arrecifes" en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".



Hábitat 1170: Arrecifes	
Arrecife de corales profundos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i>)	Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos
Coral muerto compacto (dead coral framework)	Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>
Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas	Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i>
Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> , <i>Antipathes dichotoma</i>)	Fangos y arenas fangosas batiales con <i>Radicipes</i>
Roca batial dominada por ascidias	Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos

Figura E. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1170 "Arrecifes" en el Campo Somero de Expulsión de Fluidos LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".



Hábitat 1170: Arrecifes	
Arrecife de corales profundos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i>)	Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de hidrozoos
Coral muerto compacto (dead coral framework)	Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>
Sustrato duro batial con gorgonias y esponjas	Fangos batiales compactos con <i>Isidella elongata</i>
Roca batial con corales negros (<i>Leiopathes glaberrima</i> , <i>Antipathes dichotoma</i>)	Fangos y arenas fangosas batiales con Radicipes
Roca batial dominada por ascidias	Fangos y arenas fangosas batiales con pennatuláceos

Figura F. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1170 "Arrecifes" en el Campo Profundo de Expulsión de Fluidos LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

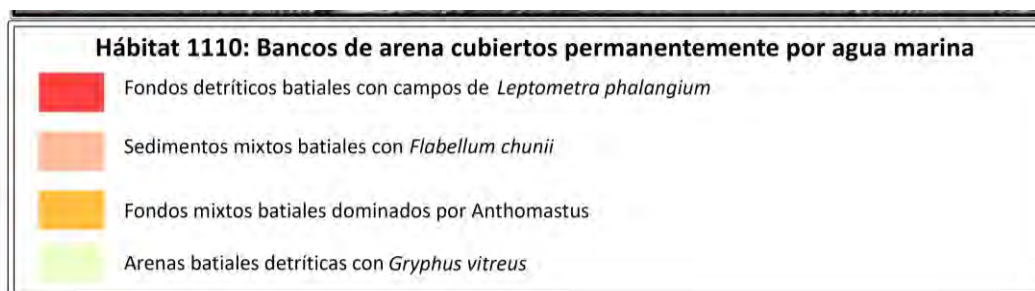
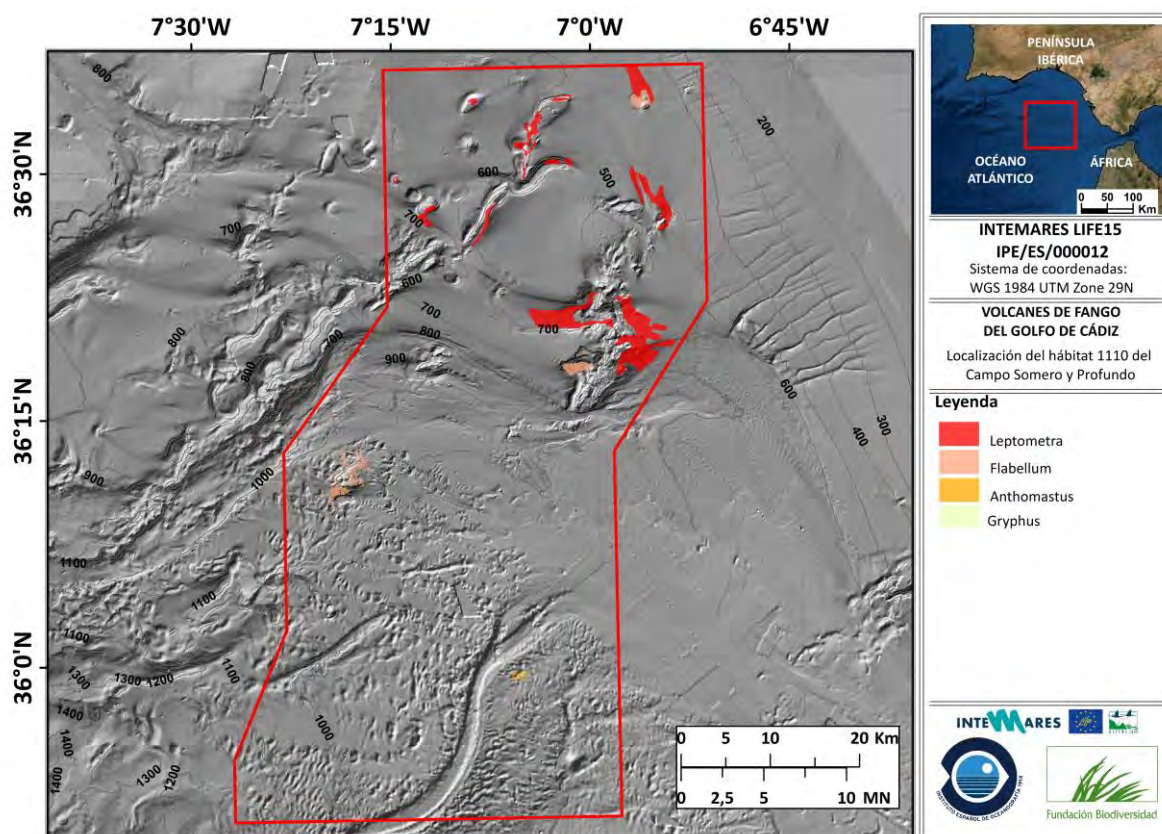


Figura G. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1110 "Bancos de arena poco profundos cubiertos permanentemente por agua marina" en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

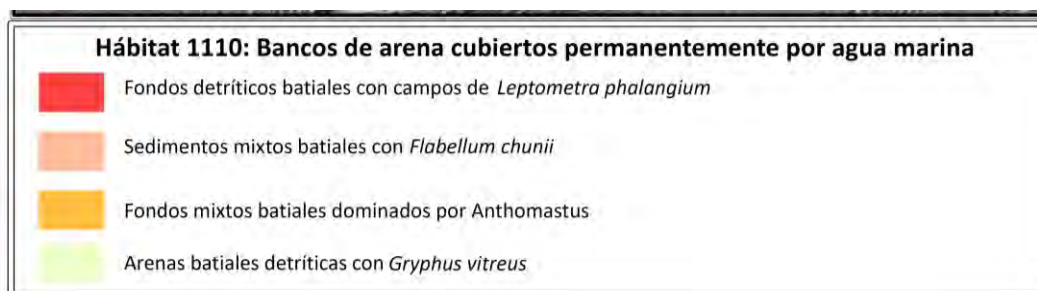
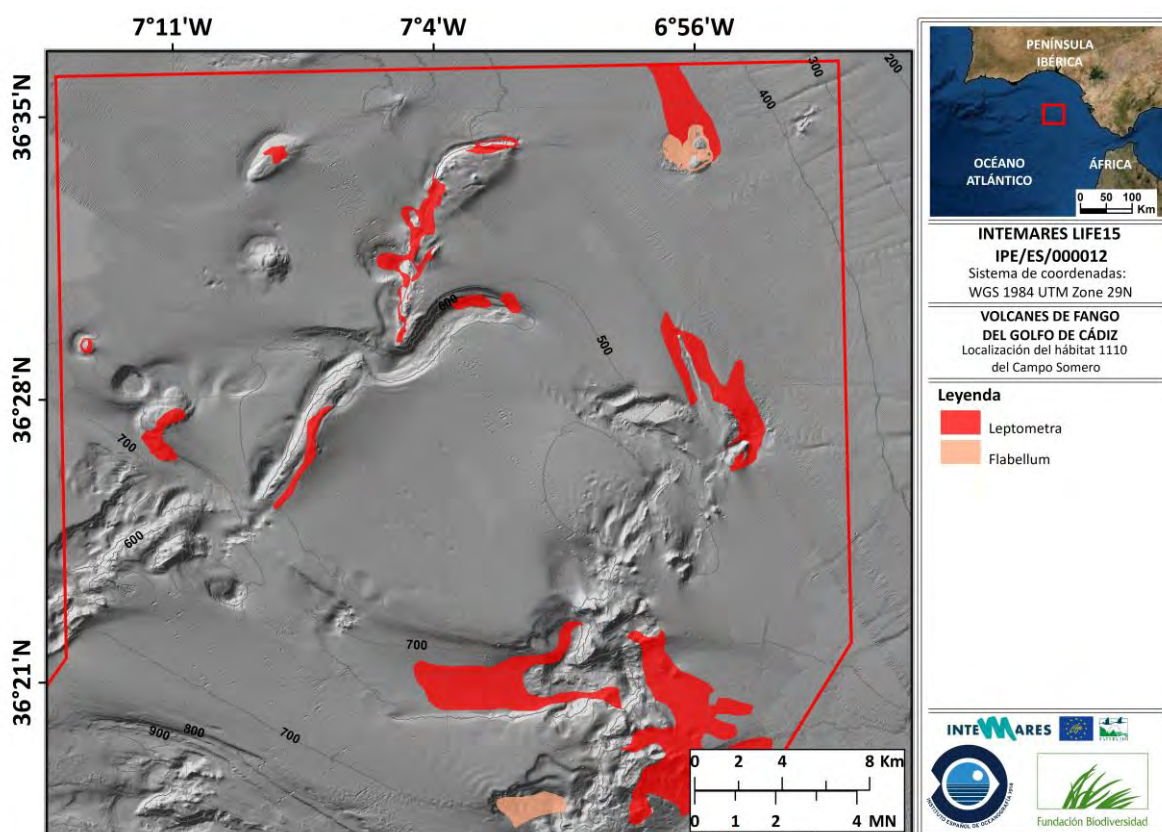


Figura H. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1110 "Bancos de arena poco profundos cubiertos permanentemente por agua marina" en el Campo Somero de Expulsión de Fluidos del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

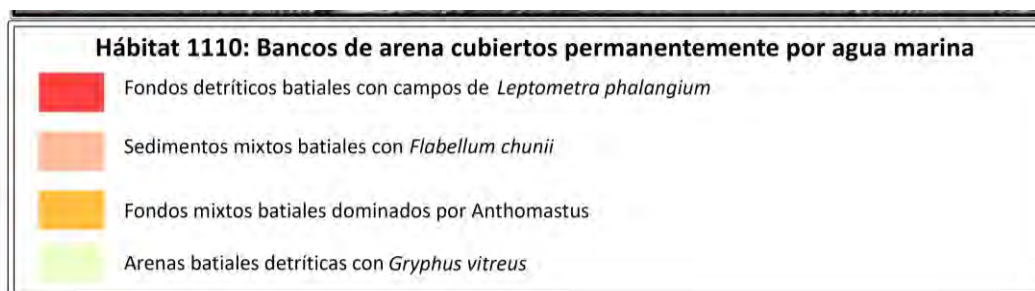
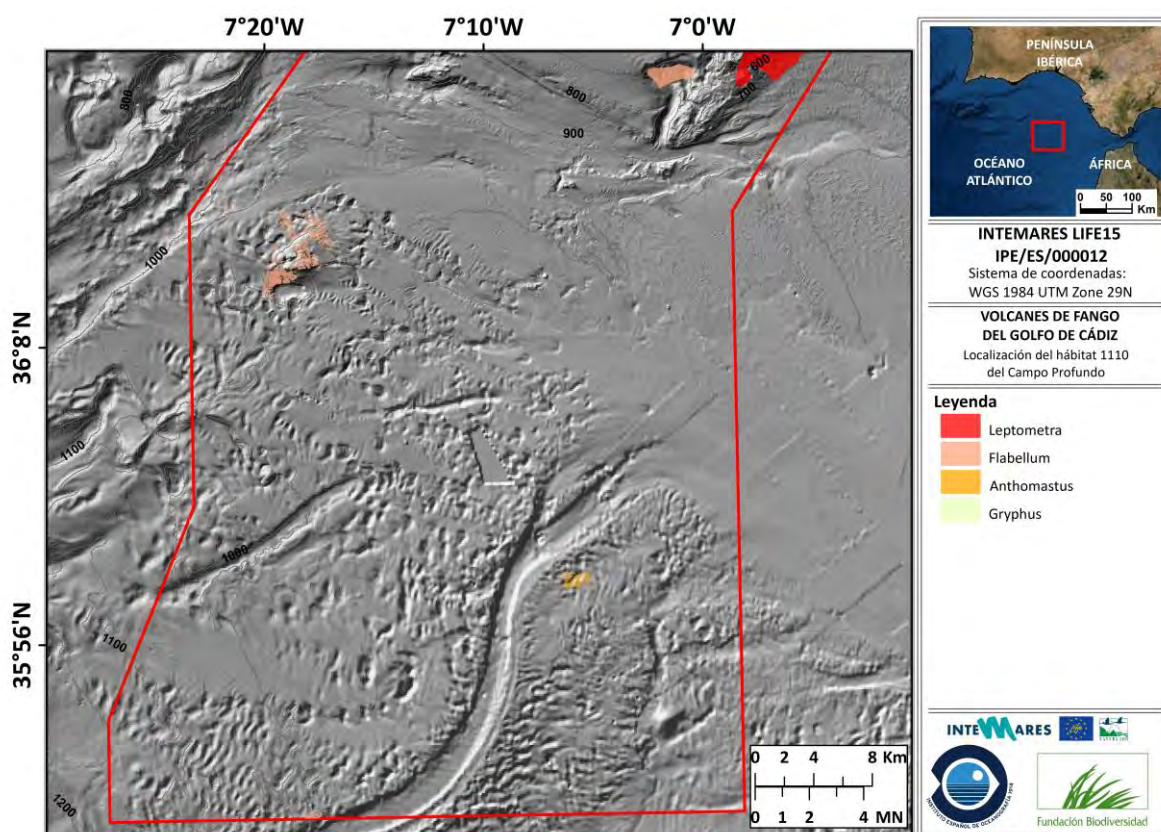


Figura I. Distribución de los hábitats vinculados al Hábitat 1110 "Bancos de arena poco profundos cubiertos permanentemente por agua marina" en el Campo Profundo de Expulsión de Fluidos del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

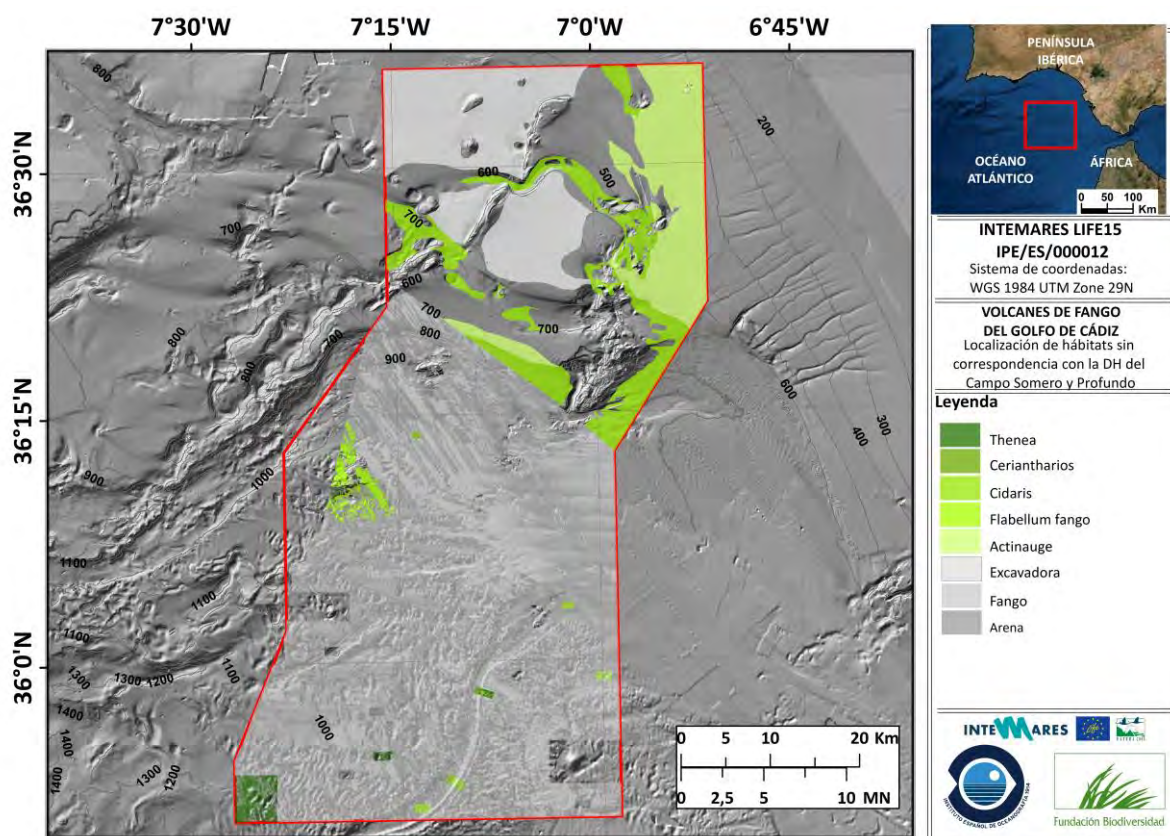


Figura J. Distribución de los hábitats sin correspondencia con directivas ni convenios en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

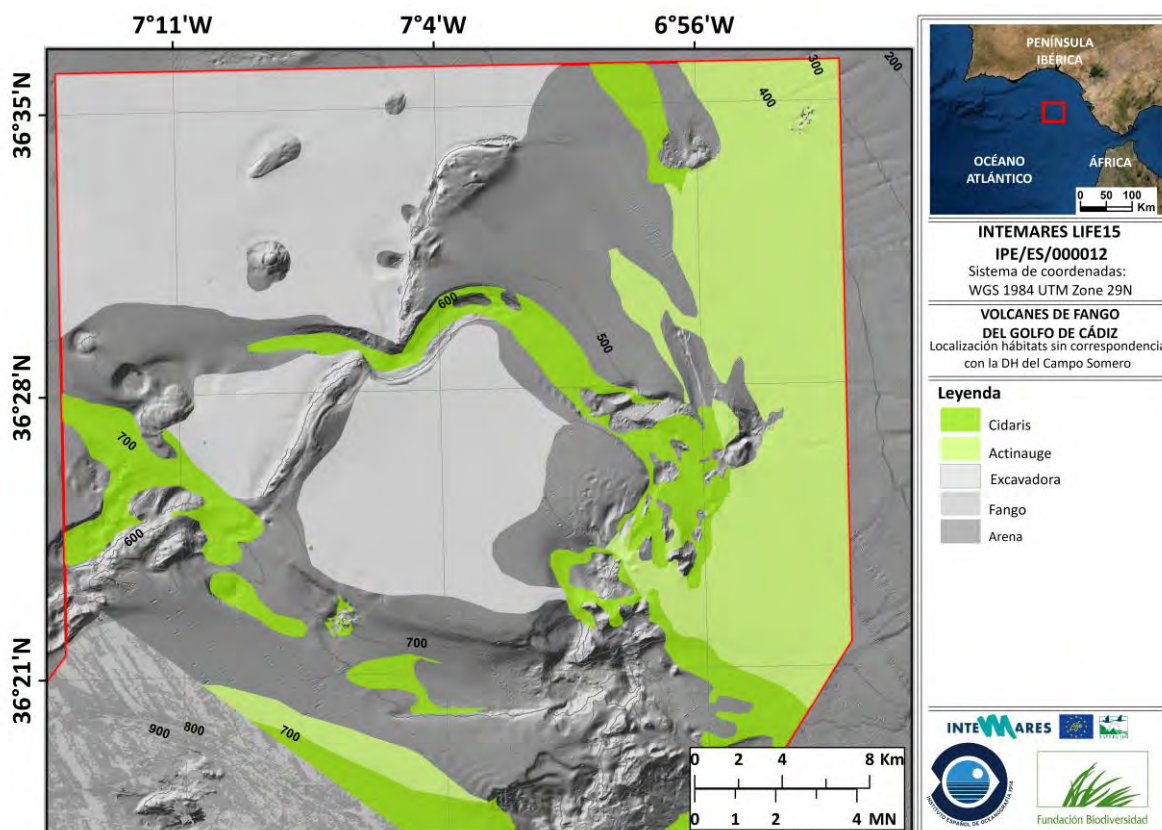


Figura K. Distribución de los hábitats sin correspondencia con directivas ni convenios en el *Campo Somero de Expulsión de Fluidos* del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

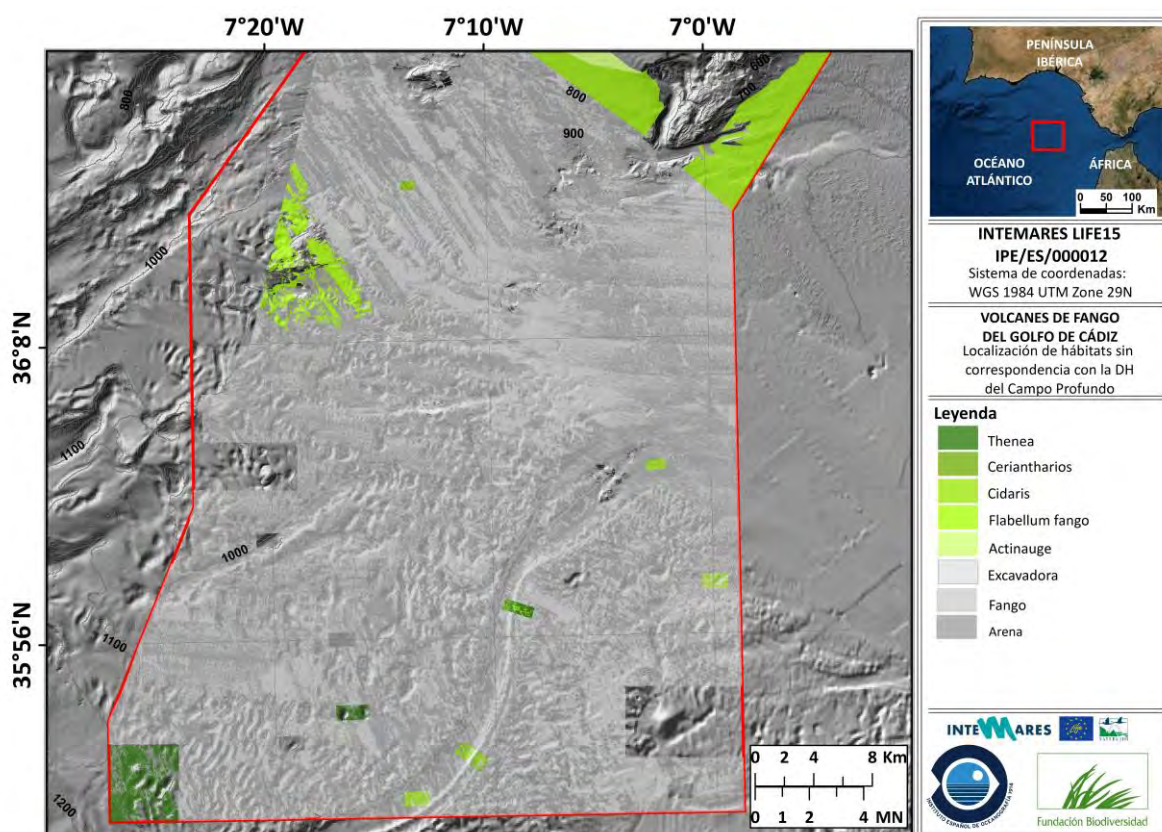


Figura L. Distribución de los hábitats sin correspondencia con directivas ni convenios en el *Campo Profundo de Expulsión de Fluidos* del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

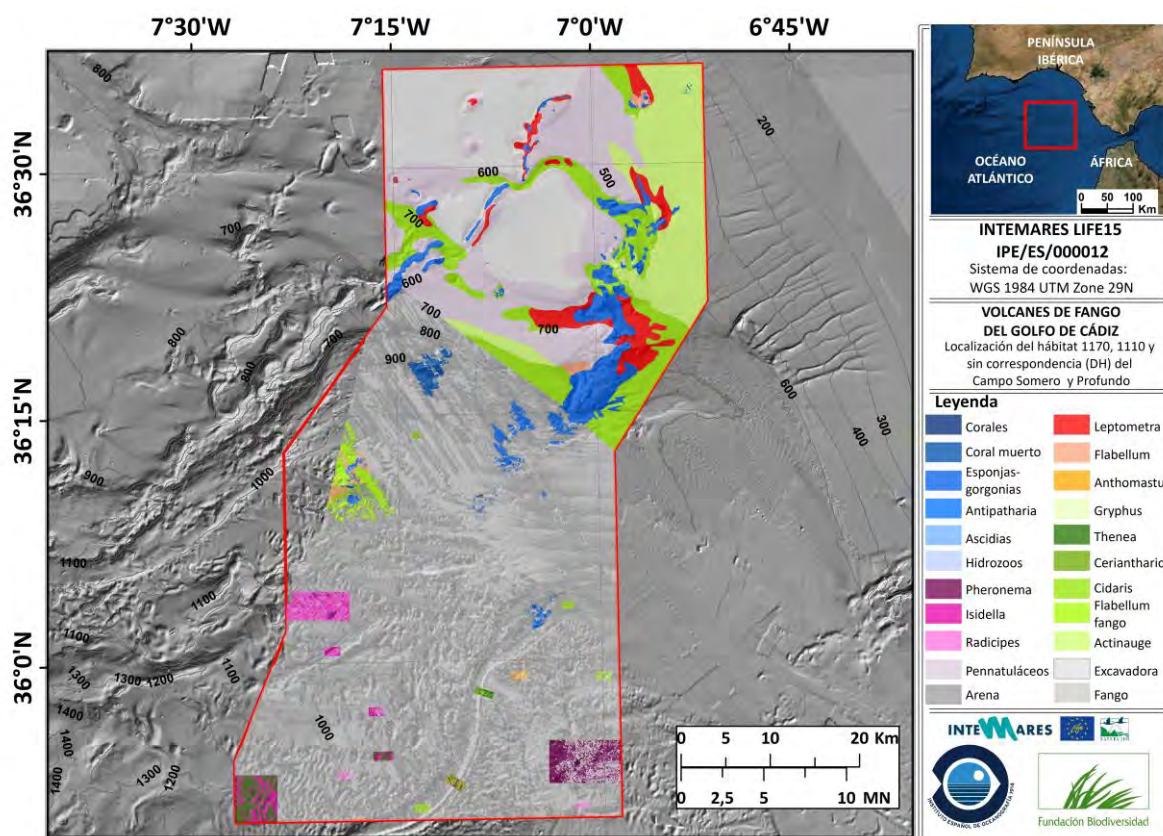


Figura M. Distribución de los hábitats 1170, 1110 y los que no tienen correspondencia con directivas ni convenios en el LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".

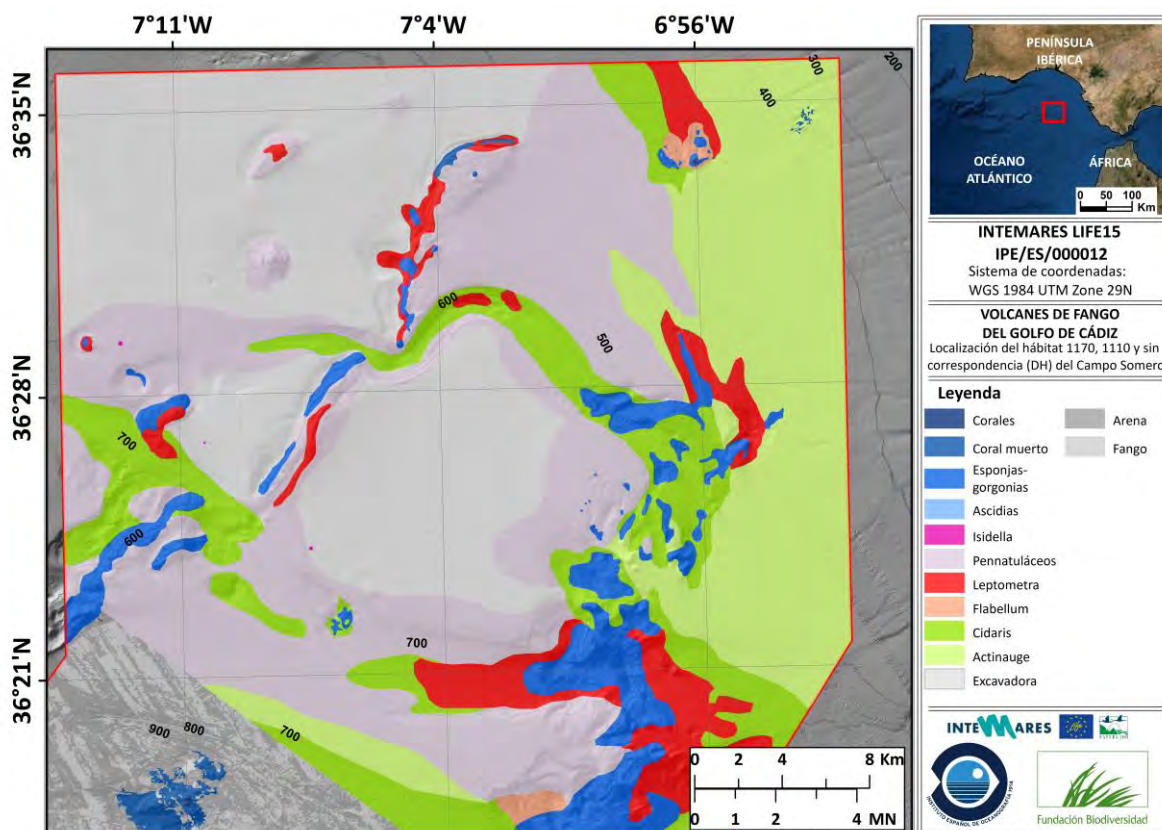


Figura N. Distribución de los hábitats 1170, 1110 y los que no tienen correspondencia con directivas ni convenios en el Campo Somero de Expulsión de Fluidos del LIC "Volcanes de fango del golfo de Cádiz".