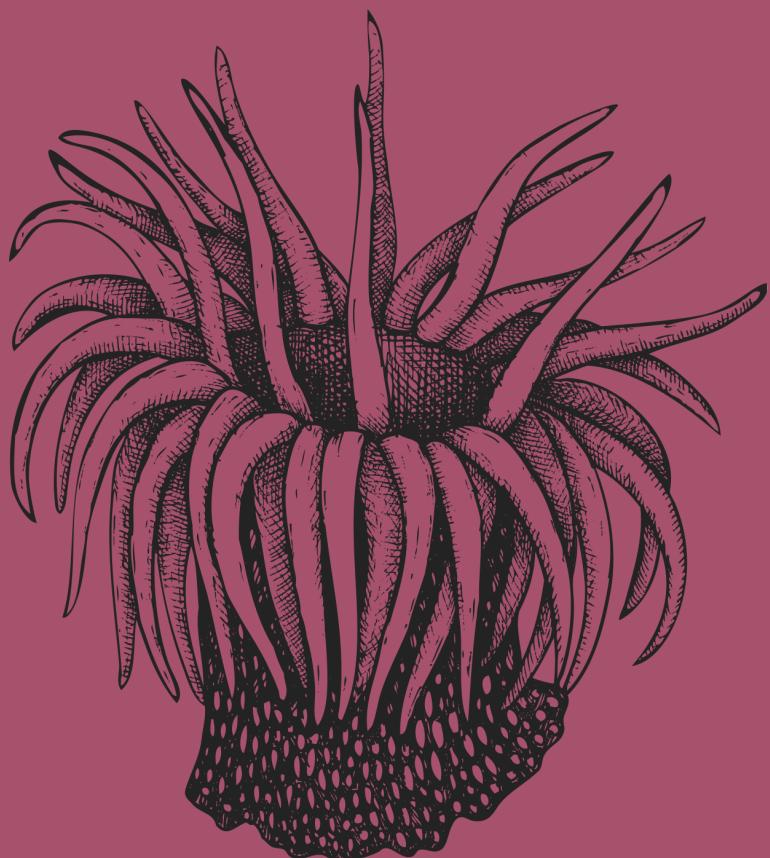


# EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM SUDATLÁNTICA



## DESCRIPCIÓN 6 Anexo



Cofinanciado por  
la Unión Europea



VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fondos Europeos

ESTRATEGIAS  
MARINAS  
Protegiendo el mar para todos



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



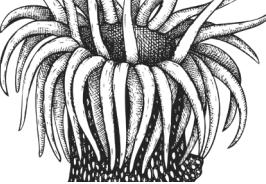
**Aviso legal:** Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

**Edita:** © Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Madrid 2024.

**NIPO:** 665-25-050-2

**Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:** <https://cpage.mpr.gob.es>

**MITECO:** [www.miteco.es](http://www.miteco.es)



## Autores del documento

### IEO/CSIC

- Manuel María González Duarte
- Isabel Amalia Cuadros Casado
- Altai Carlos Pavón Paneque
- Luis Silva Caparro (Coordinador del proyecto 17-ESMARES2-INFRA en SUD)
- Ana Rodríguez de la Rúa Franch
- Sara Román Moreno
- Ana Magro López
- Carlos Farias Rapallo
- Carlos Caro de la Barrera
- Juan Gil Herrera
- Ana Rodríguez de la Rúa Franch

### COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (SUBDIRECCIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR)

- Itziar Martín Partida
- Marta Martínez-Gil Pardo de Vera
- Juan Gil Gamundi
- Lucía Martínez García-Denche
- Beatriz Sánchez Fernández
- Francisco Martínez Bedia
- María Teresa Hernández Sánchez
- Carmen Francoy Olagüe

### COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

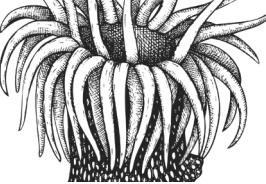
- Antonio Punzón
- Jose Manuel González-Irusta
- Sandra Mallol Martínez
- David Díaz Viñolas
- Alberto Serrano López (Coordinación)
- Paula Valcarce Arenas (Coordinación)
- Mercedes Rodriguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carrillo de Albornoz (Coordinación)

### CARTOGRAFIA Y BASES DE DATOS ESPACIALES (IEO-CSIC)

- Mª Olvido Tello Antón
- Luis Miguel Agudo Bravo
- Gerardo Bruque Carmona
- Paula Gil Cuenca

### COORDINACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS. CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEDEX-CEPYC)

- José Francisco Sánchez González



## ÍNDICE

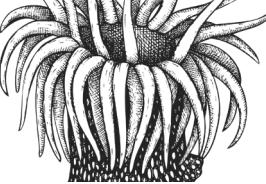
Autores del documento.....3

### INFRALITORAL ROCOSO Y ARREFICES BIOGÉNICOS

1. Introducción-antecedentes .....	8
2. Métodos .....	10
2.1. Muestreo .....	10
2.1.1. Campañas .....	10
2.1.2. Metodología de muestreo .....	11
2.2. Identificación taxonómica.....	16
2.3. Análisis de datos.....	19
2.3.1. Identificación de hábitats .....	19
2.3.2. Identificación de especies características .....	19
2.3.3. Indicadores de bea analizados .....	20
3. Resultados.....	32
3.1. Broad habitat type: roca infralitoral y arrecife biogénico .....	32
3.1.1. Descripción BHT .....	32
3.1.2. Índices multimétricos (BH2) del BHT.....	46
3.1.3. HB-DMA.....	47
3.1.4. Evaluación del BHT .....	49
3.2. Other habitat types .....	51
3.2.1. Descripción de los OHT .....	59
3.2.2. Pasarelas con hábitats listados.....	67
3.2.3. Índices multimétricos de los OHT: BH2 mod. (multimétricos).....	68
3.2.4. HB-DMA de los OHT.....	70
4. Discusión y consideración finales.....	72
4.1. Consideraciones sobre los OHT .....	73
5. Referencias .....	74
6. Tablas suplementarias .....	77

### HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES SEDIMENTARIOS

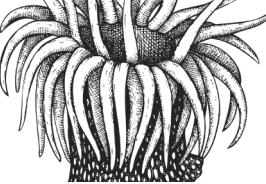
1. Introducción.....	82
2. Material y métodos.....	83
2.1. Preparación de datos.....	83



2.1.1. Distribución de los BHTs .....	83
2.1.2. Distribución de la intensidad de pesca .....	84
2.1.3. Datos de muestreo biológico de la abundancia (biomasa) de especies bentónicas .....	85
2.2. Aplicación del indicador SoS .....	89
2.3. Selección umbral de calidad.....	90
2.4. Evaluación del indicador SoS .....	91
2.5. Aplicación del BH3 informado por SoS .....	92
<b>3. Resultados.....</b>	<b>93</b>
3.1. Bhts evaluados con SoS.....	93
3.1.1. Predicción de la proporción de especies centinela.....	93
3.1.2. Umbrales y sensibilidad .....	94
3.1.3. Evaluación .....	96
3.2. Bhts evaluados con BH3 informado por BH1.....	99
3.3. Resumen evaluación final con SoS y BH3.....	104
<b>4. Referencias .....</b>	<b>106</b>

## HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES ROCOSOS

<b>1. Introducción.....</b>	<b>108</b>
1.1. Importancia de la evaluación .....	108
1.2. Grado de conocimiento de los hábitats rocosos (circalitoral y batial) de la demarcación marina sudatlántica .....	109
1.3. Dificultades encontradas a la hora de evaluar el estado de los hábitats rocosos en la demarcación marina sudatlántica .....	110
1.4. Objetivos generales y específicos .....	111
<b>2. Materiales y métodos .....</b>	<b>112</b>
2.1. Campañas y muestreos.....	112
2.2. Transectos realizados con ROV .....	115
2.3. Transectos realizados con TASIFE .....	116
2.4. Procesado de imágenes submarinas: identificación de especies y caracterización preliminar de hábitats y comunidades.....	117
2.5. Comparativa de los hábitats generales con EMODnet .....	119
2.6. Creación de un inventario de hábitats vulnerables considerados en convenciones internacionales mediante pasarelas de equivalencias y especies catalogadas .....	120
2.7. Descripción preliminar del estado ambiental de los hábitats.....	121
2.7.1. Identificación de presiones.....	121
2.7.2. Cálculo de especies sensibles a la pesca con palangre .....	121
2.7.3. Índices multimétricos (BH2) .....	122
<b>3. Resultados.....</b>	<b>123</b>
3.1. Comparativa con EMODnet .....	123
3.2. Benthic Broad Habitat Type (BBHT): Roca circalitoral y arrecife biogénico (CIR_RK_BIO) .....	125
3.2.1. Descripción .....	125

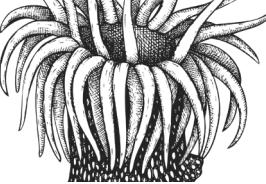


3.2.2. Cálculo de indicadores en el circalitoral rocoso y arrecife biogénico .....	127
3.2.3. Other Habitat Types (OHT) identificados .....	128
3.3. Benthic Broad Habitat Type (BBHT): Roca batial y arrecife biogénico (BAT_RK_BIO) .....	131
3.3.1. Descripción .....	131
3.3.2. Especies catalogadas.....	132
3.3.3. Cálculo de indicadores .....	133
3.3.4. Other habitat types (OHT) identificados.....	134
3.4. Principales presiones detectadas en los BBHT.....	138
3.4.1. Presión pesquera .....	138
3.4.2. Presiones detectadas a partir de las imágenes submarinas adquiridas .....	139
3.4.3. Otras presiones: alga invasora <i>Rugulopteryx okamurae</i> .....	141
3.5. Primera aproximación a la evaluación ambiental de los hábitats identificados.....	143
<b>4. Referencias .....</b>	<b>145</b>
<b>5. Apéndice.....</b>	<b>147</b>
5.1. Apéndice A1.....	147
5.2. Apéndice 2 .....	151
<b>CARACTERIZACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE PRESIONES HUMANAS Y SU INTERACCIÓN CON BHT</b>	
<b>1. Introducción.....</b>	<b>156</b>
<b>2. Material y métodos.....</b>	<b>157</b>
2.1. Identificación de las actividades humanas y métodos de análisis .....	157
2.2. Caracterización de los efectos adversos sobre la condición del BHT (D6C5).....	160
<b>3. Resultados.....</b>	<b>162</b>
<b>4. Referencias .....</b>	<b>165</b>
<b>5. Material suplementario I: matrices de interacciones entre presiones por hábitats.....</b>	<b>166</b>



---

## INFRALITORAL ROCOSO Y ARREFICES BIOGÉNICOS



## 1. Introducción-antecedentes

Las estrategias marinas (EEMM) son el instrumento de planificación del medio marino creado al amparo de la Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva Marco sobre la Estrategia Marina-DMEM), y tienen como principal objetivo, la consecución del buen estado ambiental (BEA) de nuestros mares (European Commission Directive, 2008).

En el segundo ciclo de EEMM se ha hecho una actualización de los programas de seguimiento. Para ello, el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) ha contado con la colaboración de un equipo de expertos en los distintos descriptores y elementos a monitorizar. Una novedad dentro de este ciclo ha sido la elaboración de la estrategia de seguimiento de hábitats bentónicos, común a las cinco demarcaciones marinas. Esta estrategia cuenta con ocho programas de seguimiento con los que se han obtenido los parámetros necesarios para la evaluación del descriptor 6 (integridad de los fondos marinos y hábitats bentónicos).

El programa HB-1 de la estrategia de seguimiento de los hábitats bentónicos tiene como objetivo describir el estado de las comunidades bentónicas, hábitats especiales y especies de interés dentro del piso infralitoral rocoso y su distancia respecto al BEA. En este ciclo de la estrategia marina, el desarrollo del programa ha seguido dos fases en cada una de las demarcaciones:

1. Prospección: se ha realizado un estudio exploratorio del litoral para localizar y ubicar los diferentes hábitats presentes siguiendo la clasificación del Inventario Español de Hábitats Marinos. De este modo y junto con otras zonas bien conocidas, se han determinado los diferentes puntos a monitorizar.
2. Seguimiento: se ha empezado a monitorizar una serie de parámetros en los puntos seleccionados.

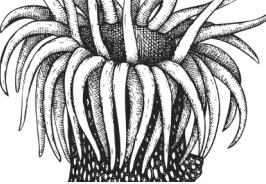
La Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino, que traspone la Directiva 2008/56/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008 por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino DMEM, establece la obligación para los Estados miembros de elaborar EEMM con el objeto de alcanzar el BEA del medio marino, para lo cual es necesario establecer unos valores iniciales de referencia para determinar si se ha alcanzado o no el BEA. Como punto de partida, señala la realización de una evaluación inicial de las aguas marinas, que incluya un análisis del estado ambiental actual (al inicio de la puesta en marcha de las EEMM), de los principales impactos y presiones, así como del análisis económico, social y del coste que supone el deterioro del medio marino. A partir de la evaluación inicial, se definió el BEA y se estableció un conjunto de objetivos e indicadores asociados, que reflejasen los cambios necesarios en el estado, presión e impacto para alcanzar o mantener el BEA del medio marino. Con el establecimiento de estos objetivos ambientales, se debían proponer unos programas de seguimiento coordinados, para evaluar permanentemente el estado ambiental de las aguas marinas.

Según la Decisión (UE) 2017/848 de la Comisión, de 17 de mayo de 2017, por la que se establecen los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como especificaciones y métodos normalizados de seguimiento y evaluación, y por la que se deroga la Decisión 2010/477/UE, la evaluación del descriptor 6 debe elaborarse mediante una serie de criterios basados en la extensión, la pérdida y la perturbación de los hábitats:

- D6C3- Extensión espacial de cada tipo de hábitat afectado adversamente por las perturbaciones físicas a través de la alteración de su estructura biótica y abiótica y de sus funciones.
- D6C4- Extensión de la pérdida del tipo de hábitat, resultante de presiones antropogénicas, no supera una proporción especificada de la extensión natural del tipo de hábitat en el área de evaluación.
- D6C5- Extensión de los efectos adversos de las presiones antropogénicas en el estado del tipo de hábitat, incluida la alteración de su estructura biótica y abiótica y de sus funciones, no supera una proporción especificada de la extensión natural del tipo de hábitat en el área de evaluación.



En el caso concreto del programa HB1, la metodología aplicada y el conocimiento previo de los fondos rocosos únicamente permite hacer una evaluación por puntos a lo largo de la costa, por lo que el resultado de dicha evaluación es oficialmente “estado desconocido”.



## 2. Métodos

### 2.1. Muestreo

#### 2.1.1. Campañas

El programa de seguimiento incluye el desarrollo de campañas periódicas de buceo científico con escafandra autónoma a bordo de buques oceanográficos y de embarcaciones ligeras, mediante las cuales se llevan a cabo inventarios y censos de las comunidades de algas, peces y cefalópodos e invertebrados bentónicos, incluyendo especies alóctonas y catalogadas.

El ámbito de desarrollo de las campañas son las cinco demarcaciones marinas establecidas, demarcación marina noratlántica (DMNOR), demarcación marina sudatlántica (DMSUD), demarcación marina del Estrecho y Alborán (DMESAL), demarcación marina levantino-balear (DMLEBA) y demarcación marina canaria (DMCAN). Estas demarcaciones son entendidas como las subdivisiones de las regiones y subregiones marinas que constituyen el ámbito espacial sobre el cual se desarrollará cada estrategia marina y que cubren todo el litoral español, continental e insular.

Las actividades desarrolladas durante las campañas se enmarcan en las actividades de seguimiento de los hábitats bentónicos tanto en el descriptor 1 (biodiversidad) como en el descriptor 6 (integridad de los fondos marinos) para el piso infralitoral rocoso.

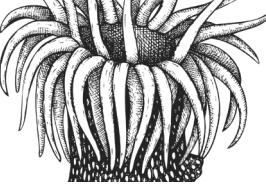
La información adquirida durante las campañas sirve para conocer la condición de los hábitats (especies asociadas, estructura y funcionalidad de las comunidades, especies alóctonas y catalogadas) e intentar determinar el efecto de las presiones humanas a lo largo del litoral español y zonas insulares en las áreas estudiadas.

Además, se obtiene información de basuras marinas y posibles daños causados por la actividad antrópica, para dar respuesta a diferentes indicadores de la DMEM. Este muestreo visual se complementa con la toma de muestras biológicas puntuales, lo cual permite tener una información detallada de los diferentes componentes del piso infralitoral rocoso objeto de estudio.

Los principales objetivos de las campañas son:

- Evaluación del estado de las poblaciones de peces y cefalópodos en el infralitoral rocoso (Capítulo 1, Subprograma PC1, Encomienda EEMM).
- Evaluación del estado de las comunidades bentónicas en el infralitoral rocoso (Capítulo 2, Subprograma HB1, Encomienda EEMM).
- Evaluación del estado de las especies protegidas bentónicas en el infralitoral rocoso (Capítulo 2, Subprograma HB6, Encomienda EEMM).
- Obtención de datos de presencia de especies alóctonas (Capítulo 3, Encomienda EEMM).

Las campañas se han desarrollado en 2 formatos. Por un lado, a bordo de buques oceanográficos, tanto propios del CSIC como contratados a otras instituciones, en las que el equipo científico ha convivido en el buque durante los días de embarque y es el buque el que se desplaza diariamente por la demarcación hasta las estaciones de muestreo. Por otro, con el formato de "salida a la mar", donde el equipo científico tiene base logística en tierra y se desplaza diariamente a las estaciones seleccionadas en coche y embarcación rápida, contratado normalmente a centros de buceo locales.



## 2.1.2. Metodología de muestreo

Los muestreos que se llevan a cabo en el proyecto 17-ESMARES2-INFRA siguen una metodología estandarizada que permite recabar la información necesaria para alcanzar los objetivos científicos perseguidos.

**Seguimiento de macroalgas e invertebrados de hábitats rocosos infralitorales:** la caracterización de comunidades de algas fotófilas se basa en la metodología no intrusiva utilizada por Cebrián *et al.*, (2000) y Sala *et al.*, (2012). Los muestreos se realizan mediante transectos a una profundidad de entre 5 y 18 metros, manteniendo una cota batimétrica similar, con la intención de evitar registrar cambios en la comunidad que sean debidos al efecto de la profundidad. La unidad de muestreo consiste en un transecto de 50 m definido por una cinta métrica, del que se realizan cuatro réplicas.

- Censo de algas mediante la metodología no intrusiva del “punto de contacto” (Ballesteros, 2007). Cada 20 cm se anota la especie (tanto nativas como alóctonas) presente a lo largo del transecto de 50 m (Seguimiento de especies invasoras).
- Censo de invertebrados mediante metodología no intrusiva de cuadrantes. Cada 2 m a lo largo del transecto de 50 m se muestran cuadrículas de 50×50 cm, anotando las especies de invertebrados presentes, su abundancia o porcentaje de cobertura y la talla de especies estructurantes del hábitat (Seguimiento de especies invasoras).
- Censo de microfauna y microflora mediante metodología de bajo impacto usando cuadrantes. En cada transecto de 50 m se realiza un raspado de una pequeña cuadrícula de 25×25 cm.
- Censo de especies incluidas en directivas o listados de protección mediante metodología no intrusiva de censos visuales, anotando su abundancia/cobertura y talla.

De forma complementaria se realizan perfiles verticales mediante metodología no intrusiva, usando cinta métrica entre 1 y 35 m de profundidad. En este caso se anota la profundidad y distancia en la cinta métrica de los hábitats presentes y las principales especies estructurantes. Estos perfiles se realizan solo en determinados puntos que reúnen las condiciones y características adecuadas.

**Seguimiento de peces y céfalópodos de hábitats rocosos infralitorales:** el muestreo se basa en métodos no intrusivos como son los censos visuales con escafandra autónoma (Bohnsack y Bannerot, 1986; Bortone *et al.*, 1989). El método propuesto para la cuantificación son 6 réplicas de transectos lineales de 50×5 metros (250 m<sup>2</sup>) (Sala *et al.*, 2012; Guidetti *et al.*, 2014), que se corresponde con el área de referencia dada en la descripción del BEA para este programa (ISPRA, 2013). A su vez, en el mismo transecto se realizan censos para muestrear las especies crípticas, en este caso con una anchura de 0,5 m a cada lado de la cinta, 50 x 1 metro (50 m<sup>2</sup> cada uno). De cada transecto se obtiene un listado completo de especies de peces y céfalópodos, anotándose la talla para cada individuo.

**Seguimiento de especies invasoras:** al caracterizar las comunidades demersales (peces y céfalópodos), algales y de invertebrados bentónicos se cuantifica la presencia de especies invasoras.

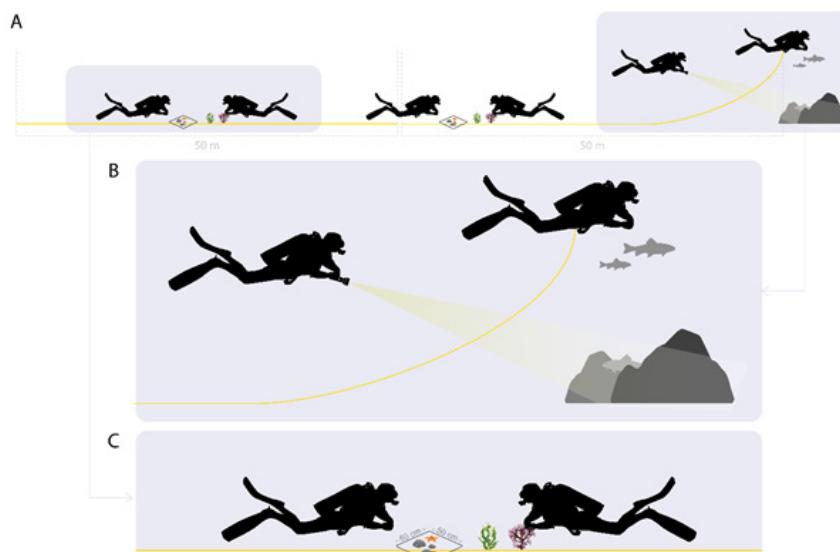
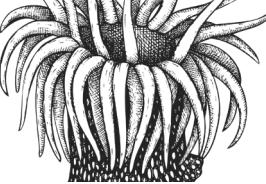


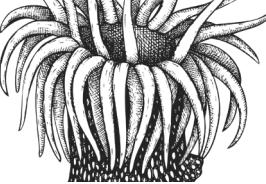
Ilustración: NR de la Ballena.



Figura 1. Esquema general de la metodología utilizada en los muestreos con escafandra autónoma (A), de los censos de peces y cefalópodos (B) y de invertebrados y algas (C). Escena de un censo de algas mediante la técnica del “punto contacto” (D) y de invertebrados en cuadrículas (E), a lo largo de un transecto.

**Seguimiento de especies protegidas:** para la elección de las especies objetivo de seguimiento se realiza un estudio exploratorio (de campo y bibliográfico) de los diferentes hábitats y zonas que contengan especies bentónicas protegidas, seleccionando aquellas con probabilidad de presencia al muestreo seleccionado, tanto en los hábitats muestreados como por los rangos de profundidad que se muestrearán. Si la especie catalogada resulta presente en los censos realizados, se anotará cualquier información típica de la especie, como pudiera ser el estado de madurez, presencia de agregaciones, morfología atípica, librea singular, entre otras características.

**Toma de muestras biológicas puntuales (raspados):** en los tres primeros transectos de cada estación de muestreo se obtiene, mediante raspado de la superficie de la roca, una muestra de fauna y flora bentónica (algas e invertebrados) de una superficie delimitada por un cuadrante de 25 x 25 cm (625 cm<sup>2</sup>). Los organismos son desprendidos del sustrato rocoso con la ayuda de una espátula, para introducir las muestras en bolsas plásticas previamente etiquetadas. Una vez en el laboratorio, las muestras son triadas e identificadas bajo lupa binocular y los organismos identificados al mayor nivel taxonómico posible. Posteriormente serán fijados, catalogadas y conservados de manera adecuada.



## Muestreos en la demarcación sudatlántica

En total se han efectuado 11 puntos de muestreo en la demarcación sudatlántica a lo largo de tres campañas oceanográficas: "INFRAROCK\_0721", "INFRAROCK\_3D\_0522" e "INFRASUD\_0923" (Figura 2). Además, en cada uno de estos puntos de muestreo (salvo en uno), se han tomado muestras de raspados para su posterior análisis en laboratorio (Tabla 1).

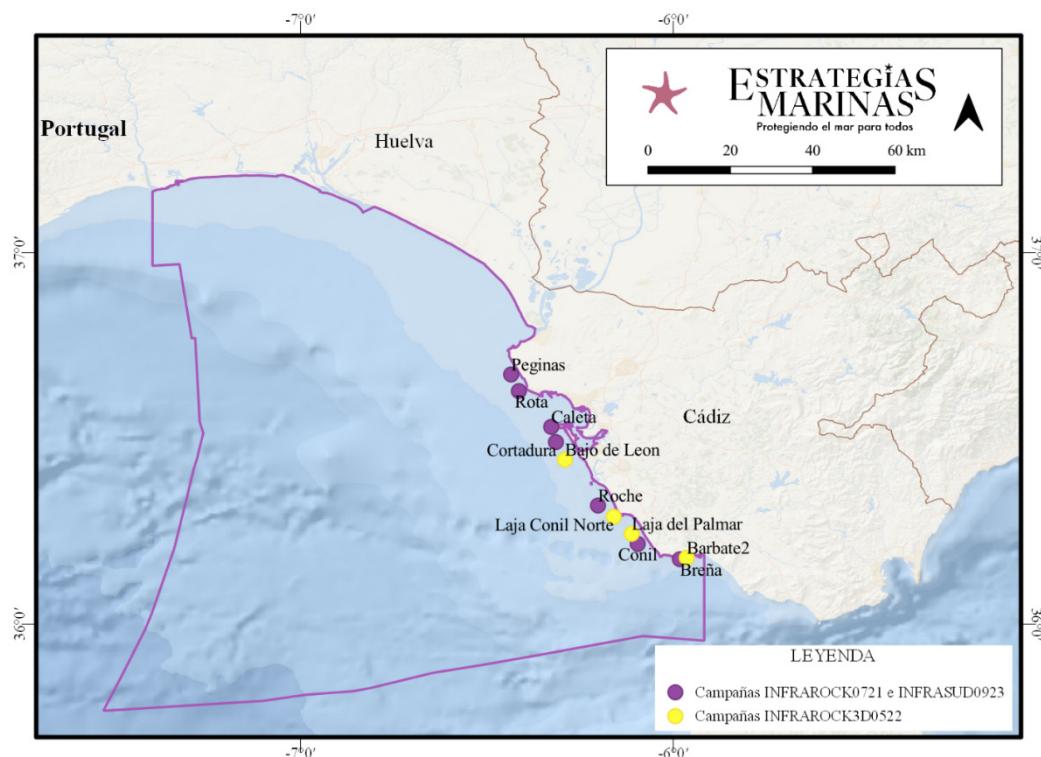


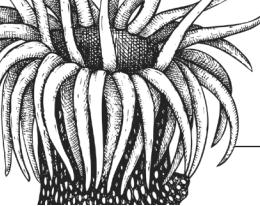
Figura 2. Puntos de muestreo realizados en la demarcación sudatlántica.

Los muestreos se realizaron mediante buceo con escafandra autónoma y siguen una metodología estandarizada que permite recabar la información necesaria para alcanzar los objetivos científicos perseguidos.

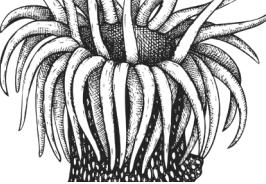


Tabla 1. Puntos de muestreo realizados hasta la fecha en la demarcación sudatlántica.

Fecha	Punto muestreo	Coordenadas		Campaña	Número de transectos			Nº raspados
		Lat.	Long.		Algas	Invertebrados	Peces	
30/07/21	Caleta	36,531	-6,327	INFRAROCK_0721	4	4	6	-
01/08/21	Breña	36,175	-5,982		4	4	6	3
02/08/21	Conil	36,216	-6,095		4	4	6	3
02/08/21	Roche	36,319	-6,202		4	4	6	3
03/08/21	Rota	36,627	-6,414		4	4	6	3
03/08/21	Cortadura	36,490	-6,315		4	4	6	3
04/08/21	Peginas	36,672	-6,435		4	3	5	3
17/06/22	Bajo de León	36,443	-6,290	INFRAROCK_3D_0522	4	4	6	2
18/06/22	Laja Conil Norte	36,289	-6,159		4	4	6	2
18/06/22	Laja del Palmar	36,243	-6,111		4	4	6	3
19/06/22	Barbate2	36,179	-5,964		4	3	4	3
11/09/23	Peginas	36,673	-6,435	INFRASUD_0923	4	4	4	3
11/09/23	Rota	36,627	-6,414		4	4	5	3
12/09/23	Conil	36,216	-6,095		4	4	4	3



Fecha	Punto muestreo	Coordenadas		Campaña	Número de transectos			Nº raspados
		Lat.	Long.		Algas	Invertebrados	Peces	
12/09/23	Roche	36,319	-6,202		4	4	5	3
13/09/23	Barbate	36,155	-5,893		4	4	4	0
13/09/23	Breña	36,175	-5,982		4	4	5	3
14/09/23	Caleta	36,543	-6,327		4	4	5	3
14/09/23	Cortadura	36,490	-6,314		4	4	3	3



## 2.2. Identificación taxonómica

### Procesado de imágenes y videos submarinos

La toma de macrofotografía y vídeos submarinos de ciertos especímenes, principalmente de invertebrados, son de gran ayuda a la hora de una identificación correcta de la especie. Las imágenes se procesan a bordo y visualizan para ser cotejadas con una base de datos de imágenes de invertebrados marinos propia, así como con bibliografía especializada.

### Preparaciones frescas de algas

Durante los muestreos con escafandra autónoma se toman muestras de aquellas algas que presentan dificultad para asignar una categoría taxonómica de visu. En el laboratorio estas muestras se procesan bajo lupa binocular para detectar caracteres taxonómicos que permitan identificar correctamente la especie. Ciertos casos presentan una especial dificultad a la hora de realizar una correcta identificación, como es el caso del alga dictiotal alóctona invasora *Rugulopteryx okamurae*, que presenta diferentes morfotipos y una gran semejanza morfológica con otras especies de dictiotales, especialmente con *Dictyota dichotoma* lo que requiere una atención especial a ciertas estructuras anatómicas para realizar una identificación fiable de la especie.

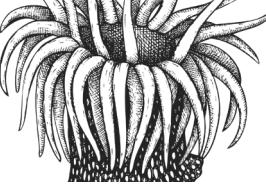
Para la correcta identificación de *R. okamurae* se realizará un examen macroscópico donde se diferenciarán los dos morfotipos principales. El morfotipo “grueso” presenta más facilidad para su identificación in situ. Concretamente las frondes muestran una dicotomía no isomorfa con una de las ramificaciones ligeramente mayor que la otra y un margen apical más obtuso, encontrándose el meristemo ligeramente hendido en el ápice del talo (Verlaque et al., 2009). Sin embargo, en el morfotipo “fino” estas características son menos evidentes y resultará más probable su confusión con otras dictiotales que muestran variedades fenotípicas visualmente indistinguibles. Es aquí cuando se requiere de una observación a nivel microscópico de la organización celular de ciertas estructuras para llevar a cabo una identificación fiable de la especie o, para una mayor precisión, análisis de secuenciación genómica. La característica principal que diferencia a *R. okamurae* de otras dictyotales nativas es que presenta una capa medular central monoestratificada y pluriestratificada en las partes laterales del talo (Hwang et al., 2009). En las especies nativas la médula monoestratificada se mantiene en los bordes laterales del talo.

Para la preparación fresca de cortes de frondes de *R. okamurae* se tomará una porción húmeda de la parte basal de las mismas y se dispondrá sobre un portaobjetos totalmente estirada. Bajo lupa binocular a suficientes aumentos se realizará un corte transversal del fronde utilizando una cuchilla de microtomo o una hoja de afeitar. Disponiendo la cuchilla plana sobre el fronde se llevará lo más cerca posible del borde y se realizará un giro de la cuchilla disponiéndola perpendicular a la fronde a la vez que se ejerce cierta presión. Mediante este movimiento se obtienen cortes lo suficientemente delgados como para apreciar si la médula es mono o pluriestratificada en sus bordes.

### Conservación húmeda de algas

Para la preservación de muestras de algas en condiciones húmedas, con miras a su posterior identificación en laboratorio y para su inclusión en la colección de especímenes de cada demarcación, se emplea una solución compuesta por diversos agentes químicos. Esta solución consiste en una mezcla de formalina al 4 % diluida en agua de mar, borato y glicerina. El propósito de esta combinación es conservar las muestras con características lo más cercanas posibles a las de los ejemplares frescos, preservando, además, el carbonato cálcico presente en algunas de ellas.

Es fundamental resguardar estas muestras en recipientes opacos o protegerlos de la exposición directa a la luz, dado que la formalina, al entrar en contacto con la luz, puede causar decoloración en las especies de algas. En el caso de muestras destinadas a análisis genéticos con fines de identificación taxonómica, se opta por almacenar los ejemplares en alcohol al 96 %.



### Conservación en seco de algas

Para la preservación en seco de los ejemplares de algas, existen dos métodos principales que se pueden emplear. El primero implica retirar el alga del agua, envolverla cuidadosamente en papel de filtro y almacenarla en recipientes junto con sílica gel. Alternativamente, se puede optar por elaborar un pliego de herbario, en el cual el alga se extiende intentando adoptar la forma que esta tendría en su forma natural en el agua y se deja secar y prensar sobre una cartulina destinada a formar parte del herbario. Para proteger el alga durante este proceso, se coloca una tela blanca sobre la cartulina, seguida de una capa de papel de filtro y luego se prensa la muestra. El papel de filtro se cambia según la necesidad de cada muestra, ajustándose a las condiciones de humedad.

Una vez completado el proceso de secado y prensado, se procede a etiquetar adecuadamente el pliego con el nombre de la especie, la fecha de recolección, el lugar de recolección, el nombre del recolector y cualquier otro dato relevante que se considere necesario.

### Conservación de muestras para taxonomía

Las muestras recolectadas para su conservación y futura identificación fueron de los grupos de algas, esponjas, gorgonias, hidrozoos y moluscos no cefalópodos, los cuales se conservaron utilizando etanol al 70 % en la mayoría de los casos y etanol al 99 % en las muestras conservadas para análisis genéticos. Las ascidias fueron relajadas previamente con mentol y luego fijadas con etanol al 70 %.

### Preparación no permanente de espícululas de esponjas

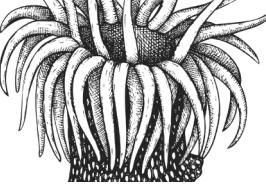
A la hora de la determinación específica de los poríferos, a veces no es suficiente con la simple observación de los caracteres macroscópicos ya que, por lo general, son animales con una gran plasticidad morfológica. Esto es más acusado en ciertas especies donde además existe una gran similitud morfológica y de coloración. Los caracteres utilizados en la diagnosis de las esponjas son: naturaleza de los componentes del esqueleto (carbonato cálcico, sílice, espongina, colágeno), la forma y dimensiones de las espícululas o de las fibras de espongina y la disposición esquelética de estos elementos, es decir, la repartición en la esponja de las diferentes categorías espiculares y la espongina (Leví, 1973). Es conveniente que la diagnosis se acompañe de los datos ecológicos y la distribución batimétrica. Las técnicas de preparación y los reactivos utilizados van a variar en función de la naturaleza del esqueleto del ejemplar a estudiar (Cristobo *et al.*, 1993).

– **Esponjas con esqueleto calcáreo/silíceo.** Se toma un fragmento de la esponja y se introduce en un tubo de ensayo, al que se le añade una pequeña cantidad de hipoclorito sódico (2-3 cm<sup>3</sup>). Cuando ha desaparecido completamente la materia orgánica se lava con agua destilada hasta llenar el tubo. Se agita ligeramente y se coloca en una gradilla para que las espícululas se vayan precipitando en el fondo. Se dejan sedimentar las espícululas durante al menos una hora, o bien se centrifugan a poca velocidad. A continuación, el agua sobrante se retira con cuidado y se lavan dos veces más, tras lo cual se lavan finalmente con alcohol etílico de 96°, se deja que sedimenten de nuevo las espícululas y se retira el alcohol a excepción de un poco (1-2 cm<sup>3</sup>) que se deja en el fondo del tubo. Se agita y se vierte una gota de alcohol con espícululas sobre un portaobjetos. Poniendo directamente un cubreobjetos las espícululas ya se pueden observar al microscopio. Si la intención es conservar la preparación, el alcohol se hace evaporar en la llama del mechero y seguidamente se monta con resina (Entellan, DPX o similar). También se puede utilizar este proceso para esponjas de naturaleza silícea, sustituyendo el hipoclorito sódico por ácido nítrico.

– **Esqueleto de espongina.** En las esponjas de la subclase Keratosa, cuya estructura se basa en fibras de naturaleza proteica denominadas fibras de espongina, se emplea una metodología diferente, ya que estas fibras se destruyen con los reactivos de ataque empleados con las esponjas con espícululas calcáreas y silíceas. Se toma un pedazo pequeño (1 cm<sup>3</sup>) de la esponja en fresco, sin fijar, procurando que sea de las partes más representativas (ej., cónulos del género *Sarcotragus*), ya que es necesario observar todos los tipos de fibras y su disposición. La muestra de tejido se deja



pudrir en agua de mar o en agua dulce sin cloro ya que éste impide en cierto modo la putrefacción. El agua se debe cambiar periódicamente para evitar la proliferación de algas que enmascaran a las fibras. Una vez que este proceso se ha completado, se lava con agua destilada, se deshidrata con alcohol y se monta en un portaobjetos para observar al microscopio.



## 2.3. Análisis de datos

### 2.3.1. Identificación de hábitats

La identificación de hábitats se basa en generar agrupaciones entre los transectos muestreados durante las campañas en función de su similaridad, y asignación a cada uno de los grupos un hábitat de la Lista patrón de hábitat marinos presentes en España (LPRE) haciendo uso de la Guía interpretativa del inventario español de hábitats marinos, así como su correspondencia con el listado de hábitats del Sistema de Información Europeo de Naturaleza (EUNIS). El rango batimétrico en el que se efectúan los muestreos (5-18 m), corresponde con la zona fotófila con alta irradiancia, donde son las algas el grupo dominante y con mayor número de especies estructurantes o formadoras de hábitats. Este hecho ha llevado a utilizar los datos referentes a este grupo taxonómico para realizar la primera identificación de hábitats presentes en el infralitoral rocoso, apoyado por los datos obtenidos en los muestreos de invertebrados.

Los datos se organizaron en matrices de especies/abundancia analizándose la abundancia media por transecto, tanto para algas como para invertebrados. En el caso de las algas, los valores de abundancia obtenidos por el método de “punto de contacto” se estandarizaron y se transformaron mediante raíz cuadrada. En el caso de los invertebrados, se seleccionaron las especies más abundantes y las que eran más fácilmente identificables visualmente para reducir el efecto del muestreador. A partir de las tablas de datos se obtuvo una matriz de similaridad de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957).

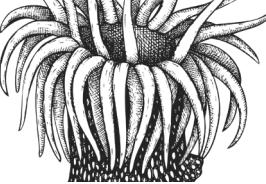
En primer lugar, para identificar posibles grupos de muestras se realiza un análisis CLUSTER, al que se le añade el test SIMPROF (Similarity Profiles) para comprobar la significancia estadística de las diferencias en términos de similitud entre grupos de muestras resultantes. Los resultados se muestran en un gráfico tipo dendrograma donde cada clado terminal en color negro muestra una agrupación identificada como significativa. Previo al análisis estadístico, y debido a la gran dificultad que presenta la identificación taxonómica de algunas especies durante el muestreo de visu, se agrupan a nivel de género o de grupo funcional. Para conocer qué especies contribuyen en mayor medida a las agrupaciones resultantes se realiza un análisis SIMPER (Similarity Percentages), que identifica estas especies y calcula además su porcentaje de contribución a la similitud intragrupo, mostrando esta información en una tabla. Con los resultados obtenidos de los análisis anteriores y teniendo en cuenta las características físicas de las zonas de muestreo y en algunos casos la comunidad de invertebrados asociada, se asigna un hábitat de la LPRE y de la lista EUNIS por cada una de las agrupaciones de transectos identificadas por el SIMPROF. El nivel de resolución alcanzado en este ejercicio varía del Nivel 4 al Nivel 5 de resolución de la LPRE y EUNIS.

### 2.3.2. Identificación de especies características

Se define a las especies características como aquellas que son representativas de un hábitat en particular. Estas especies están generalmente adaptadas a las condiciones específicas de ese hábitat y pueden desempeñar roles importantes en la estructura y función del ecosistema en cuestión. Por ello pueden ser utilizadas para identificar y describir dichos hábitats, permitiendo comprender y evaluar su estado, ya que su presencia o ausencia puede indicar ciertas condiciones ambientales o ecológicas.

Para identificar las especies características de peces, algas e invertebrados fotófilos y esciáfilos de los hábitats del infralitoral rocoso, se utilizaron dos metodologías:

- **Especies del Broad Habitat Type (BHT):** se consideraron especies características aquellas que presentaron un valor de frecuencia de ocurrencia igual o mayor del 10 % de los transectos evaluados.
- **Especies de los Other Habitat Type (OHT):** se consideraron especies características para cada OHT, las que contribuyeron hasta un 90 % a las agrupaciones de los transectos muestreados definidos por el análisis CLUSTER con el test SIMPROF (identificación de hábitats). Esto se realizó mediante



un análisis SIMPER, que permite identificar estas especies y calcula su porcentaje de contribución a la similitud intragrupo.

Los análisis estadísticos descritos en las dos secciones anteriores se llevaron a cabo usando el software PRIMER-E v6.1.11 statistical package (Clarke y Gorley, 2006).

### 2.3.3. Indicadores de bea analizados

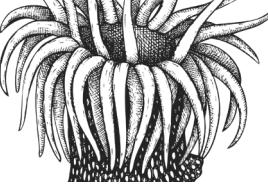
#### 2.3.3.1. Análisis de rasgos y determinación de la sensibilidad de especies

##### Algas

En el caso de las macroalgas, se ha seguido la aproximación del indicador BH1, o *SoS: Sentinels of the seabed*, con el fin de determinar la condición de los hábitats bentónicos en las distintas demarcaciones mediante la identificación de grupos de especies “centinela” (especies que son características de un hábitat y sensibles a una determinada presión), en cada una de ellas. La selección de estas especies centinela tiene dos etapas (Serrano *et al.*, 2022): en primer lugar, se define un conjunto de especies “típica”, utilizando los valores de similitud y frecuencia que presenten dentro de un hábitat en condiciones de referencia (no impactadas). En segundo lugar, se genera un “conjunto de especies centinela” seleccionando las especies más sensibles del conjunto de especies típicas. Esta selección se hace usando índices específicos capaces de evaluar la sensibilidad de las especies a una presión particular.

La selección de especies sensibles se ha realizado siguiendo los fundamentos que rigen la clasificación de las especies de macroalgas en grupos de estado ecológico (Orfanidis *et al.*, 2001), atendiendo a características biológicas o rasgos que las definen, y que suelen relacionarse con su mayor o menor tolerancia a las presiones antropogénicas. Hasta la fecha, se han establecido las categorías elegidas por Orfanidis *et al.*, (2011), que agrupa las distintas especies de algas en 5 categorías funcionales asociadas a su morfología, y a variables como su productividad, longevidad, o estrategia de crecimiento. Estas cinco categorías se asocian a una mayor o menor sensibilidad a los impactos antropogénicos, y en general definen a especies oportunistas frente a otras más sensibles, además de establecer un grupo intermedio de especies tolerantes, cuya predominancia sería indicadora de estadios intermedios de perturbación. De este modo, la idea es asignar un grupo de estado ecológico a cada una de las especies encontradas en las cinco demarcaciones, estableciéndose, además las categorías de los rasgos concretos para cada una de ellas. Una vez recogida esta información, se pretende ver en qué medida están representadas las distintas categorías y añadir rasgos adicionales que puedan complementar a los ya establecidos, sobre todo a la hora de evaluar la respuesta de las macroalgas a presiones específicas como puedan ser la acidificación o el aumento de la temperatura del agua del mar, en principio no recogidos en su respuesta general a las presiones antropogénicas. Se han propuesto unos “grupos de sensibilidad” general en base a estos rasgos, con los que se continuará el proceso de testado del indicador BH1 para las macroalgas, realizándose simulaciones *ad hoc* en las distintas demarcaciones para probar su validez.

En el marco del programa de seguimiento de hábitats bentónicos del infralitoral rocoso, se proponen las siguientes categorías de sensibilidad para las especies de macroalgas registradas en las campañas de prospección de los hábitats bentónicos del infralitoral rocoso y que son objeto de monitorización en el marco del programa, con el fin de utilizarlas en la aplicación del indicador BH1-SOS. Al margen de procesos globales asociados al cambio climático como son el aumento de la temperatura y la acidificación de los océanos, o el aumento de la herbivoría, las principales presiones que afectan a los hábitat de macroalgas en el infralitoral rocoso son las asociadas a procesos de sedimentación, aumento de la materia orgánica y la eutrofización, por lo que si bien las macroalgas muestran rasgos diferenciados entre las especies oportunistas y las sensibles, la selección de categorías se ha reali-



zado en base a su resistencia a los impactos asociados a este tipo de presiones. La Tabla 2 recoge los principales rasgos que definen las categorías propuestas:

Grupo I. Especies oportunistas. Especies unicelulares, filamentosas o tubulares de morfologías simples, con una o pocas capas de células, no corticadas que muestran una gran productividad, con ciclos de vida anuales, con reproducción asexual y estrategias de crecimiento típicas de especies ruderales, habituadas a lugares impactados. En esta categoría se han incluido todas las especies de algas alóctonas en cada demarcación, tanto si presentan carácter invasor como si no, con la idea de reflejar su mayor preponderancia y capacidad invasora en hábitats degradados.

Grupo II. Especies tolerantes. Este grupo incluye a una amplia variedad de especies de algas calcificadas que toleran niveles bajos de iluminación y moderados de turbidez y contaminación. Son calcificadas, crustosas o erectas, articuladas o no, pudiendo ser perennes o anuales. Muestran, por lo general, productividades bajas y pueden ser desde pioneras hasta formar parte de las últimas etapas sucesionales, siendo buenas competidoras y a menudo especies formadoras de hábitat, si bien suelen formar el estrato basal y arbustivo (sotobosque) de la mayor parte de las formaciones macrofíticas. Colonizan rápidamente los sustratos vacíos y en ocasiones suponen una parte considerable del denominado “turf”. Son epilíticas, incrustantes o epifíticas. En el contexto de cambio global, sin embargo, se pueden ver afectadas negativamente por el aumento de la acidificación, dada su estructura calcárea (Nelson, 2009). En general, las especies tolerantes soportan bien los excesos en materia orgánica y aunque están presentes en las comunidades en condiciones normales, se ven favorecidas por este incremento.

Grupo III. Especies indiferentes. Especies indiferentes a la eutrofización y sus efectos, que siempre aparecen en pequeñas densidades y no muestran variaciones significativas en las distintas etapas de sucesión (entre los estadios climáticos y los moderadamente impactados). Suelen ser especies formadoras del sotobosque, generalmente corticadas y de tamaño intermedio o pequeño, con productividades altas o bajas en función de las distintas especies y sus ciclos reproductivos. Del mismo modo, pueden ser perennes o anuales y tener o no reproducción asexual.

Grupo IV. Especies sensibles. Especies de gran tamaño o muy ramificadas, de corticación desarrollada y morfología especializada (con estructuras de sujeción, flotación, reproductivas, etc.), anuales o perennes, con ciclos de vida complejos, sincronizados con las condiciones ambientales propicias, epilíticas (no epifíticas), competitivas.

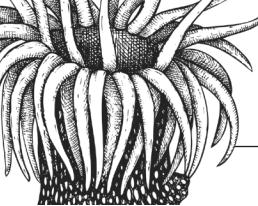
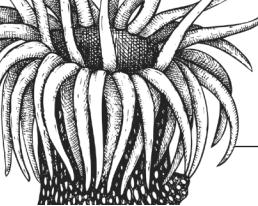
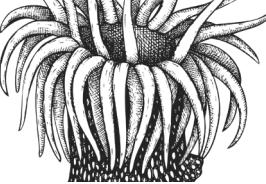


Tabla 2. Categorías de sensibilidad propuestas para la aplicación del BH1-SOS a las macroalgas. Relación con los principales rasgos biológicos asociados a su definición

Categorías EEMM (INFRA)	Grupo morfológico	Tamaño (m)	Morfología externa	Anatomía interna	Posición/ hábito	Ciclo de vida	Reproducción asexual	Longevidad (sucesión)	Estrategia de crecimiento (sensu Grime, 1979, 2001)
GRUPO I. ESPECIES OPORTUNISTAS.	Microalga, cianobacterias	pequeño $10^{-6}$ - $10^{-4}$	unicelular o filamentosas, formadoras de colonias	unicelulares	cespitoso, flotante, filamento	corto	sí	anuales (oportunistas)	
	algas filamentosas	$10^{-3}$ - $10^{-1}$	ramificación delicada, filamentosa	Uniseriadas, multiseriadas o de corticación leve	basal, cespitoso, epifítico, epíltico	corto	sí	anuales (oportunistas)	ruderal
	algas foliosas/carnosas	$10^{-3}$ - $10^{-2}$	tubular fina y foliosa	no corticadas, de una o pocas células de grosor	basal, cespitoso, epifítico, epíltico, arbustivo	corto	sí	anuales (oportunistas)	ruderal
GRUPO II. ESPECIES TOLERANTES	algas calcáreas articuladas	$10^{-2}$ - $10^{-1}$	articuladas, calcáreas, erectas	genículos calcificados, intergenículos flexibles	cespitoso, arbustivo	largo	sí	perennes (últimas etapas sucesionales)	competidoras
	algas calcáreas incrustantes	$10^{-2}$ - $10^{-1}$	epilíticas, prostradas, incrustantes	filas de células paralelas, calcificadas o no	crustoso, basal	largo	sí	perennes (pioneras a últimas etapas sucesionales)	competidoras



Categorías EEMM (INFRA)	Grupo morfolofuncional	Tamaño (m)	Morfología externa	Anatomía interna	Posición/ hábito	Ciclo de vida	Reproducción asexual	Longevidad (sucesión)	Estrategia de crecimiento (sensu Grime, 1979, 2001)
GRUPO III. ESPECIES INDIFERENTES	algas de ramificación grosera	$10^{-1}$ - 1	erectas, ramificación grosera	corticadas, cortex y médulas bien desarrolladas	arbustivo	especie-dependiente	Especie-dependiente	anuales (etapas intermedias de sucesión) o perennes	tolerantes a estrés-ruderales o tolerante a estrés-competidoras
GRUPO IV. ESPECIES SENSIBLES.	algas gruesas coriáceas	$10^{-1}$ - 10	talos y ramas gruesos	diferenciadas, muy corticadas, de paredes gruesas	formadoras del dosel, especies estructurantes	largo	no	perennes (últimas etapas sucesionales)	competidoras



Durante este ciclo, se han asignado categorías de sensibilidad a todas las especies de macroalgas registradas en las cinco demarcaciones en base a estas categorías y a las establecidas por Orfanidis *et al.*, (2011) y Pinedo *et al.*, (2007) a modo de contraste. La categorización se ha hecho en base a los *traits* recogidos para cada especie en la literatura, y cómo se corresponden con los descritos en la Tabla 2. En caso de discrepancias, o de existir referencias específicas en la literatura para alguna especie que la identifique como oportunista, tolerante, o sensible, se le ha dado también esta categoría, citando la referencia en cuestión en la tabla correspondiente. Asimismo, se ha tenido en cuenta el conocimiento previo de las especies y su presencia y tendencias de distribución y abundancia en función de las condiciones ambientales y de presión observadas durante las campañas. A continuación, se ha establecido una categoría “ES-HB-1” preliminar para las especies características de todas las demarcaciones. Esta clasificación está siendo consensuada y evaluada por los expertos de cada demarcación de modo que pueda ser utilizada para continuar con el testado del indicador BH1 utilizando las macroalgas.

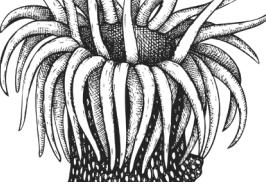
## Invertebrados

La metodología empleada ha sido similar a la utilizada para las macroalgas mediante el uso de las especies centinela (Serrano *et al.*, 2022) y su utilidad para informar de la condición de un hábitat. Las especies centinela se han obtenido de entre las especies características de invertebrados de cada demarcación. Estas especies se han seleccionado en función de su frecuencia de aparición en todos los puntos muestreados en cada demarcación. De ellas se han seleccionado aquellas especies sensibles al conjunto de las presiones físicas (fondeo, buceo, dragado, construcción de infraestructuras, etc.). La selección se ha llevado a cabo mediante el análisis de sus rasgos o características biológicas (*Biological Traits* en inglés), que permiten estimar la capacidad de impacto de diversas actividades humanas sobre las especies y los ecosistemas, y la resistencia y su resiliencia en el tiempo en respuesta a un impacto o perturbación (Van der Linden *et al.*, 2012).

Para la selección de los rasgos biológicos a analizar, se ha utilizado la bibliografía disponible manteniendo aquellos rasgos usados en el circalitoral rocoso y sedimentario con el indicador BESITO (González-Irusta *et al.*, 2018), que pudieran ser compatibles y utilizables con las especies encontradas en el infralitoral. Se han seleccionado 17 rasgos biológicos, desde el contenido en carbonato cálcico, el hábito alimenticio, o el rango batimétrico entre otros. Del conjunto de estos 17 rasgos, se han seleccionado aquellos que mejor informan o más se ven afectados por las presiones físicas, y se han categorizado en función de la sensibilidad a las presiones físicas con cuatro valores, de menor a mayor sensibilidad (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de sensibilidad (1-4) propuestas para la aplicación del BH1-SOS a los invertebrados. Relación con los principales rasgos biológicos asociados a su definición.

Rasgo biológico	Categoría asignada			
	1	2	3	4
Movilidad				
Movilidad	Nadador	Reptante	Excavador/Aprovecha grietas/Reptante ocasional	Sésil
Fijación al sustrato	Sin fijación (vágil)	Ninguna (sésil-excavador ocasional)	Temporal	Permanente
Morfología y esqueleto				



Rasgo biológico	Categoría asignada			
	1	2	3	4
Posición en el bentos	Excavada	-	Superficie	Emergente (>20 cm)
Tamaño (cm)	Pequeño (<2 cm)	Mediano (2-10 cm)	Mediano-grande (11-50 cm)	Grande (>50 cm)
Forma corporal	Aplanada	Globosa	Erecto, sin ramificar (vertical)	Erecto y ramificado
Fragilidad	Cuerpo duro/ Concha dura	Duro	Sin protección	Concha frágil

El cálculo de la sensibilidad se ha realizado mediante la elaboración de un índice o fórmula matemática denominado IRIS (*Infralittoral Rock Index of Sensitivity*) que tiene en cuenta cinco de los seis rasgos o características biológicas mencionadas:

$$\text{IRIS} = ((10 \times \text{tamaño}) + (3 \times \text{fijación al sustrato}) + (5 \times \text{forma corporal}) + (2 \times \text{longevidad}) + (3 \times \text{fragilidad})) / 8$$

La combinación de los cinco traits ponderados según el grado del efecto que ejercen las presiones sobre ellos, resulta en un valor que permite conocer el grado de sensibilidad de cada especie a las presiones físicas. Valores altos corresponden a especies que tienen alta sensibilidad a las presiones físicas, mientras que valores bajos corresponden a especies poco sensibles o que se ven poco afectadas por las presiones físicas.

Así, el valor resultante de este índice incluye los intervalos siguientes:

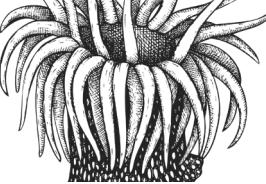
- menor o igual a cinco: correspondiente a especies muy poco sensibles
- mayor a cinco y menor a ocho: correspondiente a especies poco sensibles
- igual a mayor a ocho: correspondiente a especies sensibles

La aplicación de este índice permite conocer el porcentaje relativo de especies sensibles a las presiones en cada punto muestreado de cada hábitat, y por tanto la condición de los hábitats: cuanto menor la proporción de estas especies sensibles, se entiende que el hábitat está sometido a alguna presión que impide su desarrollo y por tanto el hábitat está en peor condición.

Además, se ha calculado el Porcentaje de especies formadoras de hábitats (*Habitat Forming Species-HFS*) mediante la selección de las especies potencialmente formadoras de hábitats, y su porcentaje relativo de abundancia con respecto al total de las especies en cada punto de muestreo.

La selección de las especies formadoras de hábitat se realiza mediante el estudio de sus características biológicas, especialmente las que las posibilitan formar un potencial hábitat:

- especies espacialmente abundantes, dominantes o características
- especies que aumenten, por su tamaño o porte, la complejidad del hábitat
- especies que por su forma corporal aporten una estructura tridimensional, permitiendo el establecimiento de otras especies al proporcionar zonas de refugio o reproducción
- especies que por su forma o tamaño alteren las condiciones ambientales del entorno y por lo tanto modifiquen la diversidad y composición de especies.



Este índice permite conocer la proporción de las especies capaces de formar hábitats y por tanto da una idea de su condición: a mayor proporción de estas especies, mejor la condición del hábitat ya que las especies que lo conforman son capaces de aumentar la complejidad del ambiente, permitiendo el establecimiento de más especies, y por tanto generar hábitats. Además, estas especies pueden actuar acotando las condiciones de estrés ambiental provocadas por las presiones antropogénicas (Falkenberg et al., 2021).

## Peces

La bibliografía científica proporciona tres índices de sensibilidad a presiones basadas en las características biológicas de las especies ícticas. El índice de resiliencia (Froese et al., 2017), una medida de la capacidad de renovación de las poblaciones de una especie; la vulnerabilidad pesquera (Froese y Pauly, 2023), una medida de la sensibilidad intrínseca de las especies ícticas a la pesca; y la vulnerabilidad al cambio climático (Jones y Cheung, 2018), una medida de la sensibilidad de las especies al cambio climático. En este ciclo, se han probado estos tres índices de sensibilidad como medio de evaluación de la condición del hábitat de infralitoral rocoso y arrecifes biogénicos para caracterizar aquellas especies que pueden considerarse sensibles versus aquellas resistentes. Los detalles de estos índices pueden consultarse en los siguientes párrafos.

Aquellas especies características del hábitat de la demarcación que caían en la bibliografía en la categoría de resiliencia que establece Froese et al., (2017), de “muy baja” a “media” han sido consideradas “sensibles”, por tardar sus poblaciones en doblarse más de un año (15 meses). Aquellas clasificadas como de resiliencia “alta” a “muy alta”, han sido consideradas “resistentes”, por ser especies que doblan sus poblaciones en menos de un año (15 meses). Respecto a los índices de vulnerabilidad pesquera y al cambio climático, aquellas especies clasificadas (Jones y Cheung, 2018; Froese y Pauly, 2023) como de vulnerabilidad “moderada-alta” a “muy alta” han sido clasificadas como especies “sensibles”. Se ha calculado el porcentaje de especies sensibles en cada punto de muestreo en base a estos índices.

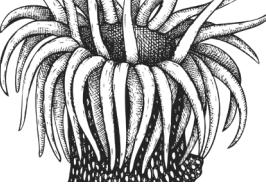
A continuación, se amplía la información sobre estos índices:

**Resiliencia:** este índice hace referencia a la resiliencia de las especies. Indica el mínimo tiempo para duplicar la población que tiene una especie teniendo en cuenta sus registros de esfuerzos de captura o el estado cualitativo de sus poblaciones, así como sus características biológicas. Está basado en el artículo de Froese et al. (2017).

Los autores establecen cuatro categorías de resiliencia que calculan para un gran número de especies y cuya información está disponible en FishBase. Estas categorías son:

- **Muy baja:** la especie necesita más de 14 años en duplicar sus poblaciones.
- **Baja:** la especie necesita al menos entre 4,5-14 años en duplicar sus poblaciones.
- **Media:** la especie es capaz de duplicar sus poblaciones en 1,4-4,4 años.
- **Alta:** la especie es capaz de duplicar sus poblaciones en menos de 15 meses.

**Vulnerabilidad a la pesca:** este índice hace referencia a la vulnerabilidad de las especies a la presión pesquera. Está basado en el artículo de Cheung et al. (2005). Los autores construyen el índice en base a las características del ciclo vital y ecológicas de los peces marinos para estimar su vulnerabilidad intrínseca a la pesca. Tienen en cuenta variables como la talla máxima, la edad de primera madurez, la tasa de crecimiento de von Bertalanffy, la tasa de mortalidad natural, la longevidad, el área de distribución geográfica, la fecundidad anual, el grado de agregación de los individuos de la especie. Si bien este índice está construido y validado empleando tanto especies arrecifales como demersales, consideramos que es interesante su inclusión, dado que asumimos que la presión pesquera comercial a gran escala influye tanto a las especies demersales como a las infralitorales, asumiendo la conectividad natural de las especies ícticas. Además, este índice ha sido calculado para un gran número de especies y está disponible en la base de datos de FishBase (Froese y Pauly, 2023). Como



resultado ofrecen un índice de vulnerabilidad intrínseca, expresado en una escala arbitraria del 1 al 100, siendo 100 el más vulnerable.

Se simplifican a efectos prácticos las categorías de vulnerabilidad dadas por Cheung *et al.* (2005) en cuatro categorías, que expresan diferente grado de sensibilidad:

- Baja (1- 20)
- Moderada (21-40)
- Alta (41-80)
- Muy Alta (> 81)

### Vulnerabilidad al clima

Este *trait* hace referencia a la vulnerabilidad de las especies al clima e intenta responder a los posibles efectos del cambio climático (CC) en las poblaciones ícticas y está basado en el artículo de Jones y Cheung (2018). Los autores construyen el índice en base a las características biológicas y ecológicas de unas mil especies objeto de explotación comercial (tanto de peces como de invertebrados y tanto demersales como costeras), de las que sólo unas 30 especies de peces son características para el infralitoral de las demarcaciones para este ciclo. Sin embargo, se decidió la inclusión de este índice debido a la urgencia de la inclusión de esta presión en el ecosistema infralitoral, uno de los más impactados por variaciones en la temperatura y la acidificación. Los autores construyen este índice en base al grado de exposición al CC (inferido de los límites de distribución latitudinal y batimétrica y al efecto modelizado del CC en dichos límites en base a registros históricos, donde aquellas áreas menos expuestas al CC son aquellas cuyos registros de temperatura, oxígeno y acidificación están dentro de los límites registrados históricamente). También tienen en cuenta la sensibilidad intrínseca de las especies, construida en base a su grado de tolerancia a las temperaturas y/o acidificación y su talla máxima (que se relacionan con el metabolismo de las especies). Por último, tienen en cuenta la adaptabilidad intrínseca de las especies, integrando la información sobre los límites de su distribución espacial a la fecundidad y especificidad del hábitat. Los autores ofrecen un índice de vulnerabilidad, expresado en una escala arbitraria del 1 al 100, siendo 100 el más vulnerable.

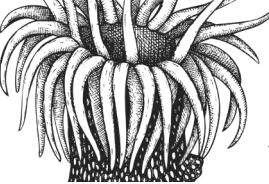
Se simplifican a efectos prácticos las categorías de vulnerabilidad dadas por Jones y Cheung (2018), en cuatro categorías, que expresan diferente grado de sensibilidad:

- Baja (1- 30)
- Moderada (31-50)
- Alta (51-80)
- Muy Alta (> 81)

#### 2.3.3.2. BH2: Índices multimétricos

Los índices multimétricos son una medida de diversos atributos de la estructura ecológica de las comunidades, como por ejemplo la abundancia, diversidad, riqueza o equitatividad de las especies. Permiten resumir toda la información generada sobre la abundancia/biomasa/porcentaje de cobertura de cada individuo de cada especie encontrado, en un valor único que permite su comparación entre puntos o zonas muestreadas, así como evaluar alteraciones producidas en el ambiente, basándose en el concepto de integridad biológica.

Los índices utilizados en el programa HB1, son:



Riqueza de especies (S): medida del número total de especies presentes en cada muestra. A mayor número de especies, mayor la diversidad de una muestra. Esta medida es dependiente por tanto del tamaño muestral.

Riqueza de Margalef (d): medida del número de especies de una muestra, y por tanto su diversidad, teniendo en cuenta el número total de individuos (N), y por tanto independiente del tamaño muestral:

$$d = (S-1)/\log N$$

El valor de este índice permite conocer la diversidad de una muestra, de forma que, a mayor valor del índice, más diversa es una muestra.

Índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ): medida de la diversidad muestral que tiene en cuenta no sólo la riqueza de especies sino también la abundancia y la equitatividad. A mayor valor de este índice, más diversa una determinada muestra.

$$H' = -\sum p_i (\log_e p_i)$$

Donde  $p_i$  es la proporción del número total de cada especie con respecto al total de todas las especies.

El valor de la diversidad de las muestras puede actuar como un indicador no solo de los procesos ecológicos que se llevan a cabo en la comunidad biológica muestreada, sino el impacto de los factores ambientales o las presiones antropogénicas. De forma que, por regla general, las zonas más impactadas presentan menores valores de diversidad que las no impactadas o prístinas.

Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ): expresa cómo de equitativamente están distribuidos los individuos entre las diferentes especies, dando idea del grado de uniformidad en la abundancia de las especies y por tanto si son o no dominantes. Este índice refleja la diversidad y cómo está repartida entre las especies, y por tanto informa de la condición del hábitat.

$$J' = H'/H'_{\max}$$

Donde  $H'$  es el índice de diversidad de Shannon-Weaver.

Índice de Simpson ( $\lambda$ ): Mide en cierta medida la dominancia de las especies en el sentido de que valores más altos corresponderían a comunidades cuya abundancia total esté dominada por una, o muy pocas, especies. Por consiguiente,  $1-\lambda$  expresaría puede interpretarse como un índice de equitatividad o equidad.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

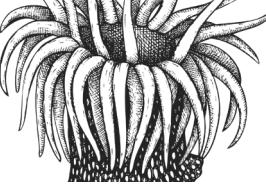
$$1-\lambda = \sum N_i (N_i-1)/N(N-1)$$

Donde  $p_i$  es la proporción de la abundancia total (biomasa, etc.) de la especie  $i$ ; y  $N_i$  es el número de individuos de la especie  $i$ . El índice de Simpson hace referencia a la probabilidad de que dos individuos cualesquiera de una muestra dada, elegidos al azar, sean de la misma especie.

Porcentaje de especies formadoras de hábitats (*Habitat Forming Species-HFS*): calculado mediante la selección de las especies potencialmente formadoras de hábitats, y su porcentaje relativo de abundancia con respecto al total de las especies en cada punto de muestreo.

La selección de las especies formadoras de hábitat se realiza mediante el estudio de sus características biológicas, especialmente las que posibilitan formar un potencial hábitat:

- especies espacialmente abundantes, dominantes o características
- especies que aumenten, por su tamaño o porte, la complejidad del hábitat
- especies que por su forma corporal aporten una estructura tridimensional, permitiendo el establecimiento de otras especies al proporcionar zonas de refugio o reproducción



- especies que por su forma o tamaño alteren las condiciones ambientales del entorno y por lo tanto modifiquen la diversidad y composición de especies

Este índice permite conocer la proporción de las especies capaces de formar hábitat y por tanto da una idea de la condición del hábitat: a mayor proporción de estas especies, mejor la condición del hábitat ya que las especies que lo conforman son capaces de aumentar la complejidad del ambiente, permitiendo el establecimiento de más especies, y por tanto generar hábitat. Además, estas especies pueden actuar acotando las condiciones de estrés ambiental provocadas por las presiones antropogénicas (Falkenberg et al., 2021).

Porcentaje de especies introducidas invasoras (%EI): calculado mediante la selección de las especies introducidas o invasoras, y su porcentaje relativo de abundancia con respecto al total de las especies en cada punto de muestreo.

Adicionalmente, para los índices de diversidad (Riqueza específica, Índice de Shannon, Índice de Simpson, Índice de Pielou e Índice de Margalef), se usaron diferentes modelos estadísticos para detectar las posibles diferencias en estos indicadores y los grupos identificados por el análisis SIMPROF. En el caso de la riqueza específica se usaron Modelos Lineales Mixtos Generalizados (GLMMs), que permiten analizar datos que no siguen una distribución normal, como por ejemplo una distribución de Poisson (Bolker et al., 2009). Para el resto de indicadores se usaron Modelos Lineales Mixtos (lme). En ambos casos se analizó un diseño experimental que consideró como factor fijo “área” (con los diferentes niveles identificados por el análisis SIMPROF), y un factor aleatorio “zona” cuyos niveles se corresponden con los distintos puntos de muestreo dentro de cada “área”.

El cálculo de todos los índices descritos anteriormente se realizó con el software PRIMER-E v6.1.11 statistical package (Clarke y Gorley 2006). Todos los análisis univariantes fueron realizados por el software R (Versión 3.3.2; R CoreTeam 2017). Para llevar a cabo los lme se usó el paquete ‘nlme’ (Pinheiro et al., 2017) y se comprobó la normalidad y homogeneidad de los residuos mediante el test de Shapiro-Wilk y Bartlett respectivamente. Para los análisis de abundancia de la especie *Rugulopteryx okamurae* a lo largo de los diferentes puntos de muestreo se usó el análisis ANOVA y Tukey como test a posteriori.

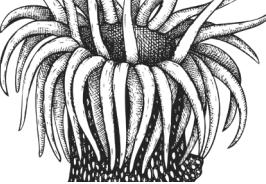
### 2.3.3.3. HB-DMA: CFR, Calidad de fondos rocosos (Quality of rocky bottoms)

Se ha utilizado el índice de Calidad de los Fondos Rocosos (CFR, Juanes et al., 2008), para evaluar el estado ambiental de cada uno de los puntos prospectados en las distintas demarcaciones. El índice CFR se utiliza como indicador común en el marco de la Directiva Marco del Agua (DMA) para la evaluación de las masas de agua costeras, y ha pasado una fase de intercalibración a nivel del Atlántico Norte tras la cual se considera indicador común tanto para el intermareal como el submareal rocosos (Guinda et al., 2014). En este ciclo de la DDEM, se ha iniciado el proceso de adaptación del indicador a todas las demarcaciones marinas españolas.

Los datos utilizados para el cálculo del indicador fueron los obtenidos de visu durante las campañas del Programa de Seguimiento para hábitat bentónicos del infralitoral rocoso (HB1), es decir, los datos de punto de contacto a lo largo de los 4 transectos (4x50m) prospectados durante las campañas en cada punto de muestreo. Los transectos incompletos fueron eliminados de los análisis.

Las métricas que utiliza este índice son:

- Cobertura de “macroalgas características” (C),
- Fracción de especies oportunistas (F), y
- Riqueza de “macroalgas características” (R).



La primera métrica (C) representa la cobertura total de todas las especies de “macroalgas características” (CM) presentes en la zona de estudio. Este grupo de especies se compone principalmente de las algas sucesionales tardías o las macroalgas perennes.

La segunda métrica (F) estima la fracción de especies oportunistas calculada según la Tabla 1:

$$F = \frac{O}{C+O} \times 100$$

Donde, “F” es la fracción de oportunistas, “O” es la cobertura total de oportunistas y “C” es la cobertura total de macroalgas características.

La tercera métrica (R) considera el número de especies de macroalgas características con una cobertura significativa ( $>1\%$ ).

Las especies características de cada demarcación se obtuvieron siguiendo la metodología que se detalla en la sección 2.3.2. Identificación de especies características, en el resto de demarcaciones se han utilizado los puntos prístinos (o menos impactados) de cada demarcación, pero también datos bibliográficos de la composición de las comunidades predominantes en cada zona. Sin embargo, en la DMSUD se han utilizado exclusivamente datos bibliográficos y criterio experto, debido a que la demarcación carece de puntos prístinos para identificar y seleccionar las especies características.

De igual modo, las especies oportunistas, se identificaron como aquellas que, por su carácter ruderal, o de respuesta rápida a los pulsos de nutrientes o contaminación orgánica con un aumento en sus abundancias, se han identificado en la literatura como oportunistas. Todas las especies alóctonas (independientemente de si muestran carácter invasor o no) se asimilaron a oportunistas, puesto que representan un grado de deterioro del sistema.

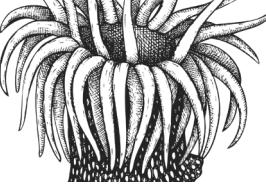
Una vez obtenidas las métricas para el cálculo del índice, se aplicó la Ecuación 2, que consiste en la suma ponderada de los valores obtenidos para las tres métricas (C: Cobertura de “macroalgas características”, F: Fracción de especies oportunistas y R: Riqueza de macroalgas características); que consiste en la suma ponderada de los valores obtenidos para las tres métricas (C: Cobertura de “macroalgas características”, F: Fracción de especies oportunistas y R: Riqueza de macroalgas características):

$$CFR = (0.45C) + (0.35F) + (0.2)R$$

Los valores obtenidos se compararon con las condiciones de referencia establecidas para cada demarcación (Tabla 4), obteniéndose así una puntuación (entre 0 y 1) para cada una de las estaciones de muestreo en función de los criterios establecidos en la metodología propuesta por Guinda et al. (2014), siguiendo las ecuaciones indicadas en la Tabla 5.

Tabla 4. Condiciones de Referencia (CR) aplicadas a las métricas del índice CFR en las cinco demarcaciones españolas para el piso infralitoral rocoso somero (5-15m). CR1 y CR0: Condiciones de referencia para los estados ambientales bueno/elevado y malo, respectivamente. CM: Macroalgas características. NOR: demarcación noratlántica; SUD: demarcación sudatlántica; ESAL: demarcación Estrecho y Alborán; CAN: demarcación canaria.

Métrica	CR	NOR	SUD	ESAL	LEBA	CAN
C: Cobertura de CM (%)	CR1	90	90	80	76	80
F: Fracción de oportunistas (%)	CR1	2	2	2	2	10
	CR0	30	30	30	22	30
R: Riqueza de CM	CR1	6	7	8	9	6



De forma general, y salvo en el caso de la DMNOR, donde las condiciones de referencia (CR) ya fueron establecidas para zonas del submareal somero (profundidades entre 5 y 15 metros), por Guinda et al. (2014), para la determinación de dichos umbrales en las otras demarcaciones se ha seguido la metodología establecida por estos mismos autores. De este modo, las CR se han establecido combinando el criterio experto con los datos obtenidos en las campañas de muestreo. En el caso de la DMSUD, se han utilizado los parámetros usados e intercalibrados en la DMNOR pero incrementando la "R" en 1 (de 6 a 7), ya que al situarse en una zona con cierta influencia mediterránea se pueden dar más frecuencia de especies características, como sucede con el caso de especies de algas calcáreas como las perteneciente al complejo *Lithophyllum-Mesophyllum*.

Tabla 5. Criterios establecidos para el cálculo de las puntuaciones correspondientes al índice CFR. CR1 y CR0: Condiciones de referencia para los estados ambientales elevado y malo respectivamente. CM: Macroalgas características.

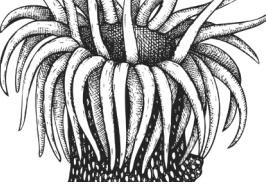
Métrica	Si	Entonces:	Si no:
C: Cobertura de características CM (%)	$C \geq RC_1$	$C_{punt.} = 1$	$C_{punt.} = C/RC_1$
F: Fracción de oportunistas (%)	$F \leq RC_1$ $F \geq RC_0$	$F_{punt.} = 1$	$F_{punt.} = (RC_0 - F) / (RC_0 - RC_1)$
R: Riqueza de CM	$R \geq RC_1$	$R_{punt.} = 1$	$R_{punt.} = R/RC_1$

Para cada estación de muestreo, se obtuvo el valor del indicador por transecto, hallándose después el valor medio ( $\pm$  SE) para el punto en cuestión. Estas puntuaciones se refirieron a una escala equivalente al “Índice de Calidad Ecológica” (Equivalent Quality Ratio, EQR), aplicable para la asignación de categorías de calidad ecológica (EQ), tal y como exige la Directiva Marco del Agua (Tabla 6), y que fueron establecidos para el índice CFR como resultado del ejercicio de intercalibración europea realizado en el área geográfica del atlántico NE (Cusack et al., 2008).

Tabla 6. Límites del Ratio de Calidad Ecológica (EQR) validados por la Comisión Europea (2013) para la asignación de las categorías de Calidad Ecológica (EQ) según los resultados obtenidos por el índice CFR.

CFR = EQR	EQ
0,81 - 1	Elevado
0,6 - 0,81	Bueno
0,4 - 0,6	Moderado
0,2 - 0,4	Pobre
0 - 0,2	Malo

Finalmente, se calculó el porcentaje de estaciones en cada uno de los niveles de calidad ecológica.



### 3. Resultados

#### 3.1. Broad habitat type: roca infralitoral y arrecife biogénico

##### 3.1.1. Descripción BHT

###### Roca infralitoral y arrecife biogénico

La zona infralitoral se refiere al área del fondo marino (bentos) que está inmediatamente por debajo del nivel inferior del nivel de bajamar encontrándose por consiguiente permanentemente sumergido. El límite inferior de la zona infralitoral está marcado por la máxima profundidad en la que existen fanerógamas marinas o algas fotófilas. Las principales características que determinan las comunidades de la demarcación son una alta sedimentación, lo que provoca una baja visibilidad y esto, junto con un aporte de nutrientes por afluencia de varias desembocaduras de ríos, causa que en la demarcación haya una dominancia de algas esciáfilos y semiesciáfilas como *Flabellia petiolata*, el complejo *Lithophyllum-Mesophyllum*, *Sphaerococcus coronopifolius* o *turf* e invertebrados, algunos de ellos típicos de mayores profundidades.

Los fondos rocosos infralitorales de la DMSUD se extienden, principalmente, a lo largo de toda la costa gaditana con un amplio estrato batimétrico, mientras que en la costa onubense aparecen pequeñas manchas rocosas a modo de lajas que albergan una elevada diversidad biológica donde predominan las gorgonias.

###### Roca infralitoral y arrecife biogénico fotófilo

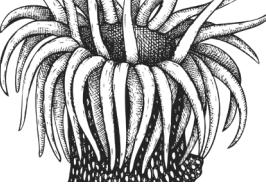
###### Litoral de Huelva

Los fondos rocosos están poco representados en la zona litoral somera, restringiéndose a algunas lajas o afloramientos rocosos de escasa altitud y dispersos. Entre los invertebrados más abundantes encontramos sobre todo organismos que se alimentan principalmente de la alta concentración de partículas en suspensión. Entre ellos podríamos destacar las gorgonias *Eunicella verrucosa* y *Leptogorgia sarmentosa*, y briozoos como *Pentapora fascialis* y *Turbicellepora magnicostata*. La presencia del antozoo *Dendrophyllia ramea* es bastante reducida, si se compara con las poblaciones que aparecen en las costas de Cádiz (Aguilar et al., 2010; Silva, L., observación personal). También abundan especies de esponjas, otros cnidarios y anélidos poliquetos, como *Serpula vermicularis*, *Sabella pavonina* o *Bonellia viridis*, esta última suele ser más abundante en la zona del litoral de Cádiz.

###### Litoral de Cádiz

En el litoral de Cádiz predominan más las formaciones rocosas en la franja litoral somera, que se intercalan con zonas de fangos y arenas en zonas próximas a los ríos como el Guadalete y al saco de la bahía de Cádiz, además de la del río Barbate, localizada más al sur, con mucho menos aporte de agua dulce y de sólidos en suspensión que las anteriores. La franja con mayor influencia fluvial, debido a los aportes del Guadalquivir, se extiende desde Sanlúcar de Barrameda y Chipiona, hasta prácticamente la ciudad de Cádiz, donde la influencia del río Guadalete es bastante notable.

Las zonas rocosas de estas zonas muestran una elevada diversidad de corales y gorgonias. Mientras que los primeros son más habituales en las zonas más alejadas de la costa, las gorgonias ocupan



grandes espacios en las rocas más costeras. Estos fondos rocosos, entre 8 y 10 m de profundidad, están cubiertos de numerosos briozoos, hidrozoos, esponjas y gorgonias (*Leptogorgia sarmentosa* o *Eunicella verrucosa* entre otras especies). A partir de los 15-20 m podemos encontrar corales arborescentes (*Dendrophyllia ramea*, *Dendrophyllia cornígera*) junto con otras especies de antozoos, hidrozoos, esponjas, ascidias y briozoos. La presencia de una elevada concentración de materia orgánica en suspensión favorece la presencia de esta numerosa y variada representación de organismos suspensívoros y filtradores. Entre las poblaciones de algas que tapizan el estrato rocoso se encuentran sobre todo coralináceas como el complejo *Mesophyllum-Lithophyllum*, el alga roja *Sphaerococcus coronopifolius* y también el conjunto de algas verdes de porte cespitoso denominado turf.

Los fondos rocosos al sur de Cádiz son mucho más abundantes y se extienden hasta la ensenada de Barbate y Zahara de los Atunes. La franja más costera presenta manchas arenosas que son colonizadas por fanerógamas marinas. En los afloramientos y arrecifes rocosos de esta zona son abundantes las esponjas, ascidias, anémonas y cnidarios, tales como *Astroides calyculus*, especie colonial catalogada como vulnerable, presente en los fondos rocosos someros del sur de la provincia de Cádiz. Los briozoos están igualmente presentes en estos sustratos duros, resaltando la especie *Myriapora truncata*, por sus formaciones arborescentes semejantes a la de los corales. Es destacable como en los últimos años, la especie de alga invasora *Rugulopteryx okamurae* es cada vez más abundante a lo largo de la costa gaditana, llegando en la zona más al sur de la demarcación a prácticamente dominar los fondos fotófilos.

### Roca infralitoral y arrecife biogénico esciáfilo

Es un hábitat que se encuentra de forma general entre los 5 y 50 m de profundidad, y puede llegar a aparecer en zonas más someras si la turbidez del agua impide que la luz penetre. Generalmente, la comunidad se asienta sobre bloques rocosos, aislados o en grupos, y pueden llegar a encontrarse en fondos detríticos. La escasez de luz favorece la presencia de animales, aunque en los niveles superiores también aparecen algas esciáfilas. No obstante, la turbidez, la topografía del fondo y el hidrodinamismo condicionan la fauna asociada, lo que lo convierte en una comunidad compleja de clasificar. En ambientes con fuertes corrientes, pero también en zonas someras con alta turbidez, suelen dominar los invertebrados sésiles filtradores, destacando las gorgonias, las esponjas, los briozoos y las ascidias.

#### 3.1.1.1. Comparativa mapas EMODnet

Una de las dificultades a la hora de poder caracterizar los fondos de la demarcación fue la no correspondencia de las capas iniciales de referencia de EMODnet con el tipo de fondo real. En la Figura 3 se muestra la coincidencia o no de los puntos de muestreo realizados hasta la fecha con las capas de EMODnet.

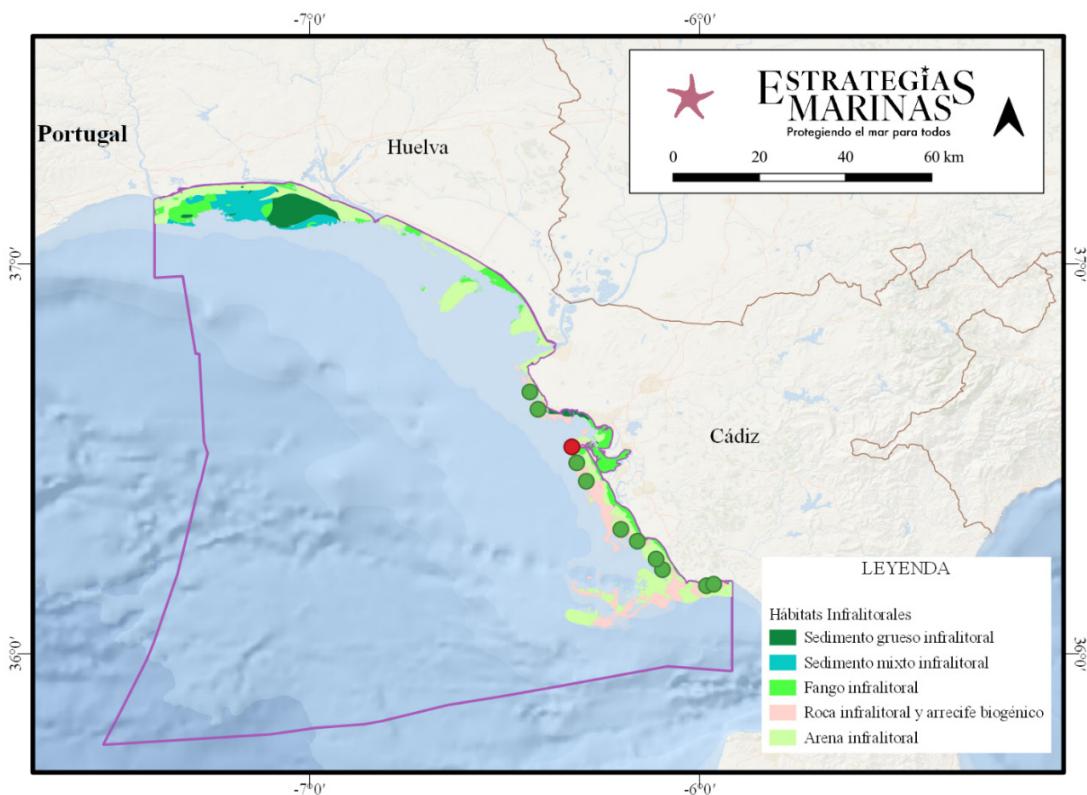


Figura 3. Puntos de muestreo de la demarcación sudatlántica en Roca infralitoral y arrecife biogénico mostrando si coinciden (puntos color verde) o no coinciden (puntos color rojo), con el tipo de fondo modelado por EMODnet.

### 3.1.1.2. Especies características de la demarcación

En el conjunto de la demarcación y considerando el hábitat de roca infralitoral y arrecife biogénico, se identificaron 29 taxones de algas (Tabla 7), 43 taxones de invertebrados (Tabla 8) y 38 especies de peces (Tabla 9), como características de la demarcación DMSUD.

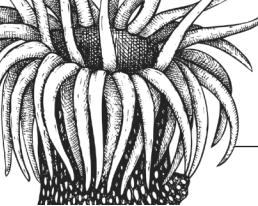
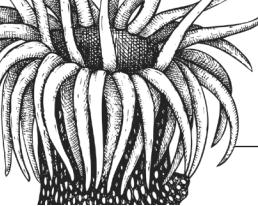


Tabla 7. Lista de especies características de algas de la demarcación sudatlántica.

Phylum	Orden	Familia	Género	Especie
Chlorophyta	Bryopsidales	Bryopsidaceae	<i>Bryopsis</i>	<i>Bryopsis plumosa</i>
		Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>Codium bursa</i>
			<i>Codium</i>	<i>Codium vermilara</i>
	Halimedaceae	<i>Flabellaria</i>		<i>Flabellaria petiolata</i>
	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	<i>Cladophora</i> sp.
Ochrophyta	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	<i>Dictyota cyanoloma</i>
			<i>Dictyota</i>	<i>Dictyota dichotoma</i>
			<i>Dictyota</i>	<i>Dictyota</i> sp.
			<i>Rugulopteryx</i>	<i>Rugulopteryx okamurae</i>
			<i>Taonia</i>	<i>Taonia atomaria</i>
	Ectocarpales	Scytoniphonaceae	<i>Colpomenia</i>	<i>Colpomenia</i> sp.
	Sphaereliales	Cladostephaceae	<i>Cladostephus</i>	<i>Cladostephus spongiosus</i>
		Stypocaulaceae	<i>Halopteris</i>	<i>Halopteris filicina</i>
			<i>Halopteris</i>	<i>Halopteris scoparia</i>
	Sporochnales	Sporochnaceae	<i>Sporochnus</i>	<i>Sporochnus pedunculatus</i>



Phylum	Orden	Familia	Género	Espezie
Rhodophyta	Bonnemaisoniales	Bonnemaisoniaceae	Asparagopsis	<i>Asparagopsis armata</i>
			<i>Bonnemaisonia</i>	<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>
	Ceramiales	Delessertiaceae	<i>Cottoniella</i>	<i>Cottoniella filamentosa</i>
	Corallinales	Corallinaceae	<i>Ellisolandia</i>	<i>Ellisolandia elongata</i>
		Lithophyllaceae	<i>Lithophyllum</i>	<i>Lithophyllum</i> sp.
		Spongitaceae	<i>Neogoniolithon</i>	<i>Neogoniolithon brassica-florida</i>
			<i>Spongites</i>	<i>Spongites fruticulosa</i>
	Gigartinales	Sphaerococcaceae	<i>Sphaerococcus</i>	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>
	Halymeniales	Halymeniaceae	<i>Halymenia</i>	<i>Halymenia floresii</i>
	Hapalidiales	Mesophyllumaceae	<i>Mesophyllum</i>	<i>Mesophyllum</i> sp.
	Peyssonneliales	Peyssonneliaceae	<i>Peyssonnelia</i>	<i>Peyssonnelia</i> sp.
	Plocamiales	Plocamiaceae	<i>Plocamium</i>	<i>Plocamium cartilagineum</i>
	Rhodymeniales	Faucheaceae	<i>Gloiocladia</i>	<i>Gloiocladia</i> sp.
				Turf

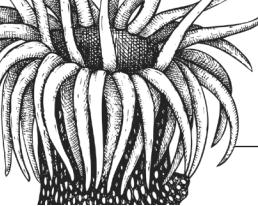
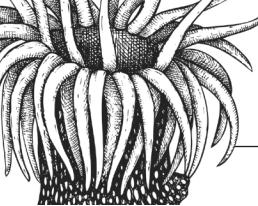
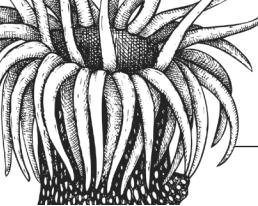


Tabla 8. Lista de especies de invertebrados características de la demarcación sudatlántica.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Annelida	Polychaeta	Sabellida	Serpulidae	Protula	<i>Protula tubularia</i>
Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Adeonidae	<i>Reptadeonella</i>	<i>Reptadeonella violacea</i>
			Bitectiporidae	<i>Pentapora</i>	<i>Pentapora fascialis</i>
				<i>Schizomavella</i>	<i>Schizomavella mamillata</i>
			Celleporidae	<i>Cellepora</i>	<i>Cellepora pumicosa</i>
				<i>Turbicellepora</i>	<i>Turbicellepora magnicostata</i>
			Myriaporidae	<i>Myriapora</i>	<i>Myriapora truncata</i>
Chordata	Asciidiacea	Aplousobranchia	Polycitoridae	<i>Polycitor</i>	<i>Polycitor adriaticus</i>
			Polyclinidae	<i>Aplidium</i>	<i>Aplidium conicum</i>
				<i>Synoicum</i>	<i>Synoicum blochmanni</i>
		Phlebobranchia	Perophoridae	<i>Ecteinascidia</i>	<i>Ecteinascidia turbinata</i>
		Stolidobranchia	Pyuridae	<i>Halocynthia</i>	<i>Halocynthia papillosa</i>
Anthozoa	Anthozoa	Actiniaria	Aiptasiidae	<i>Aiptasia</i>	<i>Aiptasia mutabilis</i>
		Malacalcyonacea	Eunicellidae	<i>Eunicella</i>	<i>Eunicella singularis</i>
					<i>Eunicella verrucosa</i>
		Gorgoniidae	<i>Leptogorgia</i>	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	
		Scleractinia	Dendrophylliidae	<i>Astroides</i>	<i>Astroides calyculus</i>



Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Cnidaria	Hydrozoa	Anthoathecata	Eudendriidae	Eudendrium	<i>Eudendrium</i> sp.
			Pennariidae	Pennaria	<i>Pennaria disticha</i>
		Leptothecata	Aglaopheniidae	Aglaophenia	<i>Aglaophenia</i> sp.
			Halopterididae	Antennella	<i>Antennella</i> sp.
Echinodermata	Holothuroidea	Holothuriida	Holothuriidae	Holothuria	<i>Holothuria tubulosa</i>
Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Cerithiidae	Cerithium	<i>Cerithium vulgatum</i>
		Nudibranchia	Flabellinidae	Flabellina	<i>Flabellina affinis</i>
		Trochida	Turbinidae	Bolma	<i>Bolma rugosa</i>
Porifera	Demospongiae	Agelasida	Agelasiidae	Agelas	<i>Agelas oroides</i>
		Axinellida	Axinellidae	Axinella	<i>Axinella damicornis</i>
		Bubarida	Dictyonellidae	Acanthella	<i>Acanthella acuta</i>
		Chondrosiida	Chondrosiidae	Chondrosia	<i>Chondrosia reniformis</i>
		Clionaida	Clionidae	Cliona	<i>Cliona celata</i>
					<i>Cliona viridis</i>



Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	
Porifera	Demospongiae	Dictyoceratida	Dysideidae	Dysidea	<i>Dysidea avara</i>	
					<i>Dysidea fragilis</i>	
			Irciniidae	<i>Ircinia</i>	<i>Ircinia oros</i>	
		Poecilosclerida		<i>Sarcotragus</i>	<i>Sarcotragus fasciculatus</i>	
					<i>Sarcotragus spinosulus</i>	
		Haplosclerida	Petrosiidae	<i>Petrosia</i>	<i>Petrosia ficiformis</i>	
		Hymedesmiidae	Crambeidae	<i>Crambe</i>	<i>Crambe crambe</i>	
			Crellidae	<i>Crella</i>	<i>Crella elegans</i>	
			<i>Phorbas</i>	<i>Phorbas</i>	<i>Phorbas fictitius</i>	
					<i>Phorbas tenacior</i>	
					<i>Phorbas topsentii</i>	
	Homoscleromorpha	Homosclerophorida	Oscarellaidae	<i>Oscarella</i>	<i>Oscarella lobularis</i>	

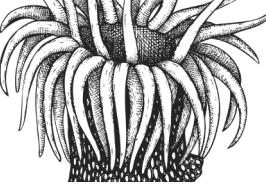
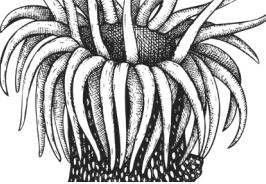


Tabla 9. Lista de especies características de peces de la demarcación sudatlántica.

Familia	Género	Especie
Blenniidae	Parablennius	<i>Parablennius pilicornis</i>
		<i>Parablennius rouxi</i>
Gobiidae	Gobius	<i>Gobius buccichii</i>
		<i>Gobius xanthocephalus</i>
Haemulidae	<i>Parapristipoma</i>	<i>Parapristipoma octolineatum</i>
	<i>Plectorrhinchus</i>	<i>Plectorrhinchus mediterraneus</i>
	<i>Pomadasys</i>	<i>Pomadasys incisus</i>
Labridae	<i>Centrolabrus</i>	<i>Centrolabrus melanocercus</i>
	<i>Coris</i>	<i>Coris julis</i>
	<i>Ctenolabrus</i>	<i>Ctenolabrus rupestris</i>
	<i>Labrus</i>	<i>Labrus bergylta</i>
		<i>Labrus merula</i>
	<i>Syphodus</i>	<i>Syphodus bailloni</i>
		<i>Syphodus doderleini</i>
		<i>Syphodus mediterraneus</i>
		<i>Syphodus melops</i>
		<i>Syphodus ocellatus</i>
		<i>Syphodus roissali</i>
		<i>Syphodus rostratus</i>
		<i>Syphodus tinca</i>
Mullidae	<i>Mullus</i>	<i>Mullus surmuletus</i>
Pomacentridae	<i>Chromis</i>	<i>Chromis chromis</i>
Scorpaenidae	<i>Scorpaena</i>	<i>Scorpaena notata</i>
		<i>Scorpaena porcus</i>
		<i>Scorpaena scrofa</i>



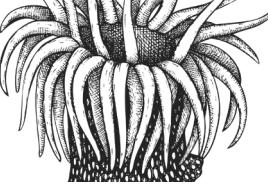
Familia	Género	Especie
Serranidae	Serranus	<i>Serranus cabrilla</i>
		<i>Serranus hepatus</i>
		<i>Serranus scriba</i>
Sparidae	Boops	<i>Boops boops</i>
	Diplodus	<i>Diplodus bellottii</i>
		<i>Diplodus cervinus</i>
		<i>Diplodus sargus</i>
		<i>Diplodus vulgaris</i>
	Oblada	<i>Oblada melanurus</i>
	Pagellus	<i>Pagellus sp</i>
	Pagrus	<i>Pagrus auriga</i>
	Spondyliosoma	<i>Spondyliosoma cantharus</i>
Tripterygiidae	Tripterygion	<i>Tripterygion delaisi</i>

### 3.1.1.3. Ictiofauna de interés comercial o recreativo

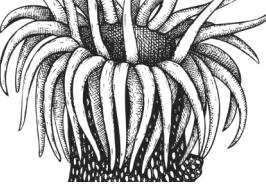
Durante la evaluación del infralitoral rocoso se censaron un total de 63 especies de peces, de las cuales 33 son objeto de interés pesquero, ya sea para la pesca comercial artesanal o recreativa (sensu Pérez-Martin *et al.*, 2001). Destacan por su frecuencia y abundancia los espáridos, principalmente compuestos por bogas (*Boops boops*), mojarras (*Diplodus vulgaris*), obladas (*Oblada melanurus*) y sargos (*D. sargus*); los haemúlidos, conformados por borriquetes (*Plectorhinchus mediterraneus*) y burros listados (*Parapristipoma octolineatum*); los serránidos, representados de manera notable por las vaquitas (*Serranus scriba*); y por último los Symphodus, destacando los *Symphodus tinca* (Tabla 10).

Tabla 10. Densidad de las especies ícticas de interés perquero (Comercial y/o recreativo, Rec.) que resultaron más abundantes en la demarcación sudatlántica. Indicándose su interés pesquero, su frecuencia de aparición (FA, %) y su densidad promedio (ind./250m<sup>2</sup>±E.T).

Species	Comercial	Rec.	Ambos	FA (%)	Densidad media (ind./250m <sup>2</sup> ±E.T)
<i>Boops boops</i>	X (arrastre, cerco, enmalle)	-	-	34,04	21,53±4,01
<i>Balistes capriscus</i>	X (enmalle)	X	X	1,06	0,01±0,01
<i>Conger conger</i>	X (palangre, nasas, arrastre y enmalle)	X	X	2,13	0,08±0,06



Species	Comercial	Rec.	Ambos	FA (%)	Densidad media (ind./250m <sup>2</sup> ±E.T)
<i>Dasyatis pastinaca</i>	X (arrastre y enmalle)	-	-	2,13	0,02±0,02
<i>Dentex dentex</i>	X (enmalle, arrastre y palangre)	X	X	1,06	0,02±0,02
<i>Diplodus cervinus</i>	X (enmalle, palangre, nasa y arrastre)	X	X	17,02	0,37±0,11
<i>Diplodus puntazzo</i>	X (enmalle, palangre)	X	X	0,05	0,06±0,03
<i>Diplodus sargus</i>	X (enmalle, palangre, nasa y arrastre)	X	X	6,38	2,00±0,34
<i>Diplodus vulgaris</i>	X (enmalle, palangre, nasas y arrastre)	X	X	96,81	9,63±0,96
<i>Halobatrachus didactylus</i>	X (arrastre y enmalle)	-	-	1,06	0,01±0,01
<i>Labrus bergylta</i>		X	-	10,64	0,11±0,04
<i>Labrus merula</i>		X	-	19,15	0,40±0,11
<i>Labrus viridis</i>		X	-	2,13	0,02±0,02
<i>Mugil cephalus</i>		X	-	1,06	0,11±0,11
<i>Mullus surmuletus</i>	X (arrastre y cerco)	X	X	10,64	0,25±0,11
<i>Muraena helena</i>	X (palangre de fondo, enmalle y nasas)	X	X	04,26	0,21±0,12
<i>Oblada melanurus</i>	X (enmalle, arrastre, nasa)	X	X	41,50	11,81±3,55
<i>Pagellus</i> sp.	X (arrastre, enmalle y palangre)	X	X	11,70	0,32±0,10
<i>Pagrus auriga</i>	X (enmalle, arrastre, aparejo de anzuelo y palangre)	X	X	17,02	0,28±0,07
<i>Parapristipoma octolineatum</i>	X (arrastre y enmalle)	X	X	23,40	2,24±1,13
<i>Plectorhinchus mediterraneus</i>	X (arrastre y enmalle)	X	X	39,36	5,85±1,93
<i>Pomadasys incisus</i>	X (arrastre y enmalle)	-	-	10,64	0,80±0,45

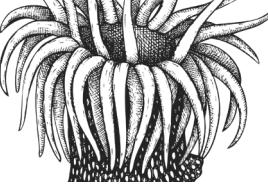


Species	Comercial	Rec.	Ambos	FA (%)	Densidad media (ind./250m <sup>2</sup> ±E.T)
<i>Sarpa salpa</i>	X (arrastre, palangre de fondo, enmalle y arte claro)	X	X	2,13	0,30±0,26
<i>Sciena umbra</i>	X (enmalle y palangre)	X	X	1,06	0,01±00,01
<i>Scorpaena porcus</i>	X (arrastre, palangre y enmalle)	X	X	13,83	0,87±0,28
<i>Scorpaena scrofa</i>	X (arrastre, palangre y enmalle)	X	X	10,64	1,27±0,45
<i>Serranus cabrilla</i>	X (arrastre, enmalle y palangre)	X	X	22,34	0,45±0,11
<i>Serranus scriba</i>		X	-	74,47	2,01±0,18
<i>Sparus aurata</i>	X (arrastre, palangre de fondo, enmalle y arte claro)	X	X	1,06	0,02±0,02
<i>Spondylisoma cantharus</i>	X (arrastre y enmalle)	-	X	19,15	0,85±0,22
<i>Syphodus melops</i>		X	-	15,95	0,26±0,07
<i>Syphodus tinca</i>		X	-	27,66	0,62±0,16
<i>Torpedo marmorata</i>	X (arrastre, palangre de fondo y enmalle)	X	X	1,06	0,01±0,01

Aunque el resto de las especies consideradas de interés pesquero mostraron una densidad media por unidad muestral de menos de un individuo por cada 250 metros cuadrados, se detectaron en gran parte de los muestreos, estando presentes en más del 10 % de las unidades muestrales. Entre estas especies se encuentran los espáridos, como la chopa (*Spondylisoma cantharus*), el sargo burgo (*D. cervinus*), la urta (*Pagrus auriga*) y el *Pagellus* sp; los lábridos, *Syphodus melops*, *Labrus merula* y *L. bergylta*; los rascacíos (*Scorpaena porcus*) y los salmonetes (*Mullus surmuletus*).

Otras especies se detectaron de manera más ocasional, estando presentes en menos del 10 % de las unidades muestrales a lo largo de la evaluación. Entre estas se encuentran los anguiliiformes, como las morenas (*Muraena helena*) y los congrios (*Conger conger*); los espáridos, como los sargos picudos (*D. puntazo*), las salpas (*S. salpa*), los dentones (*D. dentex*), las doradas (*S. aurata*); los bodiones (*L. viridis*), los corvales (*S. umbra*), los peces sapo (*H. didactylus*), las lisas (*M. cephalus*), y los peces ballesta (*B. capiscus*), así como el chucio, *D. pastinaca* y la tembladera (*T. marmorata*).

Según la legislación vigente, la mayoría de las especies encontradas en el infralitoral rocoso asociado a los caladeros del golfo de Cádiz (Real Decreto 560/1995; CAP, 2020) carece de regulación respecto a una talla mínima de captura, a excepción de la boga, *B. boops*, el congrio (*C. conger*), las lisas (*Mugil* spp.), el salmonete (*M. surmuletus*), el besugo (*P. bogaraveo*), el pargo (*P. pagrus*), la dorada (*S. aurata*)



y la chopas (*S. cantharus*). No obstante, la baja densidad de individuos encontrados para la mayoría de estas especies dificulta una evaluación detallada de la estructura de tallas correspondiente.

### 3.1.1.4. Especies catalogadas de la demarcación

*Astroides calyculus* (Pallas, 1766), es un escleractínido, presenta esqueleto calcáreo y pólipos cilíndricos (Figura 4), puede llegar a cubrir grandes superficies en lugares donde las condiciones son favorables, principalmente en paredes umbrías, extraplomos y entradas de grietas y cuevas. Esta especie clasificada como vulnerable dentro del Catálogo Nacional y Andaluz de Especies Amenazadas, es una especie en peligro, por lo que se encuentra incluida también en el Anexo II del Convenio de Barcelona y en el Anexo II del Convenio de Berna.

Se distribuye desde la superficie hasta unos 35-45 m de profundidad, y puede permanecer durante algún tiempo por encima de la línea del agua con el paso de las olas por la pared rocosa. Las distintas formas de crecimiento de este coral corresponden a diferentes condiciones ambientales, de forma que las colonias masivas se encuentran en zonas de hidrodinamismo elevado, mientras que las de aspecto arborescente y crecimiento más laxo aparecen en áreas más calmadas.



Figura 4. Fotografía de la especie *Astroides calyculus* muestreada en la demarcación sudatlántica. © Manuel M<sup>a</sup> González Duarte. En la DMSUD se encuentra presente en la mayoría de las estaciones esciáfilas a lo largo de la provincia de Cádiz (Figura 5).

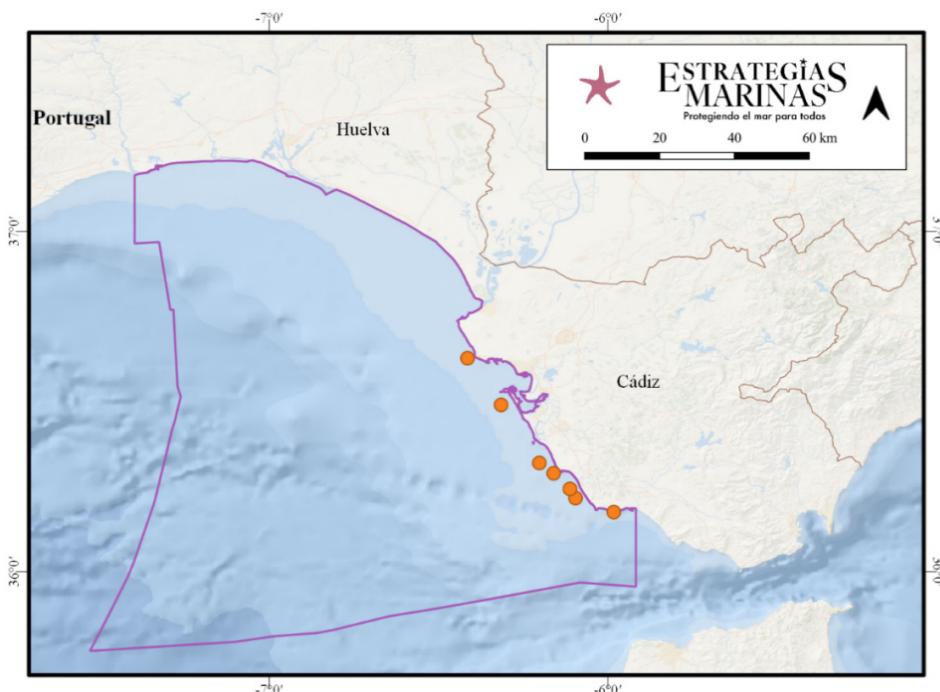
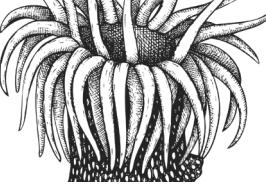


Figura 5. Puntos de muestreo en la DMSUD con presencia de *Astroides calyularis*.

*Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767), perteneciente al grupo de los madreporarios, también conocida como coral cojín, es la responsable de formar los únicos arrecifes de coral verdaderos del Mediterráneo. Esta especie se encuentra clasificada “en peligro de extinción” por la UICN debido principalmente a las olas de calor cada vez más frecuentes en el Mediterráneo (Casado et al., 2015). Este coral es un testimonio vivo de una estrategia de supervivencia única llamada rejuvenescencia, que le permite recuperarse después de eventos de calentamiento (Kersting y Linares, 2019). En la DMSUD se encontró en un único punto de muestreo (Figura 6).

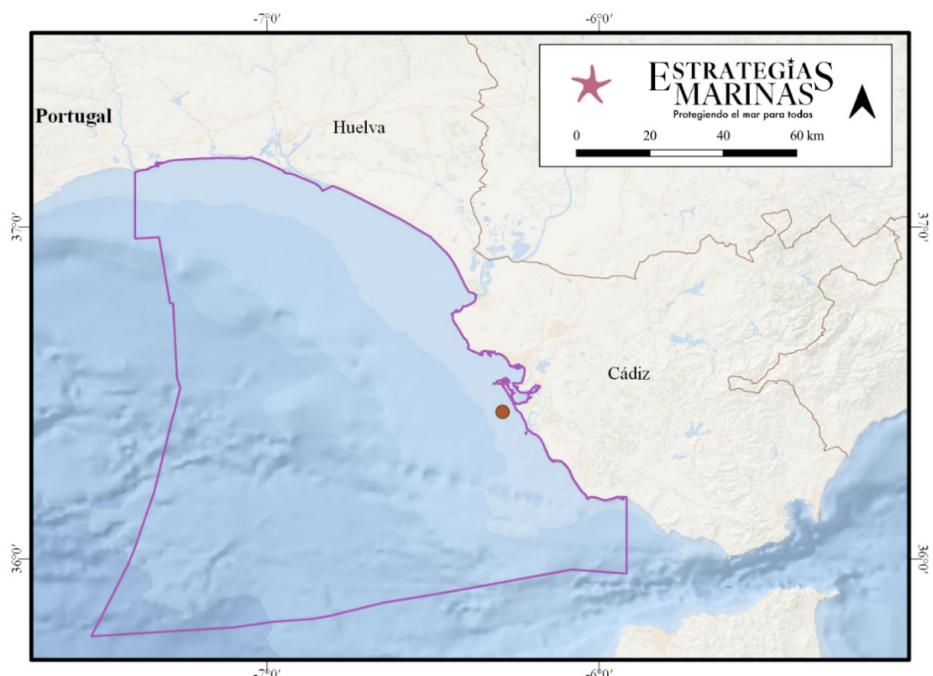
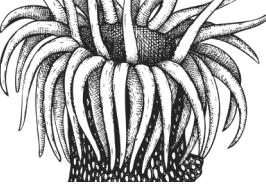


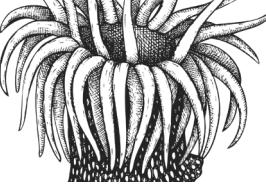
Figura 6. Puntos de muestreo en la demarcación sudatlántica con presencia de *Cladocora caespitosa*.



### 3.1.2. Índices multimétricos (BH2) del BHT

Tabla 11. Índices multimétricos para los diferentes puntos de muestreo de la demarcación sudatlántica ordenados de norte a sur. Riqueza: riqueza de especies, Margalef: índice de Margalef; Shannon: Índice de Shannon, Pielou: Índice de Pielou, Simson: Índice de Simpson, %EII: Porcentaje de especies Introducidas o Invasoras.

HB-BH2								
Punto muestreo	Comunidad	Riqueza	Margalef	Shannon	Pielou	Simpson	%EII	
Peginas	algas	11,75	2,334	1,452	0,586	0,678	0,485	
	invertebrados	8,25	1,574	1,179	0,569	0,514	8,889	
	peces	10,25	2,009	0,502	0,209	0,198	0	
Rota	algas	11,5	2,280	1,723	0,707	0,754	0,204	
	invertebrados	14	2,823	2,066	0,789	0,815	27,602	
	peces	20,25	4,180	2,002	0,662	0,739	0	
Caleta	algas	14,75	2,986	1,998	0,756	0,837	1,052	
	invertebrados	17	3,474	2,184	0,771	0,814	13,305	
	peces	16	3,257	2,214	0,800	0,857	0	
Cortadura	algas	17,5	3,583	2,196	0,767	0,870	2,354	
	invertebrados	11,5	2,280	2,100	0,860	0,840	0,952	
	peces	18,75	3,854	1,941	0,668	0,749	0	
Bajo de León	algas	10,25	2,009	1,842	0,799	0,817	4,021	
	invertebrados	20,75	4,289	2,619	0,866	0,905	8,171	
	peces	16	3,257	2,166	0,784	0,823	0	
Roche	algas	20,75	4,289	2,136	0,707	0,808	2,998	
	invertebrados	9,75	1,900	2,050	0,920	0,853	0	
	peces	24,25	5,049	2,262	0,711	0,822	0	
Laja Conil Norte	algas	5,5	0,977	1,383	0,810	0,714	0,657	
	invertebrados	8	1,520	1,681	0,842	0,756	0,952	
	peces	12,25	2,443	1,944	0,797	0,808	0	

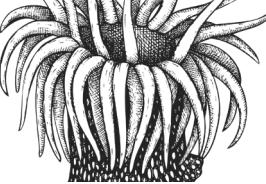


HB-BH2								
Punto muestreo	Comunidad	Riqueza	Margalef	Shannon	Pielou	Simpson	%EII	
Laja del Palmar	algas	7,25	1,357	1,351	0,693	0,684	71,050	
	invertebrados	5,5	0,977	1,398	0,905	0,688	0	
	peces	14,25	2,877	2,194	0,827	0,862	0	
Conil	algas	11,75	2,334	1,823	0,740	0,796	15,637	
	invertebrados	12	2,389	2,072	0,875	0,841	0	
	peces	23	4,777	2,383	0,767	0,860	0	
Breña	algas	12,25	2,443	1,830	0,735	0,790	2,541	
	invertebrados	15,75	3,203	2,477	0,905	0,901	0	
	peces	21	4,343	2,383	0,785	0,863	0	
Barbate 2	algas	6,25	1,140	0,966	0,533	0,479	68,664	
	invertebrados	13	2,606	2,136	0,841	0,842	0	
	peces	16,5	3,366	2,171	0,787	0,848	0	

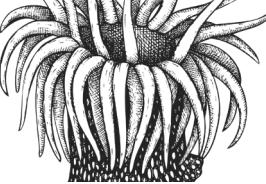
### 3.1.3. HB-DMA

Tabla 12. Índices HB-DMA para los diferentes puntos de muestreo de la demarcación sudatlántica ordenados de norte a sur. CFR: Índice de Calidad de los Fondos Rocosos promedio, SE: Error Estándar, (los colores se corresponden con un estado bueno [verde], moderado [amarillo], o pobre [naranja]), % Rugu: Porcentaje promedio de abundancia del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (en rojo zonas dominadas por esta especie), IRIS: porcentaje de especies identificadas como sensibles a presiones físicas en función del índice Infralitoral Rock Index of Sensitivity, % spp sensible/estructurantes: Porcentaje de especies de algas sensibles y porcentaje de especies de invertebrados estructurantes, % Spp Resilientes: Porcentaje de especies de peces clasificadas como resilientes, % spp Vul. Pesca: Porcentaje de especies de peces clasificadas como vulnerables a la pesca, % spp Vul. CC: Porcentaje de especies de peces clasificadas como vulnerables al cambio climático.

HB-DMA									
Punto muestreo	Comunidad	CFR	% Rugu	IRIS	% spp sensible/ estructurantes	% Spp Resilientes	% spp Vul. Pesca	% spp Vul. CC	
Peginas	algas	0,254	0	-	0,843	-	-	-	
	invertebrados	-	-	75,000	81,667	-	-	-	
	peces	-	-	-	-	0,316	1,329	0,520	
Rota	algas	0,323	0	-	0,300	-	-	-	
	invertebrados	-	-	51,584	76,018	-	-	-	
	peces	-	-	-	-	0,187	13,102	1,635	



Punto muestreo	Comunidad	CFR	% Rugu	IRIS	HB-DMA			
					% spp sensible/ estructurantes	% Spp Resilientes	% spp Vul. Pesca	% spp Vul. CC
Caleta	algas	0,681	0	-	1,207	-	-	-
	invertebrados	-	-	53,219	73,391	-	-	-
	peces	-	-	-	-	0,284	9,137	4,370
Cortadura	algas	0,368	0,200	-	0,767	-	-	-
	invertebrados	-	-	29,524	58,095	-	-	-
	peces	-	-	-	-	0,1727	19,6891	2,5043
Bajo de León	algas	0,656	4,021	-	1,017	-	-	-
	invertebrados	-	-	43,580	35,798	-	-	-
	peces	-	-	-	-	5,179	25,631	12,351
Roche	algas	0,591	2,184	-	0,432	-	-	-
	invertebrados	-	-	70,130	72,727	-	-	-
	peces	-	-	-	-	0,188	19,405	3,956
Laja Conil Norte	algas	0,523	0,657	-	0,200	-	-	-
	invertebrados	-	-	24,762	26,667	-	-	-
	peces	-	-	-	-	1,131	22,172	17,421
Laja del Palmar	algas	0,216	45,670	-	1,117	-	-	-
	invertebrados	-	-	35,294	44,118	-	-	-
	peces	-	-	-	-	2,132	31,987	6,958
Conil	algas	0,589	15,007	-	5,166	-	-	-
	invertebrados	-	-	21,805	44,361	-	-	-
	peces	-	-	-	-	0,401	37,129	3,970
Breña	algas	0,735	2,541	-	4,615	-	-	-
	invertebrados	-	-	44,218	58,503	-	-	-
	peces	-	-	-	-	0,677	16,248	6,141
Barbate 2	algas	0,230	68,160	-	2,710	-	-	-
	invertebrados	-	-	34,375	36,719	-	-	-
	peces	-	-	-	-	2,927	32,976	15,805



### 3.1.4. Evaluación del BHT

A partir de los datos de macroalgas obtenidos en las campañas INFRAROCK\_0721 (2021), INFRAROCK\_3D\_0522 (2022) e INFRASUD\_0923 (2023); se ha calculado el índice CFR mediante el cual se ha obtenido un valor estimado del estado para cada uno de los puntos de muestreo realizados en las campañas anteriormente mencionadas (Figura 7). En el caso del CFR, en la demarcación SUD, de las 11 estaciones muestreadas en los años 2021, 2022 y 2023, tres estaciones se encontraron en un estado ambiental “bueno” (27,27 %), tres estaciones en un estado “moderado” (27,27 %) y cinco estaciones en un estado “pobre” (45,45 %).v

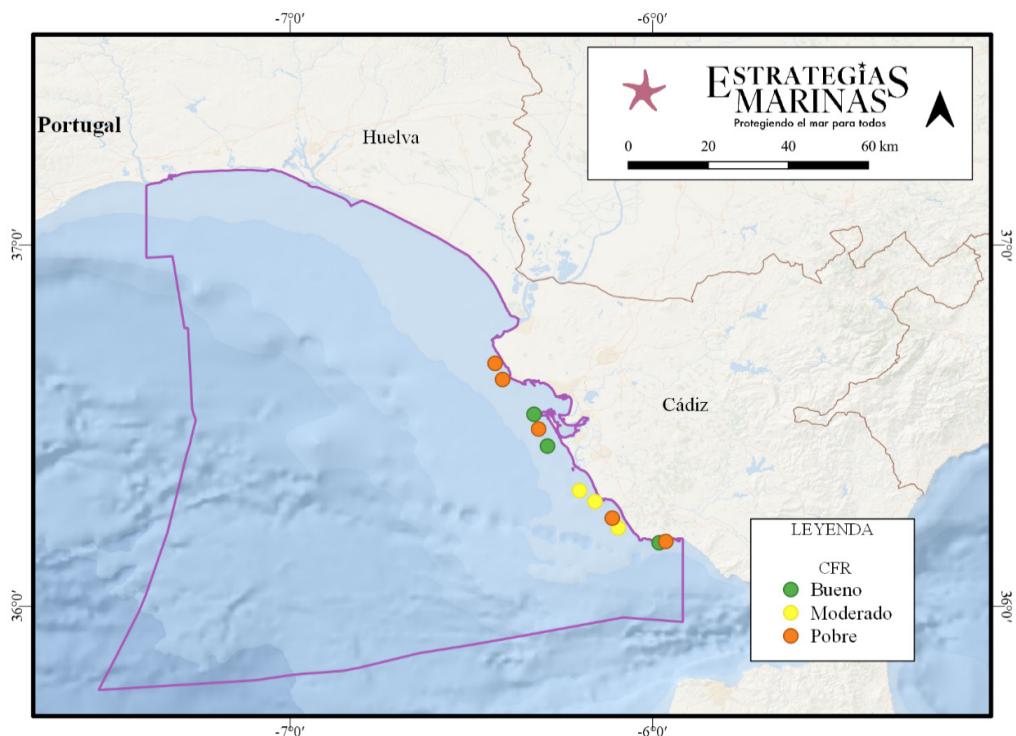


Figura 7. Mapa mostrando los resultados de estimación del estado ambiental usando el índice de Calidad de los Fondos Rocosos (CFR).

Las campañas de muestreo han comenzado en 2021, constituyen el inicio de la serie histórica de prospección del infralitoral rocoso en la demarcación. Teniendo en cuenta que existen puntos que solo han podido muestrearse una vez hasta la fecha, no se puede evaluar a día de hoy ninguna tendencia, por lo que el resultado de la evaluación es “estado desconocido” (Figura 8).

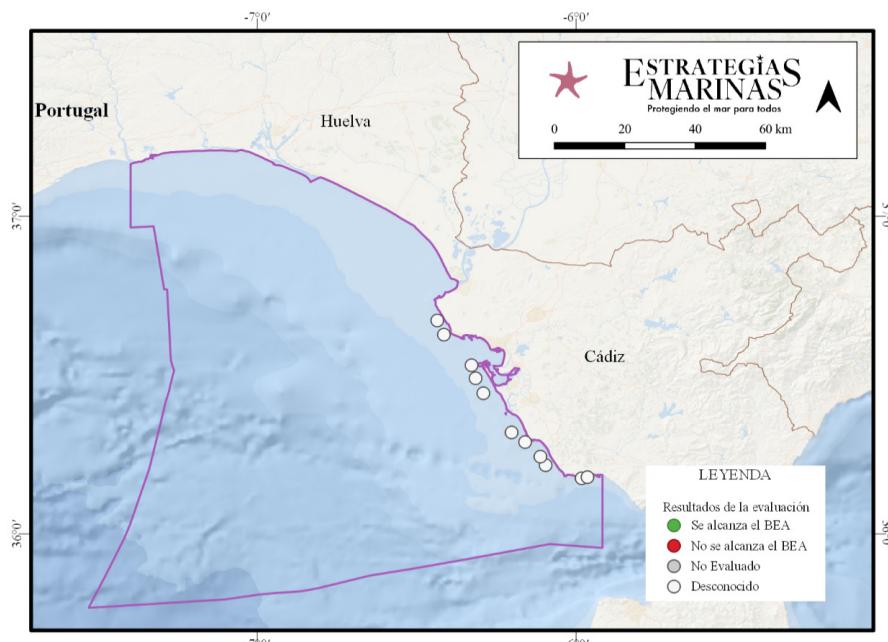
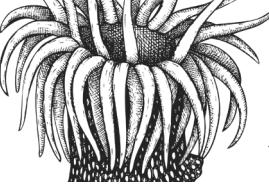
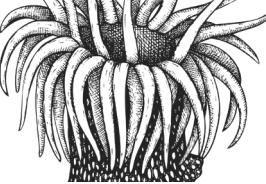


Figura 8. Puntos de muestreo de Infralitoral Rocoso y arrecifes biogénicos mostrando el resultado de la evaluación del segundo ciclo: desconocido.



### 3.2. Other habitat types

El test SIMPROF identificó cinco Áreas dentro de la demarcación SUD en base a la comunidad de algas (Figura 9). Así, enumerando las Áreas comenzando por las más alejadas al estrecho de Gibraltar, vemos como el Área 1 comprende a los transectos de los puntos de muestreo de Peginas y los transectos 1 y 3 de Rota. El Área 2 incluye a los puntos Roche, Cortadura, Caleta y los transectos 2 y 4 de Rota. El Área 3 incluye a los puntos Laja Conil Norte y Bajo de León. El Área 4 incluye los cuatro transectos realizados en la Breña y los transectos 1 y 3 de Conil. Finalmente, el Área 5 incluye los puntos de muestreo de Laja del Palmar, Barbate2 y los transectos 2 y 4 de Conil.

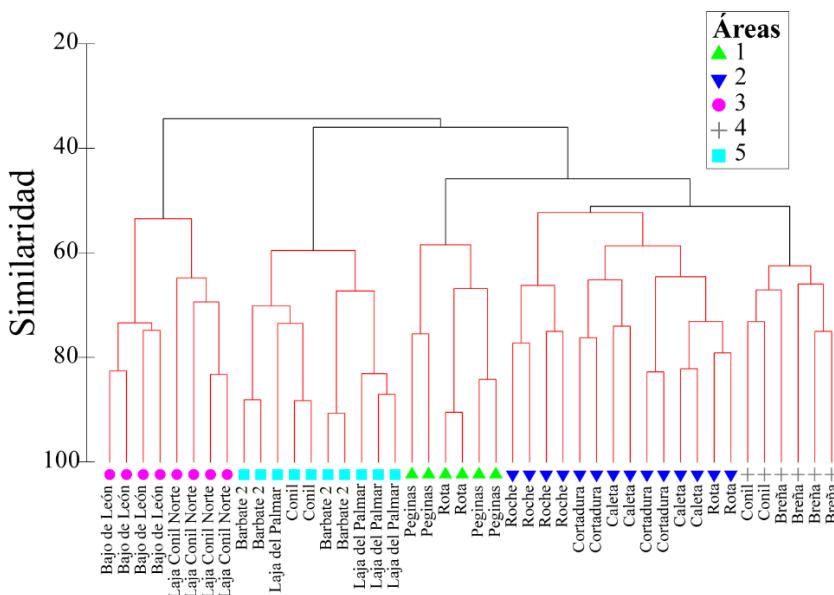
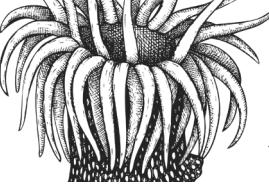


Figura 9. Dendrograma que muestra las diferentes Áreas identificadas por el test SIMPROF para la demarcación sudatlántica en base a la estructura multivariante de la comunidad de algas. Los transectos que no mostraron diferencias significativas entre sí ( $p>0,005$ ) se destacaron en rojo.

Las especies que caracterizaron cada una de las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF se muestran en la Tabla 13. El Área 1 es el grupo caracterizado por un menor número de especies, destacando sobre todo algas calcáreas pertenecientes a los géneros *Lithophyllum* sp. y *Mesophyllum* sp. o el turf formado por diferentes especies de algas. El Área 2 se encuentra caracterizada por especies como *Flabellia petiolata*, *Halopteris filicina* o *Sphaerococcus coronopifolius*. Las especies que caracterizaron el Área 3 fueron *Dictyota dichotoma*, *F. petiolata* y *turf*. Las Áreas 4 y 5, que incluye los puntos de muestreo más próximos al estrecho de Gibraltar, se encuentran caracterizada sobre todo por la especie invasora *Rugulopteryx okamurae*, y en menor medida por otras especies *F. petiolata* y *S. coronopifolius*.

Tabla 13. Resultados del análisis SIMPER mostrando los 20 taxones que contribuyeron más a caracterizar cada una de las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF en la demarcación sudatlántica.

Taxa	Similaridad Media (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
	65,61	59,06	61,45	65,05	66,16
<i>Asparagopsis armata</i>	-	-	-	-	7,65
<i>Cladophora</i> sp.	-	0,86	-	-	-



	Similaridad Media (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
<i>Colpomenia</i> sp.	-	1,7	-	-	-
<i>Cottoniella filamentosa</i>	-	1,26	-	-	-
<i>Dictyota cyanoloma</i>	2,11	-	-	-	-
<i>Dictyota dichotoma</i>	-	-	15,17	-	-
<i>Dictyota</i> sp.	6,04	8,69	-	5,83	-
<i>Flabellia petiolata</i>	4,74	8,78	16,33	12,19	12,57
<i>Gloiocladia</i> sp.	-	0,87	-	-	-
<i>Halopteris filicina</i>	-	4,94	-	-	-
<i>Halopteris scoparia</i>	-	-	2,91	-	-
<i>Halymenia floresii</i>	3,72	-	-	-	-
Complejo Lithophyllum/Mesophyllum	13,94	7,5	2,85	8,37	2,59
<i>Neogoniolithon brassica-florida</i>	-	-	3,2	-	-
<i>Peyssonnelia</i> sp	-	1,61	-	6,99	2,33
<i>Plocamium cartilagineum</i>	7,37	5,73	-	3,52	-
<i>Rugulopteryx okamurae</i>	-	-	-	3,97	21,47
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	-	7,23	-	8,66	14,71
<i>Taonia atomaria</i>	-	-	-	9,74	-
Turf	16,95	3,46	15,32	-	-

Adicionalmente, se presenta la lista de especies de invertebrados que se consideraron como fauna acompañante de la comunidad fotófila descrita anteriormente (Tabla 14). El análisis SIMPER se realizó considerando los mismos grupos identificados anteriormente por el análisis SIMPROF para la comunidad de algas.

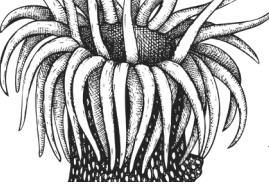
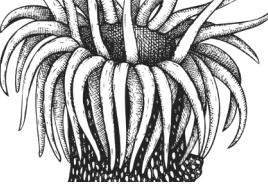


Tabla 14. Resultados del análisis SIMPER mostrando los 37 taxones que se consideraron como fauna acompañante de la comunidad de algas en la demarcación sudatlántica.

Taxa	Similaridad media (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
<i>Acanthella acuta</i>	-	-	1,1	-	-
<i>Agelas oroides</i>	-	-	-	-	0,84
<i>Aglaophenia</i> sp.	-	-	0,85	-	-
<i>Antennella</i> sp.	-	-	-	-	0,33
<i>Aplidium conicum</i>	-	-	-	1,65	-
<i>Bolma rugosa</i>	-	-	-	2,25	-
<i>Cellepora pumicosa</i>	-	0,64	-	-	-
<i>Cerithium vulgatum</i>	-	-	0,97	-	0,42
<i>Chondrosia reniformis</i>	-	0,81	-	2,05	-
<i>Cliona celata</i>	-	-	1,33	-	1,73
<i>Cliona viridis</i>	-	-	0,83	-	-
<i>Crambe crambe</i>	3,39	4,47	-	4,99	2,15
<i>Crella elegans</i>	-	0,91	-	-	-
<i>Didemnum commune</i>	-	-	-	-	1,16
<i>Ecteinascidia turbinata</i>	8,6	1,1	-	-	-
<i>Eudendrium</i> sp.	-	0,64	-	-	-
<i>Eunicella singularis</i>	-	0,5	-	-	-
<i>Eunicella verrucosa</i>	27,84	3,65	-	-	-
<i>Exaiptasia diaphana</i>	-	-	1,98	-	-
<i>Hexaplex trunculus</i>	-	-	-	1,13	-
<i>Holothuria tubulosa</i>	2,2	0,49	-	-	-
<i>Myriapora truncata</i>	-	1,91	2,34	1,14	1,94
<i>Paracentrotus lividus</i>	-	-	1,28	-	-



	Similaridad media (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
<i>Pennaria disticha</i>	-	0,68	-	-	-
<i>Pentapora fascialis</i>	-	0,61	-	-	-
<i>Petrosia ficiformis</i>	-	-	-	-	0,36
<i>Phorbas fictitius/topsendi</i>	-	-	1,12	-	0,97
<i>Phorbas tenacior</i>	-	0,45	-	-	0,31
<i>Polycitor adriaticus</i>	-	1,99	-	7,32	1,09
<i>Protula tubularia</i>	-	1,42	3,22	-	-
<i>Reptadeonella violacea</i>	-	-	2,14	-	-
<i>Sarcotragus fasciculatus</i>	-	-	0,78	2,96	-
<i>Sarcotragus spinosulus</i>	-	1,6	1,5	5,08	4,29
<i>Schizomavella mamillata</i>	-	-	0,7	-	-
<i>Synoicum blochmanni</i>	-	1,05	-	-	-
<i>Thylacodes arenarius</i>	-	-	-	-	0,27
<i>Turbicellepora magnicostata</i>	-	-	6,12	-	0,7

Los resultados de los análisis de diversidad se muestran gráficamente en la Figura 10, donde puede observarse como el Área 2 mostró de manera consistente una mayor diversidad en todos los indicadores analizados. Tanto para el índice de Shannon (Figura 10B), como para el de Simpson (Figura 10C) y Margalef (Figura 10E), el resto de Áreas no mostraron diferencias significativas entre sí. En el caso del número de especies (Figura 10A), el Área 2 mostró los valores más altos, siendo las Áreas 3 y 5 las que mostraron una menor diversidad. Las Áreas 1 y 4 mostraron valores intermedios entre los grupos comentados previamente. El índice de Pielou fue el que mostró resultados diferentes al resto de indicadores, siendo el Área 3 la que mostró los valores más altos de este indicador, seguidos de las Áreas 2 y 4; y finalmente las Áreas 1 y 5 con menores valores. Las tablas con resultados de los análisis que se muestran en la figura 6 pueden consultarse al final de este documento (Tablas S1).

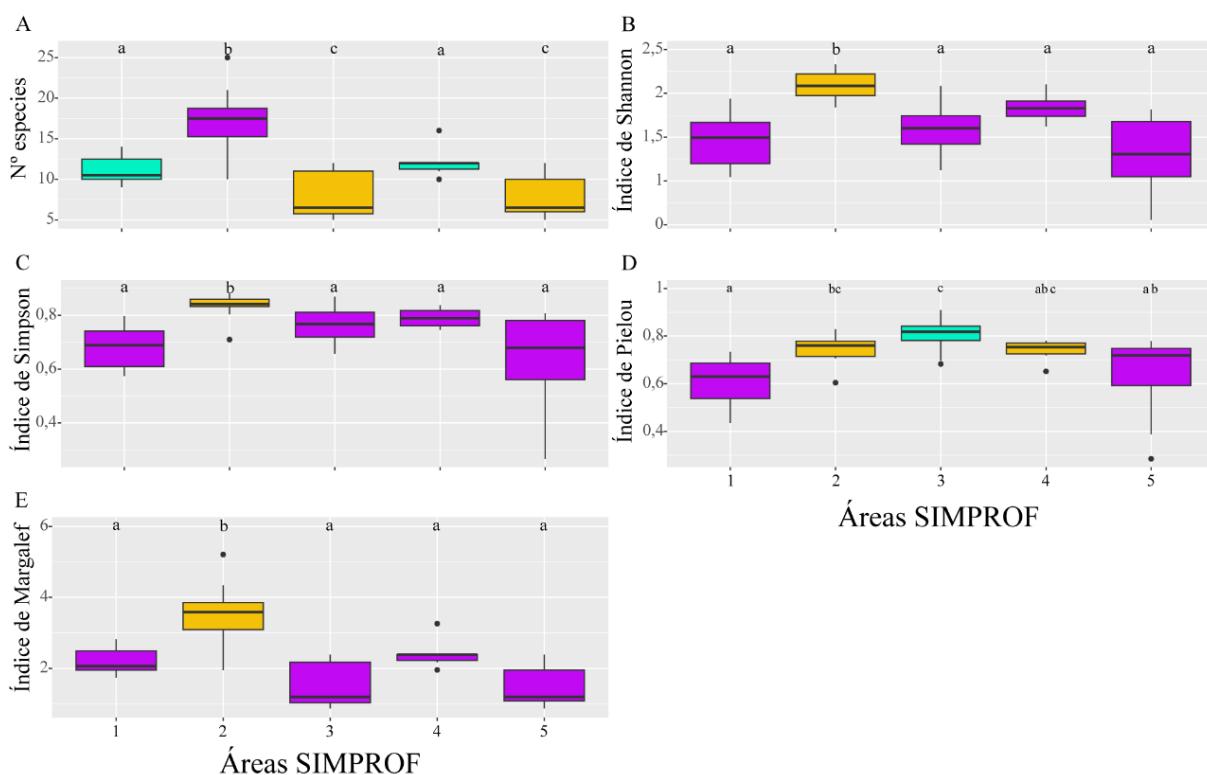
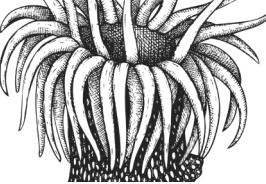


Figura 10. Resultados de los análisis de diversidad de la comunidad de algas en la demarcación sudatlántica correspondientes a la media por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. Los diferentes colores y letras indican los grupos que mostraron diferencias significativas. A) Número de especies, B) Índice de Shannon, C) Índice de Simpson, D) Índice de Pielou; E) Índice de Margalef.

En el caso de la comunidad de invertebrados esciáfilos, el test SIMPROF identificó también cinco Áreas dentro de la demarcación SUD (Figura 11). Enumerando las Áreas comenzando por las más alejadas al estrecho de Gibraltar, vemos como el Área 1 comprende a los transectos de los puntos de muestreo de Peginas, y los transectos 1 y 3 de los puntos Caleta, Cortadura y Rota. El Área 2 comprende Roche y los transectos 2 y 4 de los puntos Caleta, Cortadura y Rota. En el Área 3 se agruparon todos los transectos de Conil, y los transectos 2 de la Laja del Palmar y el transecto 1 de Breña. El Área 4 comprende el punto Laja Conil Norte, los transectos 1, 3 y 4 de la Laja del Palmar, el transecto 1 de Barbate y 2 de la Breña. Finalmente, el Área 5 comprende el Bajo de León y los transectos 2 y 3 de Barbate.

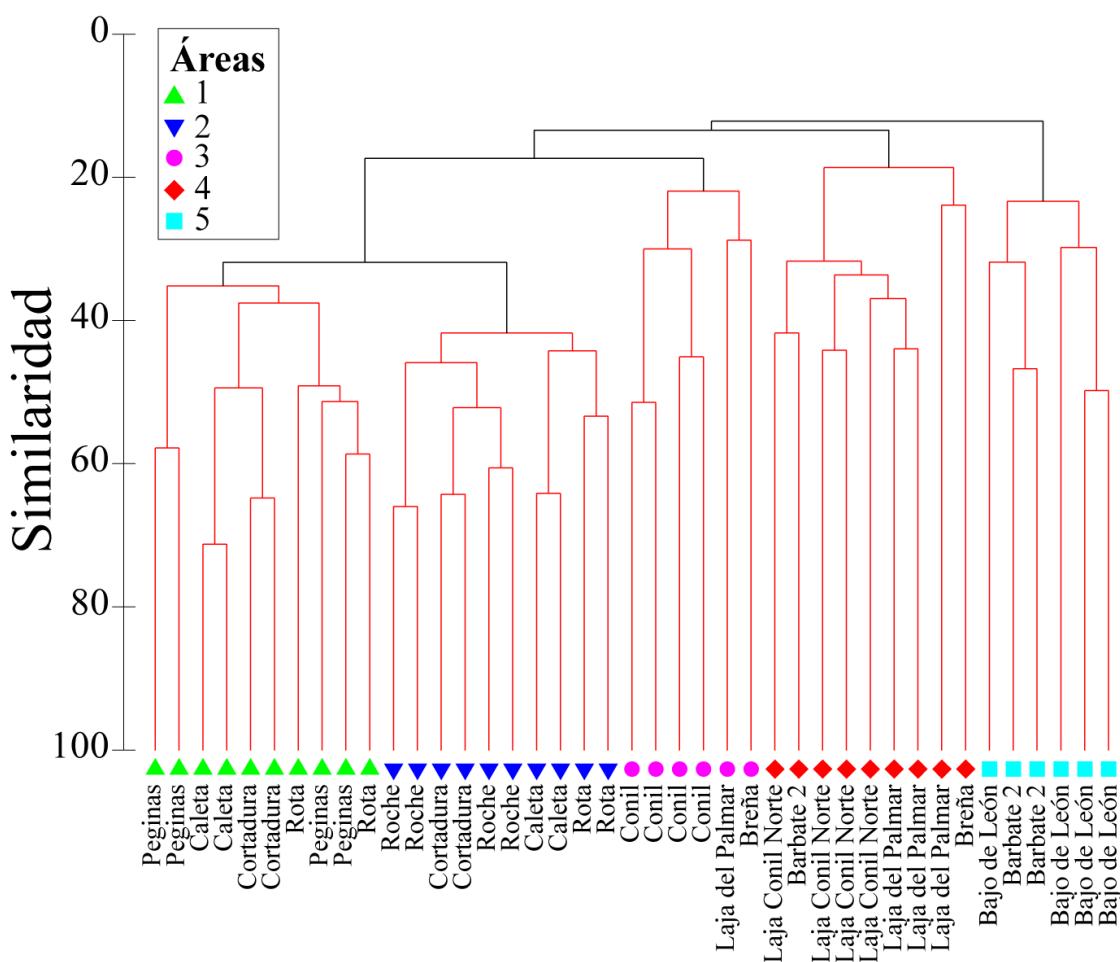
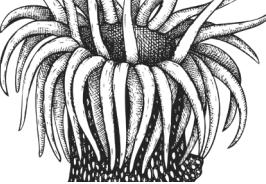


Figura 11. Dendrograma mostrando las diferentes Áreas identificadas por el test SIMPROF para la demarcación sudatlántica en base a la estructura multivariante de la comunidad esciáfila. Los transectos que no mostraron diferencias significativas entre sí ( $p>0,005$ ) se destacaron en rojo.

Las especies que caracterizaron cada una de las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF se muestran en la Tabla 15. El Área 1 estuvo caracterizada fundamentalmente por varias especies de gorgonias, fundamentalmente *Eunicella verrucosa* y *Leptogorgia sarmentosa*. Las Áreas 2 y 4 estuvieron caracterizadas fundamentalmente por la especie de coral *Astroides calyculus*, pero también por otras especies como esponjas del género *Phorbas* y *gogonias*. El Área 3 se caracterizó por ascidias coloniales como *Polycitor adriaticus* y *Aplidium conicum*, y en menor medida por hidrozoos (*Antennella sp.*) o esponjas (*Crambe crambe*, *Dysidea sp.* u *Oscarella lobularis*). Finalmente, el Área 5 estuvo caracterizada por los briozoos *Myriapora truncata* y *Turbicellepora magnicostata* y otros organismos suspensívoros como el coral *Cladocora caespitosa*, la esponja *Sarcotragus spinosulus* o el anélido *Protula tubularia*.

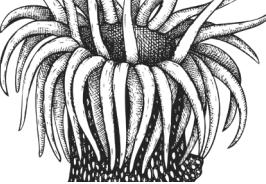
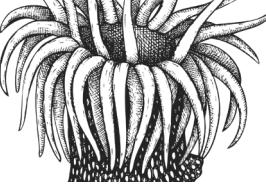


Tabla 15. Resultados del análisis SIMPER mostrando los 25 taxones de fauna esciáfila que contribuyeron más a caracterizar cada una de las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF en la demarcación sudatlántica.

Taxones	Similaridad Media (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
<i>Antennella</i> sp.	-	-	3,34	0,54	-
<i>Aplidium conicum</i>	-	-	3,13	-	-
<i>Astroides calyculus</i>	-	3,97	-	11,05	-
<i>Chondrosia reniformis</i>	0,91	0,77	-	-	-
<i>Cladocora caespitosa</i>	-	-	-	-	2,48
<i>Crambe crambe</i>	4,91	6,7	3,63	-	-
<i>Crella elegans</i>	-	-	-	-	1,26
<i>Dysidea</i> sp.	-	-	3,27	-	-
<i>Ecteinascidia turbinata</i>	1,32	-	-	-	-
<i>Eunicella singularis</i>	-	3,5	-	-	-
<i>Eunicella verrucosa</i>	26,97	5,61	-	-	-
<i>Ircinia oros</i>	-	-	-	-	1,11
<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2,56	3,57	-	-	-
<i>Myriapora truncata</i>	-	3,25	-	0,95	2,01
<i>Oscarella lobularis</i>	-	-	1,28	2,27	-
<i>Paracentrotus lividus</i>	-	-	-	-	1,72
<i>Phorbas fictitius/topsendi</i>	-	1,22	-	6,38	-
<i>Phorbas tenacior</i>	-	4,34	-	-	-
<i>Polycitor adriaticus</i>	-	3,96	7,39	-	1,22
<i>Protula tubularia</i>	-	1	0,84	-	4,59
<i>Sarcotragus spinosulus</i>	-	1,4	-	-	6
<i>Schizomavella mamillata</i>	-	-	0,62	-	1,31
<i>Spirastrella cunctatrix</i>	-	-	-	-	1,22
<i>Synoicum blochmanni</i>	-	1,93	-	-	-
<i>Turbicellepora magnicostata</i>	-	-	-	3,97	3,28



Los resultados de los análisis de diversidad se muestran gráficamente en la Figura 12, donde puede observarse como el número de especies (Figura 12A), índice de Shannon (Figura 12B) y el índice de Margalef (Figura 12E) del Área 2 mostró los valores mayores de diversidad. El índice de Pielou (Figura 12D) no mostró diferencias significativas entre las distintas Áreas identificadas por el análisis SIMPROF, y finalmente para el índice de Simpson (Figura 12C) el Área 1 mostró valores significativamente más bajos al resto de Áreas, las cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. Las tablas con resultados de los análisis que se muestran en la figura 6 pueden consultarse al final de este documento (Tablas S2).

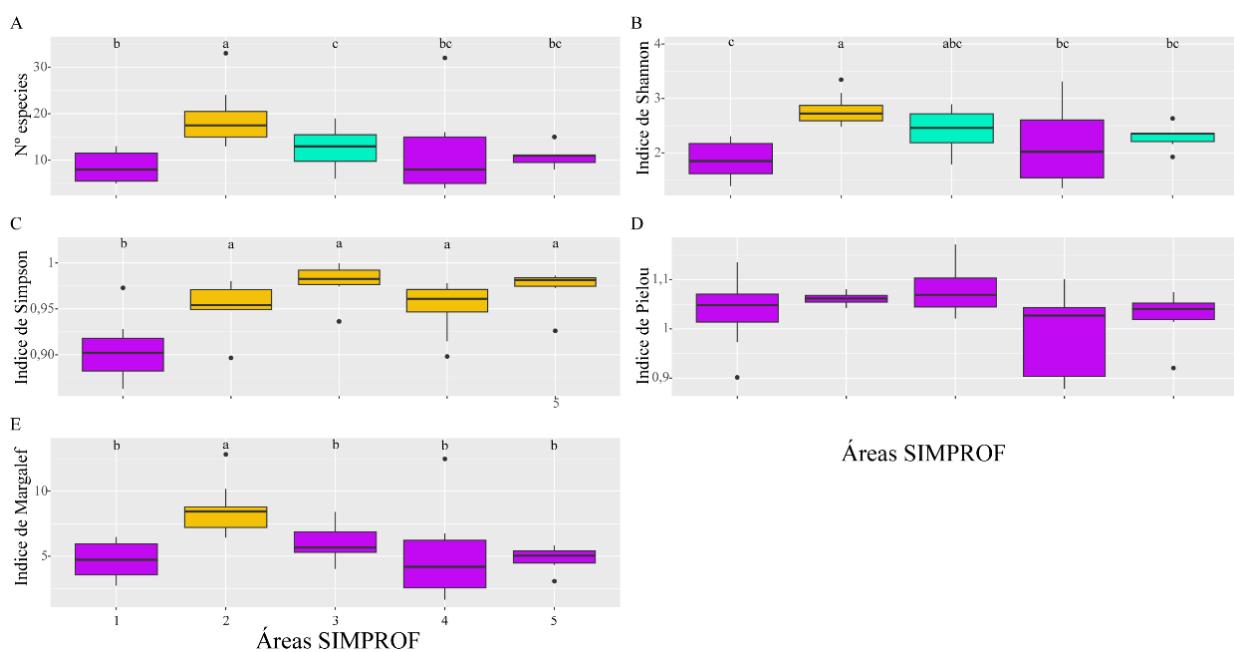


Figura 12. Resultados de los análisis de diversidad de la comunidad esciáfila en la demarcación sudatlántica correspondientes a la media por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. Los diferentes colores y letras indican los grupos que mostraron diferencias significativas. A) Número de especies, B) Índice de Shannon, C) Índice de Simpson, D) Índice de Pielou; E) Índice de Margalef.

En total, en la DMSUD, como puede observarse en la Figura 13, los poríferos y los cnidarios fueron los que presentaron un porcentaje mayor de especies en relación al total. Sumando estos dos filos suman más del 50 % de todos los taxones muestreados.

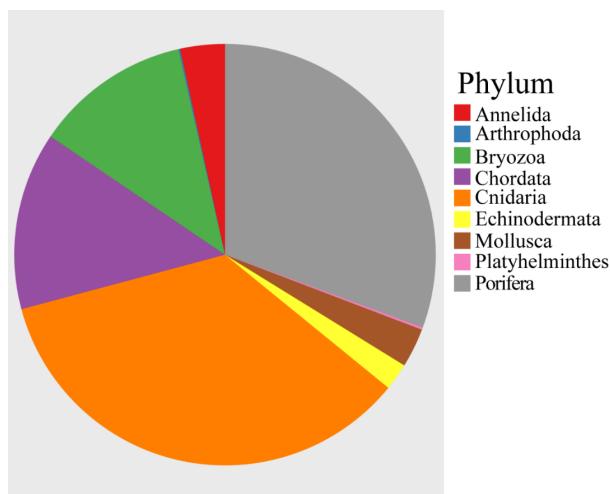
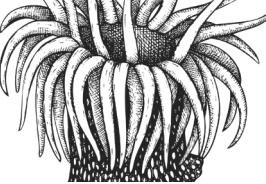


Figura 13. Proporción de cada uno de los grupos muestreados en la demarcación sudatlántica.



### 3.2.1. Descripción de los OHT

En función de los resultados descritos en el anterior apartado, se describen a continuación los diferentes hábitats identificados para la DMSUD.

#### Roca infralitoral moderadamente expuesta con *Halopteris filicina* con coralináceas

Este hábitat es el que podríamos definir o por “algas hemiesciáfilas” (comunidad de transición entre las comunidades fotófilas y esciáfilas), y se aplica a zonas de transición entre ambientes bien iluminados a otros con menor grado de irradiancia. En la demarcación sudatlántica, la gran influencia que ejerce la desembocadura del río Guadalquivir (junto a otros ríos mencionados anteriormente), transportando una gran cantidad de materia en suspensión, aumenta en gran medida la turbidez del agua, favoreciendo la aparición de este tipo de comunidades algales hemiesciáfilas. En este caso, el hábitat dominado por *Halopteris filicina* y algas coralináceas pertenecientes a los géneros *Mesophyllum* y *Lithophyllum*, se encuentra distribuido sobre todo en la parte norte de la provincia de Cádiz, asociado a zonas de mayor turbidez (Figura 14).

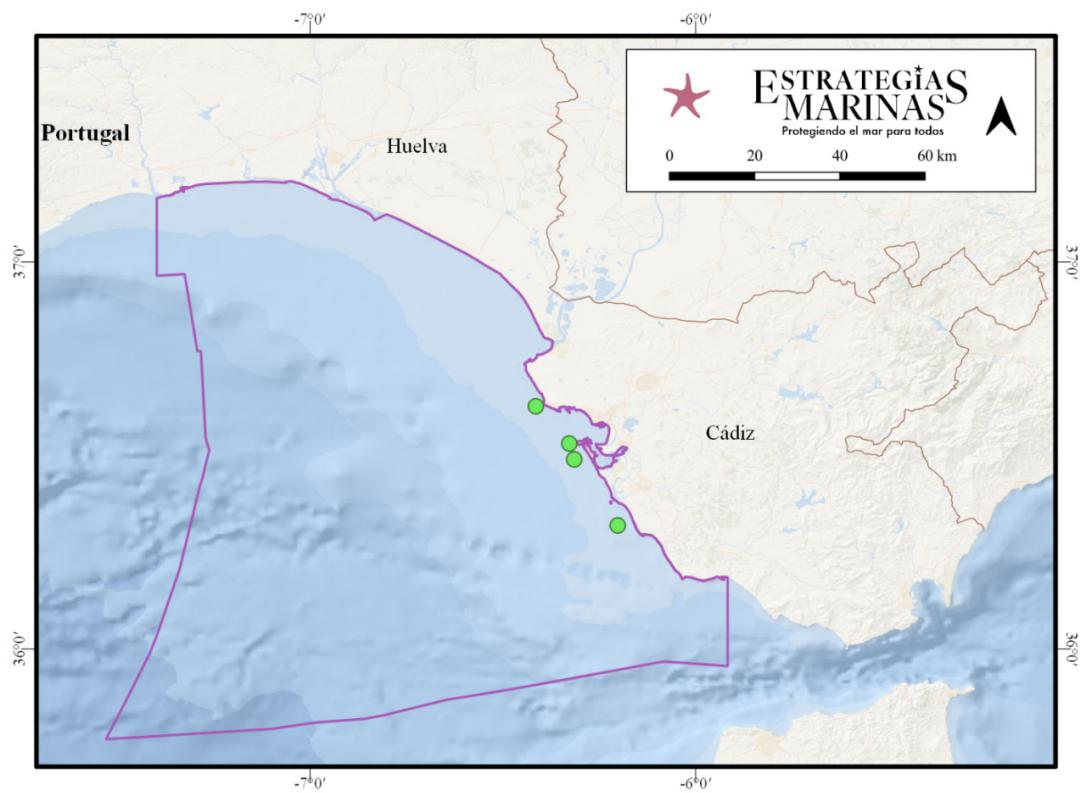
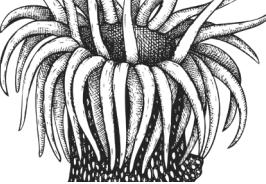


Figura 14. Distribución espacial del hábitat “Roca infralitoral moderadamente expuesta con *Halopteris filicina* con coralináceas”, en la demarcación sudatlántica.

#### Roca infralitoral inferior con dictiotales y algas rojas filamentosas

Este hábitat también se agrupa en hábitats de zonas de transición entre comunidades fotófilas y esciáfilas del mismo modo que ocurre en el hábitat descrito anteriormente. En la demarcación sudatlántica las especies que se encuentran y que estructuran el hábitat son *Dictyota dichotoma* principalmente y algunas algas rojas filamentosas características de la demarcación, aunque también se encuentran



abundantemente especies algales hemiesciáfilas como *Flabellia petiolata*, *Peyssonnelia* sp. y *Neogoniolithon brassica-florida*. Este hábitat se distribuye en la zona media de la provincia de Cádiz (Figura 15).

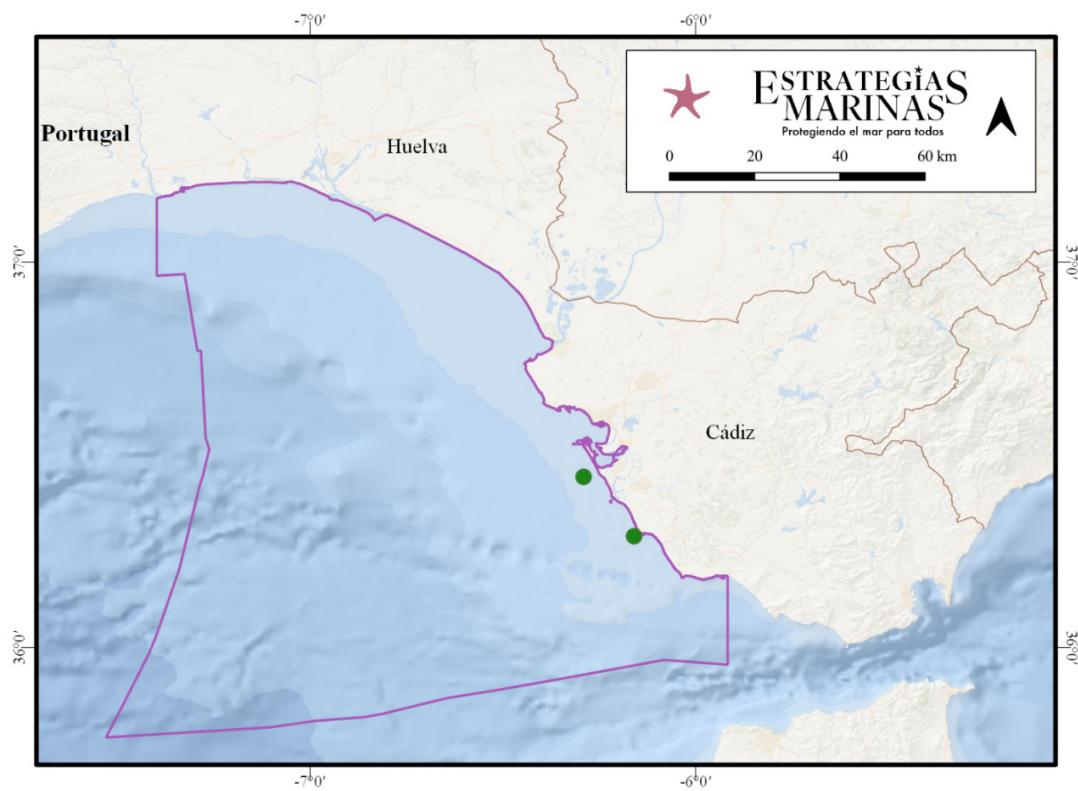


Figura 15. Distribución espacial del hábitat “Roca infralitoral inferior con dictiotiales y algas rojas filamentosas”, en la demarcación sudatlántica.

#### Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales

Desde que se registró en 2015 la presencia de *Rugulopteryx okamurae* en Ceuta (Ocaña et al., 2016), esta especie se ha extendido rápidamente a partir del estrecho de Gibraltar por casi toda la costa andaluza, incluyendo el golfo de Cádiz y el mar de Alborán (García-Gómez et al., 2020; García-Gómez et al., 2021; Estévez et al., 2022). Esta especie invasora está causando graves daños a los ecosistemas autóctonos debido a su gran capacidad de crecimiento y expansión, dominando gran parte de los fondos marinos fotófilos entre 10 y 20 m de profundidad (García-Gómez et al. 2020). A día de hoy, *R. okamurae* (Figura 15), está presente en la mayoría de los puntos muestreados en la demarcación y domina los fondos rocosos en el 37 % de las estaciones muestreadas (Figura 17), alterando la comunidad y reduciendo la diversidad (González-Duarte et al., 2023).

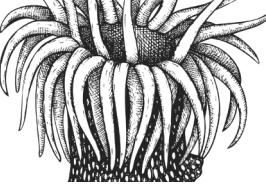


Figura 16. Fotografía del alga *Rugulopteryx okamurae*, especie invasora en las aguas del golfo de Cádiz. © Manuel M<sup>a</sup> González Duarte

Por tanto, consideramos que en estas estaciones el hábitat predominante podría denominarse como “Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales dominada por *Rugulopteryx okamurae*”.

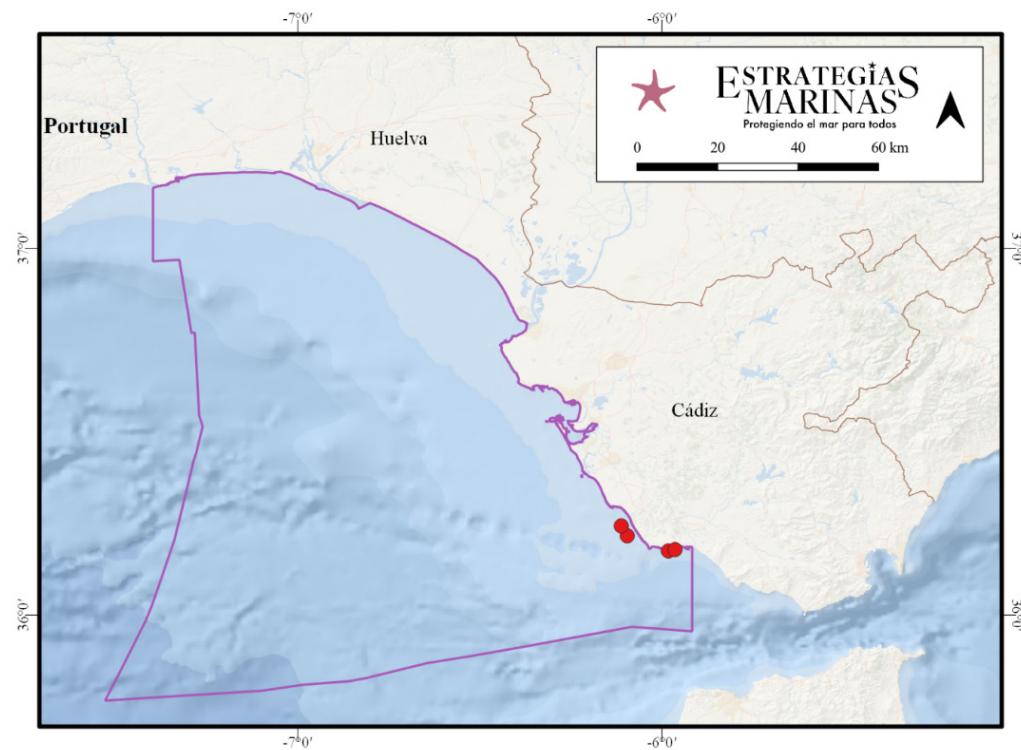
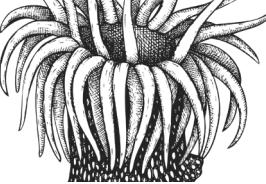


Figura 17. Distribución espacial del hábitat “Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales, dominada por *Rugulopteryx okamurae*”, en la demarcación sudatlántica.



Dado el gran impacto que está causando esta especie invasora, hemos analizado la abundancia y distribución de *R. okamurae* en la DMSUD. La Figura 18 muestra las diferentes zonas de muestreo ordenadas en el eje X de izquierda a derecha en función de menos a más proximidad al Estrecho de Gibraltar, punto de introducción de *R. okamurae* en la península ibérica (García-Gómez et al., 2020; Ocaña et al., 2016). Las zonas con mayores abundancias medias fueron Barbate 2 y la Laja de Conil Norte, mostrando diferencias significativas con el resto de puntos de muestreo (ANOVA,  $p<0,001$ ; Tukey  $p<0,05$ ) (Figura 18).

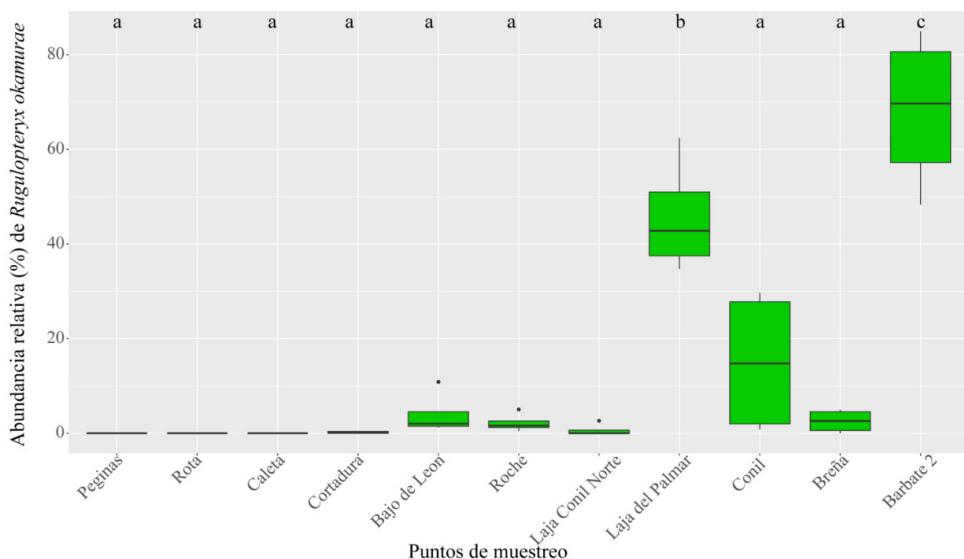


Figura 18. Resultados del análisis ANOVA para la abundancia de la especie invasora *Rugulopteryx okamurae* en cada uno de los puntos muestreados en la demarcación sudatlántica. Los puntos de muestreo están ordenados en el eje X de izquierda a derecha desde menos a más proximidad al Estrecho de Gibraltar.

En cualquier caso, puede observarse un gradiente en la abundancia de *R. okamurae*, que disminuye conforme nos alejamos del estrecho de Gibraltar (Figura 19) y como esta especie está colonizando cada vez más zonas de la demarcación.

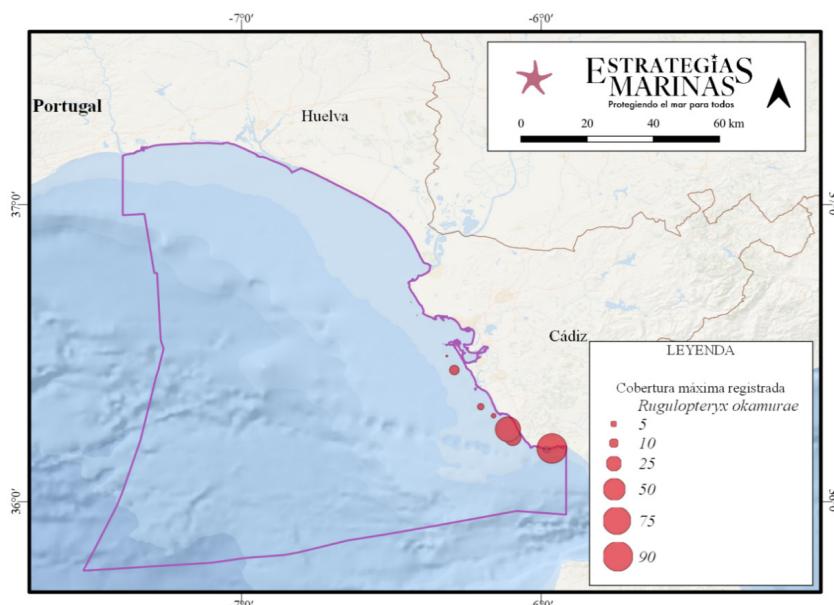
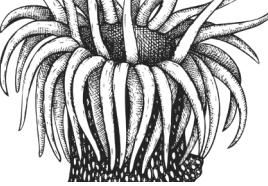


Figura 19. Puntos de muestreo de la demarcación sudatlántica mostrando la abundancia relativa (en porcentaje) de la especie invasora *Rugulopteryx okamurae*.



### Roca infralitoral afectada por sedimentación (Roca Infralitoral afectada por sedimentación con *Eunicella gazella*, *Eunicella singularis*, *Eunicella labiata* y *Leptogorgia spp.*)

Este tipo de comunidad se encuentra en profundidades comprendidas entre los 10-15 metros (Atlántico) y 30-40 metros (Mediterráneo) como límite superior, y puede llegar hasta profundidades de 60 - 110 metros en el límite inferior. Aun considerando estos datos generales, dada la naturaleza de estos organismos, la profundidad a la que pueden estar presentes depende en gran medida de la claridad de las aguas, desarrollándose en irradiancias comprendidas entre el 5 y el 0,05 % de la superficial. Esta comunidad se encontró en los puntos de muestreo situados más al norte de la provincia de Cádiz (Figura 20).

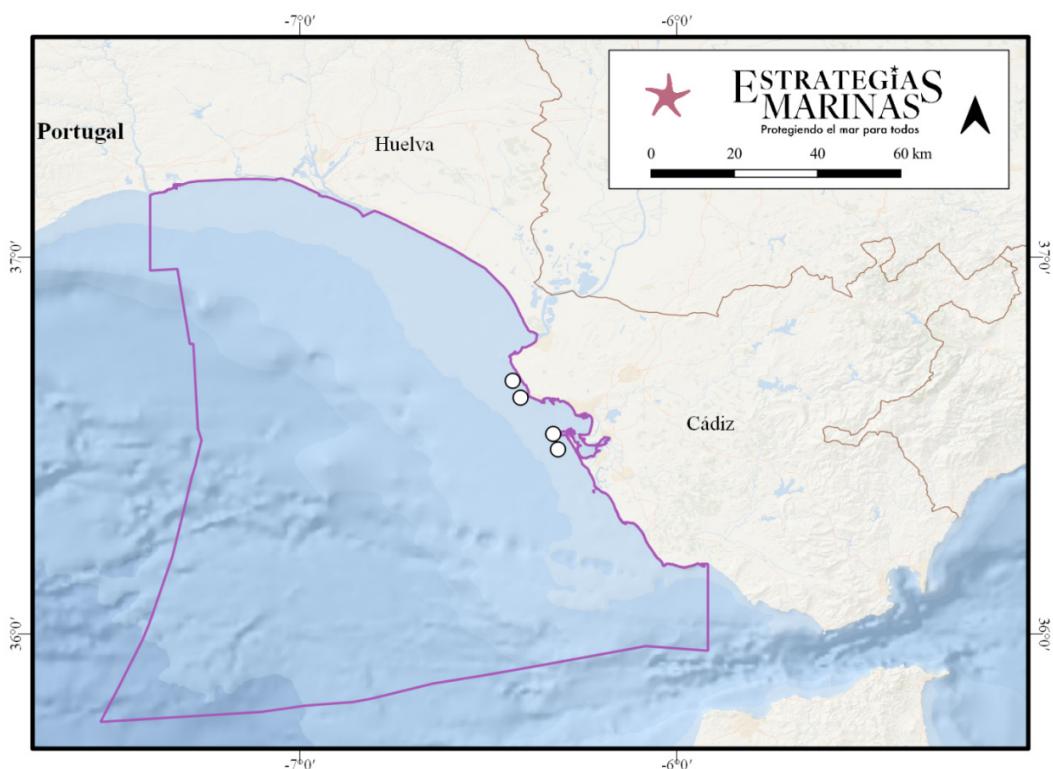


Figura 20. Distribución espacial del hábitat “Roca Infralitoral afectada por sedimentación con *Eunicella verrucosa*, *Eunicella singularis*, *Eunicella labiata* y *Leptogorgia spp.*”, en la demarcación sudatlántica.

### Roca infralitoral superficial de modo batido, escasamente iluminada con *Astroides calyculus*

Este hábitat que puede llegar a cubrir grandes superficies en lugares donde las condiciones son favorables, principalmente en paredes umbrías, extraplomos y entradas de grietas y cuevas. *Astroides calyculus* (Figura 21), especie clasificada como vulnerable dentro del Catálogo Nacional y Andaluz de Especies Amenazadas, es una especie en peligro, por lo que se encuentra incluida también en el Anexo II del Convenio de Barcelona y en el Anexo II del Convenio de Berna.

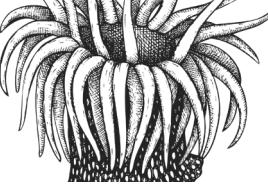


Figura 21. Fotografía de la especie *Astroides calycularis* muestreada en la demarcación sudatlántica. © Manuel M<sup>a</sup> González Duarte.

En cuanto a la distribución de *A. calycularis*, sólo se encuentra en el Mediterráneo suroccidental, incluyendo las costas italianas de Nápoles y Sicilia, el norte de África desde la isla Zembra en Túnez hasta el cabo Espartel, al oeste de Tánger en las costas atlánticas de Marruecos. También es abundante en Ceuta, Melilla e islas Chafarinas. En las costas españolas vive principalmente en Andalucía, distribuyéndose desde el cabo de Gata (Almería) hasta la ciudad de Cádiz, siendo este punto el límite occidental de la especie. El hábitat se distribuye desde prácticamente el intermareal hasta los 35-45 m de profundidad. Las distintas formas de crecimiento de este coral corresponden a diferentes condiciones ambientales, de forma que las colonias masivas se encuentran en zonas de hidrodinamismo elevado, mientras que las de aspecto arborescente y crecimiento más laxo aparecen en áreas más calmadas.

Las principales amenazas de este tipo de hábitat donde *A. calycularis* es una de las especies más relevante, se podrían enumerar con un denominador común: el efecto antropogénico. Algunas de las causas más frecuentes son la contaminación de las aguas (vertidos, manchas de hidrocarburos, etc.), y el efecto de los buceadores poco respetuosos (aleteo incontrolado, golpeo con el equipo de buceo), que provocan desprendimientos.

En la demarcación sudatlántica se encuentra presente en la mayoría de las estaciones esciáfilas a lo largo de la provincia de Cádiz (Figura 22).

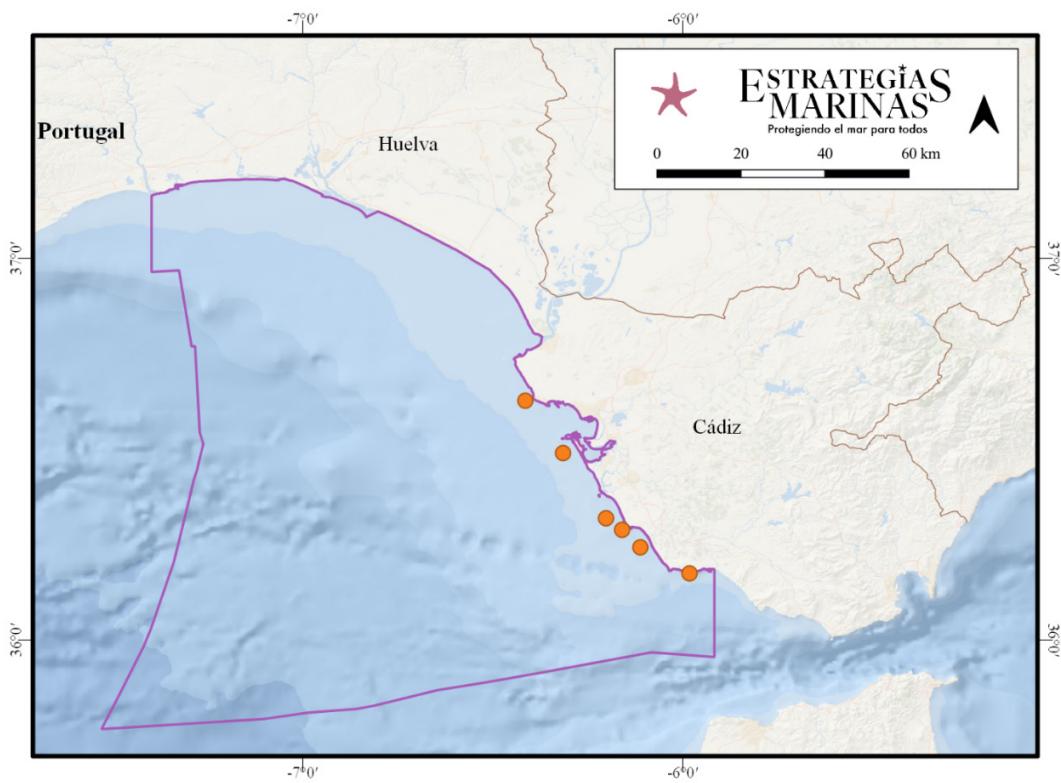


Figura 22. Distribución espacial del hábitat “Roca infralitoral superficial de modo batido, escasamente iluminada con *Astroides calyculus*,” en la demarcación sudatlántica.

Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con ascidias coloniales (Polyclinidae, Polycitoridae, Didemnidae y/o Styelidae)

Este hábitat se puede encontrar en los enclaves rocosos infralitorales, umbríos y con escaso hidrodinamismo, son muy características las comunidades dominadas por animales sésiles filtradores (a veces denominado pre-coralígeno), especialmente en este hábitat el dominio lo protagoniza el grupo de las ascidias coloniales, altamente dependiente de la carga de materia orgánica en la columna de agua y de ambientes turbios donde las comunidades algales fotófilas pierden competitividad. La especie más abundante en el hábitat es *Polycitor adriaticus*, aunque también aparecen con cierta frecuencia otros grupos de invertebrados como las esponjas del género *Dysidea sp.* o la especie de ascidia *Aplidium conicum*.

En la demarcación sudatlántica este hábitat se encuentra distribuido en la zona central y sur de la provincia de Cádiz (Figura 23).

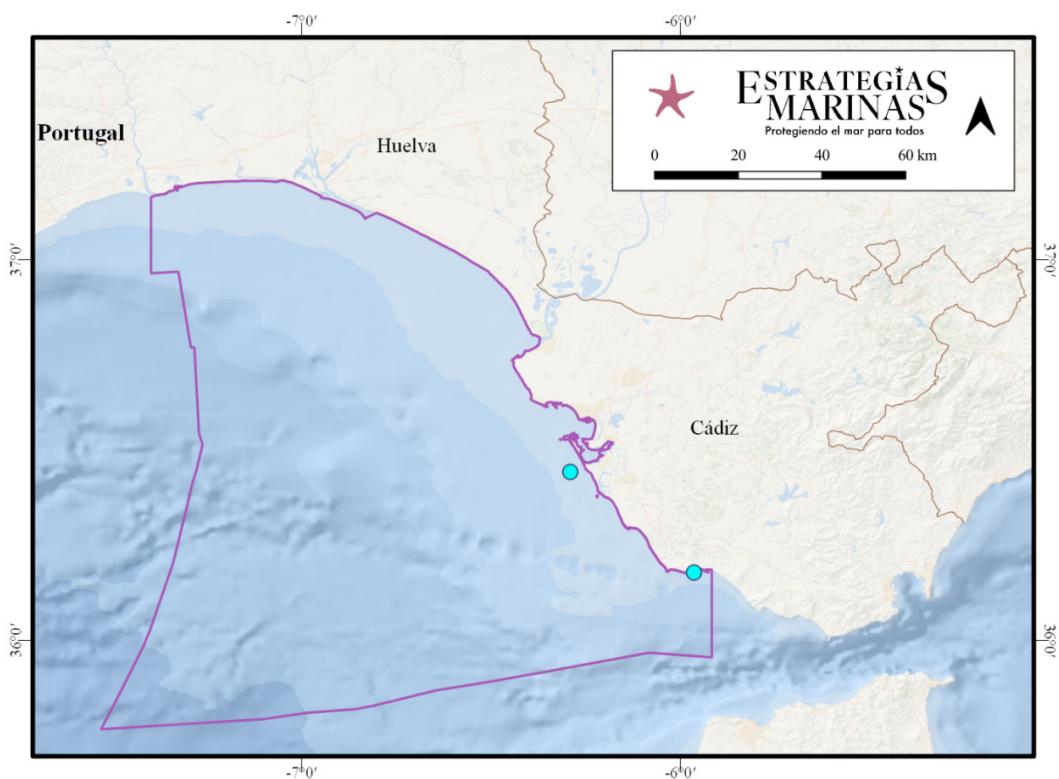


Figura 23. Distribución espacial del hábitat “Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con ascidias coloniales (*Polyclinidae, Polycitoridae, Didemnidae y/o Styelidae*)”, en la demarcación sudatlántica.

#### Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (con *Myriapora truncata*)

En este hábitat, de características similares al descrito en el caso anterior, son los briozoos los invertebrados sésiles filtradores más abundantes. Los briozoos son uno de los principales grupos animales acompañantes del coralígeno, con más de 170 especies. Entre ellos destacan los briozoos *Myriapora truncata* (falso coral), *Turbicellepora magnicostata* y *Schizomavella mamillata*. En este hábitat es frecuente encontrar otras especies formadoras de hábitats como son las especies de esponja *Sarcotragus spinosulus*, *Spirastrella cunctatrix*, *Crella elegans* e *Ircinia oros*, el poliqueto formando el complejo *Protula tubularia* e incluso corales como *Cladocora caespitosa*, siendo este hábitat el único donde se ha registrado esta especie en la demarcación.

En la demarcación sudatlántica este hábitat se encuentra distribuido en la zona sur de la provincia de Cádiz (Figura 24).

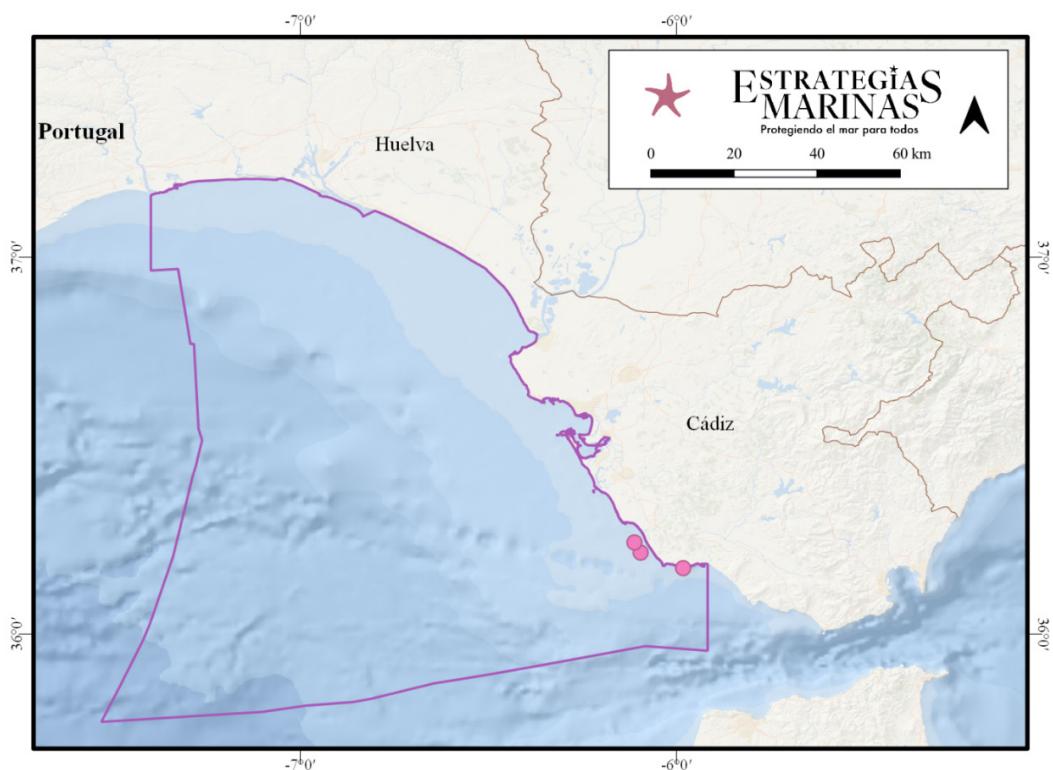
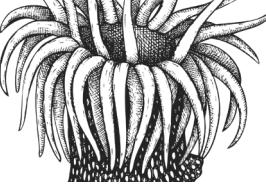
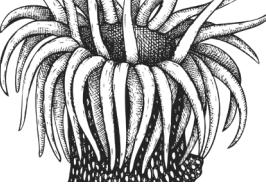


Figura 24. Distribución espacial del hábitat “Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (con *Myriapora truncata*)”, en la demarcación sudatlántica.

### 3.2.2. Pasarelas con hábitats listados

Tabla 16. Listado de OHTs observados e identificados en la demarcación sudatlántica. Se detallan las pasarelas al sistema de clasificación EUNIS (<https://eunis.eea.europa.eu/>) y la Lista Patrón de los hábitats marinos presentes en España (Templado et al., 2012).

Código	Clasificación EUNIS	Código	Lista Patrón	Observaciones
MB122	Seaweed or faunal communities on Atlantic infralittoral rock	301041706	Roca infralitoral afectada por sedimentación con <i>Eunicella gazella</i> , <i>Eunicella singularis</i> , <i>Eunicella labiata</i> y <i>Leptogorgia</i> spp.	Especie dominante: <i>Eunicella verrucosa</i>
		3010208	Roca infralitoral moderadamente expuesta con <i>Halopteris filicina</i> con coralináceas	
		3010407	Roca infralitoral inferior con dictiofiales y algas rojas filamentosas	

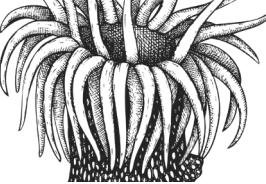


Código	Clasificación EUNIS	Código	Lista Patrón	Observaciones
MB122	Seaweed or faunal communities on Atlantic infralittoral rock	3010414	Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales	Roca infralitoral, sin fucales dominado por <i>Rugulopteryx okamurae</i>
		301022305	Roca infralitoral superficial de modo batido, escasamente iluminada con <i>Astrodes calyculus</i>	
		301041601	Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con <i>Myriapora truncata</i>	
		301041611	Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con ascidias coloniales (Polyclinidae, Polycitoridae, Didemnidae y/o Styelidae)	

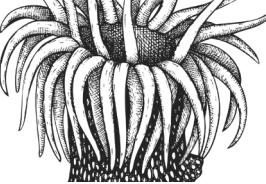
### 3.2.3. Índices multimétricos de los OHT: BH2 mod. (multimétricos)

Tabla 17. Índices multimétricos para los diferentes puntos de muestreo de la demarcación sudatlántica ordenados de norte a sur. Riqueza: riqueza de especies, Margalef: índice de Margalef, Shannon: Índice de Shannon, Pielou: Índice de Pielou, Simson: Índice de Simpson, %Ell: Porcentaje de especies Introducidas o Invasoras. OHT: Other Habitat Types, Halopteris: Roca infralitoral moderadamente expuesta con *Halopteris filicina* con coralináceas *Dictyota filamentososa*; Roca infralitoral inferior con dictiotales y algas rojas filamentosas, *Rugulopteryx*: Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales dominada por *Rugulopteryx okamurae*, Eunicella: Roca Infralitoral afectada por sedimentación con *Eunicella verrucosa*, *Eunicella singularis*, *Eunicella labiata* y *Leptogorgia spp.*, Astrodes: Roca infralitoral superficial de modo batido, escasamente iluminada con *Astrodes calyculus*, Ascidiás: Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con ascidias coloniales (Polyclinidae, Polycitoridae, Didemnidae y/o Styelidae); Myriapora: Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (con *Myriapora truncata*).

HB-BH2							
Punto muestreo	OHT	Riqueza	Margalef	Shannon	Pielou	Simpson	% Ell
Rota	Halopteris	13	2,606	1,952	0,765	0,818	0,209
Caleta		14,75	2,986	1,998	0,756	0,837	1,052
Cortadura		17,50	3,583	2,196	0,767	0,870	2,354
Roche		20,75	4,289	2,136	0,707	0,808	2,998



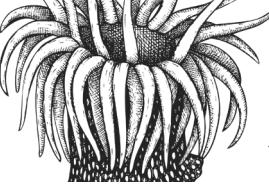
		HB-BH2						
Punto muestreo	OHT	Riqueza	Margalef	Shannon	Pielou	Simpson	% EII	
Bajo de León	Dictiotales_ filamentosas	10,25	2,009	1,842	0,799	0,817	4,021	
Laja Conil Norte		5,50	0,977	1,383	0,810	0,714	0,657	
Laja del Palmar	Rugulopteryx	7,25	1,357	1,351	0,693	0,684	71,050	
Conil		11,75	2,334	1,823	0,740	0,796	15,637	
Breña	Barbate 2	12,25	2,443	1,830	0,735	0,790	2,541	
		6,25	1,140	0,966	0,533	0,479	68,664	
Peginas	Eunicella	8,75	1,683	1,376	0,666	0,624	4,475	
Rota		9	1,737	0,990	0,480	0,424	1,504	
Caleta	Cortadura	6	1,086	1,107	0,622	0,507	0	
		10	1,954	1,547	0,674	0,702	0	
Rota	Astroides	19,50	4,017	2,690	0,915	0,927	8,057	
Cortadura		17,5	3,583	1,899	0,661	0,711	0	
Roche	Laja Conil Norte	21	4,343	2,495	0,836	0,890	0	
		14	2,823	1,874	0,793	0,767	1,041	
Laja del Palmar	Laja del Palmar	12	2,389	1,991	0,831	0,792	1,773	
Breña		4,5	0,760	1,055	0,767	0,572	0	
Bajo de León	ascidias	10,5	2,063	2,197	0,936	0,883	3,903	
Barbate 2		11,5	2,280	1,906	0,782	0,753	0	
Laja del Palmar	Myriapora	14	2,823	2,459	0,932	0,909	0	
Conil		11,5	2,280	2,082	0,890	0,844	0	
Breña		16	3,257	2,718	0,980	0,939	0	



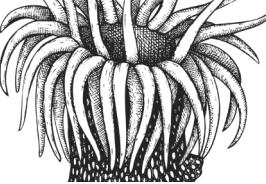
### 3.2.4. HB-DMA de los OHT

Tabla 18. Índices HB-DMA para los diferentes puntos de muestreo de la demarcación sudatlántica ordenados de norte a sur. CFR: Índice de Calidad de los Fondos Rocosos promedio, SE: Error Estándar del cálculo del CFR, (los colores se corresponden con un estado bueno [verde], moderado [amarillo], o pobre [naranja]), % Rugu: Porcentaje promedio de abundancia del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (en rojo zonas dominadas por esta especie), IRIS: porcentaje de especies identificadas como sensibles a presiones físicas en función del índice Infralitoral Rock Index of Sensitivity, % spp sensible/estructurantes: Porcentaje de especies de algas sensibles y porcentaje de especies de invertebrados estructurantes, OHT: Other Habitat Types, Halopteris: Roca infralitoral moderadamente expuesta con *Halopteris filicina* con coralináceas *Dictiotales*\_filamentosas: Roca infralitoral inferior con dictiotales y algas rojas filamentosas, *Rugulopteryx*: Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales dominada por *Rugulopteryx okamurae*, Eunicella: Roca Infralitoral afectada por sedimentación con *Eunicella verrucosa*, *Eunicella singularis*, *Eunicella labiata* y *Leptogorgia spp.*, Astroides: Roca infralitoral superficial de modo batido, escasamente iluminada con *Astroides calyculus*, Ascidiás: Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con ascidiás coloniales (*Polyclinidae*, *Polycitoridae*, *Didemnidae* y/o *Styelidae*); Myriapora: Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (con *Myriapora truncata*).

HB-DMA						
Punto muestreo	OHT	CFR	SE	% Rugu	IRIS	% spp sensible/estructurantes
Rota	Halopteris	0,429	0,006	0	-	0,600
Caleta		0,681	0,065	0	-	1,207
Cortadura		0,368	0,016	0,200	-	0,767
Roche		0,591	0,104	2,184	-	0,432
Bajo de León	Dictiotales_filamentosas	0,656	0,058	4,020	-	1,017
Laja Conil Norte		0,523	0,105	0,657	-	0,200
Laja del Palmar	Rugulopteryx	0,216	0,039	45,670	-	1,117
Conil		0,589	0,094	15,007	-	5,166
Breña		0,735	0,063	2,541	-	4,615
Barbate 2		0,230	0,066	68,160	-	2,710
Peginas	Eunicella	-	-	0	77,984	80,658
Rota		-	-	0	79,699	83,459
Caleta		-	-	0	80	82,857
Cortadura		-	-	0,2	85,484	93,952
Rota	Astroides	-	-	0	51,388	60,257
Cortadura		-	-	0,2	66,983	76,993
Roche		-	-	2,184	43,409	68,761
Laja Conil Norte		-	-	0,657	30,805	30,533



Punto muestreo	OHT	HB-DMA				
		CFR	SE	% Rugu	IRIS	% spp sensible/ estructurantes
Laja del Palmar	Astroides	-	-	45,670	38,331	53,914
Breña		-	-	2,541	55,556	58,333
Bajo de León	ascidias	-	-	4,021	50,737	48,482
Barbate 2		-	-	68,160	56,757	61,390
Laja del Palmar	Myriapora	-	-	45,670	21,212	48,485
Conil		-	-	15,007	21,468	29,700
Breña		-	-	2,541	30	35,000



## 4. Discusión y consideración finales

Aunque el mapa de presiones acumuladas muestra toda la demarcación, hay que destacar que el BHT- Roca infralitoral y arrecife biogénico, que corresponde a las zonas más cercanas a la costa, es el hábitat que se encuentra sometido a un mayor número de presiones. La única parte de la costa aparentemente libre de presiones en la demarcación es la zona del Parque Nacional de Doñana, que en su mayoría se corresponde con fondos blandos.

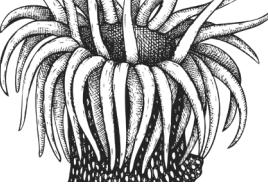
La falta de zonas prístinas en la demarcación dificulta la comparación de las diferentes zonas de muestreo con zonas control para poder evaluar el BEA de dichos puntos de muestreo. Al mismo tiempo, este hecho refuerza la necesidad de continuar con el seguimiento de este hábitat a lo largo del tiempo, para poder así evaluar su tendencia. Las campañas de muestreo han comenzado en 2021, constituyen el inicio de la serie histórica de prospección del BHT Roca infralitoral y arrecife biogénico en la demarcación. Teniendo en cuenta que, hasta la fecha, existen puntos que solo han podido muestrearse una vez, no se puede evaluar a día de hoy ninguna tendencia. Solo una serie temporal a largo plazo nos permitirá poder evaluar el BEA y poder sacar conclusiones de cómo evolucionan los fondos marinos de la demarcación sudatlántica.

Los parámetros y criterios establecidos para la evaluación del descriptor D6 incluyen criterios basados en la extensión, la pérdida y la perturbación de los hábitats. Las capas de EMODnet, herramienta propuesta inicialmente como referencia para el cálculo de la extensión de los diferentes BHT, se ha revelado como ineficaz. Gracias a las campañas de muestreo llevadas a cabo en la demarcación desde 2021, se ha comprobado que el tipo de fondo identificado por estas capas no se corresponde con el tipo de fondo real. Por consiguiente, creemos que son necesarios más puntos de muestreo y prospección para poder corregir y actualizar estas capas de referencia y así estimar correctamente la extensión real de los hábitats de roca infralitoral y arrecife biogénico.

Aunque la evaluación del BHT- Roca infralitoral y arrecife biogénico para el presente ciclo sea “estado desconocido”, gracias a indicadores como el CFR, índices de diversidad, %El o el índice IRIS (desarrollado expresamente por el equipo de EEMM que trabaja sobre el piso de Roca infralitoral y arrecife biogénico), podemos realizar ciertas consideraciones sobre el estado del BHT y de los OHT identificados en la demarcación.

En general hemos observado como los puntos más al sur de la demarcación se encuentran influenciados por la presencia del alga invasora *Rugulopteryx okamurae*. Esta especie está condicionando los hábitats bentónicos de la demarcación, reduciendo la diversidad y el número de especies estructurantes.

Por otro lado, en la zona situada más cerca a la desembocadura del río Guadalquivir, existe una franja con una gran influencia fluvial, debido a los aportes del río, y que se extiende hasta prácticamente la ciudad de Cádiz, donde la influencia del río Guadalete es bastante notable. La gran turbidez y gran cantidad de partículas en suspensión hace que tanto la abundancia como la diversidad de especies algales se encuentra muy reducida, siendo una zona dominada por organismos suspensívoros (siendo característicos de esta zona los corales y las gorgonias). La gran turbidez, el gran acúmulo de presiones que observamos en la zona de la bahía de Cádiz y el efecto de *R. okamurae*, hace que el estado de la demarcación sea preocupante de cara al futuro. Solo los puntos de muestreo que se encuentran en una posición intermedia entre estos frentes (como son el bajo de León o Roche), han mostrados valores algo más altos de diversidad, tanto para algas como para la comunidad esciáfila.



## 4.1. Consideraciones sobre los OHT

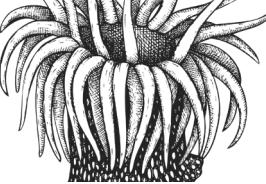
### Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales

La especie invasora *Rugulopteryx okamurae* está presente en la mayoría de los puntos muestreados en la demarcación (Figura 19) y además domina en los fondos rocosos de las estaciones más próximas al Estrecho de Gibraltar (Figura 17, Figura 18). Al ser una especie de reciente introducción (Ocaña *et al.*, 2016), no se encuentra recogida en la LPRE ni en el listado EUNIS. Sin embargo, dada su gran abundancia y dominancia en ciertas estaciones de muestreo, consideramos que en estas estaciones el hábitat predominante podría denominarse como “Roca infralitoral medianamente iluminada, sin fucales dominada por *Rugulopteryx okamurae*”. Aunque un hábitat afectado no pueda ser un hábitat característico de la demarcación, hay que realizar una gestión específica de los hábitats afectados por *R. okamurae*, debido a que su marcado carácter invasor nos indica que la mera presencia de esta especie provocará un descenso de los indicadores de diversidad y estructuración de la comunidad (González-Duarte *et al.*, 2023).

Finalmente, nos gustaría destacar que la baja abundancia media de esta especie en zonas cercanas al estrecho de Gibraltar como son Conil y Breña (Figura 18), puede deberse a que los últimos muestreos que se realizaron en estos puntos se llevaron a cabo en septiembre. Esto pudo condicionar la abundancia de *R. okamurae*, ya que esta especie posee un ciclo de vida estacional que alcanza mayores abundancias entre abril y septiembre, siendo este último mes cuando empieza a descender su abundancia (Hwang *et al.*, 2009; Verlaque *et al.*, 2009).

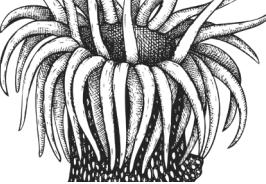
### Roca infralitoral afectada por sedimentación (Roca Infralitoral afectada por sedimentación con *Eunicella gazella*, *Eunicella singularis*, *Eunicella labiata* y *Leptogorgia* spp.)

En la demarcación sudatlántica este hábitat estuvo presente en zonas con poca luminosidad y gran cantidad de partículas en suspensión (Figura 20). Esto hizo que la especie dominante fuese *Eunicella verrucosa*, por encima de otras especies más comunes en otros pisos infralitorales mejor iluminados, como podrían ser *Paramuricea clavata*, *Leptogorgia sarmentosa*, *E. singularis* o *E. labiata*. Por consiguiente, consideramos que este hábitat podría denominarse Roca Infralitoral afectada por sedimentación con *Eunicella verrucosa*, *Eunicella singularis*, *Eunicella labiata* y *Leptogorgia* spp.



## 5. Referencias

- Aguilar, R.; Pardo, E.; Cornax, M.J.; García, S.; Ubero, J.; 2010. *Doñana y el golfo de Cádiz: Propuesta para la ampliación del área marina protegida*. OCEANA. 77 págs.
- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L., de Torres, M. (2007). A new methodology based on litoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 172-180.
- Bohnsack, J.A., Bannerot, S.P. (1986). A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes. NOAA/National Marine Fisheries, 15 pp.
- Bolker BM, Brooks ME, Clark CJ, et al. (2009) Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends Ecol Evol* 24:127-35. doi: 10.1016/j.tree.2008.10.008
- Bortone, S.A., Kimmel, J.J., Bundrick, C.M. (1989). A comparison of three methods for visually assessing reef fish communities: time and area compensated. *Gulf of Mexico Science*, 10(2): 85-96.
- Bray JR, Curtis JT (1957) An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27:325-349. doi: 10.2307/1942268
- CAP. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía (2020). Tallas mínimas biológicas y comerciales. Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/>
- Casado de Amezua, P., Kersting, D., Linares, C.L., Bo, M., Caroselli, E., Garrabou, J., Cerrano, C., Ozalp, B., Terrón-Sigler, A. & Betti, F. (2015). *Cladocora caespitosa*. En IUCN Red List of Threatened Species. <https://doi.org/10.2305/iucn.uk.2015-2.rlts.t133142a75872554.en>
- Cebrián, E., Ballesteros E., Canals, M. (2000). Shallow rocky bottom benthic assemblages as calcium carbonate producers in the Alboran Sea (southwestern Mediterranean). *Oceanologica Acta*, 23: 311- 322.
- Cheung, W.W., Pitcher, T.J., Pauly, D. (2005). A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. *Biological conservation*, 124(1), 97-111.
- Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust J Ecol* 18:117-143. doi: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x
- Clarke KR, Gorley RN (2006) PRIMER-E v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E.
- Cristobo, J., Urgorri, V., Solorzano, R., Ríos, P. (1993). Métodos de recogida, estudio y conservación de las colecciones de Poríferos. En: *Libro del congreso [del] Simposio Internacional sobre Preservación y Conservación de Colecciones de Historia Natural* (pp. 277-287). Dirección General de Archivos, Bibliotecas y Museos.
- Cusack, C., O'Beirn, F. X., King, J. J., Silke, J., Keirse, G., Whyte, B. I., Leahy, Y., Noklegaard, T., McCormack, E., McDermott, G. (2008). Water Framework Directive: marine ecological tools for reference, intercalibration and classification (METRIC): final report for the ERTDI-funded project: 2005-W-MS-36. EPA.
- Estévez, R. M., Palacios, M., Cervera, J. L., & González Duarte, M. M. (2022). Expansion of the invasive alga *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotaceae, Ochrophyta) in the Mediterranean Sea: first evidence as epiphyte of the cold-water coral *Dendrophylia ramea* (Cnidaria: Scleractinia). *BioInvasions Records*.
- EUNIS (2022) European Nature Information System. <https://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>
- European Commission Directive (2008). Commission of the European Communities. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive).



Falkenberg LJ, Scanes E, Ducker J, Ross PM (2021) Biotic habitats as refugia under ocean acidification. *Conserv Physiol* 9(1): coab077; doi:10.1093/conphys/coab077

Froese, R. y Pauly. D. Editors. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (10/2023).

Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M. y Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18(3), 506-526.

García-Gómez, J.C., Florido, M., Olaya-Ponzone, L., Sempere-Valverde, J., Megina, C. (2021). The Invasive Macroalga *Rugulopteryx okamurae*: Substrata Plasticity and Spatial Colonization Pressure on Resident Macroalgae. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 259.

García-Gómez, J.C., Sempere-Valverde. J., González, A.R., Martínez-Chacón, M., Olaya-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.

González-Duarte, M. M. , Casado, I. A. C., Caparro, L. S., Martín, A., Marina, P., Caballero, J. A., & Urra, J. (2023). Áreas Marinas Protegidas y Especies formadoras de hábitats frente a especies invasoras: El caso del alga *Rugulopteryx okamurae* y su efecto sobre las comunidades bentónicas de la provincia de Cádiz. In *Libro de Resúmenes XXV Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (pp. 131-132). Real Sociedad Española de Historia Natural.

González-Irusta, J.M., De la Torriente, A., Punzón, A., Blanco, M., Serrano, A. (2018). Determining and mapping species sensitivity to trawling impacts: the BEthos Sensitivity Index to Trawling Operations (BESITO). *ICES Journal of Marine Science*, 75(5): 1710-1721.

Grime, J.P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, 111: 1169- 1194.

Grime, J.P. (2001). Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. Wiley, Chichester, UK.

Guidetti, P., Baiata, P., Ballesteros, E., Di Franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., Michel, F., Pais, A., Panzalis, P., Rosenberg, A.A, Zabala, M., Sala, E. (2014). Large-scale assessment of Mediterranean marine protected areas effects on fish assemblages. *PLoS One*, 9(4), e91841.

Guinda, X., Juanes, J.A., Puente, A., Echavarri-Erasun, B. (2012). Spatial distribution pattern analysis of subtidal macroalgae assemblages by a non-destructive rapid assessment method. *Journal of Sea Research*, 67: 34-43.

Guinda, X., Juanes, J.A., Puente, A. (2014). The Quality of Rocky Bottoms index (CFR): A validated method for the assessment of macroalgae according to the European Water Framework Directive. *Marine Environmental Research*, 102: 3-10.

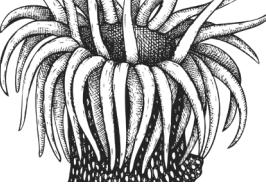
Hwang, I. K., Lee, W. J., Kim, H. S., De Clerck, O. (2009). Taxonomic reappraisal of *Dilophus okamurae* (Dictyotales, Phaeophyta) from the western Pacific Ocean. *Phycologia*, 48(1): 1-12.

ISPRA. 2013. Proposte per la definizione del buono stato ambientale e dei traguardi ambientali. 110 pp.

Jones, M.C. y Cheung, W.W. (2018). Using fuzzy logic to determine the vulnerability of marine species to climate change. *Global change biology*, 24(2), e719-e731.

Juanes, J.A., Guinda, X., Puente, A., Revilla, J.A. (2008). Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. *Ecological indicators*, 8, 351-359

Kersting, D. K. y Linares, C. (2019). Living evidence of a fossil survival strategy raises hope for warming-affected corals. *Science Advances*, 5(10). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax2950>



Leví, C. (1973). Systematique de la classe des Demospongiaria (Demosponges), In P.P. Grassé, Pp. 577-631, T. III (1), en *Traité de Zoologie* (P. P. Grassé). Masson & Co. París.

Miller, P. J. (1986). Gobiidae. *Fishes of the North-eastern Atlantic and Mediterranean*, 1019-1085.

Nelson, W. A. (2009). Calcified macroalgae-critical to coastal ecosystems and vulnerable to change: a review. *Marine and Freshwater Research*, 60(8): 787-801.

Ocaña, Ó., Afonso Carrillo, J., Ballesteros, E. (2016). Massive proliferation of a dictyotalean species (Phaeophyceae, Ochrophyta) through the Strait of Gibraltar. *Re. Acad. Canar. Cienc. XXVIII*: 165-170

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Ugland, K. (2011). Ecological Evaluation Index continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. *Mediterranean Marine Science*, 12(1): 199-232.

Pérez-Martín, M., Rodríguez del Valle, F. et al. (2001). Especies de interés pesquero en el litoral de Andalucía. Junta de Andalucía, Conserjería de Agricultura y Pesca.

Pinedo, S., García, M., Satta, M. P., De Torres, M., Ballesteros, E. (2007). Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6): 126-135.

Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, et al. (2017) nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-131.

QGIS Development Team (2021) QGIS geographic information system. Open source geospatial foundation project. <https://www.qgis.org>

R CoreTeam (2017) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. URL <http://www.R-project.org/>.

Real Decreto 560/1995, de 7 de abril, por el que establece las tallas mínimas de determinadas especies pesquerías; modificado por el Real Decreto 1615/2005, de 30 de diciembre (BOE 16, 19-01-2006). Se indicaría en su caso la longitud total mínima establecida para el Atlántico.

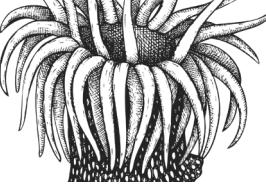
Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinos, P., Di Franco, A., Ferretti, F., Foley, D., Fraschetti, S., Friedlander, A., Garrabou, J., Güçlüsoy, H., Guidetti, P., Halpern, B.S., Hereu, B., Karamanlidis, A.A., Kizilkaya, Z., Macpherson, E., Mangialajo, L., Mariani, S., Micheli, F., Pais, A., Riser, K., Rosenberg, A.A., Sales, M., Selkoe, K.A., Starr, R., Tomas, F., Zabala, M. (2012). The structure of mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS One* 7(2): e32742. doi:10.1371/journal.pone.003274

Serrano, A., de la Torriente, A., Punzón, A., et al. (2022) Sentinels of Seabed (SoS) indicator: Assessing benthic habitats condition using typical and sensitive species. *Ecol Indic* 140:108979. doi: 10.1016/j.ecolind.2022.108979

Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, Á., Serrano, A., Martín, L., Brito, A. (2012). Guía interpretativa. *Inventario español de hábitats marinos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Van der Linden, P., Patricio, J., Marchini, A., Cid, N., Neto, J., Marques, J. (2012). A biological trait approach to assess the functional composition of subtidal benthic communities in an estuarine ecosystem. *Ecological Indicators* 20, 121-133.

Verlaque, M., Steen, F., De Clerck, O. (2009). *Rugulopteryx* (Dictyotales, Phaeophyceae), a genus recently introduced to the Mediterranean. *Phycologia*, 48(6): 536-542.



## 6. Tablas suplementarias

Tabla S1. Resultados de los análisis univariantes de diversidad de la comunidad de algas en la demarcación Sudatlántica.

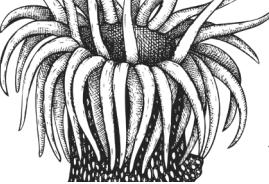
	Valor estimado	ES	z-valor	Pr(> z )
Intercepto	2,421	0,138	17,543	<0,001*
Área 2	0,403	0,158	2,559	0,011*
Área 3	-0,362	0,197	-1,835	0,066
Área 4	0,055	0,177	0,282	0,778
Área 5	-0,372	0,185	-2,003	0,045*

Modelos Lineal Mixto Generalizado para el número medio de especies por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. \* = Diferencias significativas; ES = error estándar

	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepto	1,502	0,165	30	9,067	<0,001*
Área 2	0,568	0,185	30	3,069	0,045*
Área 3	0,109	0,232	9	0,469	0,650
Área 4	0,228	0,235	30	0,972	0,338
Área 5	-0,154	0,214	30	-0,718	0,477

Modelos Lineal Mixto para el índice de Shannon medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.

	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepto	0,688	0,058	30	11,719	<0,001*
Área 2	0,144	0,064	30	2,235	0,033
Área 3	0,077	0,083	9	0,924	0,379
Área 4	0,056	0,083	30	0,676	0,503
Área 5	-0,035	0,076	30	-0,469	0,642



Modelos Lineal Mixto para el índice de Simpson medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.

	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepto	0,473	0,029	30	16,235	<0,001*
Área 2	0,083	0,034	30	2,430	0,021
Área 3	0,116	0,038	9	2,987	0,015
Área 4	0,077	0,041	30	1,870	0,071
Área 5	0,016	0,036	30	0,435	0,666

Modelos Lineal Mixto para el índice de Pielou medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF, \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.

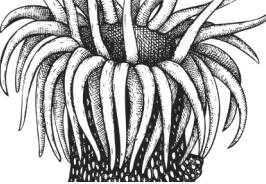
	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepto	2,431	0,386	30	6,286	<0,001*
Área 2	0,946	0,401	30	2,357	0,025*
Área 3	-0,938	0,571	9	-1,644	0,134
Área 4	-0,302	0,551	30	-0,548	0,587
Área 5	-0,799	0,551	30	-1,562	0,128

Modelos Lineal Mixto para el índice de Margalef medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF, \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.

Tabla S2. Resultados de los análisis univariantes de diversidad de la comunidad de invertebrados esciáfilos en la demarcación sudatlántica.

	Valor estimado	ES	z-valor	Pr(> z )
Intercepto	2,140	0,185	19,730	<0,001*
Área 2	0,804	0,130	6,164	<0,001*
Área 3	0,398	0,157	2,527	0,011*
Área 4	0,287	0,146	1,959	0,050
Área 5	0,242	0,164	1,472	0,141

Modelos Lineal Mixto Generalizado para el número medio de especies por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. \* = Diferencias significativas; ES = error estándar



	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepo	1,873	0,132	26	14,146	<0,001*
Área 2	0,902	0,187	26	4,820	<0,001*
Área 3	0,544	0,216	26	2,518	0,018
Área 4	0,222	0,192	26	1,157	0,257
Área 5	0,420	0,216	26	1,969	0,059

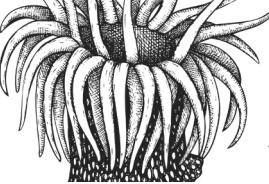
Modelos Lineal Mixto para el índice de Shannon medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.

	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepo	0,643	0,004	26	146,524	<0,001*
Área 2	0,026	0,006	26	4,299	<0,001*
Área 3	0,038	0,007	26	5,410	<0,001*
Área 4	0,024	0,006	26	3,883	<0,001*
Área 5	0,035	0,007	26	4,942	<0,001*

Modelos Lineal Mixto para el índice de Simpson medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF. \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.

	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepo	1,026	0,023	26	43,545	<0,001*
Área 2	0,044	0,026	26	1,697	0,101
Área 3	0,039	0,038	26	1,036	0,309
Área 4	-0,039	0,034	26	-1,145	0,262
Área 5	0,003	0,039	26	0,085	0,932

Modelos Lineal Mixto para el índice de Pielou medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF, \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.



	Valor estimado	ES	gl	t-valor	p-valor
Intercepto	2,161	0,133	26	16,152	<0,001*
Área 2	0,742	0,189	26	3,924	<0,001*
Área 3	0,277	0,218	26	1,271	0,214
Área 4	-0,045	0,194	26	-0,231	0,818
Área 5	0,017	0,218	26	0,079	0,937

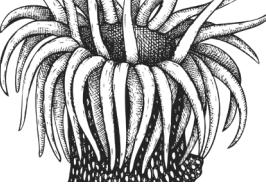
Modelos Lineal Mixto para el índice de Margalef medio por transecto en las cinco Áreas identificadas por el test SIMPROF, \* = Diferencias significativas; ES = error estándar; gl = grados de libertad.



---

# HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES SEDIMENTARIOS



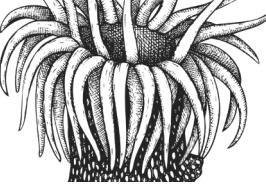


## 1. Introducción

En este documento se desarrolla la metodología, los datos utilizados y los resultados obtenidos para evaluar los hábitats circalitorales y batiales sedimentarios de la demarcación sudatlántica, cuya valoración final se encuentra resumida por tipos generales de hábitats bentónicos (*Broad habitat type*, BHT) en las fichas de evaluación. La metodología es común para todas las demarcaciones y está centrada en analizar el efecto de la pesca de arrastre sobre dichos hábitats mediante un indicador de estado, el indicador SoS (Serrano *et al.*, 2022; también llamado BH1 en OSPAR, OSPAR, 2023 y Plaza-Morlote *et al.*, 2023) o para los hábitats en los que no se ha podido aplicar dicho indicador (por falta de datos) el indicador de riesgo BH3 (OSPAR, 2017 y Matear *et al.*, 2023) modificado para emplear en su matriz de impacto información del indicador SoS. Ambos son indicadores comunes de OSPAR para la región IV, que incluye Portugal, España y Francia, siendo el BH3 además común para el resto de regiones de OSPAR. Además, estos indicadores han sido recientemente utilizados en la última evaluación regional de OSPAR de 2023 (ver Matear *et al.*, 2023 y Plaza-Morlote *et al.*, 2023).

El indicador SoS utiliza la abundancia proporcional de las especies centinela (especies características del hábitat y sensibles a una presión determinada) para cada hábitat evaluado a través de un gradiente de presión, que en este caso es el nivel de impacto de la pesca de arrastre. Para poder determinar las áreas adversamente afectadas se han generado curvas de estado-presión específicas mediante el uso de modelos generales aditivos, GAMs por sus siglas en inglés, que correlacionan la proporción de especies centinela con el nivel de impacto de la pesca de arrastre a nivel de BHT siguiendo la metodología explicada en OSPAR (ver Plaza-Morlote *et al.*, 2023). En los BHTs en los que se ha obtenido curvas significativas ( $p\text{-valor} < 0,1$ ), estas curvas se han aplicado para evaluar el impacto de esta presión, incluida la determinación de áreas altamente perturbadas por dicha presión después de definir un umbral de calidad para cada BHT. Se ha aplicado el método de punto de degradación para calcular los umbrales de calidad en cada BHT (Plaza-Morlote *et al.*, 2023; ICES, 2022). Una vez calculados dichos umbrales, se han generado para cada hábitat BHT tres categorías: áreas sin presión, áreas no adversamente afectadas y áreas adversamente afectadas.

En los casos en los que no se ha podido aplicar el indicador SoS porque las curvas no han salido significativas ( $p\text{-valor} > 0,1$ ) o porque no había suficientes datos como para poder ajustar un modelo GAM, se ha aplicado el indicador BH3 de OSPAR informado por el indicador SoS. De esta forma, en esta evaluación sólo se va a utilizar el indicador BH3 cuando en un hábitat no se pueda utilizar el indicador SoS y se nutrirá con una matriz de sensibilidad construida con resultados del indicador SoS, es decir se integrarán ambos indicadores.



## 2. Material y métodos

Se han aplicado dos metodologías complementarias para evaluar el efecto de la pesca de arrastre en los BHT circalitorales y batiales sedimentarios, tanto durante el periodo 2016-2022 como para el período anterior (2010-2015), de forma que podamos valorar su tendencia.

En los BHTs en los que había datos suficientes y se ha obtenido una curva estado-presión significativa ( $p$ -valor < 0,1) se ha aplicado el indicador SoS, mientras que en el resto de BHTs se aplicado el indicador BH3 informado por SoS. Para ello, se realiza una integración entre ambos indicadores que es una aproximación que permite utilizar las curvas de estado-presión del indicador SoS para proporcionar información al indicador BH3. Esta metodología permite obtener las sensibilidades de los hábitats con las curvas del SoS y a la vez sirve para definir las escalas de esfuerzo pesquero y la matriz de sensibilidad que necesita el BH3.

### 2.1. Preparación de datos

Para poder aplicar esta metodología hemos trabajado y preparado los diferentes tipos de datos necesarios para utilizar ambos indicadores: la distribución de los tipos generales de hábitats procedentes de EMODnet 2021, los datos de abundancia de las especies procedentes de diferentes campañas de pesca (en el caso específico de la demarcación sudatlántica se han utilizado los datos de las campañas ARSA), así como la intensidad y distribución de la presión de la pesca por el arrastre de fondo. Los análisis se han llevado a cabo durante los periodos 2016-2022 y 2010-2015.

#### 2.1.1. Distribución de los BHTs

La información sobre la distribución de los tipos generales de hábitats se ha obtenido a partir de la rasterización de la capa de hábitats de EMODnet de la demarcación sudatlántica (Emodnet, 2021) (Figura 25).

Los hábitats presentes en la demarcación son los que se indican a continuación: Sedimento batial superior (BT\_SED), Fango circalitoral (CIR\_MUD), Lodos circalitorales profundos (CIRD\_P\_MUD), Arena circalitoral (CIR\_SND), Arena circalitoral profunda (CIRD\_P\_SND), Sedimento mixto circalitoral (CIR\_MX), Sedimento grueso circalitoral (CIR\_CS), Sedimento grueso circalitoral profundo (CIRD\_P\_CS), Sedimento mixto circalitoral profundo (CIRD\_P\_MX), Roca batial superior y arrecife biogénico (BAT\_RK\_BIO), Arena infralitoral (INF\_SND), Roca circalitoral y arrecife biogénico (CIR\_RK\_BIO), Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico (CIRD\_P\_RK\_BIO), Roca infralitoral y arrecife biogénico (INF\_RK\_BIO), Sedimento grueso infralitoral (INF\_CS), Sedimento mixto infralitoral (INF\_MX), Fango infralitoral (INF\_MUD), Sedimento batial inferior (BATLOW\_SED), Sedimento batial inferior o roca batial inferior y arrecife biogénico (BATLOW\_SED\_I), Sedimento batial superior o roca batial superior y arrecife biogénico (BAT\_SED\_RK\_B), Hábitat sin identificar (Na).

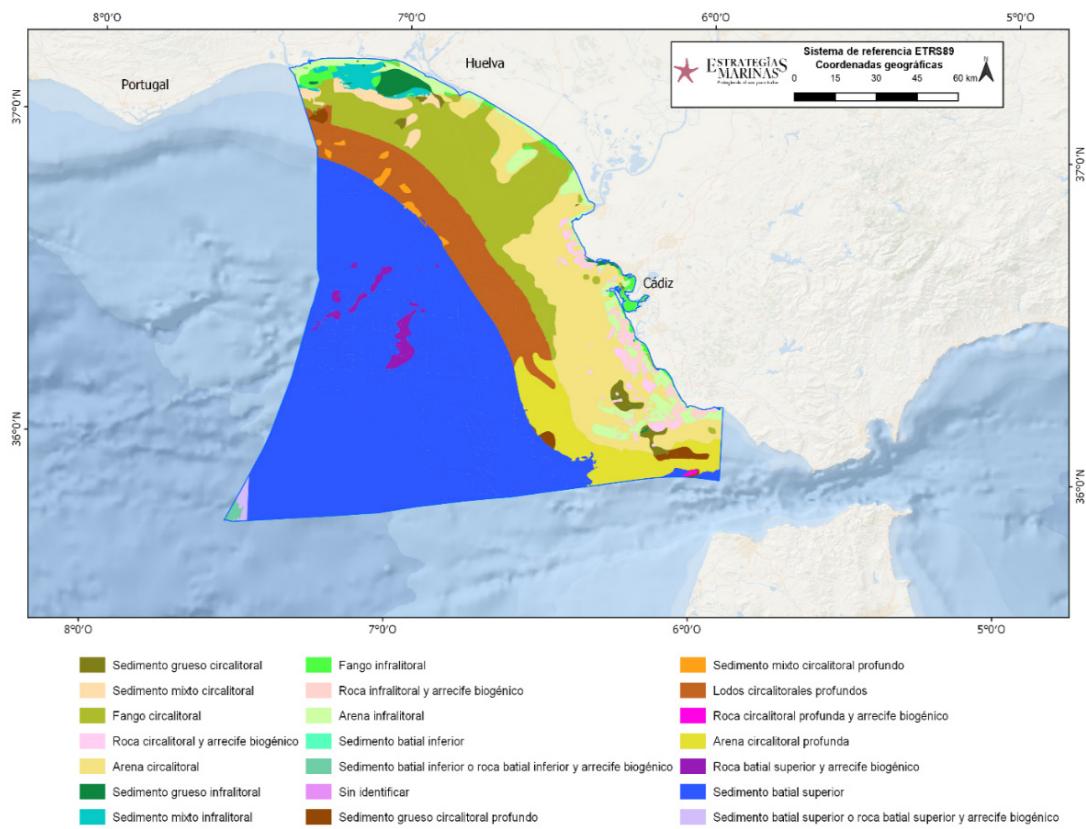
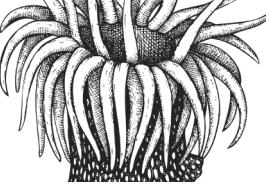


Figura 25. Distribución de los BHTs (fuente: EUSeamap, 2021) en la demarcación sudatlántica.

### 2.1.2. Distribución de la intensidad de pesca

Para analizar el impacto de la pesca de arrastre en los hábitats bentónicos de la demarcación hemos calculado el valor medio del área barrida (Swept Area Ratio, SAR) para los períodos 2016-2022 y 2010-2015 (Figura 26). El SAR mide el número de veces que el área total de cada celda de  $0,05^{\circ}\text{N} \times 0,05^{\circ}\text{E}$  (entre 20 y 25  $\text{km}^2$  dependiendo de la latitud) ha sido arrastrada por año. La metodología utilizada, así como la fuente de donde se han obtenido los datos está descrita en el anexo correspondiente al capítulo C7A1.

En la demarcación sudatlántica la pesca de arrastre está prohibida en aguas costeras (dentro de las 6 millas náuticas de la costa o dentro de la isóbata de 50 m cuando esa profundidad se alcanza a una distancia más corta de la costa en el golfo de Cádiz) y también en profundidades superiores a 800 m debido a medidas de gestión espacial europeas y españolas. Los datos de SAR se filtraron en función de estas prohibiciones, obteniéndose los mayores valores de intensidades de pesca de arrastre a profundidades hasta los 300 m. Además, durante el período 2016-2022, observamos un descenso en los valores de SAR con respecto al período anterior.

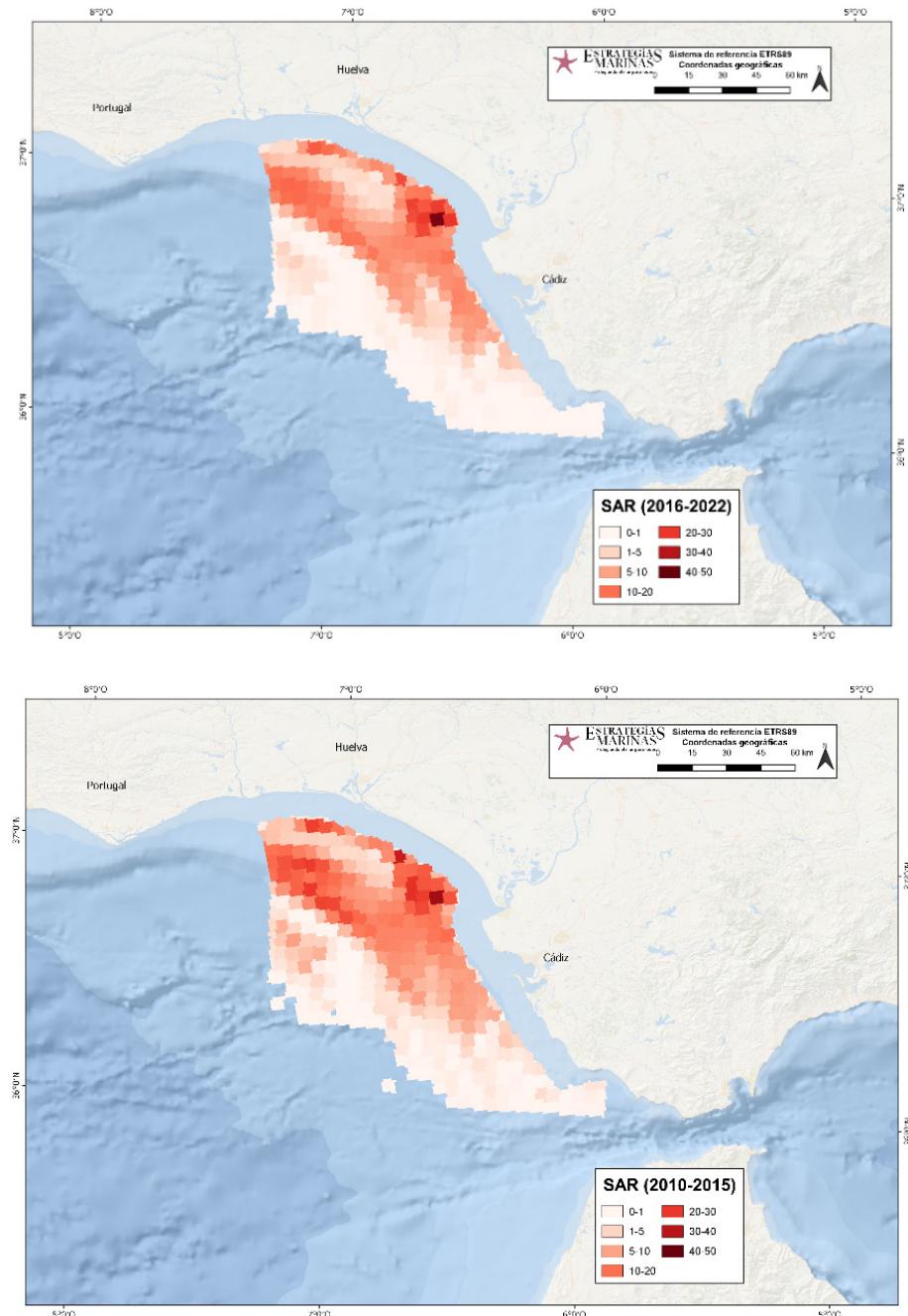
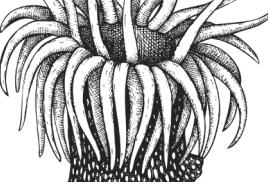
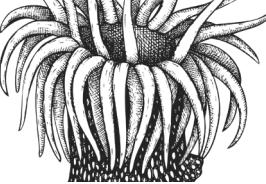


Figura 26. Distribución del valor medio de la intensidad de la pesca de arrastre (SAR) para el periodo 2016-2022 (arriba) y para el periodo 2010-2015 (abajo), en la demarcación sudatlántica.

### 2.1.3. Datos de muestreo biológico de la abundancia (biomasa) de especies bentónicas

Los datos de abundancia de especies para las distintas demarcaciones se han obtenido de las campañas de evaluación pesquera DEMERSALES, ARSA y MEDITS, desde el año 2013 al 2022. Para cada lance, se han identificado, contado y pesado todas las especies de invertebrados capturadas en el arte de arrastre. Además, se ha procedido a asignar puntuaciones a las ocho características biológicas del índice BESITO (González-Irusta *et al.*, 2018) para la mayor parte de las especies capturadas en las distintas campañas de pesca (DEMERSALES, ARSA y MEDITS) generando una base de datos con



características biológicas (*biological traits*) de más de mil especies. El índice BESITO clasifica las especies en función a su sensibilidad al arrastre de fondo utilizando ocho características biológicas de las especies, que son puntuadas con valores del 1 a 5 y combinadas mediante una fórmula para obtener un índice final que también varía del 1 al 5. Las especies clasificadas con BESITO de 1 muestran una respuesta oportunista a la pesca de arrastre (su abundancia aumenta con la presión). Las especies clasificadas con 2 indican una respuesta tolerante a la pesca de arrastre. Las especies con valores superiores a 2 indican una respuesta sensible a la pesca de arrastre (disminución de la abundancia con la presión) con una sensibilidad creciente de 3 a 5.

En la demarcación sudatlántica se utilizan las muestras biológicas procedentes de las campañas ARSA que se realizan cada primavera y otoño. La base de datos utilizada, basada en los datos de dichas campañas durante los años 2013 al 2022, contiene 17.746 registros recogidos en 782 lances y distribuidos en 139 puntos de muestreo en un rango de profundidades de 15 a 800 metros. Estos registros son adecuados para cubrir la extensión de la huella de la red de arrastre en la zona (Figura 27). Además, para poder vincular los lances biológicos con el esfuerzo de arrastre, dicho esfuerzo se ha calculado como el SAR medio de los cuatro años anteriores al año en que se tomaron las muestras biológicas. Así, por ejemplo, para los datos biológicos muestreados en 2016, la intensidad de pesca asignada sería la intensidad media del período 2012-2016.

Por último, para llevar a cabo el análisis, los datos se han seleccionado por cada BHT a lo largo de un gradiente de presión (incluidas las áreas sin presión o de baja presión).

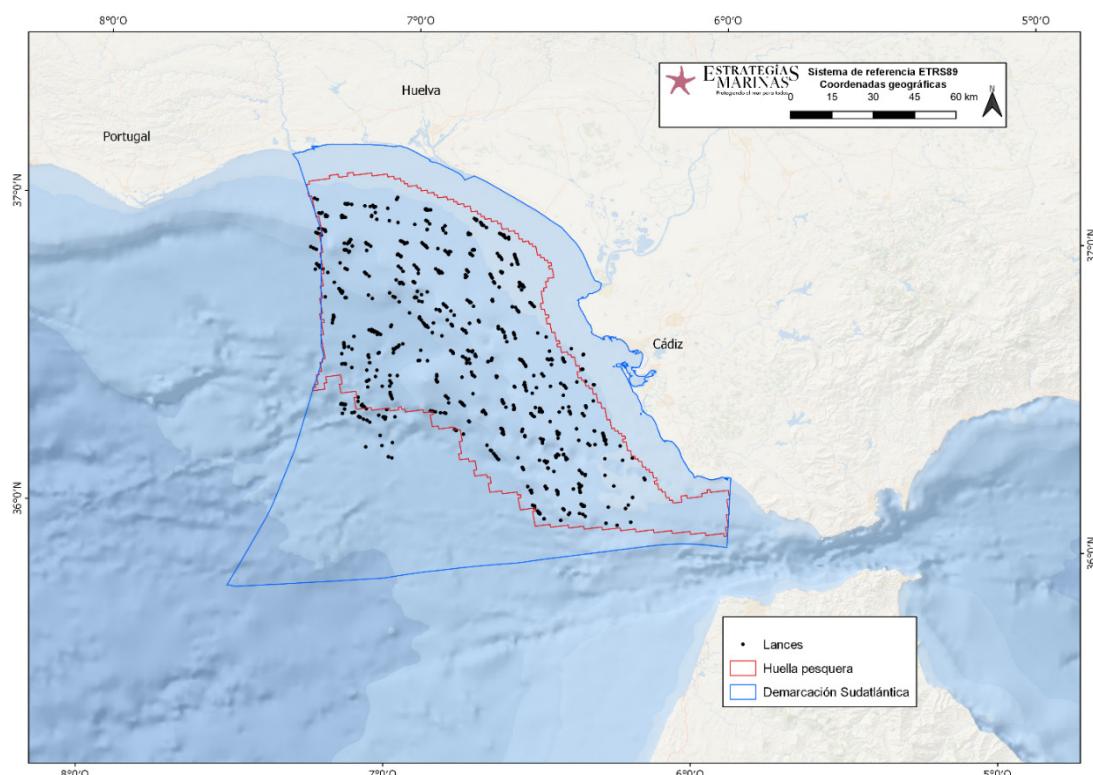
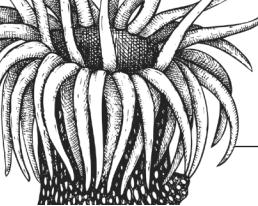


Figura 27. Huella de arrastre y distribución de los lances con datos biológicos procedentes de las diferentes campañas ARSA utilizados en la evaluación.

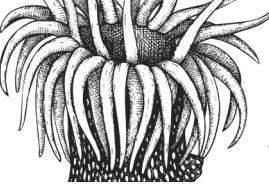
En la Tabla 19 se muestra la extensión de cada uno de los hábitats y su área arrastrada. La evaluación se ha realizado en los BHT del área de estudio sometidos al esfuerzo de la pesca de arrastre.

Tabla 19. Lista de los BHTs de la demarcación sudatlántica mostrando para cada uno de ellos el área total ( $\text{km}^2$ ) del hábitat, área arrastrada ( $\text{km}^2$ ), porcentaje de área arrastrada, porcentaje de la huella de arrastre, así como los valores totales y medios de la intensidad de la pesca de arrastre (SAR).

BHT	AREA ( $\text{km}^2$ )	AREA CON PESCA DE ARRASTRE ( $\text{km}^2$ )		% HÁBITAT ARRASTRADO		% HAB CON HUELLA PESQUERA		TOTAL FI (SAR)		MEDIA FI (SAR) AREA TOTAL HÁBITAT		HÁBITAT ARRASTRADO	
		2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022
BAT_SED	6.708,22	2.666,52	2.557,17	39,75	38,12	35,77	35,01	521,0	310,6	1,8	1,1	4,8	2,9
CIR_MUD	1.719,40	1.429,47	1.429,47	83,14	83,14	19,18	19,57	832,6	746,1	11,6	10,4	14	12,5
CIRD_P_MUD	1.271,86	1269	1269	99,70	99,70	17,02	17,38	761,5	595,7	14,3	11,2	14,3	11,2
CIR_SND	1.800,75	1.047,68	1.035,07	58,18	57,48	14,06	14,17	304,2	299,7	4	3,9	6,8	6,7
CIRD_P_SND	739,79	570,08	541,60	77,06	73,21	7,65	7,42	42,7	29,4	1,4	0,9	1,8	1,2
CIR_MX	147,97	102,76	102,76	69,45	69,45	1,38	1,41	57	48,2	9,2	7,8	13,2	11,2
CIR_CS	100,1	85,40	85,40	85,31	85,31	1,15	1,17	9,7	7,4	2,3	1,8	2,8	2,1
CIRD_P_CS	83,58	80,70	80,70	96,55	96,55	1,08	1,10	8,0	7,2	2,3	2,1	2,4	2,1
CIRD_P_MX	56,4	55,8	55,8	98,94	98,94	0,75	0,76	46,2	37,6	20,6	16,8	20,6	11,2
BAT_RK_BIO	133,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INF_SND	503,3	95,18	95,18	18,91	18,91	1,28	1,30	16,4	14,3	0,8	0,7	4,1	3,6
CIR_RK_BIO	136,4	25,1	25,1	18,4	18,4	0,34	0,34	1,5	1,1	0,3	0,2	1,5	1,1



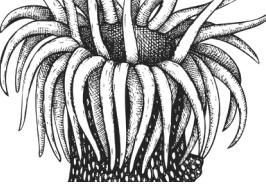
BHT	AREA (km <sup>2</sup> )	AREA CON PESCA DE ARRASTRE (km <sup>2</sup> )		% HÁBITAT ARRASTRADO		% HAB CON HUELLA PESQUERA		TOTAL FI (SAR)		MEDIA FI (SAR) AREA TOTAL HÁBITAT		HÁBITAT ARRASTRADO	
		2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022	2010- 2015	2016- 2022
CIRDP_RK_BIO	5,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INF_RK_BIO	153,1	9,7	9,7	6,3	6,3	0,13	0,13	0,5	0,2	0,1	0,04	1,3	0,7
INF_CS	110,73	13,13	13,13	11,86	11,86	0,18	0,18	3,98	3,0	0,8	0,7	7,1	5,4
INF_MX	128,44	2,83	2,83	2,16	2,16	0,04	0,04	2,5	2,1	0,5	0,4	20,8	17,4
INF_MUD	144,3	0,6	0,6	0,42	0,42	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0
BATLOW_SED	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BATLOW_SED_I	20,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAT_SED_RK_B	33,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	13.998	7.453,9	7.303,5	53,2	52,2	100	100	2.608	2.103	4,4	3,6	8,4	6,7



## 2.2. Aplicación del indicador SoS

El indicador SoS utiliza la proporción de especies centinela para medir el estado ambiental de los hábitats bentónicos. Para ello, el primer paso es seleccionar las especies centinela para cada uno de los BHTs. Estas especies se seleccionan basándose en un doble requisito: especies que se encuentran frecuentemente en condiciones de referencia (especies típicas) y especies sensibles al arrastre (especies frágiles). Por lo tanto, el indicador SoS determina las especies más sensibles dentro de un conjunto de especies típicas previamente seleccionadas en estas áreas libres de presión en función de su contribución a la homogeneidad de la comunidad (utilizando el Porcentaje de Similitud; SIMPER; Clarke, 1993) o su frecuencia.

Una vez definida la lista de especies centinela para cada BHT analizado, se calculó su abundancia relativa (proporción en términos de biomasa) dentro de cada muestra, obteniéndose la proporción de especies centinela a lo largo del gradiente SAR. A continuación, se analizó la correlación entre la proporción de especies centinela y el esfuerzo de la pesca de arrastre por BHT mediante Modelos Aditivos Generales (GAMs) binomiales, obteniendo las curvas de respuesta presión-estado de los hábitats (ver Serrano *et al.*, 2022 y Plaza-Morlote *et al.*, 2023 para más información metodológica). Estas curvas de presión-estado (como se describe en Elliot *et al.*, 2018) se aplicaron a la capa de distribución del esfuerzo pesquero después de enmascararlas en el mapa de la cuadrícula de BHT para generar una predicción geográfica de la proporción de especies centinela en todo el hábitat, o lo que es lo mismo, la predicción del estado ambiental de cada BHT evaluado. Es decir, las curvas de presión-estado se emplean en cada BHT para convertir unidades de SAR, en proporción de especies centinela y finalmente (mediante la aplicación de umbrales de calidad) en la predicción del estado ambiental (adversamente afectado o no adversamente afectado) de cada BHT evaluado.



## 2.3. Selección umbral de calidad

Se ha aplicado el método de punto de degradación para calcular los umbrales de calidad en cada BHT (ver Plaza-Morlote *et al.*, 2023; ICES, 2022). Como se ha introducido con anterioridad, este método utiliza las curvas de presión-estado obtenidas para cada BHT con el fin de determinar un umbral específico que permita convertir los valores del estado bentónico (predicción geográfica de la proporción de especies centinela) en áreas adversamente afectadas o no adversamente afectadas.

Para hacer esta conversión se identifica el punto en el que el hábitat ha perdido la mayor parte de su calidad (punto de degradación) y establecer los umbrales de calidad a cierta distancia de este punto en función de la sensibilidad del hábitat (distancias más altas para sensibilidades más altas). En este enfoque, el punto de degradación se define como el punto en el que las curvas de presión-estado experimentan un cambio en la tasa de pérdida de especies centinela (pérdida de velocidad en la tasa de pérdida, es decir, comienzan a aplanar la curva) calculada matemáticamente como la pendiente de 45 grados de la tangente a la curva, utilizada previamente en diferentes trabajos para determinar el punto de inflexión en las curvas de agregación (Colloca *et al.*, 2009; González-Irusta y Wright, 2017). Una vez calculado este punto, el umbral de calidad se establece como un percentil de la distancia entre el origen de la curva de estado de presión y el punto de degradación. Los umbrales generados deben responder al rango de sensibilidad de los diferentes hábitats, por lo que se utilizará uno más conservador para las respuestas sensibles, mientras que se aplicará uno más permisivo para los hábitats con más tolerancia a la presión. Para ello, se han aplicado tres distancias (0,25 para los hábitats de sensibilidad 4, 0,5 para los hábitats de sensibilidad 3 y 0,75 para los hábitats de sensibilidad 2). El método utilizado para establecer la sensibilidad del hábitat (basado en las curvas de respuesta presión-estado, Elliot *et al.*, 2018) se explica en Serrano *et al.* (2022) y Plaza-Morlote *et al.* (2023). La Figura 28 muestra las curvas teóricas para cada tipo de sensibilidad. El enfoque establece un umbral de calidad, que se utiliza para evaluar qué cuadrículas de la predicción geográfica de la proporción de especies centinela para cada BHT están por encima del umbral de calidad y, por lo tanto, se consideraría que no se ven adversamente afectadas. Este enfoque juega con el poder estadístico de este umbral y el poder ecológico de incluir la sensibilidad de los hábitats en la definición del umbral.

Una vez calculados los umbrales para cada BHTs, se calcula la extensión en km<sup>2</sup> y porcentaje de: áreas sin presión, áreas no adversamente afectadas y áreas adversamente afectadas.

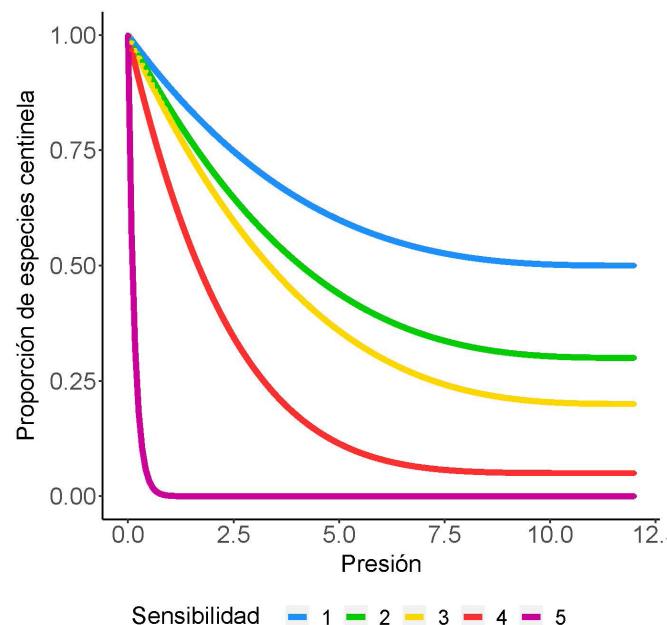
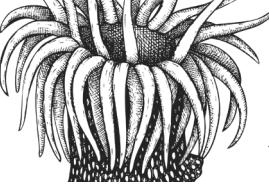
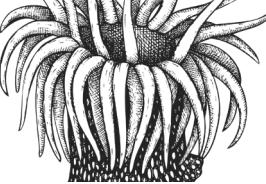


Figura 28. Curvas teóricas de presión-estado para cada tipo de sensibilidad.



## 2.4. Evaluación del indicador SoS

Se ha evaluado la capacidad de predicción del indicador SoS mediante un método de validación cruzada basado en una selección aleatoria de bloques de datos de entrenamiento y prueba, siguiendo las directrices sobre mejores prácticas para la evaluación de modelos de distribución de especies en los ecosistemas marinos (ICES, 2021). En nuestro caso aplicamos GAMs, donde el indicador SoS es el valor de la variable de respuesta, que se predice en toda el área utilizando el esfuerzo de arrastre para el período de estudio como variable explicativa. Los bloques espaciales se han construido utilizando la función `cv_spatial` del paquete `blockCV` de R (Valavi et al., 2019). El tamaño de cada bloque se ha determinado utilizando la función `cv_spatial_autocor`, incluida en el mismo paquete, `blockCV`. Esta función utiliza la autocorrelación espacial en las variables explicativas para decidir el tamaño de cada hexágono de muestreo, asegurando la independencia espacial de cada bloque. Se han construido cinco bloques en la demarcación sudatlántica con un tamaño de cada hexágono de muestreo de 30 km<sup>2</sup>. De los 10, el 60 % se ha seleccionado como datos de entrenamiento (para construir los GAM) y el restante 40 % como datos de prueba (para evaluar las predicciones de GAM). La correlación entre los datos predichos y los reales se ha comprobado mediante el índice de correlación Spearman. Esta operación se repitió 10 veces para cada BHT evaluado con el indicador SoS.



## 2.5. Aplicación del BH3 informado por SoS

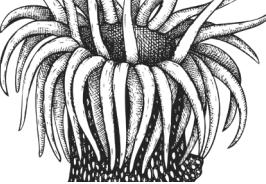
Para los BHTs en los que no se puede aplicar el indicador SoS por falta de datos y/o porque las curvas de presión-estado no salen significativas ( $p$ -valor  $> 0,1$ ) se utilizan los resultados de los BHTs en los que sí se ha podido aplicar el SoS para llenar la matriz de exposición que utiliza en BH3.

El BH3 es un indicador de riesgo que combina la distribución e intensidad de las presiones con la sensibilidad de los hábitats a dicha presión, de tal forma que permite establecer el riesgo de que un hábitat esté adversamente afectado. Su versión original emplea una matriz de impacto basada en la sensibilidad de los hábitats y comunidades biológicas establecidas por el JNCC (OSPAR, 2017) y unos umbrales de impacto y categorías de presión basadas en datos de impacto del mar del Norte. En el caso de la aplicación de este indicador en aguas españolas, la metodología ha sido modificada para adaptarla a las realidades de nuestros hábitats.

Se han calculado los niveles de perturbación por tipo de hábitat basados en matrices de exposición, combinando matrices de intensidad de presión con sensibilidad de los hábitats por tipo de presión. De esta forma, en base a los umbrales calculados a partir de las curvas respuesta obtenidas en el resto de BHT en todas las demarcaciones con el indicador SoS, se ha construido la matriz de exposición del BH3 (Tabla 20). Para ello, se ha hecho una media de los umbrales de presión obtenidos de todos los hábitats por cada sensibilidad (5, 4, 3 y 2).

Tabla 20. Matriz BH3 informada por el SoS, utilizada en la evaluación basada en la integración BH3-SoS.

SAR	Sensibilidad del hábitat				
	2	3	4	5	
>0-0,6					
>0,6-2					
>2-3,6					
>3,6					



### 3. Resultados

En la demarcación sudatlántica se han evaluado con el indicador SoS los siguientes hábitats: Sedimento batial superior (BAT\_SED), Arena circalitoral (CIR\_SND) y Arena circalitoral profunda (CIRDP\_SND), que suponen aproximadamente el 57 % de la huella pesquera de arrastre.

En el resto de hábitats circalitorales y batiales sedimentarios, la evaluación se ha realizado empleando la integración BH3-SoS: Fango circalitoral (CIR\_MUD), Lodos circalitorales profundos (CIRDP\_MUD), Sedimento mixto circalitoral (CIR\_MX), Sedimento grueso circalitoral (CIR\_CS), Sedimento grueso circalitoral profundo (CIRDP\_CS) y Sedimento mixto circalitoral profundo (CIRDP\_MX). Además, al aplicarse el BH3 a toda la huella pesquera también se han incluido los siguientes hábitats infralitorales: Arena infralitoral (INF\_SND), Sedimento mixto infralitoral (INF\_MX) y Sedimento grueso infralitoral (INF\_CS).

Se muestran en primer lugar los resultados de los tres hábitats evaluados con el indicador SoS y al final el resultado con la evaluación de los restantes hábitats con BH3 informado con SoS.

#### 3.1. Bhts evaluados con SoS

La evaluación a través del indicador SoS se centró en aquellos BHT que mostraron curvas de presión-estado significativas ( $p$ -valor  $<0,1$ ): BAT\_SED, CIR\_SND y CIRDP\_SNDP. En el caso de CIR\_SND y CIRDP\_SND, como consecuencia de la falta de áreas de referencia, la curva de respuesta presión-estado se ha calculado de forma conjunta en ambos hábitats, aunque la evaluación se ha hecho de forma separada para cada uno de ellos.

##### 3.1.1. Predicción de la proporción de especies centinela

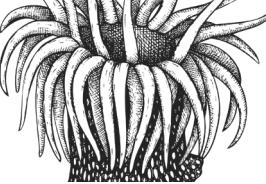
La eficacia del SoS está relacionada con la sensibilidad del conjunto de especies centinela seleccionadas. En líneas generales, los hábitats con especies más sensibles tendrán una mayor respuesta a la pesca de arrastre, aunque no siempre existe una conexión clara debido a que la contribución de cada especie a la biomasa total y las diferencias en la sensibilidad real entre especies con el mismo valor de BESITO también pueden tener un papel esencial en la respuesta observada.

Para obtener las especies centinela, es importante definir el valor de SAR que establezca el corte de las áreas de referencia o baja presión y tener además un número de lances representativo en estas áreas. El valor de SAR utilizado para definir las áreas de referencia en el sedimento batial superior fue menor a 0,1, mientras que para la arena circalitoral y las arenas circalitorales profundas se tuvo que aumentar a 0,65.

La composición de especies centinela en los hábitats evaluados con SoS mostró un patrón similar, con valores de sensibilidad de 5, 4 y 3, observándose una especie más con sensibilidad 5 en el caso del sedimento batial superior (Tabla 21).

Tabla 21. Listado de hábitats evaluados con SoS, en los que se muestra el valor de SAR utilizado para definir las áreas de referencia, el número de lances en esas áreas y la composición de especies centinela indicando su valor de BESITO.

BHT	SAR	LANCES	BESITO	Especie centinela
BAT_SED	$\leq 0,1$	58	5	<i>Asconema setubalense</i> , <i>Geodia sp.</i>
			4	<i>Funiculina quadrangularis</i> , <i>Thenea muricata</i>
			3	<i>Parastichopus tremulus</i> , <i>Parastichopus regalis</i> , <i>Gracilechinus acutus</i> , <i>Hormatia alba</i> , <i>Diphasia margareta</i> , <i>Flabellum chunii</i>



BHT	SAR	LANCES	BESITO	Especie centinela
CIR_SND + CIRDP_SND	$\leq 0.65$	11	5	<i>Eunicella filiformis</i>
			4	<i>Anomia ephippium, Pteroeides griseum</i>
			3	<i>Ascidia aspersa, Nemertesia antennina, Brissopsis atlantica, Diphasia margareta, Halecum halecinum, Leptometra phalangium, Parastichopus regalis, Pennatula rubra, Tethyaster subinermis</i>

### 3.1.2. Umbrales y sensibilidad

La correlación entre la proporción de especies centinela y el esfuerzo de arrastre por tipo de hábitat se analizó mediante Modelos Aditivos Generales (GAMs), obteniendo las curvas de respuesta de los hábitats. Se observa como ambas variables (proporción de especies centinela y esfuerzo de arrastre), mostraron una relación inversa y una respuesta variable entre los BHTs evaluados, variabilidad ligada a la sensibilidad de los hábitats respecto a la presión de la pesca de arrastre. El sedimento batial superior, con una sensibilidad de 4, mostró una respuesta más acusada a la presión que las arenas circalitorales (CIR\_SND y CIRDP\_SND) (Tabla 29).

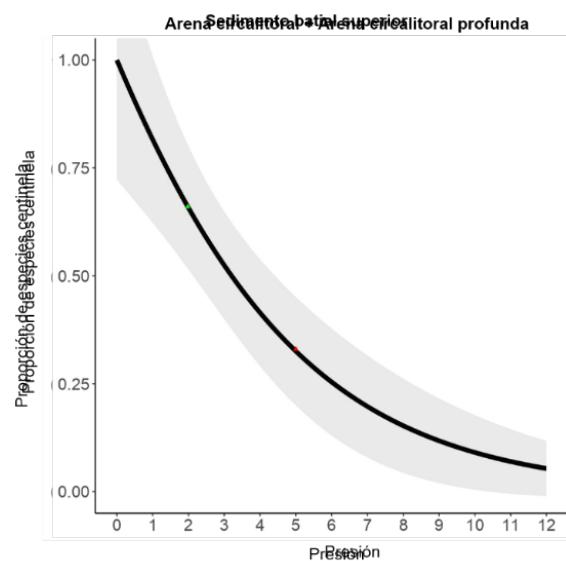


Figura 29. Curvas de estado-presión para los tres hábitats (BAT-SED a la izquierda y CIR\_SND+CIRCP\_SND a la derecha).

La sensibilidad obtenida para cada uno de los hábitats utilizando las curvas teóricas, así como los valores umbral de estado y de presión obtenidos en base al método de punto de degradación, se resumen en la Tabla 22.

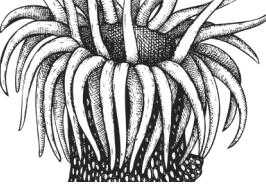


Tabla 22. Sensibilidad del hábitat, significancia del modelo (*p*-valor) y valores umbral de estado (SoS Deg. point) y presión (SAR Deg. point) para los BHT evaluados con SoS en la demarcación sudatlántica.

Hábitat	Sensibilidad	<i>p</i> -valor	SoS Deg. Point	SAR Deg. point
BAT_SED	4	0,00	0,78	0,482
CIR_SND + CIRD_P_SND	3	0,02	0,66	1,983

Además, en base a estas curvas presión/estado y a la sensibilidad asociada a cada hábitat, se determinarán los umbrales de calidad para obtener mapas categóricos que mostrarán la extensión del grado de perturbación de cada hábitat. Dichos umbrales de calidad se han calculado a partir de las curvas presión-estado tras determinar la sensibilidad de los hábitats y el punto próximo a la degradación.

Aplicando las curvas de respuesta asociadas a cada hábitat al esfuerzo de arrastre, obtenemos el mapa de predicción de la proporción de especies centinela y su error asociado (Figura 30). Una proporción de especies centinela de 1 indica un estado bentónico no afectado, mientras que valores más bajos indican un impacto creciente en el hábitat. La distribución de las especies centinela en los distintos hábitats mostró una proporción muy baja de especies centinela en zonas de la arena circalitoral y del sedimento batial superior. Estos resultados se derivan, principalmente del alto esfuerzo pesquero que soporta la arena circalitoral y, en el caso del sedimento batial superior, la combinación de un esfuerzo de arrastre moderado en un hábitat altamente sensible.

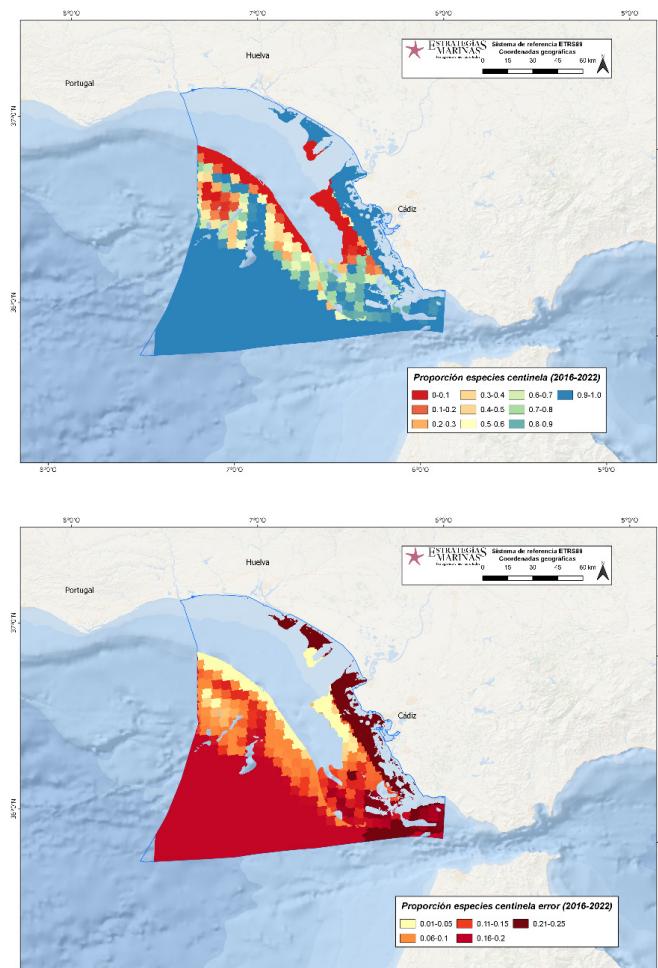
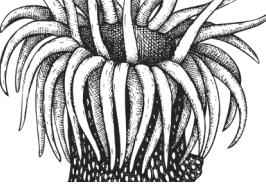


Figura 30. Mapas mostrando la predicción de especies centinela (arriba) y el error asociado (abajo) para los diferentes BHT evaluados con SoS durante el periodo 2016-2022.



Como se ha introducido en el apartado de material y métodos, se han analizado las predicciones del SoS utilizando un método de validación cruzada. De los hábitats evaluados, el sedimento batial superior mostró una correlación positiva y significativa en todas las iteraciones de evaluación, mientras que en el caso de la arena circalitoral y la arena circalitoral profunda mostraron resultados no significativos en 5 iteraciones. Además, estos hábitats mostraron un valor medio de rho más bajo entre los valores de SoS previstos y observados, con un valor de  $0,23 \pm 0,18$ . También se observó una correlación más consistente entre los valores predichos y observados en el sedimento batial superior, como lo demuestran los valores de desviación estándar más bajos y de rho promedio más altos (Tabla 23).

Tabla 23. Porcentaje de iteraciones significativas, media y desviación estándar de Rho obtenidos para los hábitats evaluados con SoS.

Hábitat	Iteraciones significativas (%)	Media rho	SD rho
BAT_SED	100	0,39	0,05
CIR_SND + CIRDP_SND	50	0,23	0,18

### 3.1.3. Evaluación

La evaluación se ha realizado a partir de los valores de predicción de la proporción de especies centinela, que ha posibilitado la clasificación de las áreas en tres niveles según el grado de perturbación: a) Áreas sin presión: el valor de la presión sobre el área es cero; b) Áreas no adversamente afectadas: la proporción de especies centinela es superior al umbral y c) Áreas adversamente afectadas: la proporción de especies centinela es menor que el umbral. La incertidumbre del modelo no se ha tenido en cuenta a la hora de clasificar las áreas.

Se ha aplicado el indicador SoS en un área total de 9.248,76 km<sup>2</sup>, que supone aproximadamente el 57 % de la huella pesquera de arrastre en la demarcación sudatlántica. El 55,30 % (5.114,92 km<sup>2</sup>) no se encontró sometido a presión, mientras que en el caso del 44,70 % restante, se ha observado que un 26,96 % se encuentra adversamente afectado (2.492,74 km<sup>2</sup>) y un 17,74 % (1.641,1 km<sup>2</sup>) no adversamente afectado (Figura 31, Tabla 24). CIR\_SND es el hábitat con mayor porcentaje de área adversamente afectada (30,82 %), mientras que CIRDP\_SND es el que mostró mayor porcentaje de área no adversamente afectada (68,26 %) y BAT\_SED el menos sometido a la presión de arrastre, con un 61,88 % de su área total sin presión pesquera.

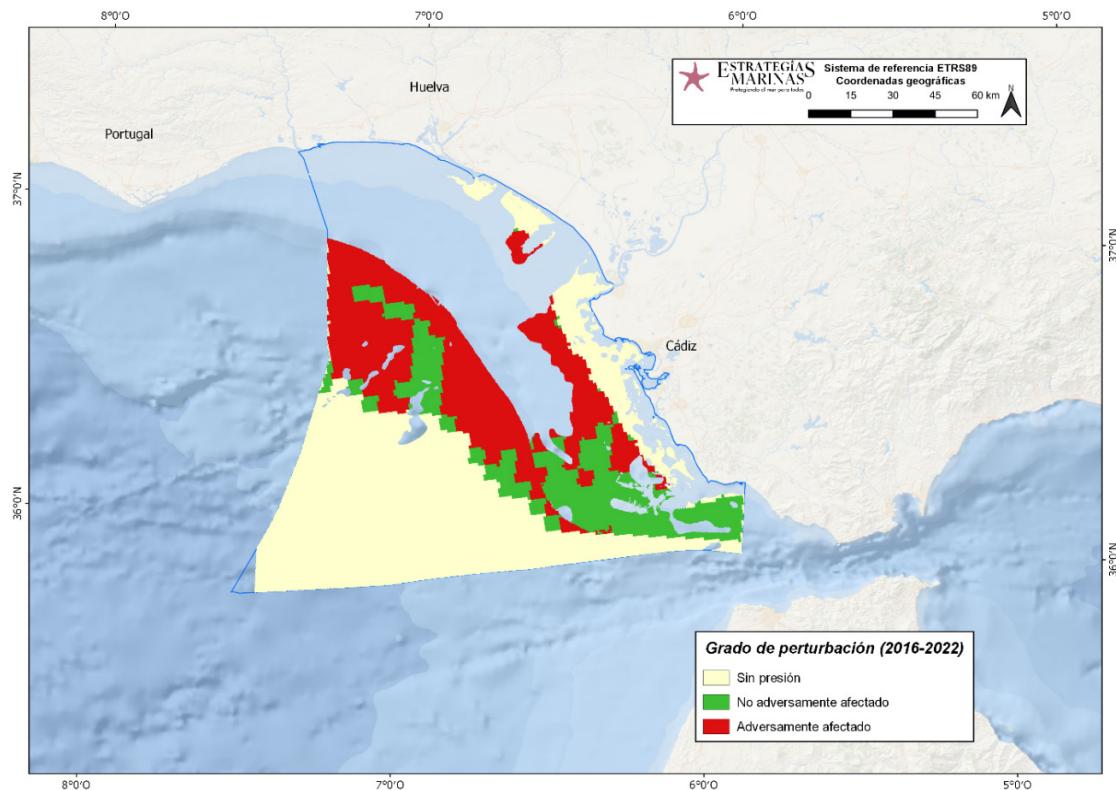
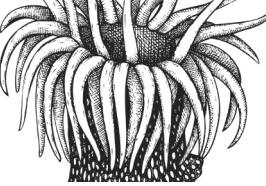
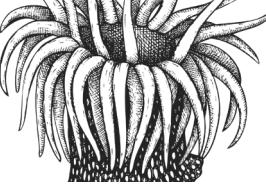


Figura 31. Distribución del grado de perturbación en la demarcación sudatlántica con relación a la pesca de arrastre para el periodo 2016-2022 aplicando el indicador SoS. Se han evaluado los hábitats BAT\_SED, CIR\_SND y CIRDP\_SND.

Tabla 24. Área ( $\text{km}^2$ ) y porcentaje de área para cada BHT evaluado con SoS durante el periodo 2016-2022.

BHT	Área ( $\text{km}^2$ )	Grado perturbación	Área ( $\text{km}^2$ )	%
BAT_SED	6.708,22	Sin presión	4.151,05	61,88
		No adversamente afectado	656,06	9,78
		Adversamente afectado	1.901,11	28,34
CIR_SND	1.800,75	Sin presión	765,68	42,52
		No adversamente afectado	480,01	26,66
		Adversamente afectado	554,99	30,82
CIRDP_SND	739,79	Sin presión	198,19	26,79
		No adversamente afectado	504,98	68,26
		Adversamente afectado	36,62	4,95

En lo que respecta al periodo anterior (2010-2015) tras la aplicación del SoS, se observó que 3.173,73  $\text{km}^2$  estaban adversamente afectados por la pesca de arrastre, lo que supone el 34,32 % del área total



de los tres hábitats en la demarcación. Por otra parte, 1.110,55 km<sup>2</sup> no se encontraban adversamente afectados por la pesca de arrastre, mientras que los restantes 4.964,48 km<sup>2</sup> no estaban sometidos a esta presión, representando el 12,00 % y el 53,68 %, respectivamente (Figura 32,Tabla 25).

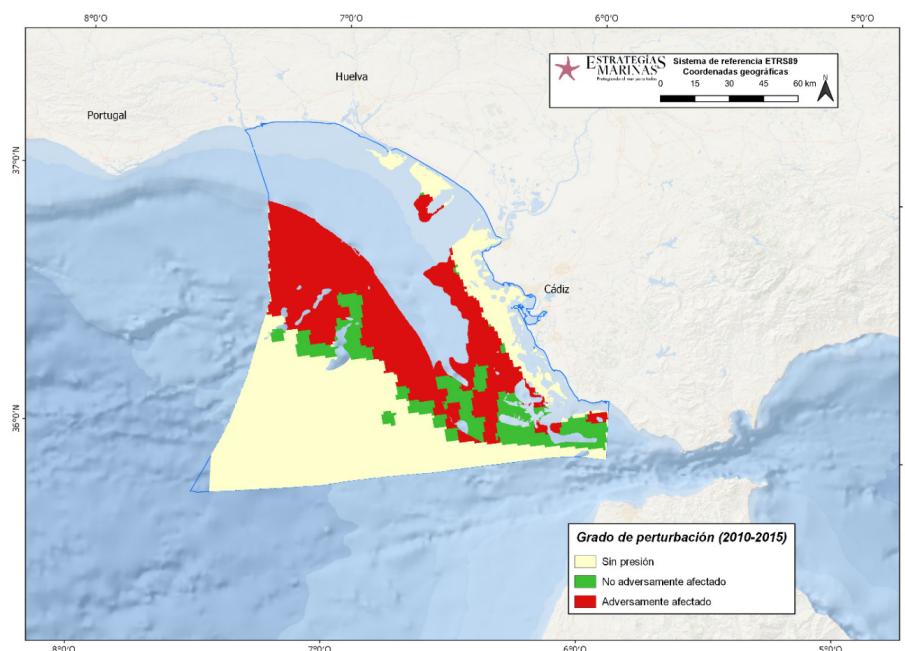
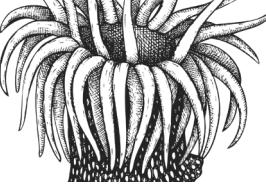


Figura 32. Distribución del grado de perturbación en la demarcación sudatlántica en relación con la pesca de arrastre para el periodo 2010-2015 aplicando el indicador SoS. Se han evaluado los hábitats BAT\_SED, CIR\_SND y CIRDP\_SND.

Tabla 25. Área (km<sup>2</sup>) y porcentaje de área para cada BHT evaluado con SoS durante el periodo 2010-2015.

BHT	Área (km <sup>2</sup> )	Grado perturbación	Área (km <sup>2</sup> )	%
BAT_SED	6708,22	Sin presión	4.041,70	60,25
		No adversamente afectado	465,55	6,94
		Adversamente afectado	2.200,97	32,81
CIR_SND	1800,75	Sin presión	753,07	41,82
		No adversamente afectado	271,55	15,08
		Adversamente afectado	776,12	43,1
CIRDP_SND	739,79	Sin presión	169,71	22,94
		No adversamente afectado	373,45	50,48
		Adversamente afectado	196,64	26,58

Si comparamos ambos periodos la tendencia observada es de mejoría en los tres hábitats analizados, con una disminución del porcentaje total de las áreas adversamente afectadas del 7,36 % en el periodo 2016-2022 con respecto al periodo anterior (2010-2015).



### 3.2. Bhts evaluados con BH3 informado por BH1

En los casos en los que no ha sido posible la aplicación del SoS, el efecto de la pesca de arrastre se ha evaluado utilizando el indicador BH3 informado por SoS. Para ello, se asignaron sensibilidades a cada uno de los hábitats (Tabla 26).

En primer lugar, se utilizó la información obtenida por otras demarcaciones. Se asumió que un mismo hábitat responde al arrastre de forma similar, de tal forma que en los hábitats en los que otras demarcaciones habían podido aplicar el SoS y, por tanto, asignar sensibilidades, se utilizaron esos mismos valores de sensibilidad. Para el resto de hábitats se consideraron principalmente las similitudes entre ellos, asignando la misma sensibilidad a aquellos que presentan las mismas características sedimentológicas, pero diferente profundidad y, además, en los casos en los que fue posible, se analizó la presencia de especies sensibles en zonas de bajo esfuerzo pesquero.

Una vez asignadas las sensibilidades, se aplicó la matriz de impacto a cada uno de los hábitats y se calcularon las áreas en cada uno de los niveles de perturbación (Figura 33).

Tabla 26. Listado de hábitats evaluados con BH3 informado por BH1 y sensibilidades asignadas a cada uno de ellos.

BHT	Sensibilidad
CIR_MUD	2
CIRDP_MUD	3
CIR_MX	3
CIR_CS	3
CIRDP_CS	3
CIRDP_MX	3
INF_SND	3
INF_CS	3
INF_MX	3

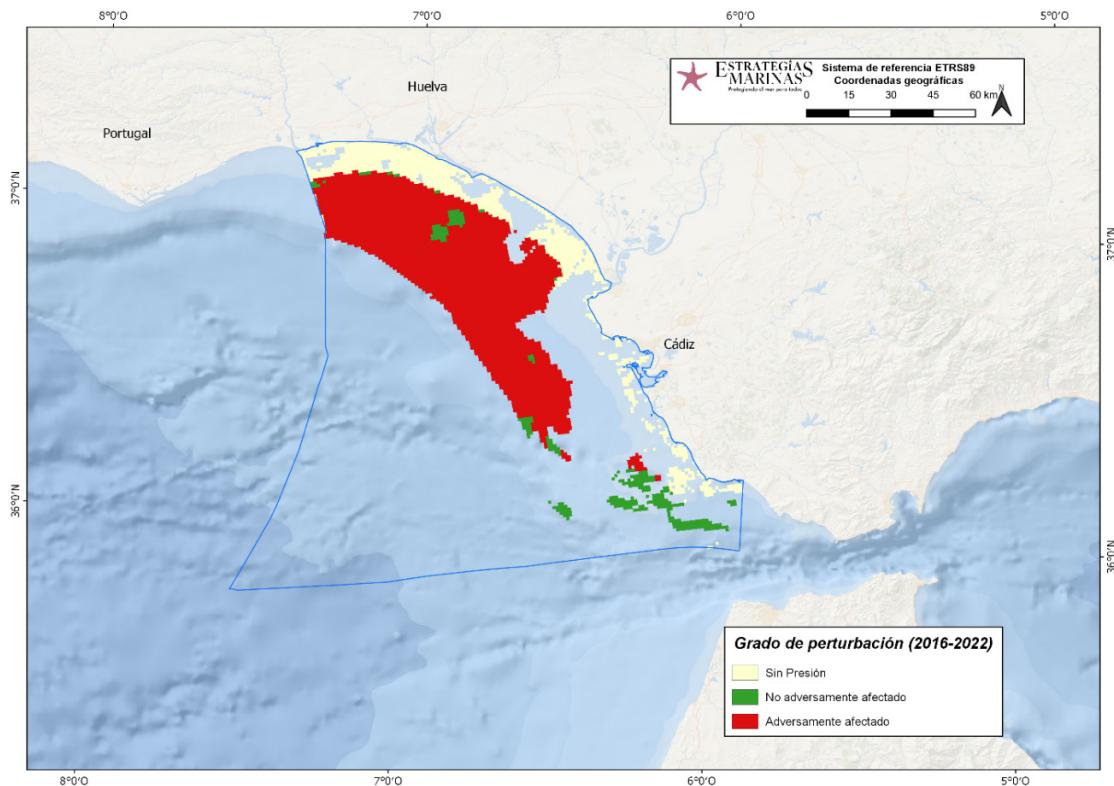
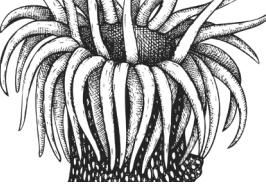
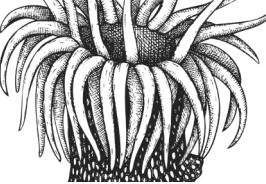


Figura 33. Distribución del grado de perturbación en la demarcación sudatlántica en relación con la pesca de arrastre para el periodo 2016-2022 empleando la integración BH1-BH3. Se han evaluado los hábitats CIR\_MUD, CIRDPMUD, CIR\_MX, CIR\_CS, CIRDPCS, CIRDPMX, INF\_SND, INF\_CS, INF\_MX, que suponen ~43 % de la huella de arrastre.

Se ha aplicado el indicador BH3 informado por SoS en un área total de 4.121,77 km<sup>2</sup>, que supone aproximadamente el 43 % de la huella pesquera de arrastre. Analizando los resultados en conjunto, se observó que el 23,95 % (987,34 km<sup>2</sup>) del área total no se encontró sometido a la presión de la pesca de arrastre, mientras que en el caso del 76,05 % restante, un 7,38 % (304,35 km<sup>2</sup>) no estaba adversamente afectado y un 68,67 % si estaba adversamente afectado (2.830,07 km<sup>2</sup>) (Tabla 27). Por otra parte, analizando cada uno de los hábitats por separado, CIRDPMX y CIRDPMUD fueron los hábitats con mayor proporción de áreas adversamente afectadas (100 % y 97,14 % respectivamente), seguido por CIR\_MUD con un 79,06 % del área adversamente afectada.

Tabla 27. Área (km<sup>2</sup>) y porcentaje de área para cada BHT evaluado con BH3 durante el periodo 2016-2022.

BHT	Área (km <sup>2</sup> )	Grado perturbación	Área (km <sup>2</sup> )	%
CIR_MUD	1.719,4	Sin presión	289,93	16,86
		No adversamente afectado	70,08	4,08
		Adversamente afectado	1.359,39	79,06
CIRDPMUD	1.271,86	Sin presión	2,87	0,23
		No adversamente afectado	33,44	2,63
		Adversamente afectado	1.235,55	97,14



BHT	Área (km <sup>2</sup> )	Grado perturbación	Área (km <sup>2</sup> )	%
CIR_MX	147,97	Sin presión	44,87	30,32
		No adversamente afectado	3,82	2,58
		Adversamente afectado	99,28	67,10
CIR_CS	100,08	Sin presión	15,40	15,38
		No adversamente afectado	49,08	49,04
		Adversamente afectado	35,61	35,58
CIRD_P_CS	83,58	Sin presión	2,88	3,45
		No adversamente afectado	62,44	74,71
		Adversamente afectado	18,25	21,84
CIRD_P_MX	56,38	Sin presión	0	0
		No adversamente afectado	0	0
		Adversamente afectado	56,38	100
INF_SND	503,33	Sin presión	408,18	81,10
		No adversamente afectado	76,11	15,12
		Adversamente afectado	19,03	3,78
INF_CS	110,73	Sin presión	97,60	88,14
		No adversamente afectado	9,38	8,47
		Adversamente afectado	3,75	3,39
INF_MX	128,44	Sin presión	125,61	97,84
		No adversamente afectado	0	0
		Adversamente afectado	2,83	2,16

En lo que respecta al periodo anterior (2010-2015), el 23,95 % (987,34 km<sup>2</sup>) del área total no se encontró sometido a la presión de la pesca de arrastre, mientras que en el caso del 76,05 % restante, el 5,15 % (212,37 km<sup>2</sup>) no estaba adversamente afectado y el 70,89 % si estaba adversamente afectado (2.922,06 km<sup>2</sup>) (Figura 34, Tabla 28).

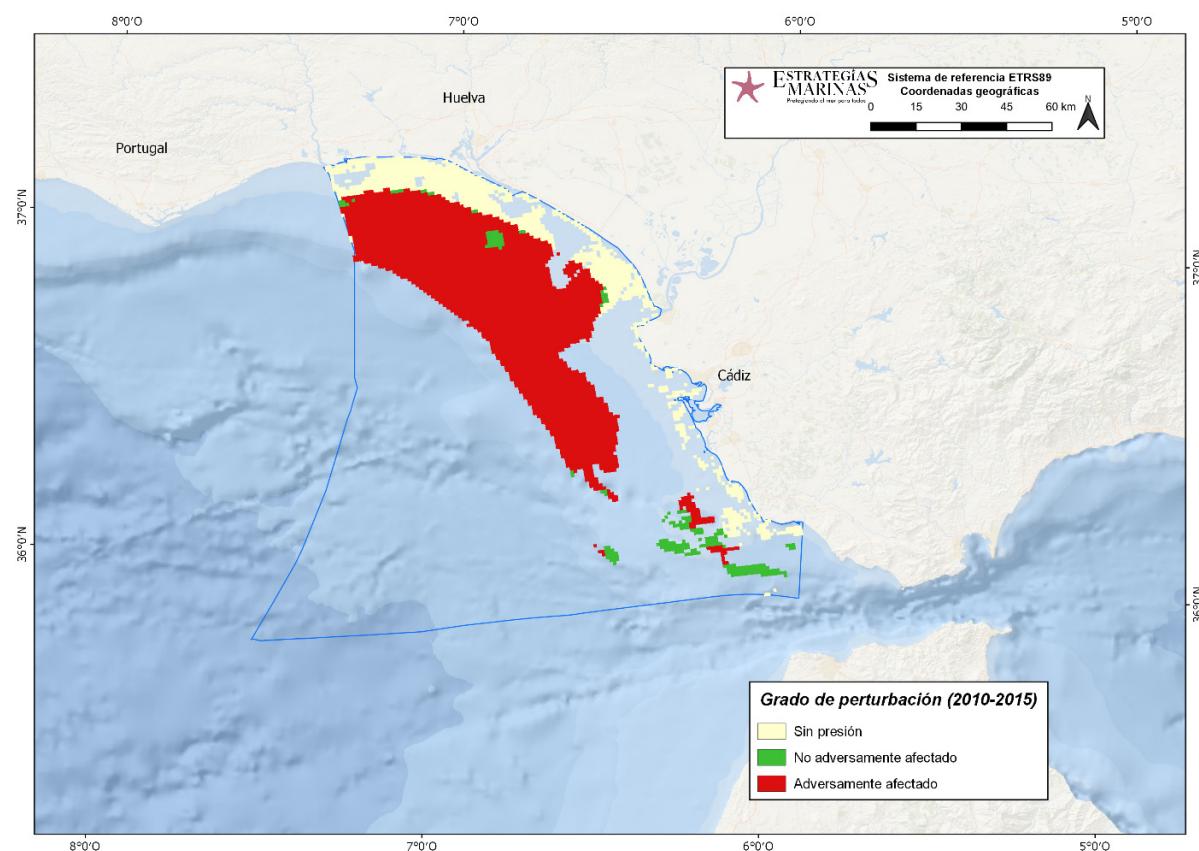
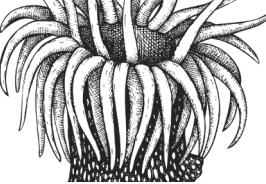
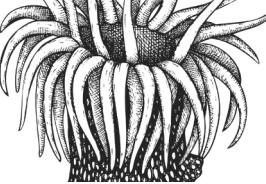


Figura 34. Distribución del grado de perturbación en la demarcación sudatlántica en relación con la pesca de arrastre para el periodo 2010-2015 empleando la integración BH1-BH3. Se han evaluado los hábitats CIR\_MUD, CIRD\_P\_MUD, CIR\_MX, CIR\_CS, CIRD\_P\_CS, CIRD\_P\_MX, INF\_SND, INF\_CS, INF\_MX, que suponen ~43 % de la huella de arrastre.

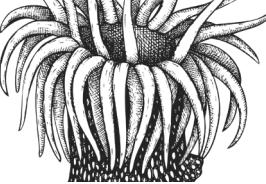
Tabla 28. Área ( $\text{km}^2$ ) y porcentaje de área para cada BHT evaluado con BH3 informado por SoS durante el periodo 2010-2015.

BHT	Área ( $\text{km}^2$ )	Grado perturbación	Área ( $\text{km}^2$ )	%
CIR_MUD	1.719,4	Sin presión	289,93	16,86
		No adversamente afectado	48,00	2,80
		Adversamente afectado	1.381,47	80,34
CIRD_P_MUD	1.271,86	Sin presión	2,87	0,23
		No adversamente afectado	4,78	0,38
		Adversamente afectado	1.264,22	99,39
CIR_MX	147,97	Sin presión	44,87	30,32
		No adversamente afectado	3,82	2,58
		Adversamente afectado	99,28	67,10



BHT	Área (km <sup>2</sup> )	Grado perturbación	Área (km <sup>2</sup> )	%
CIR_CS	100,08	Sin presión	15,40	15,38
		No adversamente afectado	18,28	18,27
		Adversamente afectado	66,40	66,35
CIRDP_CS	83,58	Sin presión	2,88	3,45
		No adversamente afectado	58,60	70,12
		Adversamente afectado	22,09	26,44
CIRDP_MX	56,38	Sin presión	0	0
		No adversamente afectado	0	0
		Adversamente afectado	56,38	100
INF_SND	503,33	Sin presión	408,18	81,10
		No adversamente afectado	73,26	14,56
		Adversamente afectado	21,88	4,35
INF_CS	110,73	Sin presión	97,60	88,14
		No adversamente afectado	5,63	5,08
		Adversamente afectado	7,51	6,78
INF_MX	128,44	Sin presión	125,61	97,84
		No adversamente afectado	0	0
		Adversamente afectado	2,83	2,16

La tendencia observada es de una ligera mejoría con respecto al periodo anterior. Las áreas sin presión no han sufrido variación en ninguno de los hábitats evaluados, aunque se ha observado una disminución del 2,22 % (91,99 km<sup>2</sup>) de las áreas adversamente afectadas en relación al área total evaluada con el BH3. CIR\_CS es el hábitat con el mayor descenso en el área adversamente afectada (30,77 %), pasando de un 66,35 % en el periodo 2010-2015 a un 35,58 % en el periodo 2016-2022.



### 3.3. Resumen evaluación final con SoS y BH3

La aplicación de los indicadores SoS y BH3 informado por SoS, ha permitido evaluar aproximadamente el 95 % del área total de la demarcación y el 100 % de la huella pesquera de arrastre. Analizando los resultados en su conjunto, obtenemos que el 45,63 % ( $6.102,02 \text{ km}^2$ ) del área total evaluada no está sometido a la presión de la pesca de arrastre, mientras que  $5.323 \text{ km}^2$  se encuentran adversamente afectados, lo que supone el 39,8 % y  $1.495 \text{ km}^2$  no se encuentran adversamente afectados (14,55 %) (Figura 35).

Los hábitats con mayor extensión de área adversamente afectada son el sedimento batial superior ( $1.901,11 \text{ km}^2$ ), fango circalitoral ( $1.359,39 \text{ km}^2$ ) y lodos circalitorales profundos ( $1.235,55 \text{ km}^2$ ), siendo estos últimos, junto con el sedimento mixto circalitoral profundo los más impactados por la pesca de arrastre con el 79,06 %, 97,14 % y 100 % de su área adversamente afectada, respectivamente.

En la mayor parte de los hábitats evaluados, la tendencia es de mejoría con respecto al periodo anterior (Tabla 29).

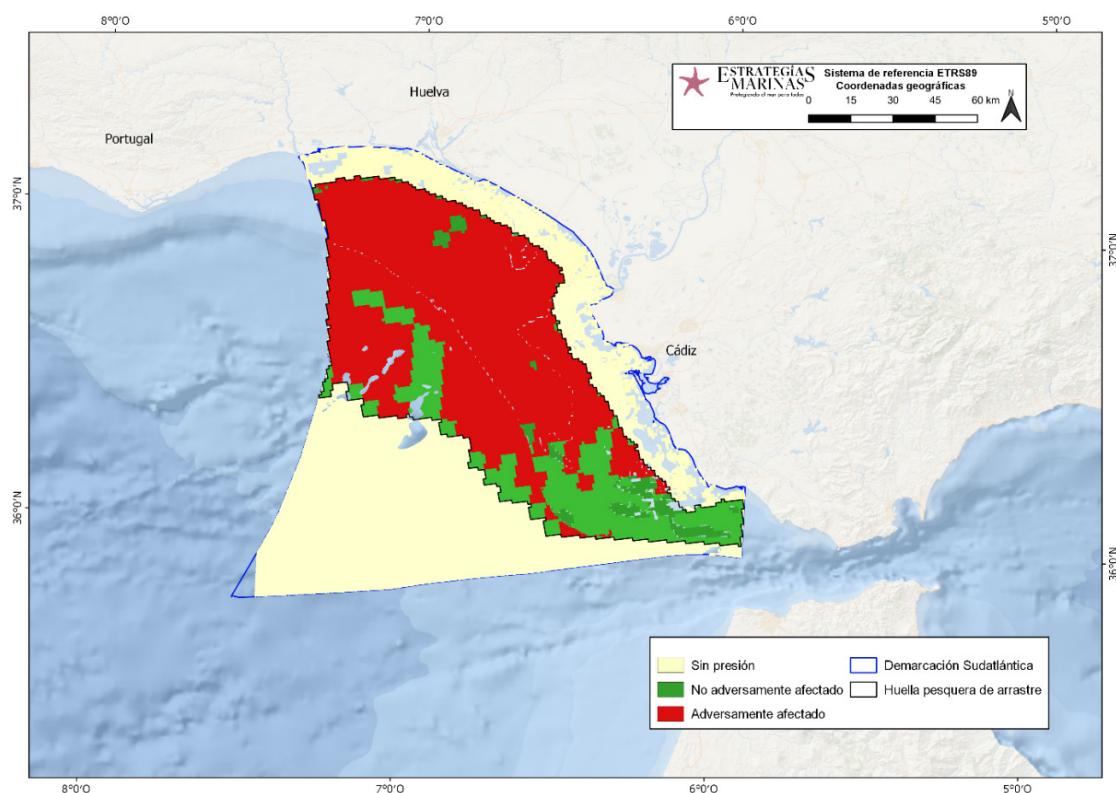


Figura 35. Distribución del grado de perturbación en la demarcación sudatlántica en relación con la pesca de arrastre para el periodo 2016-2022 aplicando el indicador SoS y la integración BH1-BH3.

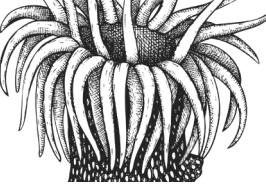
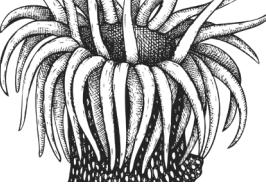


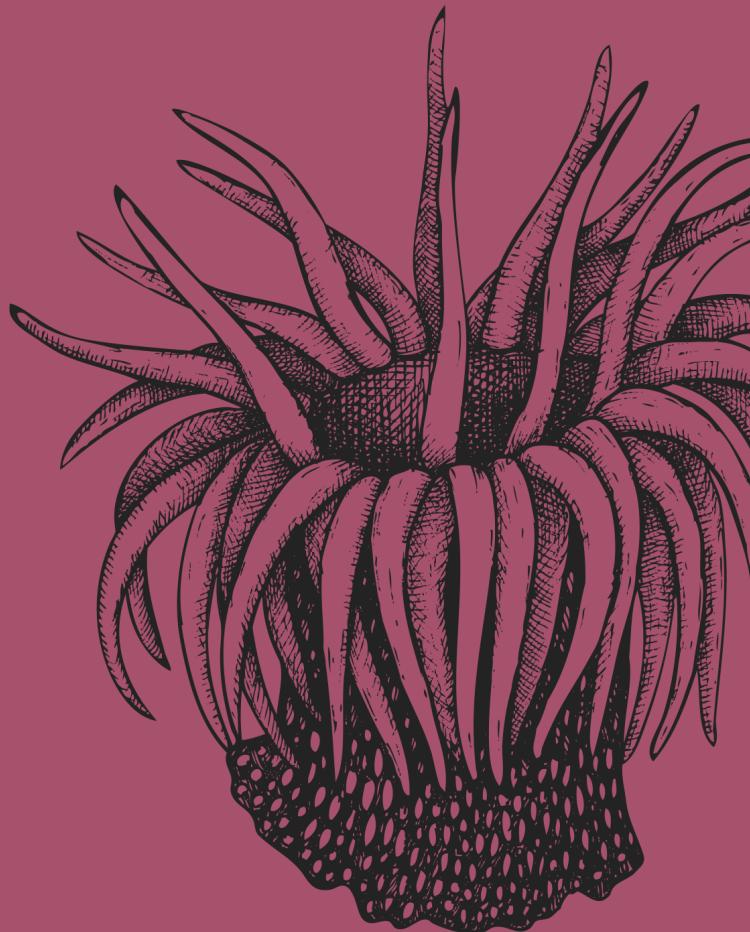
Tabla 29. Porcentaje de cada hábitat evaluado clasificado como adversamente afectado para los períodos 2016-2022 y 2010-2015 (ciclo anterior), mostrando en color rojo cuando supera el umbral de extensión del 25 % y en color verde cuando no lo supera. Además, se muestra la tendencia con respecto al ciclo anterior (diferencia en el % de área adversamente afectada) ↗ si la tendencia es de mejoría, ↔ si es estable y ↘ si es en deterioro, así como el valor de dicha diferencia en %).

BHT	% BHT adversamente afectado		Tendencia (Diferencia en %)
	2016-2022	2012-2015	
BAT_SED	28,34	32,81	↗ (-4,47)
CIR_SND	30,82	43,1	↗ (-12,28)
CIRDP_SND	4,95	26,58	↗ (-21,63)
CIR_MUD	79,06	80,34	↔ (-1,28)
CIRDP_MUD	97,14	99,39	↔ (-2,25)
CIR_MX	67,10	67,10	↔ (0)
CIR_CS	35,58	66,35	↗ (-30,77)
CIRDP_CS	21,84	26,44	↗ (-4,6)
CIRDP_MX	100	100	↔ (0)
INF_SND	3,78	4,35	↔ (-0,57)
INF_CS	3,39	6,78	↗ (-3,39)
INF_MX	2,16	2,16	↔ (0)



## 4. Referencias

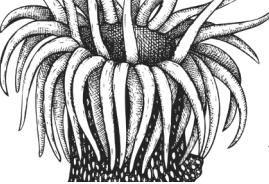
- Clarke, K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology, 18, 117-143.
- Colloca, F., Bartolino, V., Lasinio, G.J., Maiorano, L., Sartor, P., Ardizzone, G. (2009) Identifying fish nurseries using density and persistence measures. Marine Ecology Progress Series 381, 287-296.
- Elliott, S. A., Guérin, L., Pesch, R., Schmitt, P., Meakins, B., Vina-Herbon, C., Serrano, A. (2018). Integrating benthic habitat indicators: working towards an ecosystem approach. Marine Policy 90, 88-94.
- EMODnet, (2021). Seabed Habitats. Available at: <https://EMODnet.ec.europa.eu/en/seabed-habitats>
- 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), 1710-1721.
- González-Irusta, J. M., Wright, P.J. (2017). Spawning grounds of whiting (*Merlangius merlangus*). Fisheries Research 195, 141-151.
- ICES. 2021. Workshop on the Use of Predictive Habitat Models in ICES Advice (WKPHM). ICES Scientific Reports. 3:67. 100 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.8213>
- ICES. (2022). Workshop to scope assessment methods to set thresholds (WKBENTH2). ICES Scientific Reports. 4:70. 99 pp.
- Matear, L., Vina-Herbon, C., Woodcock, K.A., Duncombe-Smith, S.W., Smith, A.P., Schmitt, P., Kreutle, A., Marra, S., Curtis, E.J., and Baigent, H.N. 2023. Extent of Physical Disturbance to Benthic Habitats: Fisheries. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic. OSPAR Commission, London.
- (OSPAR, 2017) - Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) Guidelines Common Indicator: BH3 Extent of Physical Disturbance to Benthic Habitats OSPAR Agreement 2017-09.
- (OSPAR, 2023) Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) Guidelines Common Indicator Sentinels of the Seabed (SoS). OSPAR Agreement 2023-02.
- Plaza-Morlote, M., García-Alegre, A., González-Irusta, J. M., Torriente, A., Fernández-Arcaya, U., Punzón, A. and Serrano, A. 2023. Sentinels of the Seabed. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the North-East Atlantic. OSPAR Commission, London.
- Serrano, A., de la Torriente, A., Punzón, A., Blanco, M., Bellas, J., Durán-Muñoz, P., Murillo, F.J., Sacau, M., García-Alegre, A., Antolínez, A., Elliot, S., Guerin, L., Vina-Herbón, C., Marra, S., González-Irusta, J. M. 2022. Sentinels of Seabed (SoS) indicator: Assessing benthic habitats condition using typical and sensitive species. Ecological indicators, 140, 108979.
- Valavi, R., Elith, J., Lahoz-Monfort, J.J., Guillera-Arroita, G. 2019. BlockCV: An r package for generating spatially or environmentally separated folds for k-fold cross-validation of species distribution models. Methods Ecol Evol. 10:225–232. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13107>



---

## HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES ROCOSOS





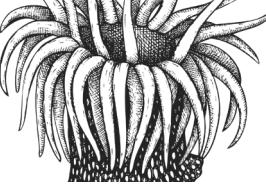
## 1. Introducción

### 1.1. Importancia de la evaluación

En los tipos de hábitats generales (Broad Habitat Types, BHT) circalitorales y batiales de fondos sedimentarios, se dispone de dos metodologías para evaluar el efecto de la pesca de arrastre, a partir de los indicadores SoS y BH3 informado por SoS (ver apartado SUD\_CIR\_BAT\_SED).

En el caso concreto del programa de seguimiento de hábitats circalitorales y batiales rocosos (HB3), la metodología aplicada y el conocimiento previo de los fondos únicamente permite hacer una evaluación por puntos en algunas zonas de la demarcación sudatlántica, por lo que el resultado de dicha evaluación es oficialmente “estado desconocido”. Con el conocimiento actual, resulta difícil discernir si se encuentran en un estado determinado bien por efecto de variables ambientales o porque esté sometido a una presión antropogénica, dificultando el establecimiento de sus respectivos umbrales de calidad. Los indicadores de estado que pueden aplicarse actualmente aportan información principalmente descriptiva, sin estar todavía definidos para su aplicación en esta y en todas las demarcaciones marinas.

El objetivo de este Anexo es poner en conocimiento del MITERD todo el trabajo que se ha realizado en cuanto al seguimiento de los hábitats del circalitoral y batial rocoso en la demarcación sudatlántica. En este documento se detallan: el grado de conocimiento previo de estos hábitats en la demarcación, datos y metodología empleados para evaluar el estado de las comunidades bentónicas, hábitats y especies de interés y resultados obtenidos hasta el momento de cara a la evaluación en la demarcación sudatlántica, así como una aproximación a las diferentes perturbaciones detectadas en los puntos de muestreo.

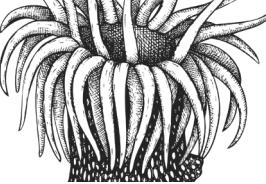


## 1.2. Grado de conocimiento de los hábitats rocosos (circalitoral y batial) de la demarcación marina sudatlántica

En la demarcación sudatlántica el área que ocuparían según datos obtenidos de EMODnet (European Marine Observation and Data Network) es de un 2 % del total de la demarcación. Además, los trabajos realizados hasta el momento para la evaluación de su estado ambiental han constatado la gran falta de información que existe sobre estos ecosistemas. Aunque proyectos como LIFE + INDEMARES (Subproyecto Chimeneas de Cádiz) y LIFE IP INTEMARES han permitido ahondar en el conocimiento de los hábitats del medio marino, el nivel de conocimiento de los hábitats rocosos no puede compararse con el del medio sedimentario pese a que ocupan un área bastante menor: disponer de buenas series de datos históricas es esencial a la hora de establecer el estado de conservación de los hábitats ya que si no disponemos de valores iniciales a los que hacer referencia es imposible establecer con objetividad en qué grado de conservación se encuentran.

El BHT circalitoral rocoso (somero y profundo) que ocuparía una extensión de unos 182,11 km<sup>2</sup> está localizado principalmente en la zona del litoral de Cádiz, donde predominan formaciones rocosas alternando con zonas de fondos blandos. Los estudios llevados a cabo en este BHT son muy escasos en la demarcación, siendo más enfocados en hábitats sedimentarios los muestreos y/o estudios. Dentro del proyecto de investigación “Fauna Ibérica”, coordinado por el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (CSIC), durante la campaña FAUNA I (1989), algunas de las zonas prospectadas fueron en sustrato rocoso en torno a los 30 m frente a Cádiz, con presencia de *Dendrophyllia ramea*, esponjas (*Hemimycale columella*, *Axinella verrucosa*) y grandes briozoos (Templado et al., 1993). Posteriormente, por OCEANA se tiene constancia de dos muestreos no invasivos realizados con ROV (*Remotely Operated Vehicle*) a profundidades de 28-29 m (límite inferior del circalitoral) donde se halló una elevada diversidad de corales y gorgonias (Aguilar et al., 2010) y se carece de información del circalitoral profundo. Otra fuente de datos, fueron obtenidos de forma “accidental” durante la campaña CIRCASUR 2020, primera campaña de evaluación de BHT circalitorales y batiales sedimentarios dentro del proyecto 18-ESMARES2-CIRCA, donde se produjo un enganche con el muestreador (bou de vara) a 50 m de profundidad. La zona a muestrear era considerada en un principio como sedimentaria. Se detectaron, entre otras, la presencia de *Dendrophyllia ramea*, *Parazoanthus axinellae* y especies de esponjas como *Axinella polypoides*, *Axinella verrucosa* y otra serie de especies de esponjas, ascidias, briozoos y cnidarios que siguen siendo objeto de su análisis taxonómico.

Respecto al batial rocoso (135,1 km<sup>2</sup>), según la capa de EMODnet estaría principalmente localizado en la zona del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) “Volcanes de fango del golfo de Cádiz” (ESZZ12002), al noreste el golfo de Cádiz (Figura 1). En el marco del proyecto LIFE+ INDEMARES (Subproyecto Chimeneas de Cádiz) entre los años 2010 y 2012, se realizaron una serie de campañas lideradas por el Instituto Español de Oceanografía (Centros Oceanográficos de Málaga y Cádiz) que permitieron obtener información sobre las características geomorfológicas, sedimentológicas, oceanográficas y biológicas del complejo del LIC incluyendo fondos rocosos profundos (Díaz del Río et al., 2014 a, b; Rueda et al., 2022). Los diferentes muestreos y prospecciones se centraron en las zonas de explosión de fluidos, principalmente en los volcanes de fango, los complejos diapiro-volcanes de fango, las depresiones de colapso y en algunos diapiros aislados, relacionadas con el hábitat 1180 de la Directiva Hábitats de “Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases” (Díaz del Río et al., 2014 a, b). Se obtuvo una gran información de fondos con sustratos duros carbonatados formados por la acción bacteriana, compuestos por carbonatos autigénicos que promueven la presencia del Hábitat 1170 “Arrecifes” de la Directiva Hábitats (Díaz del Río et al., 2014 a, b; Palomino et al., 2016; González-García et al., 2020 b; Lozano et al. 2020 a, b), estimándose una superficie de ocupación de unos 15.78 km<sup>2</sup>. Posteriormente, en el marco del Proyecto LIFE + INTEMARES (Rueda et al., 2022) se han elaborado una serie de trabajos científicos. Gracias a esta información se pudieron localizar y caracterizar los principales hábitats biogénicos del batial rocoso. Sin embargo, la gran mayoría de estas caracterizaciones, principalmente provenientes de las imágenes submarinas, así como los criterios de valoración de estos hábitats se basaron en el “criterio experto” debido a la falta de datos suficientes que permitieran un análisis cuantitativo fiable.



### 1.3. Dificultades encontradas a la hora de evaluar el estado de los hábitats rocosos en la demarcación marina sudatlántica

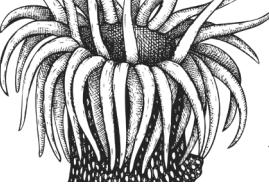
La obtención de los datos necesarios para acometer la evaluación del estado ambiental de los hábitats y comunidades de interés requiere de la realización de campañas *ad hoc* y de personal especializado. Las campañas necesarias comportan un elevado coste y una logística compleja, y la especialización necesaria, aún con la formación pertinente, requiere de un tiempo no desdeñable de capacitación, por lo que ambos aspectos constituyen factores potencialmente limitantes. Como se ha comentado, uno de los principales problemas a la hora de la evaluación es la escasez de series históricas de datos. En el marco de los programas de seguimiento de las EEMM se contempla una campaña cada dos años.

Para la evaluación del circalitoral y batial rocoso en la demarcación sudatlántica se ha llevado a cabo una única campaña (CIRCASUR 2023) en agosto de 2023, siendo semiespecífica para rocoso al desarrollarse también actividades y muestreos para BHT sedimentarios-HB3. Cabe señalar que el análisis de las imágenes de video adquiridas ha requerido un tiempo de rodaje para integrar las especificidades del análisis de los vídeos y realizar el visionado con garantías. Asimismo, cabe reseñar que el visionado, aun con la especialización necesaria, es una tarea que consume una enorme cantidad de tiempo. De este modo, ha sido humanamente imposible realizar el visionado de la totalidad de los vídeos, empleando información obtenida del visionado a bordo en la mayoría de los casos.

Se parte por tanto, de una representatividad reducida de datos para todos los hábitats generales del circalitoral y batial rocoso en la demarcación: (i) limitación en la cobertura de hábitats de la campaña disponible, (ii) temporal para poder acometer el visionado y procesado de datos, junto (iii) a la falta de disponibilidad de información a las presiones ejercidas al poder estar subestimada ya que la flota extractiva es principalmente artesanal y no hay información sobre sus movimientos. Esto último se debe a que al faenar exclusivamente en aguas territoriales españolas las embarcaciones no están obligadas a llevar los equipos de seguimiento del Sistema de Localización de Pesqueros Vía Satélite (cajas azules) y por otra parte debido a sus dimensiones (eslora total inferior a 12 metros) tampoco están obligadas por el momento a portar los equipos del Sistema de Localización y Seguimiento de Embarcaciones Pesqueras Andaluzas (SLSEPA) (cajas verdes) todo esto hace que no sea posible ofrecer una evaluación concluyente de los hábitats y comunidades identificadas.

Por otro lado, la capa de EMODnet sobre BHT es la información que se dispone de ocupación de cada BHT y sobre la que se realiza la evaluación del descriptor D6. Sin embargo, hemos detectado que no siempre son coincidentes con el BHT de estudio, lo que supondría un problema a la hora de evaluar cada uno de ellos. Este asunto es abordado como parte de los resultados obtenidos.

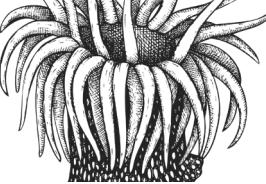
Pese a estas limitaciones, se han empezado a generar estas bases de datos y se han identificado hábitats a partir de la campaña realizada, definiendo metodologías de cara al siguiente ciclo de EEMM. Mientras no se disponga de una base de datos histórica, procedente de los programas de seguimiento solo es posible basarnos en el denominado “criterio experto”. Por tanto, en el presente documento recogemos los resultados preliminares obtenidos hasta la fecha, que contribuyen a progresar en la identificación, generación de bases de datos y caracterización de los fondos rocosos circalitorales y batiales de la demarcación marina sudatlántica tal y como se detalla en las siguientes secciones.



## 1.4. Objetivos generales y específicos

El objetivo general del ejercicio proporcionado en el presente documento ha sido mejorar el conocimiento de los fondos rocosos circalitorales y batiales de la demarcación marina sudatlántica, respecto al conocimiento que se ha obtenido en proyectos anteriores (ej., INDEMARES, INTEMARES); acometiéndolo a través de los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y caracterizar de forma preliminar los hábitats generales (BHTs) y otros hábitats bentónicos (OHT).
- Estimar la composición, abundancia de especies constructoras de hábitats rocosos circalitorales y batiales.
- Identificar las principales presiones que pueden llegar a sufrir estos hábitats.
- Crear un inventario de los hábitats vulnerables identificados de forma preliminar considerados en convenciones internacionales mediante pasarelas de equivalencias.
- Caracterizar el estado ambiental de esos hábitats.



## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Campañas y muestreos

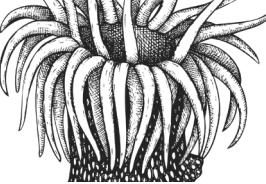
Los resultados que se presentan en este informe resultan del muestreo realizado en la campaña CIRCASUR 2023 entre los días 16 y 31 de agosto de 2023 a bordo del B/O Ramón Margalef. Durante el transcurso de la misma, se llevaron a cabo muestreos de hábitats rocosos y sedimentarios circalitorales y batiales en la demarcación sudatlántica, entre los 50 y 1300 m de profundidad (Tabla 30). En horario diurno se emplearon sistemas de muestreo no invasivo a partir de imágenes submarinas complementado con sistemas de muestreo extractivos clásicos (bou de vara y dragas de sedimento mini box-corer), mientras que en horario nocturno se realizaron radiales mediante técnicas acústicas (ecosonda multihaz y TOPAS). Por motivos logísticos, la campaña se dividió en 2 partes, la cual afectó a la disponibilidad de dichos muestreadores.

Los transectos se definieron en base a diferentes criterios, tales como: la calidad y cantidad de información previa o falta de ésta sobre los hábitats, la geomorfología, sedimentología y su biología, la capa de BHT de EMODnet y en función de la presión a la que cada zona está sometida debido a la actividad antrópica (ej. pesca de enmallé y palangre). Se partió de un conocimiento previo de la geomorfología y sedimentología de algunas de estas zonas. En el caso del BHT circalitoral rocoso y arrecife biogénico (CIR\_RK\_BIO) se tuvo en cuenta la información obtenida a partir de ecosonda multihaz adquirida en campañas oceanográficas anteriores, así como posiciones de muestreos fallidos (enganches) con bou de vara en la campaña CIRCASUR 2020, donde se pudo identificar especies propias de fondos rocosos. Por otro lado, para el BHT batial rocoso y arrecife biogénico (BAT\_RK\_BIO) se priorizó prospectar en la zona de la dorsal diapírica de Cádiz, localizada dentro del LIC “Volcanes de fango del Golfo de Cádiz” (Figura 36), debido a su considerable extensión, haber sido poco explorada en campañas anteriores, y porque se ha observado la presencia de hábitats vinculados con la Directiva Hábitats (DH), principalmente el Hábitat 1170 “Arrecifes” (Rueda et al., 2022). Además, se intentaron realizar transectos en el margen suroriental de la demarcación, justo en el límite de la misma donde también habían sido identificadas posibles zonas de afloramientos rocosos. Se trata de una zona con una elevada corriente debida a su mayor proximidad con la salida de la corriente de fondo de Masa de Aguas Mediterráneas (*Mediterranean Outflow Water- MOW*), donde se ha descrito que alcanzan los máximos valores en toda la Demarcación (Sánchez-Leal et al., 2017). Pese a la dificultad de maniobrabilidad con el ROV Liropus 2000, se pudo realizar un transecto (Figura 36).

Para el estudio de identificación de especies y hábitats bentónicos rocosos, se emplearon las imágenes, muestras y datos obtenidos mediante el ROV Liropus 2000 y el trineo fotogramétrico TASIFE 2013. Tanto el trineo como el ROV llevan acoplado un transpondedor del HIPAP para poder tener la posición exacta del mismo en el fondo marino.

Tabla 30. Listado de estaciones válidas llevadas a cabo durante la campaña CIRCASUR 2023 en los BHT circalitoral y batial rocoso.

Muestreador	Estación	Duración (min)	Rango Profundidad (m)	BHT muestreado	
				Circalitoral rocoso	Batial rocoso
ROV	ROV_01	191	238-260		
	ROV_04	247	69-74		
	ROV_05	160	65-68		
	ROV_06	135	70-74		



Muestreador	Estación	Duración (min)	Rango Profundidad (m)	BHT muestreado	
ROV	ROV_07	113	72-73	Circalitoral rocoso	Batial rocoso
	ROV_08	172	46-54		
	ROV_09	196	57-60		
	ROV_10	107	53-54		
	ROV_11	155	49-51		
	ROV_12	95	51-55		
	ROV_13	58	54-56		
	ROV_14	93	55-59		
TASIFE	TR_5A	20	388-418		
	TR_5B	20	419-460		
	TR_5C	20	461-506		
	TR_6A	20	385-406		
	TR_6B	20	411-445		
	TR_6C	20	456-495		
	TR_13A	20	373-387		
	TR_13C	20	456-505		
	TR_13D	20	499-549		
	TR_21 A	20	55-57	Circalitoral rocoso	Batial rocoso
	TR_21C	20	57-58		
	TR_22 A	20	51-52		
	TR_22 B	20	51-52		
	TR_22 C	20	51-52		

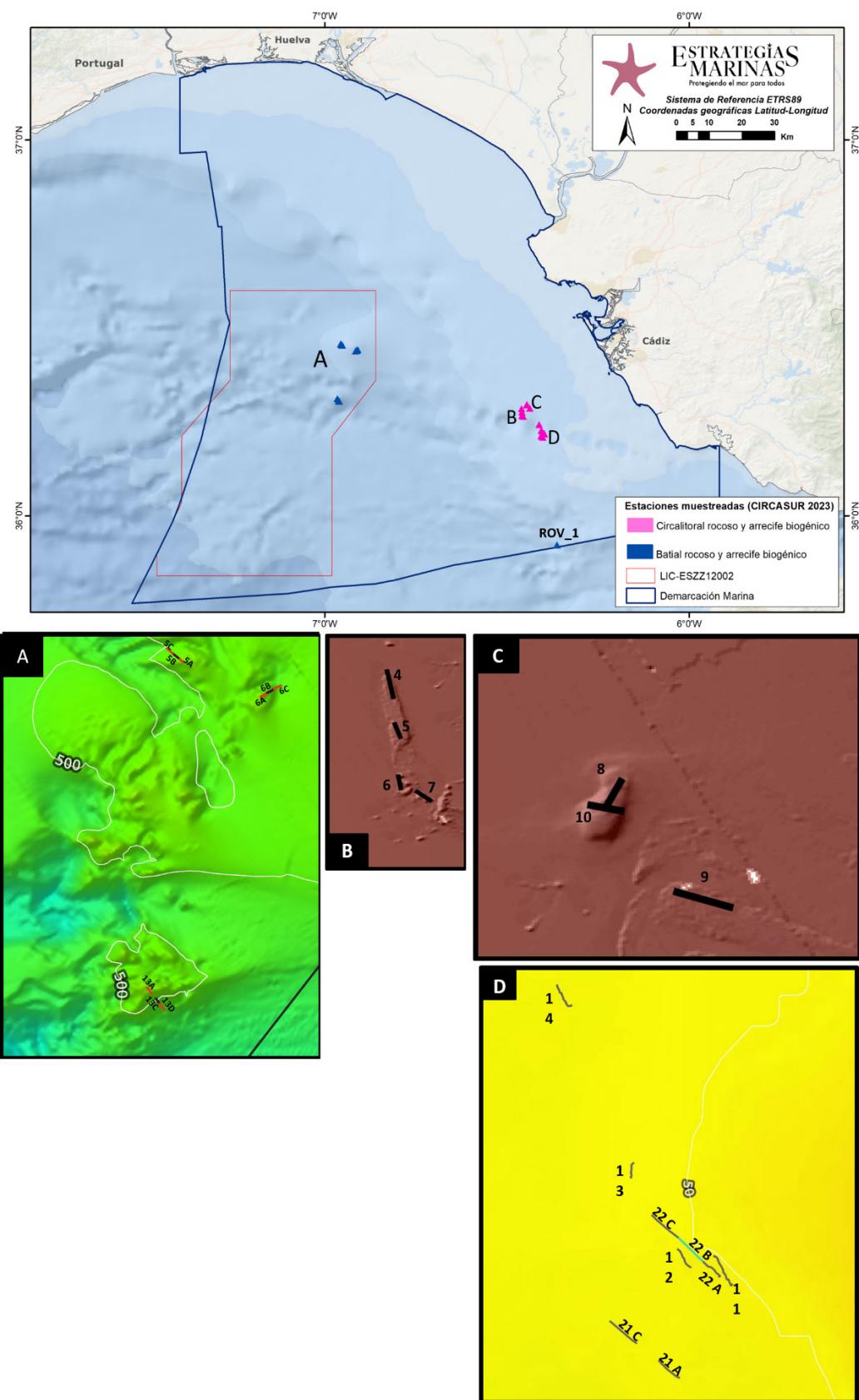
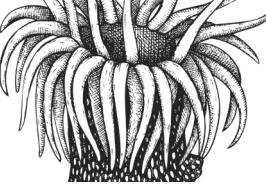
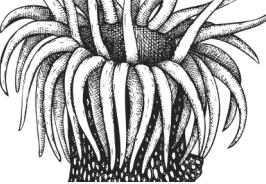


Figura 36. Localización de los muestreos realizados en los BHT circalitoral y batial rocoso y arrecifes biogénicos con ROV y TASIFE durante la campaña CIRCASUR 2023 y detalle (zoom) de las zonas donde se localizan las estaciones muestreadas.



## 2.2. Transectos realizados con ROV

El ROV Liropus 2000 (modelo Super Mohawk III) se utilizó en su configuración de vuelo libre (sin TMS), para su despliegue por el costado de estribor, permitiendo un rango de maniobrabilidad de 40 a 400 m (Figura 37). Este ROV (Remotely Operated Vehicle) está equipado con varias cámaras de video digital de alta definición, un par de rayos láseres paralelos montados a 10 cm entre ellos, para escalar y medir imágenes, y tiene capacidad de recogida de muestras mediante un brazo articulado y un tubo de aspiración. El ROV fue operado por tres técnicos de la empresa ACSM. Para planificar y controlar las inmersiones del ROV se utilizó el HYPACK, operado por el científico responsable del puesto de Survey, que tuvo una terminal de pantalla en el Laboratorio de Acústica del B/O, donde el equipo científico visualizó a tiempo real, el trabajo del ROV.

Los muestreos con ROV se llevaron a cabo en la primera parte de la campaña. La duración y distancia recorrida de cada transecto fue variable, en función de la zona a prospectar y la capacidad de maniobrabilidad del ROV (visibilidad, existencia de fuertes corrientes marinas, etc.).

Durante la inmersión, el equipo científico iba anotando en tiempo real, datos del tipo de fondo, aparición de especies (principalmente estructurantes) usando rango de abundancia, junto con indicadores de actividad antrópica anotando la hora correspondiente. Además, se anotó la hora de los eventos que se producían (ROV al agua, toma de fotos, toma de muestras, zooms etc.). Durante los transectos también se recolectaron muestras de especies que eran de interés ecológico/taxonómico o que eran estructurantes y dominantes en los hábitats. Las muestras que iban siendo recolectadas bien a partir del brazo hidráulico o del sistema de aspiración del ROV (según tipo de taxón), fueron ordenadas, fotografiadas, e identificadas hasta el nivel más bajo posible y preservadas (etanol 96 %, etanol 70 % y/o formaldehído 4 %) para estudios más detallados en el laboratorio del Centro Oceanográfico de Cádiz.

Se realizaron un total de 14 inmersiones con ROV, siendo 12 válidas (Figura 37B-D, Tabla 30). Los transectos válidos realizados cubrieron principalmente zonas del circalitoral rocoso, con excepción de una estación realizada a mayor profundidad del margen suroriental en el batial rocoso (ROV\_01, Figura 37, Tabla 30). A lo largo de los transectos de ROV se recolectaron unas 40 muestras de organismos (especies de interés ecológico/taxonómico, estructurantes y/o dominantes en los hábitats).

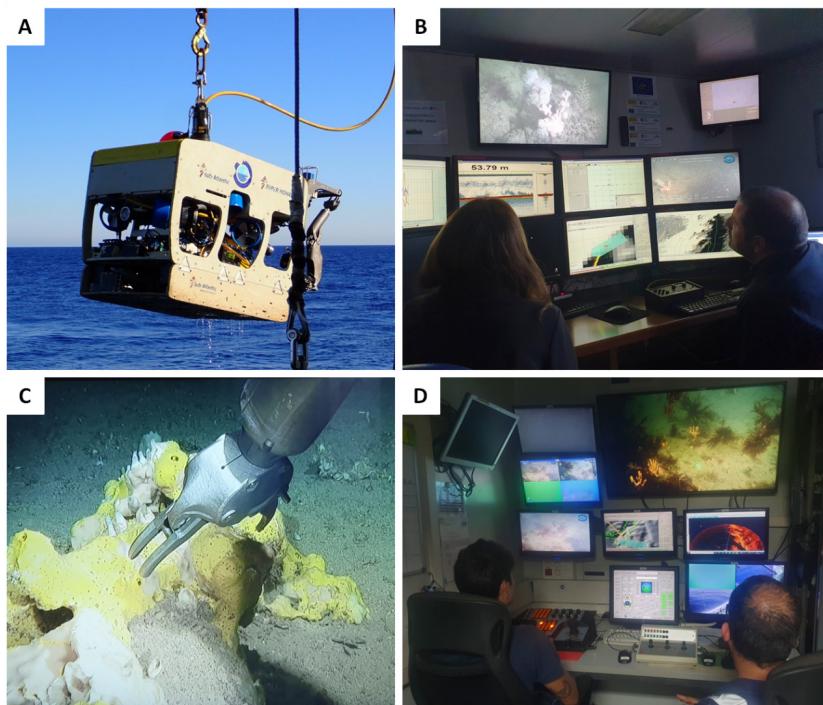
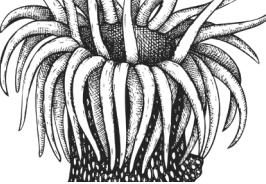


Figura 37. Detalles de los muestreos realizados con ROV Liropus 2000 durante la campaña CIRCASUR 2023. A) Maniobra del ROV para subirlo a bordo, B) Visionado de imágenes y toma de datos, C) recolección de muestras y D) Puesto de control de los técnicos del ROV.



## 2.3. Transectos realizados con TASIFE

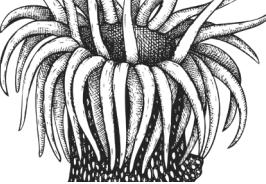
Los transectos realizados con el trineo fotogramétrico TASIFE 2013 fueron realizados en la segunda parte de la campaña, abarcando en general zonas más profundas de la demarcación, ya que puede operar hasta una profundidad de 2000 m (Figura 38). Fue también largado por el costado de estribo del buque y en este caso se usó el cable de sonda de red (1500 m y diámetro de 11 mm) para su desplazamiento, permitiendo la visualización en tiempo real de las imágenes tomadas durante el transecto mediante un monitor instalado en el laboratorio multipropósito (Figura 38). Dispone de una cámara de alta definición montada perpendicularmente (Nikon D800 AF Nikkor 20mm/f2.8D), equipada con dos fuentes de luz (LED DSPL Sphere SLS- 5000) y tres punteros láser distanciados 10 y 23 cm (SeaLaser 100, 532 nm) para escalar y medir imágenes. Las imágenes submarinas adquiridas tienen una alta precisión de navegación subacuática (georreferenciación) gracias al dispositivo HIPAP, que proporciona la ubicación, profundidad, velocidad y el rumbo del vehículo.

Cada transecto tiene una duración de 20 minutos en full HD 30 frames/s, considerados cada uno como estación, intentando realizar por inmersión tres transectos seguidos para optimizar el tiempo y batería del equipo. Durante el muestreo, la cámara se mantuvo a 0,5-1 m del fondo, para facilitar la identificación de las especies bentónicas. El TASIFE, al igual que el ROV, lleva acoplado un transpondedor para poder tener la posición exacta del mismo en el fondo marino,

Se realizaron un total de 70 transectos con el TASIFE, siendo 14 de ellos realizados sobre sustratos rocosos, principalmente en zonas de roca batial (Figura 36A y D, Tabla 20). Por cada transecto, se registraron los datos de la hora UTC al comienzo y final de la grabación, tiempo de grabación, profundidad, cable largo, cable antes del virado y coordenadas de inicio y final del transecto. Además, se anotaron datos cualitativos sobre visibilidad del fondo y tipo de fondo, presencia de especies (a modo de observación, no cuantificado), presencia de peces u otra fauna y evidencia de la actividad pesquera sobre el fondo. Asimismo, cualquier incidencia durante el transecto con el trineo se registró como observaciones en el estadillo.



Figura 38. Trineo fotogramétrico TASIFE 2013 y ejemplo de adquisición de imágenes submarinas en tiempo real durante el transcurso de la campaña CIRCASUR 2023.



## 2.4. Procesado de imágenes submarinas: identificación de especies y caracterización preliminar de hábitats y comunidades

Se empleó el entorno R con scripts específicos para procesar los datos de posición de los transectos y unirlos con los archivos de visionados, con el fin de obtener una tabla completa con todos los transectos visionados. A fin de tener un conocimiento preliminar para identificar las comunidades/hábitats/especies más frecuentes, a partir de los transectos realizados en cada una de las estaciones se dividió cada transecto en segmentos, consideradas como unidades de muestreo o muestras (UM) de unos 100 m de longitud para poder estandarizar la información procesada. A cada una de estas unidades muestrales se asignó uno de los siguientes *Broad Habitat Type* (BHT) en función del tipo de fondo y la profundidad a la que se encontraban, siendo:

- Roca circalitoral y arrecife biogénico: hábitat de fondo rocoso a menos de 80 m de profundidad.
- Roca y arrecife biogénico batial superior o batial inferior: hábitat de fondo rocoso a más de 200 m de profundidad.

Se obtuvieron un total de 50 y 30 unidades de muestreo para el circalitoral y batial rocoso, respectivamente. Cada muestra se caracterizó por el punto medio de la latitud y longitud inicial y final, profundidad, piso batimétrico (circalitoral: <200 o batial: ≥ 200 m).

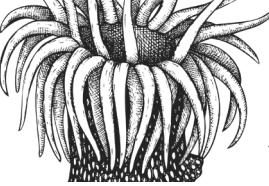
En términos generales, se han intentado identificar los megainvertebrados (> 2cm) bentónicos, y fueron identificados al nivel taxonómico más bajo posible. En los casos (mayoría) que no se pudo identificar a ese nivel, se decidió nombrarlos en base a características morfológicas y de coloración, e incluso el sustrato donde se encontraban (ej. Esponjas incrustantes, esponjas pedunculadas, etc.). Por tanto, muchos taxones han sido identificados a nivel de especies, géneros o Unidades Taxonómicas Operacionales (*Operational Taxonomic Units, OTUs*), pues a veces comprenden entidades identificables a diferentes niveles taxonómicos (Howell et al., 2019; Puerta et al., 2022).

El conjunto de datos de cada BHT (circalitoral y batial) se ha analizado por separado:

- Circalitoral rocoso: fundamentalmente datos procedentes de las imágenes del ROV se basan en la información recogida durante el visionado a bordo. La información de los TASIFES realizados en este BHT se trataron de la misma forma). Por este motivo, esta información se trató como datos semicuantitativos, mediante el uso de rangos de abundancia, siendo las escalas de 1: 1 Individuo/ colonia; 2:2-5 Individuos/colonias.; 3: 6-25 Individuos/colonias; 4: 26-100 Individuos/colonias y 5: > 100 Individuos/colonias siendo datos muy preliminares.
- Batial rocoso: videos procedentes del muestreo con TASIFE (excepción del ROV\_01) fueron visualizados mediante el software OFOP (*Ocean Floor Observation, v3.6*). Este software permite acoplar las secuencias de vídeo con datos de navegación del TASIFE/ROV y así extraer datos georreferenciados de imágenes fijas en cada transecto, anotando en el mismo las especies que van apareciendo en el momento (minuto y segundo del video) y su abundancia. Aun así, es necesario realizar un reprocesado de los mismos, ya que quedan muchas dudas en las identificaciones, sobre todo de especies estructurantes, y además no se pueden proporcionar datos de abundancias reales.

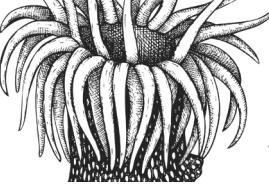
Para cada uno de estos BHT, se calculó el número total de especies/género/OTUs y su frecuencia de aparición, los grupos taxonómicos más característicos, porcentaje de especies estructurantes y especies de especial interés para la conservación. Para definir el componente biológico de cada hábitat solamente se tuvieron en cuenta las especies estructurantes, de acuerdo a la definición de ingenieros ecosistémicos de Jones et al. (1994). A partir del programa estadístico PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006), se calcularon los índices de diversidad (riqueza de especies e índices de Shannon) por unidad muestral (100 m) tomando estos los parámetros de muestra indicadores de la estructura de la comunidad (indicador BH2- Condición de hábitats bentónicos), y se calculó la media por estación.

Con el fin de realizar una identificación preliminar de las comunidades presentes en el circalitoral y batial rocoso de la demarcación marina sudatlántica, a falta de ampliar el conjunto de datos (i.e.,



visualizado completo de las imágenes, incrementar el número de identificaciones de videos y de muestras recolectadas con ROV, etc.), se realizó una aproximación mixta de descripción de los dos BHT muestreados y la identificación y caracterización de otros hábitats bentónicos (*Other Habitat Types*, OHT) en cada uno de ellos.

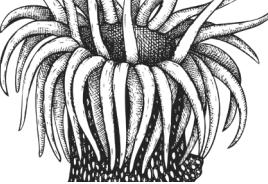
Como método exploratorio inicial, se realizaron análisis multivariantes de clasificación (clúster) para cada BHT por separado sobre la matriz de datos considerando las especies sésiles (no se tuvieron en cuenta las vagiles). Para facilitar la búsqueda de evidencias de patrones significativos en un conjunto de datos *a priori* desestructurado (sin grupos predefinidos), la significación estadística de cada clúster fue evaluada usando el test de perfil de similitud por permutaciones SIMPROF. Seguidamente, se realizó un análisis de contribución de especies a los porcentajes de similitud (SIMPER), para identificar las especies más representativas de cada grupo identificado por el análisis clúster. Estos análisis se realizaron con el programa estadístico PRIMER 6.



## 2.5. Comparativa de los hábitats generales con EMODnet

Una vez obtenida la tabla de datos completa para cada hábitat, las especies/géneros/OTUs y sus abundancias/rangos detectados en cada uno de ellos, junto con sus correspondientes datos de posición, se representaron las estaciones espacialmente con el software ArcGIS v.10.8 (© ESRI) sobre la capa de hábitats generales de EMODnet para comprobar la coincidencia entre nuestros transectos realizados y los hábitats generales asignados por EMODnet. Los hábitats encontrados en profundidades entre 50 y 200 m se consideraron circalitorales y los de profundidades mayores de 200 m batiales (Tabla 30).

Para conocer qué área era o no coincidente, se realizaron estimaciones de la misma a partir de fotogramas tomados en cada uno de los transectos usando el software ImageJ (versión 1.52a). La anchura y distancia al fondo de cada transecto y muestreador es variable a lo largo de su recorrido y tomando como referencia la distancia de 10 cm entre los punteros láser se calculó la anchura de imagen media de fotogramas y multiplicó por la distancia recorrida del transecto (conocida), obteniéndose así el área barrida por el mismo.

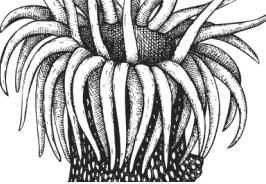


## 2.6. Creación de un inventario de hábitats vulnerables considerados en convenciones internacionales mediante pasarelas de equivalencias y especies catalogadas

Con el fin de proporcionar una herramienta tentativa de utilidad en la gestión y monitoreo de las comunidades identificadas de forma preliminar en el circalitoral y batial rocoso de la demarcación, se ha hecho el esfuerzo de elaborar una tabla de pasarelas entre dichas comunidades y sus correspondencias en las distintas clasificaciones de hábitats bentónicos, considerando: Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE), que se centra en la clasificación de hábitats que necesitan protección, Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos (Templado et al., 2012), que ayuda a unificar criterios y uso de denominaciones en el ámbito científico, técnico y de gestión y EUNIS (*European Union Natura Information System*) que no sólo se centra en el ámbito marino.

Asociar cada hábitat con alguna de las definiciones que ofrecen todas estas clasificaciones es una tarea difícil especialmente en aguas profundas donde muchos hábitats están ausentes o mal clasificados. Este ejercicio se actualizará una vez se realice una identificación más definitiva, al ampliar el conjunto de datos, tal y como se indicó en el apartado anterior.

Asimismo, con relación a la vinculación de las especies con listados de conservación para conocer las especies catalogadas a partir de las especies/géneros identificados hasta el momento, se ha consultado diferentes listados: Catálogo Español de Especies Amenazadas, el Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía (nivel autonómico), la Directiva Hábitat, la convención CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), el Convenio de Barcelona, que se centra en la clasificación de hábitats del área mediterránea (Anexo II) y el Libro rojo de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Esta información sobre especies catalogadas se ha de tener en cuenta cuando futuros daños del hábitat puedan tener consecuencias negativas en las poblaciones de estas especies amenazadas y consideradas como catalogadas en este estudio.



## 2.7. Descripción preliminar del estado ambiental de los hábitats

Con el fin de realizar una aproximación a la evaluación ambiental de los hábitats generales identificados en la demarcación marina sudatlántica, se consideró el porcentaje de estaciones afectadas por las presiones identificadas de cada hábitat.

La descripción del estado ambiental de los hábitats circalitoral y batial se realizó en base a (i) la identificación de presiones en cada hábitat, (ii) índice de sensibilidad de especies, (iii) índices multimétricos, tal y como se detalla a continuación.

### 2.7.1. Identificación de presiones

La actividad antrópica en los hábitats bentónicos rocosos de la demarcación está fundamentalmente ligada a las pescas con enmalle y palangre de fondo. Los datos proporcionados corresponden a datos VMS para buques de pesca de más de 15 metros de eslora en la demarcación (ver metodología correspondiente al Anexo de pesca) en formato tipo c-square, aplicando 4 categorías: sin presión, bajo esfuerzo, medio y alto esfuerzo, a partir del método de clasificación *natural breaks* de Jenks. Los datos esfuerzo pesquero se cruzaron con la capa de hábitats de EMODnet, y con los diferentes transectos de imágenes submarinas realizados durante la campaña CIRCASUR 2023. Durante la campaña CIRCASUR 2023, por diferentes causas (logísticas, dificultad de maniobrabilidad, tiempo de campaña, etc.) no ha sido posible realizar muestreos para cada nivel de esfuerzo para obtener información de los distintos grados de perturbación que estos hábitats pudieran presentar y así poder establecer valores de referencia y evaluar así su estado.

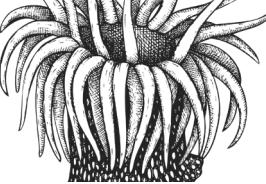
Por otro lado, con el fin de tener una idea sobre la presencia y naturaleza de las basuras encontradas por hábitat general en las estaciones estudiadas, se utilizaron los registros de basuras obtenidos en el visionado de los transectos.

Además, otro impacto que empieza a ser muy preocupante y para el que aún no se conocen todos los posibles efectos adversos, no solo en estos hábitats presentes, sino en todo el golfo de Cádiz (demarcación sudatlántica) y en el mar de Alborán, es la presencia de arribazones del alga invasora *Rugulopteryx okamurae*. Aunque es necesario un mayor estudio del grado de cobertura de los talos de esta macroalga sobre especies de invertebrados sésiles y formadoras de hábitats como gorgonias y esponjas, en otros invertebrados sésiles como ceriantharios e, incluyendo también sobre especies móviles (equinodermos, crustáceos); se pretende mostrar el número de estaciones afectadas por dicha macroalga. Próximamente se pretende medir el porcentaje de cobertura a partir del análisis de imágenes empleando los punteros láser de los diferentes muestreadores como escala, siguiendo la metodología descrita en Rueda et al., 2023.

### 2.7.2. Cálculo de especies sensibles a la pesca con palangre

Por otro lado, se ha considerado la pesca con palangre y el enmalle como una de las principales presiones (*habitat loss*) y como una primera aproximación se calculó la sensibilidad de las especies para la pesca con palangre. Se clasifican las especies en tres grupos de sensibilidad según su respuesta a esta actividad, centrándose principalmente en tres características biológicas (tamaño máximo, fijación al sustrato y forma corporal) en un índice (PALINDEX) de acuerdo a la siguiente ecuación (ver De la Torriente et al., 2010 para más información):

$$\text{PALINDEX} = \frac{10 \times \text{Tamaño máximo} + 2 \times \text{Fijación al sustrato} + 3 \times \text{Forma corporal}}{8}$$



La selección de los rasgos (*traits*) se basó en el conocimiento general de los impactos del palangre en las comunidades epibentónicas y reflejando la resistencia de la especie a este arte de pesca, más que su capacidad de recuperación (Tabla 31). Durante este ciclo se ha trabajado en completar y ampliar el conocimiento de las características biológicas a medida que se iba ampliando el listado de especies (un total de 447 en la demarcación sudatlántica), tanto de sustratos rocosos como sedimentarios, ya que hay algunas especies que suelen ocurrir en sustratos mixtos circalitorales y batiales. Este índice PALINDEX asigna un valor entre el 1 y el 3 a cada especie, de forma que las especies con valores 3 son las especies más sensibles a la pesca de palangre.

Tabla 31. Características biológicas y modalidades utilizadas en el análisis de la diversidad, en la composición funcional y en la sensibilidad entre los diferentes hábitats analizados.

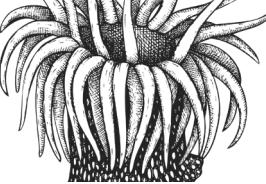
TRAIT	SCORE	CRITERIO
Tamaño máximo	1	Pequeño (<2 cm)
	2	Mediano (2-10 cm)
	3	Mediano- Grande (11- 50 cm)
	4	Grande (>50 cm)
Forma corporal	1	Aplanado (dorsal y lateralmente)
	2	Globular
	3	Erecto, pedunculado y arborescente
	4	Erecto con ramificación en un único plano
Fijación al sustrato	1	No (sésil)
	2	No (ocasionalmente reptante)
	3	Temporal
	4	Permanente

### 2.7.3. Índices multimétricos (BH2)

Se tuvo en cuenta los datos de diversidad a partir de los índices de riqueza media de especies e índice de diversidad de Shannon calculados para cada tipo de hábitat general:

- Riqueza de especies (S): medida del número total de especies/géneros/OTUS presentes en cada muestra.
- Índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ): medida de la diversidad muestral que tiene en cuenta no sólo la riqueza de especies sino también la abundancia y la equitatividad.

También se incluyó el porcentaje de especies formadoras de hábitat (*Habitat Forming Species-HFS*): calculado mediante la selección de aquellas especies que posibilitan formar un potencial hábitat, y su porcentaje relativo de abundancia con respecto al total de las especies en cada muestra de imágenes submarinas. Este índice permite conocer la proporción de especies capaces de formar hábitat y por tanto dan una idea de la condición del hábitat. Por último el número y porcentaje de especies catalogadas incluidas en los listados de conservación.



### 3. Resultados

Se han evaluado los hábitats roca circalitoral rocoso y arrecife biogénico (CIR\_RK\_BIO) con un rango batimétrico cubierto por las estaciones que abarca de los 46 a los 74 metros de profundidad, y para la roca batial superior (BAT\_RK\_BIO) entre los 238 y 506 metros. Como se ha comentado, siendo la primera campaña oceanográfica, careciendo de serie histórica para la demarcación, y con un visionado parcial de las imágenes submarinas obtenidas, no se puede evaluar la extensión espacial afectada por perturbaciones físicas de cada uno de los hábitats y, por tanto, su estado es desconocido.

#### 3.1. Comparativa con EMODnet

En este apartado se pretende mostrar la comparativa de la capa de EMODnet para los BHT tratados en este anexo (CIR\_RK\_BIO y BAT\_RK\_BIO) con los muestreos realizados. Como se ha podido comprobar a partir de las imágenes submarinas, las diferentes estaciones muestreadas tanto con ROV como con TASIFE se han realizado sobre fondos rocosos, así lo han confirmado también las diferentes especies que los conforman. En algunos puntos la presencia de roca es más notable en las imágenes como es el caso del BHT\_BAT\_RK\_BIO, donde los transectos aparecen más cubiertos por sedimento y se observan más afloramientos dispersos.

En la Figura 39 se muestran los BHT de la capa de EMODnet para la demarcación sudatlántica y sobre esta capa los diferentes puntos de muestreo en las dos zonas de muestreo realizadas durante la campaña CIRCASUR 2023. Por otro lado, la Figura 40 muestra en color verde las estaciones/puntos de muestreos coincidentes con la capa de EMODnet y en color rojo las que no coinciden. Podemos ver como el 100 % de los muestreos realizados en el CIR\_RK\_BIO no corresponden con los hábitats que intentamos evaluar en EMODnet ya que indica estar sobre hábitats de Arena Circalitoral (CIR\_SND). Esto supone que el área de ocupación del CIR\_RK\_BIO estaría siendo infraestimada, teniendo más extensión (habría alrededor de 4,96 km<sup>2</sup> más). Habría que incrementar el esfuerzo de muestreo en el siguiente ciclo, para identificar la verdadera extensión del hábitat y realizar la correspondiente actualización en la capa de EMODnet.

En el caso del hábitat BAT\_RK\_BIO, (ver Figura 40) parece que los hábitats de la capa de EMODnet son más coincidentes, principalmente los muestreados en la zona de la dorsal diapírica de Cádiz. De las 10 estaciones, 3 muestran incongruencias con hábitat de la capa EMODnet, y en la estación TR\_6C sólo el 37 % es coincidente (alrededor de 1,92 km<sup>2</sup>). Los puntos que no corresponden aparecen como hábitat sedimentario batial superior (BAT\_SED), cuando en realidad son hábitats batiales rocosos. En este caso del batial, habría que realizar un esfuerzo en el siguiente ciclo en comprobar la verdadera extensión de la dorsal, sobre todo en el caso de su extensión del límite inferior, así como en la parte más oriental de la demarcación donde se realizó el muestreo con el ROV\_1 debido a las especies y por consiguiente OHT tan relevantes identificados.

En general, del total de estaciones muestreadas durante la campaña CIRCASUR 2023, a partir de las estimaciones de áreas a partir de las imágenes submarinas con los muestreadores ROV y TASIFE, se estima que alrededor de 6,88 km<sup>2</sup> no coinciden con la capa de EMODnet.

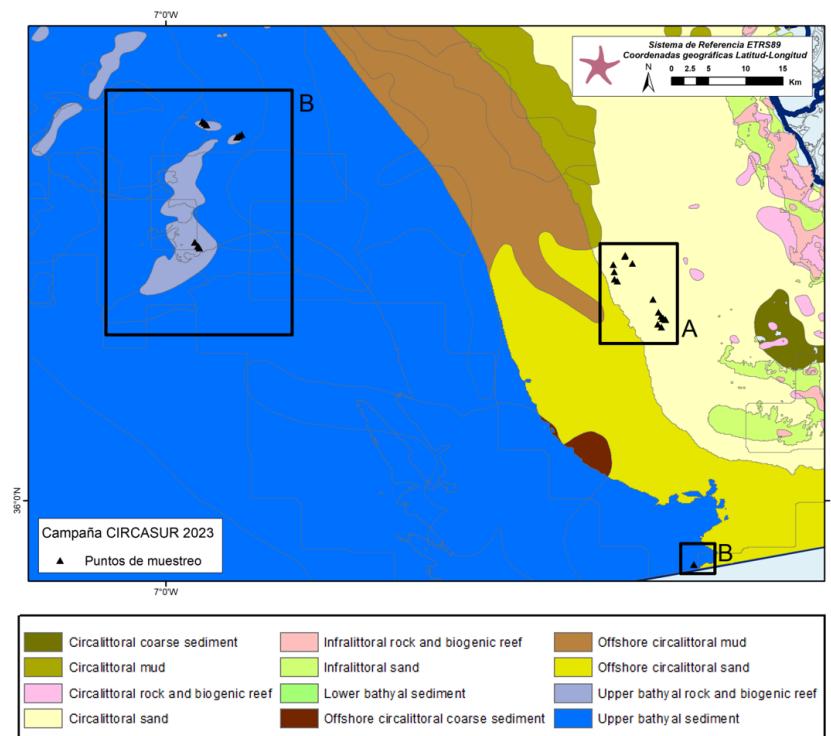
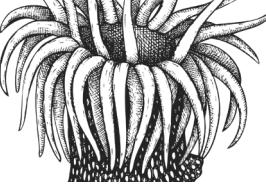


Figura 39. Tipos generales de hábitats bentónicos (BHT) en fondos circalitorales y batiales de acuerdo con la clasificación de EMODnet junto con los puntos de muestreo realizados en CIRCALITORAL (A) y BATIAL (B) durante la campaña CIRCASUR2023.

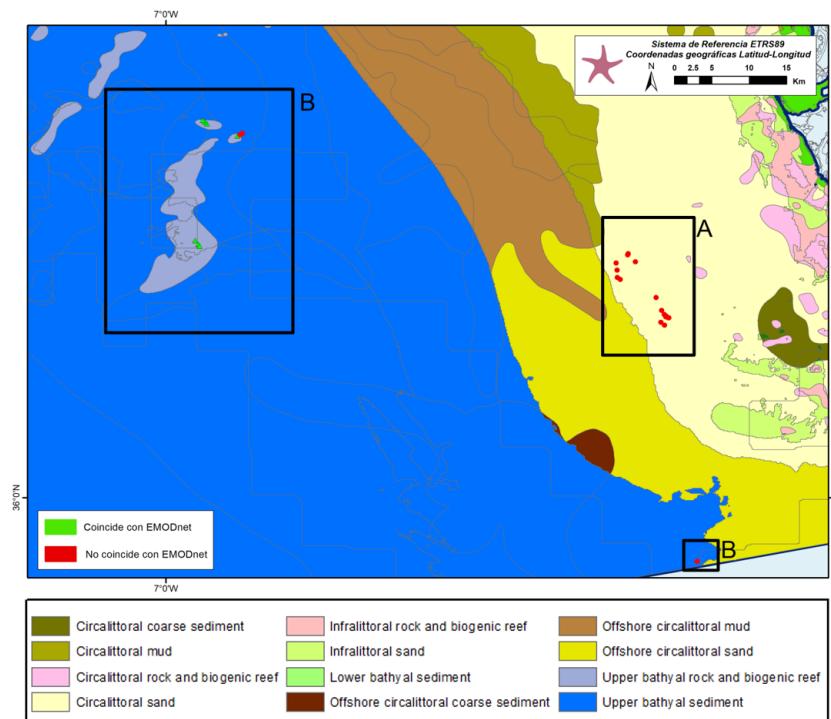
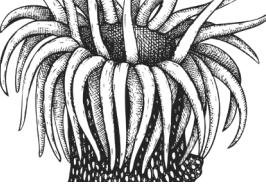


Figura 40. Comparativa entre los 'Tipos generales de hábitats bentónicos' (BHT) hábitats generales asignado por EMODnet y las estaciones realizadas durante la campaña CIRCASUR 2023. Los puntos verdes corresponden a zonas coincidentes, mientras que los puntos rojos señalan lugares en los que el IEO ha constatado en imágenes submarinas la presencia de un hábitat diferente al señalado por EMODNET.



## 3.2. Benthic Broad Habitat Type (BBHT): Roca circalitoral y arrecife biogénico (CIR\_RK\_BIO)

### 3.2.1. Descripción

De las 16 estaciones muestreadas del hábitat circalitoral rocoso y arrecife biogénico (CIR\_RK\_BIO), se han logrado identificar 56 especies, 17 géneros, quedando 22 como OTUs, pertenecientes a 8 filos diferentes (Figura 41 y Apéndice A1). En general, con relación al número de especies/géneros/OTUs, los poríferos fueron los más dominantes con 36 especies/géneros/OTUs junto con los cnidarios con 26 especies/género/OTUs. También se observa que la principal composición faunística en cada estación corresponde a especies de esponjas y cnidarios (Figura 41).

A partir de las imágenes submarinas, este hábitat rocoso es un ambiente que presenta altos niveles de sedimentación y corriente (principalmente en los ROV\_04 y ROV\_05), donde en la mayoría de los casos dificulta su visibilidad. En el apéndice A1 se pueden observar la frecuencia de ocurrencia (%) de las especies/género/OTUs identificados hasta el momento en el hábitat circalitoral. Según estos resultados preliminares, las especies que más caracterizan este hábitat son los cnidarios de la clase Octocorallia *Eunicella gazella* Studer, 1901 y *Paramuricea* spp junto con el briozoo *Pentapora foliacea* (Ellis & Solander, 1786) y la esponja *Axinella verrucosa* (Esper, 1794), frecuentemente colonizada por el zoanthario *Parazoanthus axinellae* (Schmidt, 1862) con una frecuencia de ocurrencia igual o superior al 80 % sobre el total. Igualmente importantes son las siguientes especies formadoras de hábitats, con más de un 68 %: la escleractinia *Dendrophyllia ramea* (Linnaeus, 1758) y el octocoral *Ellisella paraplexauroides* (Stiasny, 1936), el zoanthario *P. axinellae*, la ascidia colonial *Synoicum blochmanni* (Heiden, 1894) y la esponja *Axinella polypoides* (Schmidt, 1862). Debe destacarse, aunque no haya sido una especie muy frecuente, la presencia del coral rojo *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) en el ROV\_07, en una zona bastante abrupta. Esta especie de coral, de lento crecimiento y madurez tardía, es considerada una especie vulnerable.

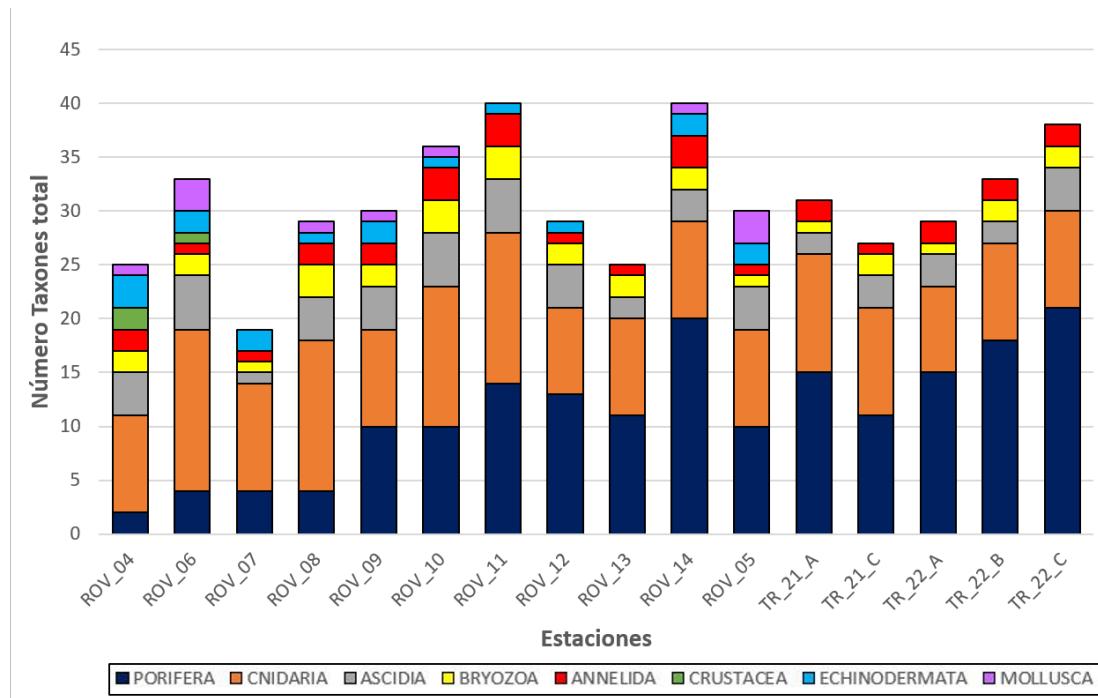
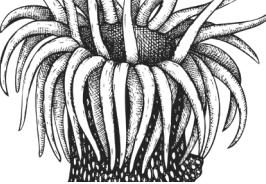


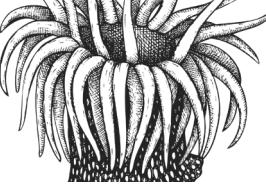
Figura 41. Número de taxones bentónicos de los diferentes filos/grupos encontrados en cada una de las estaciones muestreadas durante la campaña CIRCASUR 2023 en el circalitoral rocoso y arrecife biogénico.



A partir de las especies identificadas, se han observado numerosas especies que figuran en diferentes convenios y/o listas nacionales o internacionales de protección (Tabla 32). Entre los invertebrados catalogados más significativos de este BBHT se encuentran las especies *Corallium rubrum* o *Centrostephanus longispinus* (Philippi, 1845) presentes en el Anexo II del Convenio de Barcelona y en el Anexo IV y V de la Directiva Hábitat respectivamente o cnidarios como *Dendrophyllia ramea* o *Ellisella paraplexaurooides* incluidos en el Anexo II del Convenio de Barcelona y CITES. El mayor número de especies catalogadas encontrado en los transectos realizados es de 14 (ROV\_05) y mínimo de 5 (Tabla 32).

Tabla 32. Listado de invertebrados bentónicos en el programa de seguimiento llevado a cabo para el BHT “Roca circalitoral y arrecife biogénico” en la demarcación sudatlántica incluidos en convenios, catálogos o listas autonómicas, nacionales o internacionales de protección. CB: Convenio de Barcelona; CNEA: Catálogo Nacional de Especies Amenazadas; UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; DH: Directiva Hábitat; LRA: Libro Rojo de Andalucía; CITES: Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora; NT: Casi Amenazada; EN: En Peligro; VU: Vulnerable; LESRPE: Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial.

Especies-Géneros-OTUs	CB	CNEA	UICN	DH	LRA	CITES
<i>Alcyonium palmatum</i>			LC			
<i>Astrospartus mediterraneus</i>					LC	
<i>Axinella polypoides</i>	Anexo II	LESRPE			VU	
<i>Caryophyllia smithii</i>			LC			
<i>Centrostephanus longispinus</i>	Anexo II	LESRPE		Anexo IV	VU	
<i>Corallium rubrum</i>	Anexo II		EN	Anexo V	VU	
<i>Dendrophyllia cornigera</i>	Anexo II		EN		VU	Anexo II
<i>Dendrophyllia ramea</i>	Anexo II		VU		VU	Anexo II
<i>Ellisella paraplexaurooides</i>	Anexo II	LESRPE	VU		EN	
<i>Eunicella gazella</i>			DD		VU	
<i>Eunicella labiata</i>			DD		VU	
<i>Holothuria forskali</i>						
<i>Leptogorgia sarmentosa</i>						
<i>Palinurus mauritanicus</i>	Anexo III		VU		VU	
<i>Paramuricea</i> spp			VU		VU	
<i>Parazoanthus axinellae</i>						
<i>Petrosia ficiformis</i>					LC	
<i>Reteporella</i> sp.					LC	



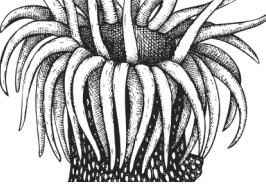
### 3.2.2. Cálculo de indicadores en el circalitoral rocoso y arrecife biogénico

En la Tabla 33 se muestra la riqueza específica media por estación de muestreo. Los rangos de riqueza media oscilaron entre 13 (ROV\_04) y 28 (ROV\_14), donde se encontraron mínimos de 6 y máximos de 31 especies/géneros/OTUs. Los valores de diversidad de Shannon estuvieron comprendidos entre 1,14 y 2,65 (Tabla 33). Estos son valores preliminares y sujetos a cambios cuando se complete el procesado de las imágenes submarinas. Se observa también un elevado porcentaje de especies formadoras de hábitat (%SFH), desde un 62,7 % hasta un 86,2 % (Tabla 33), principalmente cnidarios, esponjas y otros organismos sésiles como son los briozos.

A partir del cálculo del índice Palindex, se desprende que las especies que presentan sensibilidad a la pesca con palangre pertenecen principalmente al filo Cnidaria como *Dendrophyllia ramea*, *Ellisella paraplexaurooides* o *Paramuricea* spp., y alcanzando un valor de grado 3 de 2,8 % respecto al total de especies identificadas (Tabla 33).

Tabla 33. Valores promedio de los índices multimétricos (BH2) de riqueza de especies y diversidad de Shannon, % SFH (porcentaje de especies formadoras de hábitats), SCAT (Especies catalogadas), Ssen (número de especies sensibles) y porcentaje de los grados de sensibilidad aplicando el índice Palindex para “Roca circalitoral y arrecife biogénico” (CIR\_RK\_BIO) en la demarcación sudatlántica.

Estación	Riqueza especies	Shannon	% SFH	SCAT	Ssen	% Sensibilidad		
						Grado 1	Grado 2	Grado 3
ROV_04	13	1,8	67,84	9	5	60	20	20
ROV_05	17	1,23	72,32	14	6	54,5	27,3	18,2
ROV_06	16	1,24	62,79	10	5	22,2	50	27,8
ROV_07	10	1,37	73,13	10	6	46,4	32,1	21,4
ROV_08	17	2,34	70,81	10	5	57,1	25	17,9
ROV_09	17	2,09	74,25	10	6	45,7	37,1	17,1
ROV_10	21	2,09	76,95	10	6	48,7	35,9	15,4
ROV_11	19	2,65	76,68	5	4	42,3	42,3	15,4
ROV_12	22	2,44	86,25	7	5	37,5	41,7	20,8
ROV_13	16	1,5	81,62	9	7	44,7	36,8	18,4
ROV_14	28	2,6	73,41	10	6	46,7	33,3	20
TR_21_A	20	2	67,89	5	4	41,4	44,8	13,8
TR_21_C	18	1,75	72,83	6	5	42,3	38,5	19,2
TR_22_A	18	1,78	73,8	6	5	39,3	42,9	17,9
TR_22_B	24	2,05	73,88	6	5	41,9	41,9	16,1
TR_22_C	27	1,14	70,66	6	5	50	35,3	14,7



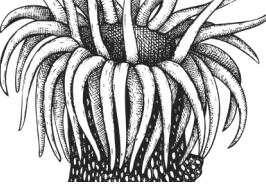
### 3.2.3. Other Habitat Types (OHT) identificados

A partir del análisis multivariante de los datos semicuantitativos por rango de abundancias, se han podido diferenciar dos OHT para el BHT circalitoral rocoso en la demarcación sudatlántica: "Roca circalitoral con gorgonias y esponjas" y "Roca circalitoral con escleractinias". Estos grupos de muestras están tipificadas por diferentes especies/taxones (en base a los resultados de SIMPER, Tabla 34) y según su abundancia promedio, ha permitido identificar dos tipos de *Other Habitat Types* (OHT), hábitats biogénicos más predominantes, estando cada uno de ellos compuesto por un mismo hábitat y/o combinaciones de varios entremezclados entre sí. En base a los resultados obtenidos, las unidades muestrales de imágenes submarinas, el OHT "Roca circalitoral con gorgonias y esponjas" estuvo presente en casi todas con excepción de dos tramos en los ROV 06 y 07 (grupo n).

En la Tabla 34 se muestran los grupos identificados a partir del análisis de comunidades (clúster) donde se indica el porcentaje de similitud del análisis SIMPER de cada grupo, así como las principales especies características que conforman cada grupo, ordenadas de mayor a menor según la abundancia promedio obtenida en el análisis.

Tabla 34. Grupos de transectos de imágenes submarinas obtenidos con el SIMPROF ( $p<0,05$ ) indicando la similitud y las especies características por orden de importancia (>) resultantes del SIMPER. N: número de unidades muestrales/muestras.

SIMPROF (Grupos)	N	SIMPER similitud (%)	SIMPER Especies características
a	2	50	<i>Paramuricea spp &gt; Ellisella paraplexaurooides</i>
b	6	57.15	<i>Paramuricea spp &gt; Dendrophyllia ramea &gt; Eunicella gazella</i>
c	8	59.57	<i>Paramuricea spp &gt; Axinella verrucosa &gt; Ellisella paraplexaurooides &gt; Eunicella gazella &gt; Synoicum blochmanni</i>
f	4	68.72	<i>Paramuricea spp &gt; Axinella verrucosa &gt; Axinella polypoides &gt; Pentapora foliacea</i>
g	3	63.64	<i>Pentapora foliacea &gt; Axinella polypoides &gt; Axinella verrucosa &gt; Synoicum blochmanni &gt; Crella elegans &gt; Eunicella gazella</i>
i	5	70.58	<i>Paramuricea spp &gt; Parazoanthus axinellae &gt; Axinella polypoides &gt; Pentapora foliacea &gt; Synoicum blochmanni</i>
j	2	70.13	<i>Axinella verrucosa &gt; Synoicum blochmanni &gt; Parazoanthus axinellae &gt; Pentapora foliacea &gt; Eunicella gazella</i>
k	10	73.75	<i>Axinella verrucosa &gt; Parazoanthus axinellae &gt; Axinella polypoides &gt; Pentapora foliacea &gt; Eunicella gazella &gt; Synoicum blochmanni &gt; Dendrophyllia ramea &gt; Crella elegans</i>
l	3	85.09	<i>Paramuricea spp &gt; Parazoanthus axinellae &gt; Axinella polypoides &gt; Axinella verrucosa &gt;</i>
m	2	78.48	<i>Axinella verrucosa &gt; Pentapora foliacea &gt; Parazoanthus axinellae &gt; Axinella polypoides &gt; Paramunicea spp</i>
n	2	26.09	<i>Dendrophyllia ramea &gt; Synoicum blochmanni</i>



Actualmente no se conoce con exactitud la extensión de sustrato ocupado para ninguna de las distintas comunidades biológicas que engloban cada OHT y se requiere un mayor esfuerzo de muestreo en futuras campañas oceanográficas. A partir de las imágenes submarinas y resultados preliminares las características de cada uno de estos OHT serían:

- **Roca circalitoral con gorgonias y esponjas:** tanto gorgonias como esponjas colonizan la gran mayoría del sustrato rocoso, formando extensos jardines de gorgonias y esponjas. En algunos transectos domina una especie sobre otra (Figura 42), mientras que en otras se alternan y entremezclan (Figura 42B-D), formando hábitats mixtos. Entre las especies características de estos enclaves se encuentran las gorgonias *Paramuricea* spp. y *Eunicella gazella*, formando en algunos transectos auténticos jardines de corales (Figura 42) junto con especies de esponjas del género *Axinella* como son *Axinella verrucosa* y *Axinella polypoides* (Figura 42D) y el zoanthario *Parazoanthus axinellae* (Figura 42C). También comparte sustrato con el briozoo *Pentapora foliacea*.
- **Roca circalitoral con escleractinias:** son fondos rocosos que muestran una dominancia de la especie *Dendrophyllia ramea* (Figura 42E) compartiendo mixtos con varias de las especies de gorgonias y briozoo citadas y la ascidia colonial *Synoicum blochmanni*.

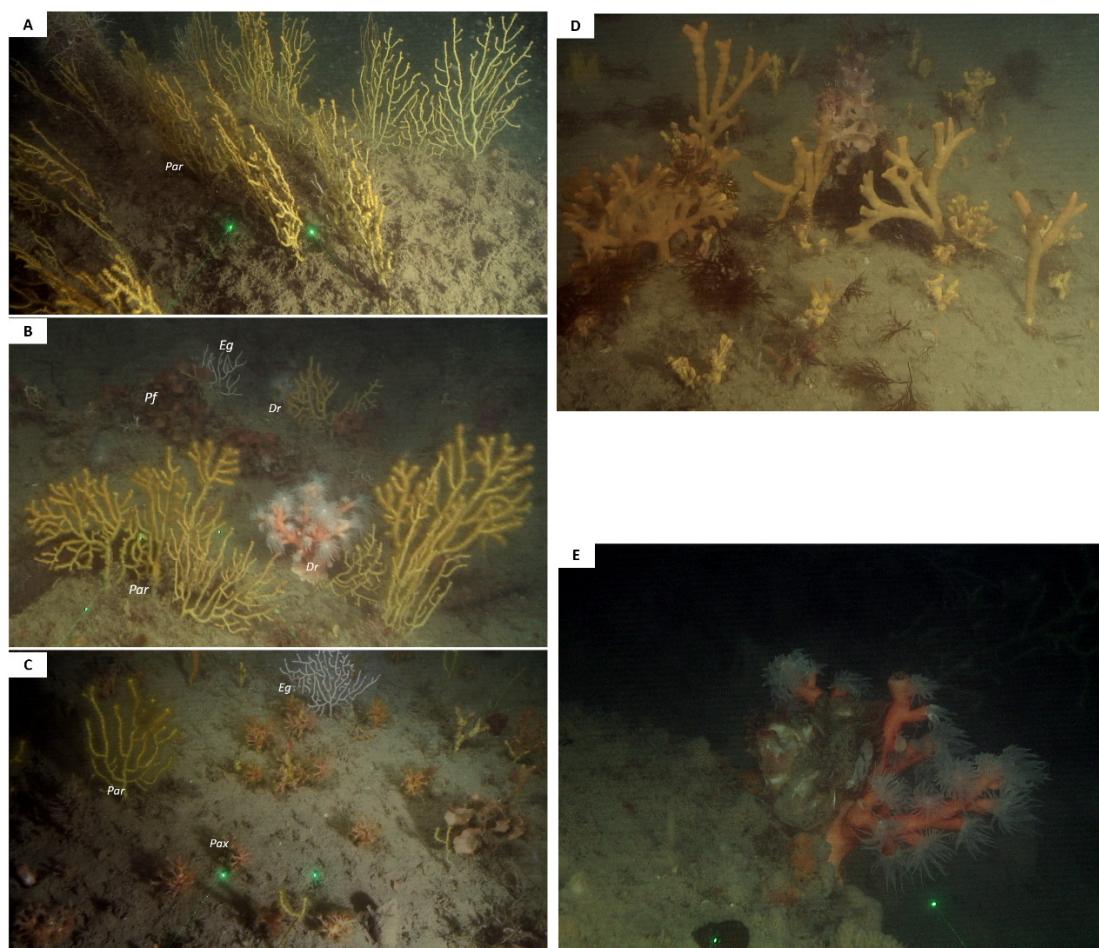
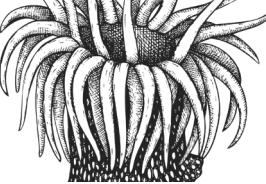


Figura 42. Ejemplos de imágenes submarinas de los hábitats OHT identificados en el BHT roca circalitoral y arrecife biogénico. Dr: *Dendrophyllia ramea*, Par: *Paramuricea* spp., Eg: *Eunicella gazella*, Pax: *Parazoanthus axinellae*, Pf: *Pentapora foliacea* © IEO-CSIC (COCAD).

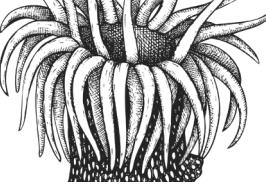


### 3.2.3.1. Pasarelas entre los OHT e inventario de hábitats vulnerables considerados en convenios internacionales

A partir de los OHT identificados junto con las especies típicas, en la Tabla 35 se muestran las correspondencias con las principales clasificaciones de hábitats bentónicas europeas (LPRE, DH y EUNIS). Destacar que entre los OHT se han identificado hábitats vulnerables de acuerdo con la Directiva Hábitat (DH), considerados en la definición del tipo de hábitat 1170-Arrecifes, todos ellos caracterizados por corales, esponjas y bivalvos.

Tabla 35. Pasarelas entre los Other hábitats types (OHT) identificados y las principales clasificaciones europeas. LPRE: Lista Patrón Inventario Español Hábitats Marinos; DH: Directiva Hábitats; EUNIS: European Nature Information System.

OHT	Hábitat LPRE			Hábitat EUNIS		
	Código	Nombre	DH	Código	Nombre	
Roca circalitoral con gorgonias y esponjas	0302022307	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Eunicella gazella</i>	1170	A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	
	0302022308	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Parazoanthus axinellae</i>		A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	
	0302022306	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con grandes briozoos ( <i>Pentapora</i> sp., <i>Reteporella</i> sp.)		A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	
	03020223	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados		A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	
	0302022305	Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con dominancia de esponjas		A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	
	0302022501	Coralígeno con <i>Paramuricea clavata</i> en roca circalitoral colmatada por sedimentos	1170	A4.26B	<i>Facies with Paramuricea clavata</i>	
	030222208	Bosques abiertos o bancos de <i>Elisella paraplexuroides</i> en roca circalitoral dominada por invertebrados	1170	A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	
	03020222	Roca circalitoral dominada por invertebrados con corales	1170	A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	
Roca circalitoral con escleractinias	0302022206	Bancos de <i>Dendrophyllia ramea</i> en roca circalitoral dominada por invertebrados	1170	A4	<i>Circalittoral rock and other hard substrata</i>	



### 3.3. Benthic Broad Habitat Type (BBHT): Roca batial y arrecife biogénico (BAT\_RK\_BIO)

#### 3.3.1. Descripción

En las 10 estaciones muestreadas (9 en la dorsal diapírica de Cádiz y 1 en el margen suroriental de la demarcación), que representaron un total de 30 unidades muestrales, del hábitat batial rocoso y arrecife biogénico (BAT\_RK\_BIO), se han logrado identificar 20 especies, 15 géneros, quedando 36 como OTUs, pertenecientes a 7 filos diferentes (Figura 43 y Apéndice A2). En general, con relación al número de taxones (especies/géneros/OTUs), los poríferos y los cnidarios fueron los dos filos más dominantes con 29 y 23 taxones, respectivamente. Destaca la estación TR\_5A con una mayor riqueza de especies/género/OTUs (Figura 44).

La mayoría de las estaciones muestreadas, con excepción de la estación ROV\_01 en el margen surooriental de la demarcación (Figura 36), se encuentran localizadas en dorsal diapírica de Cádiz (dentro del LIC- "Volcanes de fango del golfo de Cádiz"), distinguiéndose dos zonas en este hábitat. La zona suroriental (ROV\_01) de la demarcación, es una zona con una elevada corriente debida a la MOW. Estos fondos presentaban afloramientos rocosos y elevada sedimentación y gran cantidad de material en suspensión muy propicio para especies filtradoras y suspensívoras. La gran fuerza de la corriente dificultó maniobrar con el ROV, pero aun así se pudo constatar la dominancia del coral de aguas frías *Dendrophyllia cornigera* (Lamarck, 1816) (escleractinia) y agregaciones de esponjas de profundidad como *Leiodermatium* sp. y *Petrosia crassa* (Carter, 1876) y de gorgonias como *Viminella flagellum* (Johnson, 1863).

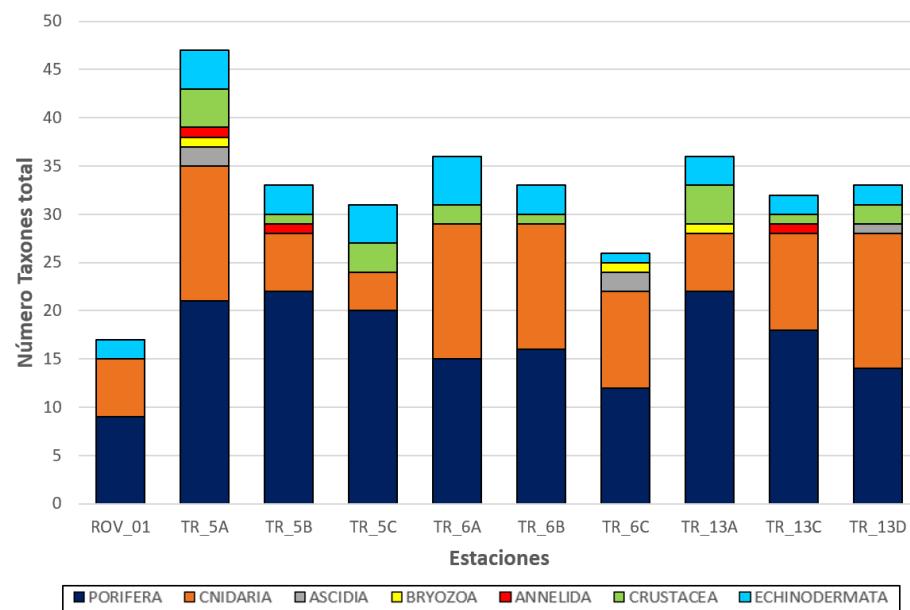
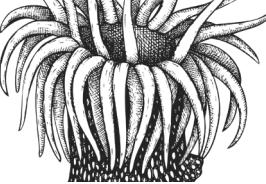


Figura 43. Número de taxones totales bentónicas de los diferentes fila/grupos encontrados en cada una de las estaciones muestreadas durante la campaña CIRCASUR 2023 en el hábitat batial rocoso y arrecife biogénico.

Por otro lado, en el resto de estaciones muestreadas en la dorsal de Cádiz con el TASIFE, la zona resultó ser bastante abrupta, con afloramientos rocosos, siendo abundantes los sustratos carbonatados, la mayoría en forma de enlosados (posiblemente carbonatos autigénicos o fragmentos de cap-rock). Se



observó también una alta corriente de fondo que dificultó en ocasiones la maniobrabilidad del TASIFE. Estos sustratos duros están principalmente colonizados por especies sésiles, con dominancia y alta frecuencia de la gran esponja hexactinélida *Asconema setubalense* (Kent, 1870), y otras especies de demoesponjas de porte considerable como *Phakellia ventilabrum* (Linnaeus, 1767) y *Petrosia crassa*.

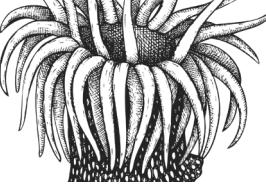
Cabe destacar que las agregaciones de esponjas de aguas profundas ("Deep-sea sponge aggregations") son uno de los hábitats incluidos en el Convenio OSPAR como hábitats amenazados y/o en declive. Son especies de crecimiento muy lento y su recuperación tras una perturbación física puede durar décadas (Diaz del Rio *et al.*, 2004). Estas comunidades favorecen un aumento de la complejidad de las redes tróficas, ya que proporcionan una buena área de alimentación para otras especies, aumentando así la diversidad bentónica. Aunque en menor frecuencia de ocurrencia en los muestreos, cabe destacar la presencia de especies de corales de agua fría *Desmophyllum pertusum* (Linnaeus, 1758) y *Madrepora oculata* (Linnaeus, 1758) (Apéndice A2). Estas formaciones coralígenas están consideradas de alta biodiversidad siendo especies de crecimiento muy lento, y, por tanto, altamente vulnerables. Su presencia resulta muy destacable debido a su localización tan acotada en la demarcación. Hasta el momento se había detectado la presencia de corales de aguas frías principalmente en el volcán de fango Gazul y puntualmente en zonas muy concretas en el canal de Cádiz en el complejo diapiro/volcán de fango Geraldine y en la dorsal diapírica de Cádiz.

### 3.3.2. Especies catalogadas

A partir de los taxones identificados, se han observado varias especies que figuran en diferentes convenios y/o listas nacionales o internacionales de protección (Tabla 36). Entre los invertebrados catalogados de este BBHT destacan especies de antipatarios o corales negros (*Antipathella subpinnata* (Ellis & Solander, 1786), *Antipathes dichotoma* (Pallas, 1766) y *Leiopathes glaberrima* (Esper, 1792)), corales blancos de aguas frías (*Madrepora oculata* y *Desmophyllum pertusum*) y gorgonias abanico (*Callogorgia verticillata* (Pallas, 1766)) y látilo (*Viminella flagellum*) incluidas en el Anexo II del Convenio de Barcelona y CITES, estando catalogadas en peligro, casi amenazadas y vulnerables.

Tabla 36. Listado de invertebrados bentónicos en el programa de seguimiento llevado a cabo para el BHT "Roca batial y arrecife biogénico" en la demarcación sudatlántica incluidos en convenios, catálogos o listas autonómicas, nacionales o internacionales de protección. CB: Convenio de Barcelona; CNEA: Catálogo Nacional de Especies Amenazadas; UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; DH: Directiva Hábitat; LRA: Libro Rojo de Andalucía; CITES: Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora; NT: Casi Amenazada; EN: En Peligro; VU: Vulnerable; LESRPE: Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial.

Especies-Géneros-OTUs	CB	CNEA	UICN	DH	LRA	CITES
<i>Antipathella subpinnata</i>		LESRPE	NT			Anexo II
<i>Antipathes dichotoma</i>		LESRPE	NT			Anexo II
<i>Callogorgia verticillata</i>		LESRPE	NT			
<i>Caryophyllia</i> sp.			LC			
<i>Desmophyllum cornigera</i>	Anexo II		EN		VU	Anexo II
<i>Desmophyllum pertusum</i>	Anexo II		EN		EN	Anexo II
<i>Flabellum chunii</i>						Anexo II
<i>Leiopathes glaberrima</i>	Anexo II	LESRPE	EN			Anexo II
<i>Madrepora oculata</i>	Anexo II	LESRPE	EN		EN	Anexo II
<i>Palinurus mauritanicus</i>	Anexo III		VU		VU	
<i>Viminella flagellum</i>			NT			



### 3.3.3. Cálculo de indicadores

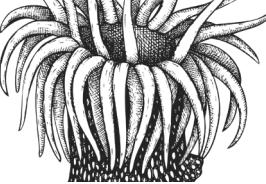
Según los resultados de los índices de diversidad calculados (Tabla 37), los mayores valores de diversidades (riqueza especies e índice de Shannon) se localizan en general a menor rango de profundidad (TR\_5A, TR\_6 A y TR\_13 A), descendiendo a medida que incrementa la profundidad. Los rangos de riqueza media oscilan entre 29 (TR\_5 A) y 12 (TR\_6C). Por otro lado, el valor más alto y bajo del índice de diversidad de Shannon fueron 2,48 y 1,15, respectivamente. Estos valores son preliminares y sujetos a cambios cuando se complete el procesado de las imágenes submarinas.

Se observa también un elevado porcentaje de especies formadoras de hábitat (%SFH), desde un 63,2 % hasta un 78,3 % (Tabla 37), principalmente debidos a organismos sésiles como cnidarios y esponjas. El mayor número de especies catalogadas encontrado en los transectos realizados es de 10 y mínimo de 3 (Tabla 37).

A partir del cálculo del índice Palindex, se desprende que las especies que presentan sensibilidad a la pesca con palangre pertenecen principalmente al filo Cnidaria como los corales de aguas frías *M. oculata* y *D. pertusum*, corales negros, y gorgonias (*C. verticillata* y *V. flagellum*) junto con la gran esponja *A. setubalense*; alcanzando un valor máximo de especies sensibles (grado 3) de 24,2 % respecto al total de especies identificadas (Tabla 37).

Tabla 37. Valores promedio de los índices multimétricos (BH2) de riqueza de especies y diversidad de Shannon, % SFH (porcentaje de especies formadoras de hábitats), SCAT (Especies catalogadas), Ssen (número de especies sensibles) y porcentaje de los grados de sensibilidad aplicando el índice Palindex para “Roca batial y arrecife biogénico” (BAT\_RK\_BIO) en la demarcación sudatlántica

Estación	Riqueza especies	Shannon	% SFH	SCAT	Ssen	% Sensibilidad		
						Grado 1	Grado 2	Grado 3
ROV_01	8	1,15	73,87	3	1	41,18	52,94	5,882
TR_5A	29	2,18	63,27	6	6	33,33	53,33	13,33
TR_5B	24	2,14	68,86	4	3	31,25	59,38	9,375
TR_5C	20	2,39	63,24	3	3	26,67	63,33	10
TR_6A	28	2,34	70,76	10	8	31,43	45,71	22,86
TR_6B	22	2,12	78,33	7	8	24,24	51,52	24,24
TR_6C	12	1,80	68,45	5	4	34,62	50	15,38
TR_13A	24	2,48	64,26	5	2	33,33	61,11	5,556
TR_13C	16	1,61	73,33	4	3	25	65,63	9,375
TR_13D	21	2,16	74,80	7	6	36,36	45,45	18,18



### 3.3.4. Other habitat types (OHT) identificados

A partir del análisis multivariante (Cluster, SIMPROF), se han podido detectar tres OHT en el piso batial rocoso en la demarcación sudatlántica, siendo: "Roca batial con grandes hexactinélidas (Asconema)", "Roca batial con esponjas y gorgonias" y "Fondos mixtos con agregaciones de hexacorales escleractinios, antipatarios y grandes esponjas sobre fondos rocosos profundos". Estos tres tipos de OHT identificados estarían cada uno de ellos compuesto por un mismo hábitat o combinaciones de varios entremezclados entre sí.

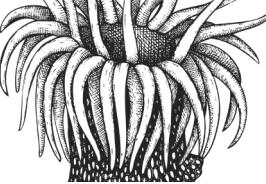
En la Tabla 38 se muestran los grupos identificados a partir del análisis de comunidades (clúster) donde se indica el porcentaje de similitud del análisis SIMPER de cada grupo, así como las principales especies características que conformarían cada grupo ordenadas de mayor a menor según la abundancia promedio obtenida en el análisis.

Tabla 38. Grupos de transectos de imágenes submarinas obtenidos con el SIMPROF ( $p<0,05$ ) indicando la similitud y las especies características por orden de importancia (>) resultantes del SIMPER. N: número de unidades muestrales/muestras.

SIMPROF (grupos)	N	SIMPER similaridad (%)	Especies características
b	3	60,21	<i>Dendrophyllia cornigera</i> > <i>Leiodermatium sp</i> > <i>Viminella flagellum</i> > <i>Petrosia crassa</i>
c	8	62,98	<i>Asconema setubalense</i> > <i>Petrosia crassa</i> > <i>Phakellia robusta</i> > <i>Viminella flagellum</i> > <i>Callogorgia verticillata</i> > <i>Axinella vellerea</i>
e	4	59,9	<i>Asconema setubalense</i> > <i>Porifera pedunculada</i> > <i>Axinella vellerea</i> > <i>Petrosia crassa</i> > <i>Porifera globular</i>
f	2	71,87	<i>Porifera pedunculada</i> > <i>Asconema setubalense</i> > <i>Flabellum chuni</i> > <i>Plexauridae</i> > <i>Phakellia robusta</i> > <i>Acanthogorgia sp</i> >
g	2	73,05	<i>Axinella vellerea</i> > <i>Haliclona sp</i> > <i>Viminella flagellum</i> > <i>Phakellia robusta</i> > <i>Asconema setubalense</i> > <i>Petrosia crassa</i> > <i>Viminella flagellum</i>
i	3	80,11	<i>Porifera pedunculada</i> > <i>Haliclona sp</i> > <i>Asconema setubalense</i> > <i>Phakellia robusta</i> > <i>Viminella flagellum</i> > <i>Petrosia crassa</i> > <i>Leiopathes glaberrima</i> > <i>Madrepora oculata</i>
j	2	64,19	<i>Alcyonaceo</i> 2> <i>Viminella flagellum</i> > <i>Hydrozoa</i> 2> <i>Haliclona sp</i> > <i>Phakellia robusta</i> > <i>Axinella vellerea</i> > <i>Asconema setubalense</i>

Próximamente se pretende conocer la extensión que ocupan estos OHT junto con sus comunidades en las estaciones muestreadas. Futuras campañas serán necesarias para conocer su extensión del sustrato ocupado dada su relevancia. A partir de las imágenes submarinas y resultados preliminares las características de cada uno de estos OHT serían:

- Roca batial con grandes hexactinélidas (Asconema):** la gran esponja *Asconema setubalense* forma importantes agregaciones en los fondos rocosos profundos de las estaciones muestreadas en la dorsal diapírica de Cádiz, apareciendo como especie dominante en algunos de los transectos realizados (Figura 44A), mientras que en otras zonas se mezclan con gorgonias de profundidad como las especies *Viminella flagellum* o *Callogorgia verticillata* (Figura 44C).



- b) **Roca batial con esponjas y gorgonias:** los poríferos y gorgonias aparecen en prácticamente todos los transectos analizados, observándose en las imágenes submarinas colonizando su superficie en mayor o menor medida variando sus comunidades entre unas estaciones u otras. Esponjas de menor porte como *Axinella vellerea* se mezclan con las de mayor tamaño como por ejemplo *Phakellia robusta*, *Leiodermatium* sp o *Petrosia crassa* (Figura 44D). Por otro lado, las gorgonias, entremezcladas con las esponjas tienen también una presencia muy amplia. Se han encontrado colonias mixtas de *Callogorgia verticillata*, *Viminella flagellum* y *Acanthogorgia* spp. y mezcladas con otras comunidades de hexactinélidas como *A. setubalense*.
- c) **Fondos mixtos con agregaciones de hexacorales escleractinios, antipatarios y grandes esponjas sobre fondos rocosos profundos:** este hábitat se ha encontrado en estaciones que han mostrado una gran riqueza de especies. Corales blancos (*Madrepora oculata* y *Desmophyllum pertusum*) y los corales negros (*Leiopathes glaberrima*, *Antipathes dichotoma* y *Antipathella subpinnata*) se han localizado principalmente en los transectos de la estación TR\_6A y TR\_6B (Figura 44F), formando estructuras arborescentes junto con gorgonias y grandes esponjas (*P. robusta*, *P. crassa*, *A. setubalense*), formando hábitats mixtos en estas zonas rocosas profundas. El coral amarillo *Dendrophyllia cornigera* también habita estos fondos, encontrándose una mayor dominancia junto con esponjas, en la estación del margen suroriental de la demarcación (Figura 44E).

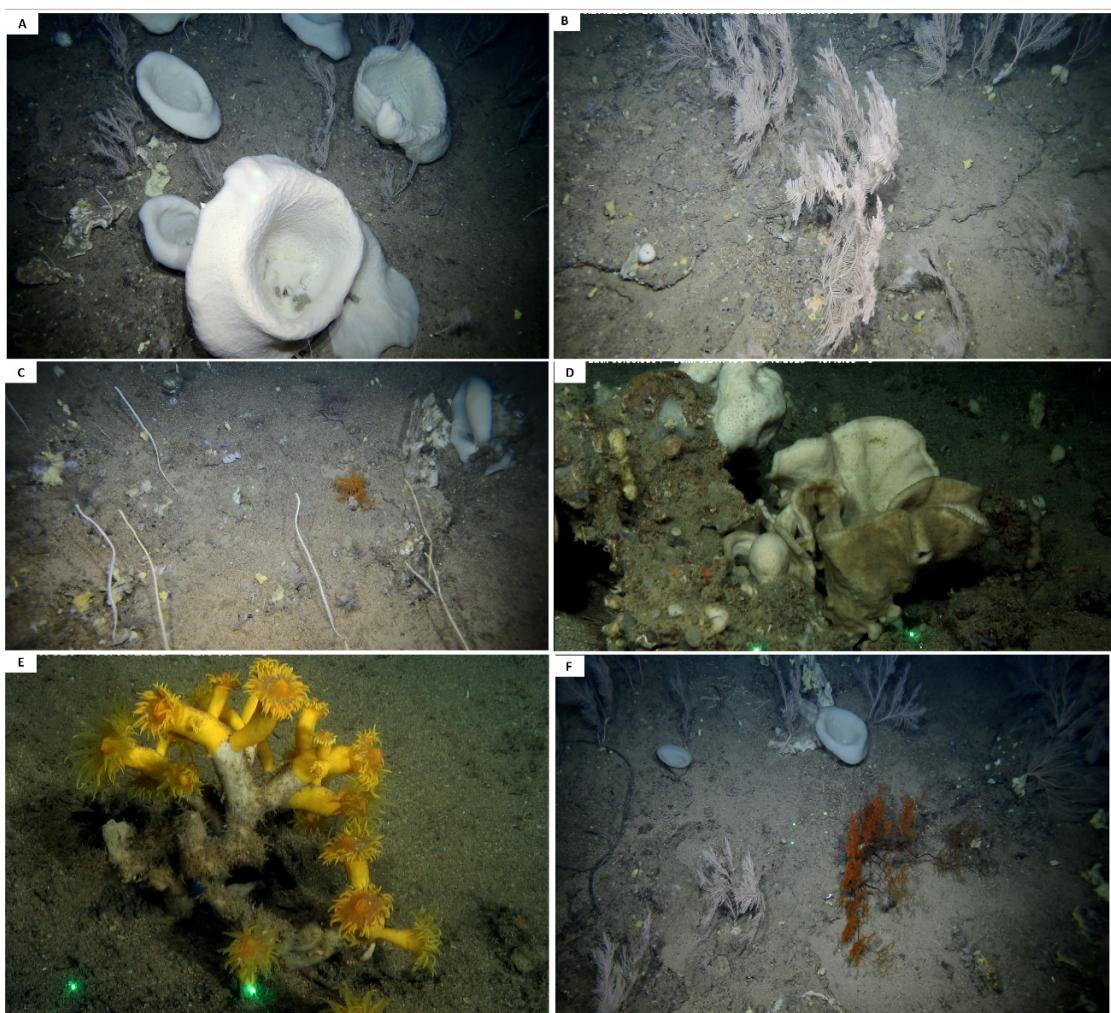
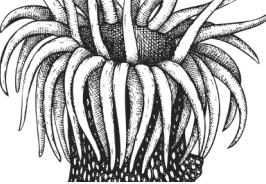


Figura 44. Ejemplos de imágenes submarinas de los hábitats OHT identificados en el BHT roca batial y arrecife biogénico. © IEO-CSIC (COCAD).

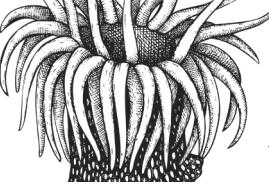


### 3.3.4.1. Pasarelas entre los OHT e inventario de hábitats vulnerables considerados en convenios internacionales

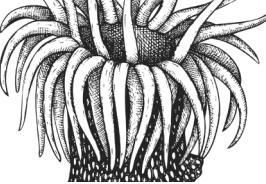
A partir de los OHT identificados junto con las especies típicas, en la Tabla 39 se muestran las correspondencias con las principales clasificaciones de hábitats bentónicas europeas (LPRE, DH y EUNIS). Destacar que entre los OHT se han identificado hábitats vulnerables de acuerdo con la Directiva Hábitat (DH), considerados en la definición del tipo de hábitat 1170-Arrecifes, caracterizados por corales y esponjas.

Tabla 39. Pasarelas entre los Other hábitats types (OHT) identificados y las principales clasificaciones europeas en roca batial superior y arrecife biogénico de la demarcación sudatlántica. LPRE: Lista Patrón Inventario Español.

OHT	Hábitat LPRE			Hábitat EUNIS	
	Código	Nombre	DH	Código	Nombre
Roca batial con grandes esponjas hexactinélidas ( <i>Asconema</i> )	4010106	Roca batial con grandes esponjas hexactinélidas ( <i>Asconema setubalense</i> )	1170	A6.62	Deep-sea sponge aggregations
Roca batial con gorgonias y esponjas	4010101	Fondos rocosos profundos con agregaciones de gorgonias	1170	A6.11	Deep-sea bedrock
	4010119	Roca limpia batial con <i>Viminella flagellum</i> y <i>Callogorgia verticillata</i>	1170	A6.11	Deep-sea bedrock
	4010105	Roca limpia batial con <i>Acanthogorgia hirsuta</i>	1170	A6.11	Deep-sea bedrock
	4010208	Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas		A6.62	Deep-sea sponge aggregations
	4010106	Roca batial con grandes esponjas hexactinélidas ( <i>Asconema setubalense</i> )	1170	A6.62	Deep-sea sponge aggregations
	4010120	Roca limpia batial con <i>Phakellia ventilarium</i> y demosponjas de la familia Pachastrellidae	1170	A6.62	Deep-sea sponge aggregations
	4010121	Roca limpia batial con grandes demosponjas (p.ej. Geodiidae)	1170	A6.62	Deep-sea sponge aggregations
	4010123	Roca limpia batial con esponjas litistidas.	1170	A6.62	Deep-sea sponge aggregations



OHT	Hábitat LPRE			Hábitat EUNIS	
	Código	Nombre	DH	Código	Nombre
Fondos mixtos con agregaciones de hexacorales escleractinios, antipatarios y grandes esponjas sobre fondos rocosos profundos	4010108	Roca limpia batial con <i>Dendrophyllia cornigera</i>	1170	A6.11	Deep-sea bedrock
	4030301	Arrecife de corales profundos de <i>Lophelia pertusa</i> y/o <i>Madrepora oculata</i>	1170	A6.611	Deep-sea <i>Lophelia pertusa</i> reefs
	4010115	Roca limpia batial con corales negros ( <i>Leiopathes glaberrima</i> y <i>Antipathes dichotoma</i> )	1170	A6.11	Deep-sea bedrock
	4010106	Roca batial con grandes esponjas hexactinéllidas ( <i>Asconema setubalense</i> )	1170	A6.62	Deep-sea sponge aggregations



## 3.4. Principales presiones detectadas en los BBHT

### 3.4.1. Presión pesquera

La actividad pesquera que más afectaría a los BHT circalitorales y batiales rocosos y arrecifes biogénicos son las consideradas como artes menores, ya que la pesca de arrastre de fondo, por sus características, consideramos que no se produciría sobre estos hábitats. En la Figura 45 se puede ver la distribución espacial del esfuerzo pesquero (periodo 2016-2022) en formato grid c-square para la pesca con enmalle (A) y palangre (B) en la demarcación sudatlántica junto con las estaciones analizadas.

La pesca con enmalle se distribuye en fondos más someros de la demarcación entre los 5 y los 100 m de profundidad. Según la distribución del esfuerzo pesquero (horas/km<sup>2</sup>), solo las estaciones del CIR\_RK\_BIO se verían afectadas por el enmalle, estando el 43,7 % en zonas de esfuerzo bajo (Figura 45A).

Por otro lado, la pesca con palangre de fondo se distribuye entre los 5 y 900 m de profundidad, viéndose afectados por esta pesca ambos hábitats evaluados (Figura 45B). Todas las estaciones del hábitat CIR\_RK\_BIO presentan algún tipo de intensidad de esfuerzo pesquero, con el 75 % y el 25 % de las estaciones en bajo y medio esfuerzo, respectivamente; mientras que el hábitat BAT\_RK\_BIO tendría un 68 % de sus estaciones con esfuerzo bajo. En particular, las zonas de pesca con palangre que muestran un esfuerzo pesquero alto se encuentran localizadas muy próximas a la salida de la MOW por el estrecho de Gibraltar con velocidades de hasta 1,2 metros/segundo.

Según la capa de BHT de EMODnet, el hábitat CIR\_RK\_BIO tendría un 102,8 km<sup>2</sup> de su superficie sometidos a la pesca con palangre y 93,4 km<sup>2</sup> a pesca con enmalle, representando el 75,3 % y el 68,5 % de su superficie. Por otro lado, el BAT\_RK\_BIO se vería afectado el 79,6 km<sup>2</sup> de su superficie (59,6 %) por la pesca de palangre de fondo.

El daño que pueden provocar sobre organismos sésiles y frágiles es considerable. Tanto redes como sedales suelen quedar enganchados en zonas rocosas más abruptas, zonas donde hemos visto a partir de las imágenes submarinas que habitan muchas especies formadoras de hábitats como las grandes esponjas hexactinélidas, gorgonias y corales negros, a las cuales pueden provocar laceraciones y arrancamientos, pudiendo llegar a eliminarlas. Para especies longevas como el coral negro (*Liopathes glaberrima*) o *Asconema setubalense* reportadas en estaciones de la dorsal diapírica de Cádiz resulta especialmente preocupante.

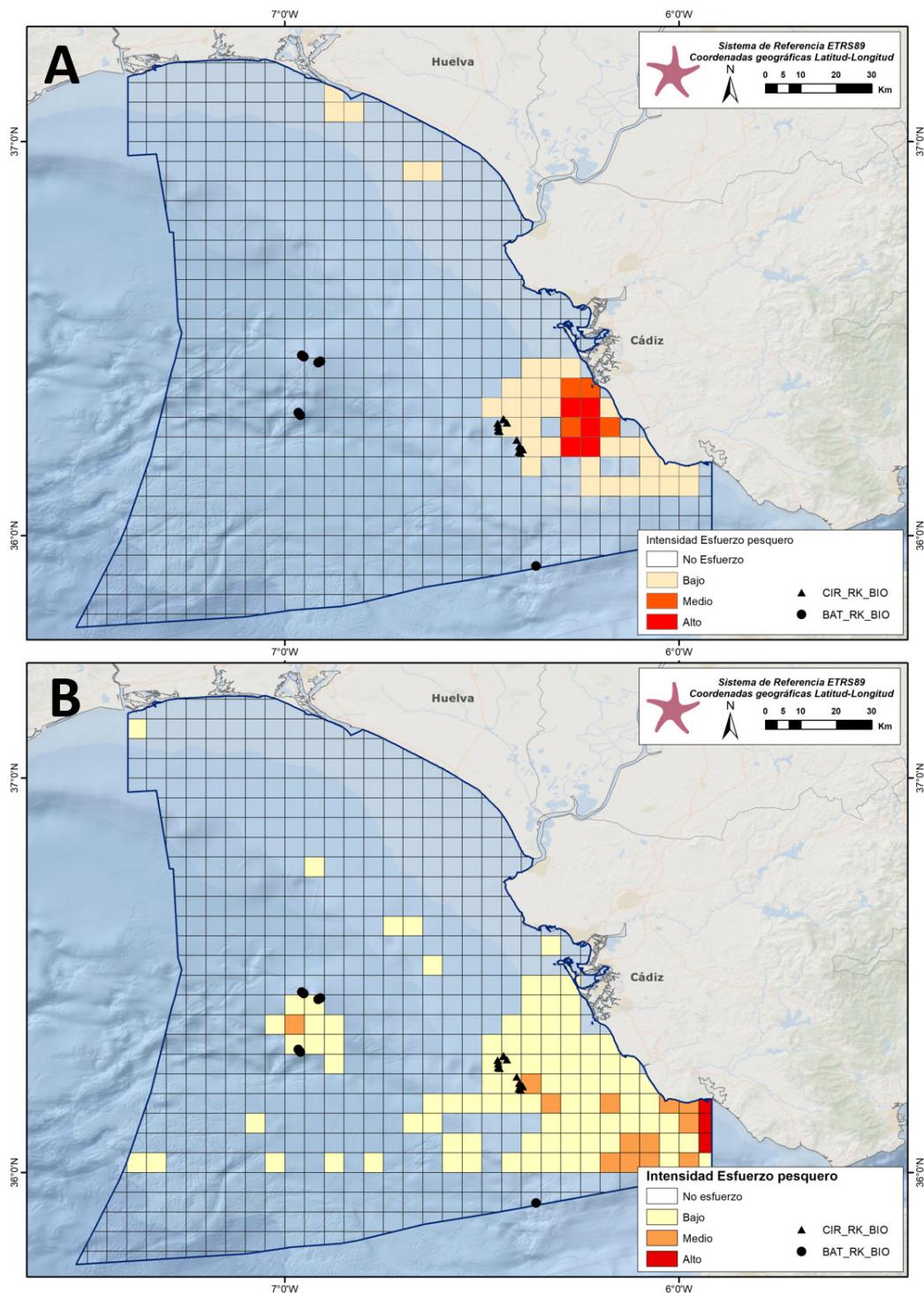
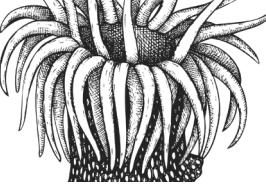
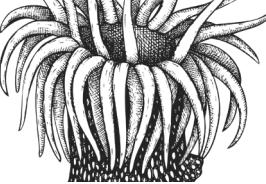


Figura 45. Distribución del esfuerzo de la pesca de A) Enmalle y B) Palangre de fondo en la demarcación sudatlántica indicando las estaciones muestreadas.

### 3.4.2. Presiones detectadas a partir de las imágenes submarinas adquiridas

Aunque no tan relevante como el impacto que llega a causar la actividad pesquera sobre estos hábitats, existen otras amenazas a tener en cuenta como son las basuras marinas. A partir de las



ímágenes procedentes de los transectos realizados con ROV y TASIFE durante la campaña CIRCASUR 2023 detectamos diferentes tipos de desechos depositados sobre los fondos marinos en los hábitats CIR\_RK\_BIO y BAT\_RK\_BIO: basuras y procedentes de la actividad pesquera (Figura 46).

Entre los restos derivados de la actividad pesquera (Figura 46A y Figura 47), se han encontrado cabos, sedales y redes, procedentes en general de la pesca con palangre. Según el número de presencias contabilizadas en los videos, el hábitat CIR\_RK\_BIO mostró una mayor concentración de restos de aparejos de pesca (Figura 46A, Tabla 40), con una proporción del 50 % de las estaciones, siendo la estación TR21\_C la que se identificaron un mayor número de presencias (Tabla 40). En el caso del BAT\_RK\_BIO los restos de actividad pesquera han representado el 30 % de las estaciones analizadas.

Entre las basuras, se han registrado principalmente plásticos, siendo los más abundantes y aparecen en los dos BHT (Figura 46B y Figura 47). En el BAT\_RK\_BIO se ha registrado más variedad de restos de basuras incluyendo botellas de vidrio, metales y material de obras como tejas y ladrillos (Figura 46C-E), con una frecuencia de ocurrencias del 27 % (vidrio) y 9 % (metal y material de obra), respectivamente.

El impacto que puede llegar a causar estos restos de aparejos de pesca y basuras sobre el fondo es importante, especialmente cuando pueden llegar a aplastar, lacerar o arrancar de las rocas a especies sésiles como corales, gorgonias y esponjas. Precisamente, tal como se ha visto, las estaciones estudiadas han mostrado un elevado porcentaje de estas especies estructurantes (%SFH, Tabla 33 y Tabla 37).

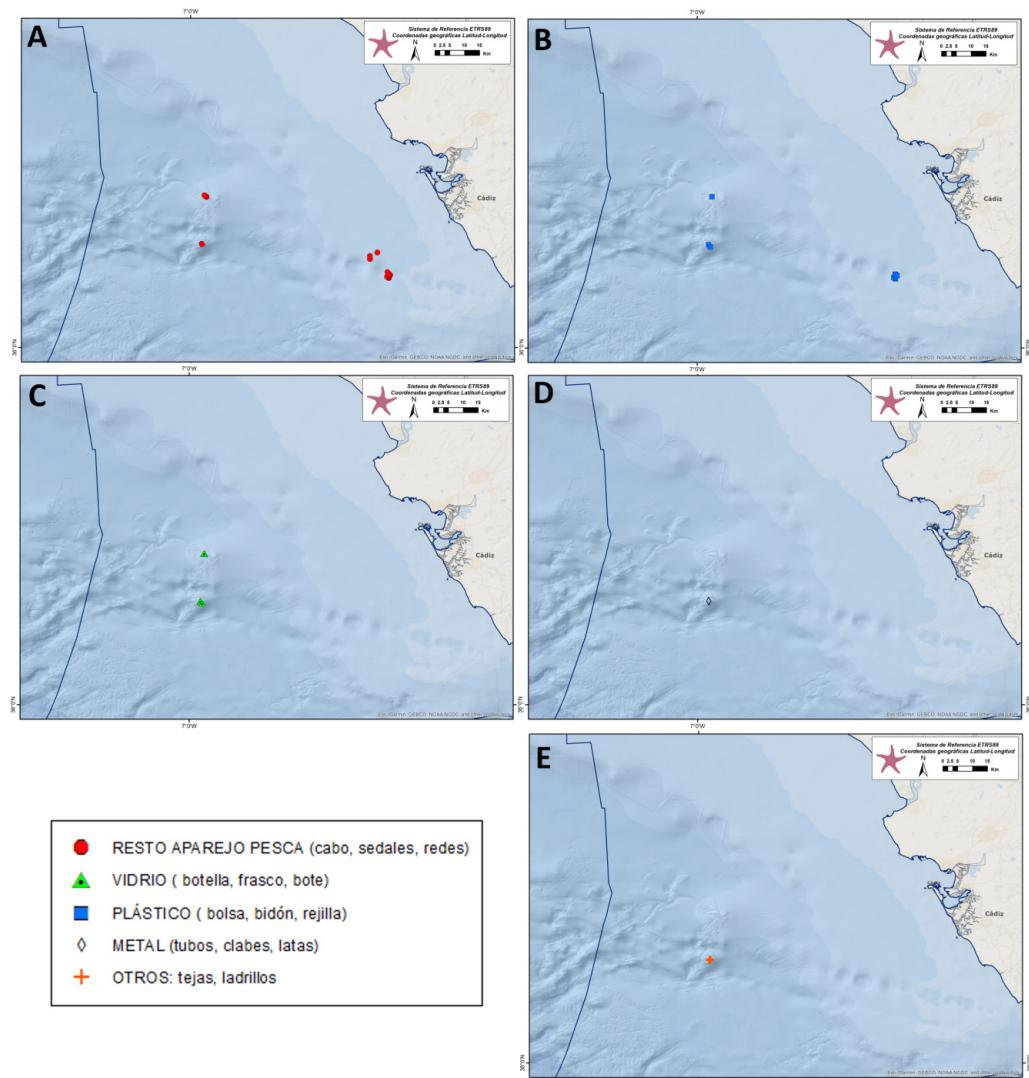


Figura 46. Restos de aparejos de pesca y basuras registradas en las imágenes submarinas.

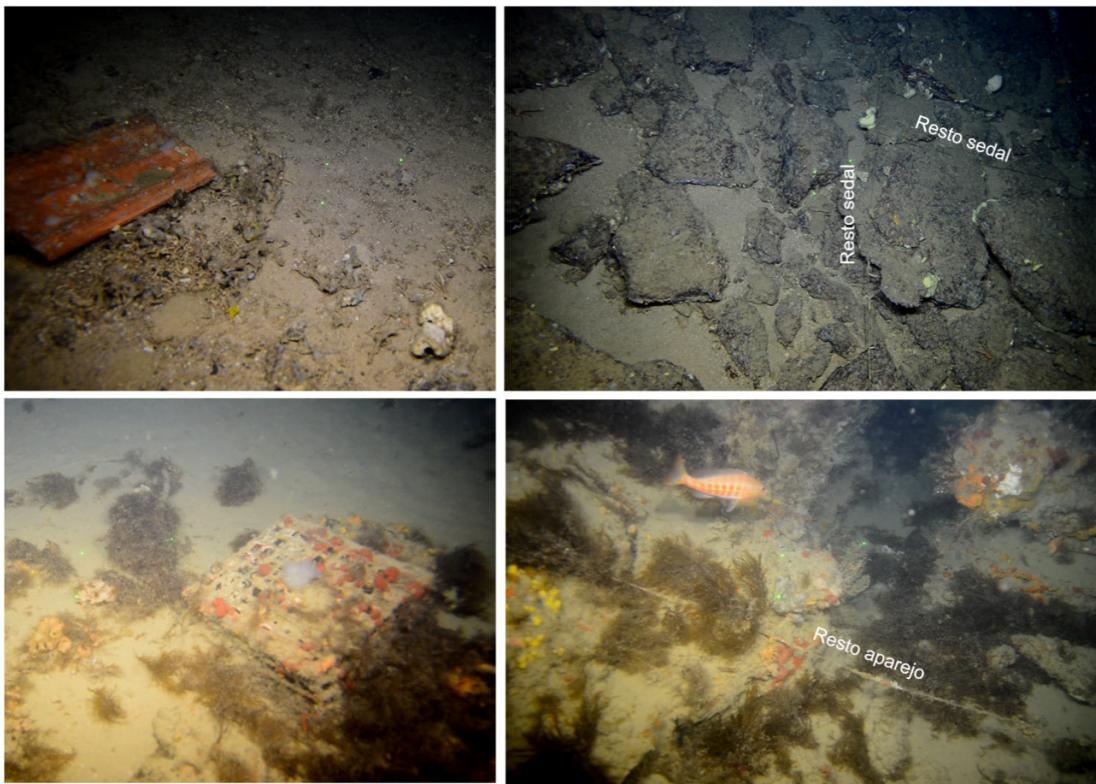
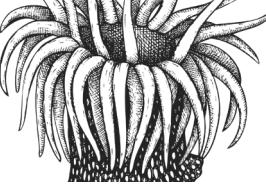


Figura 47. Algunos ejemplos de basuras halladas durante la campaña CIRCASUR 2023 © IEO-CSIC (COCAD).

### 3.4.3. Otras presiones: alga invasora *Rugulopteryx okamurae*

A partir de las imágenes submarinas con ROV y TASIFE, se ha detectado la presencia masiva de talos sueltos del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* en los fondos marinos de circalitoral rocoso y arrecifes biogénicos, transportados y dispersados por las corrientes submarinas.

El número de estaciones donde se ha detectado su presencia son 10, representando un 62,5 % del total (Figura 48). El rango batimétrico en el que se han detectado talos de *R. okamurae* ha sido desde los 49 a unos 59 metros de profundidad. Al ser datos preliminares, queda pendiente estudiar su interacción con las especies estructurantes de hábitats que aparecen en estas estaciones mediante fotogramas analizando su cobertura. Sin embargo, sí se ha podido apreciar un elevado grado de recubrimiento del alga en organismos coloniales de estructura tridimensional compleja como es el caso de las esponjas *Axinella verrucosa* y gorgonias. En la Figura 49 se muestran ejemplos de la presencia de esta alga en el fondo del hábitat CIR\_RK\_BIO. El posible impacto sobre diferentes especies estructurantes de hábitats circalitorales y batiales es un tema todavía pendiente por definir, pero la erosión por rozamiento de este alga provoca desprendimiento de pólipos en colonias de algunas especies (observado en *Elisella paraplexauroides*), además el recubrimiento de talos de esta macroalga seguramente causa cierto impacto en los mecanismos de alimentación de estas especies (ej. retracción de pólipos en gorgonias y corales, obstrucción de ostiolas inhalantes en esponjas, etc.) y, por tanto, en su papel constructor de hábitats. Además, fue especialmente notable en el zoanthario *Parazoanthus axinellae*, donde en ausencia de la macroalga los pólipos se encontraban abiertos, pero en presencia estaban prácticamente cerrados, afectando a su capacidad para captar el alimento en suspensión.

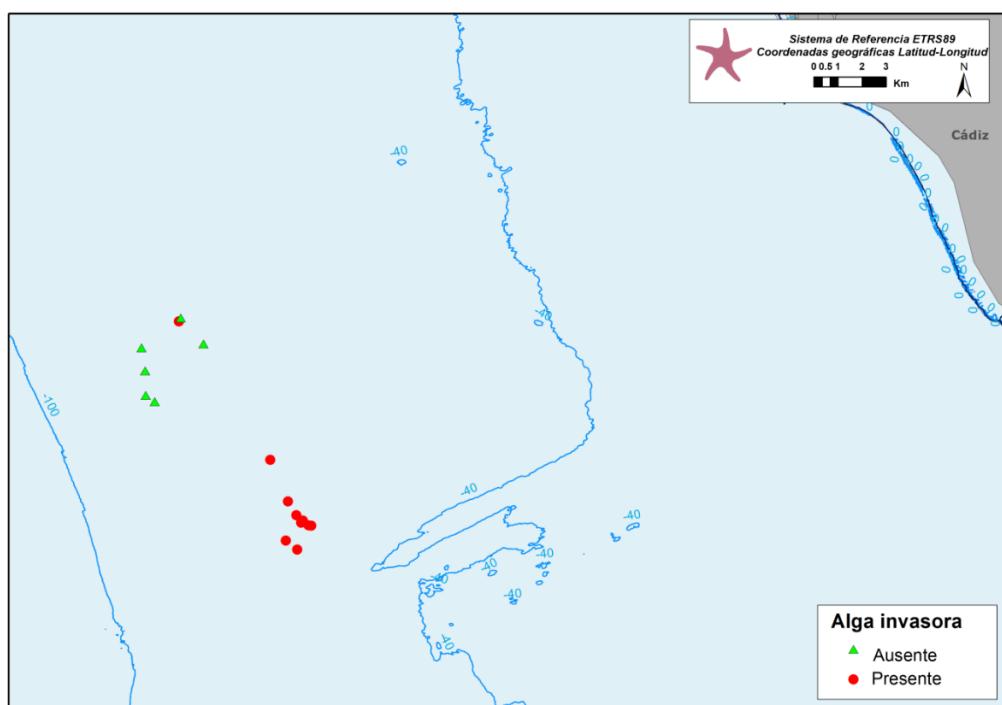
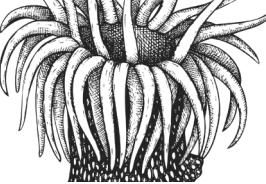


Figura 48. Estaciones de muestreo donde se han detectado (puntos rojos) talos de *Rugulopteryx okamurae* en los hábitats circalitorales rocosos de la demarcación sudatlántica a partir de imágenes submarinas.

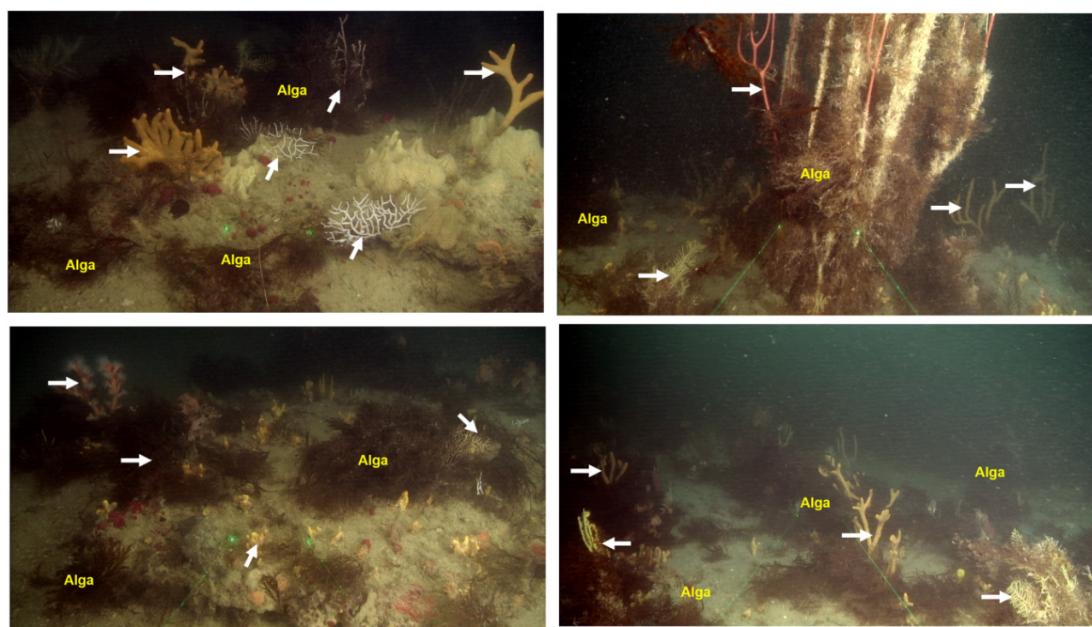
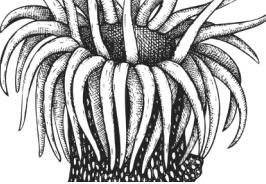


Figura 49. Especies estructurantes de hábitats circalitorales rocosos de la demarcación sudatlántica con diferente grado de recubrimiento de talos sueltos de *Rugulopteryx okamurae*. Las flechas indican diferentes especies estructurantes. © IEO-CSIC (COCAD).



### 3.5. Primera aproximación a la evaluación ambiental de los hábitats identificados

A partir de los datos que disponemos en la actualidad no podemos proporcionar una evaluación ambiental, en términos de alcanzar o no alcanzar el buen estado ambiental, de los hábitats identificados, dado que se encuentran infrarrepresentados (muy pocas estaciones) y no tenemos información suficiente sobre las presiones que sobre ellos operan y su impacto. En la Figura 40 se muestra un cuadro resumen de las diferentes métricas de diversidad calculadas, el número de especies catalogadas según listados (LR, CITES, UICN) porcentaje de especies estructurantes y su sensibilidad al palangre, así como la presencia de presiones identificadas hasta el momento en cada una de las estaciones muestreadas durante la campaña CIRCASUR 2023 en los hábitats circalitoral y batial rocoso.

Si atendemos a la proporción de especies estructurantes presentes relativa al total de especies registrado dentro de cada hábitat general, observamos que ésta supera el 50 % en todos los casos, siendo máxima (86,3 %) y mínima (63 %) en el hábitat roca circalitoral y arrecife biogénico (Figura 50, Figura 40).

De forma muy tentativa, si tenemos en consideración la incidencia de basuras marinas principalmente de origen plástico y restos de aparejos pesqueros, el 44 % y 40 % de las estaciones del circalitoral y batial rocoso, respectivamente, se han visto afectadas.

En líneas generales, parece que el hábitat roca circalitoral y arrecife biogénico presenta un mayor número de estaciones afectadas por alguna de las presiones identificadas.

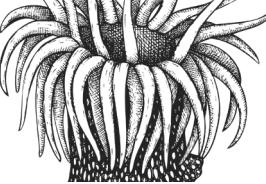


Figura 50. Riqueza de especies total y estructurantes por hábitat general (BHT) de roca circalitoral (CIR\_RK\_BIO) y batial (BAT\_RK\_BIO) y arrecifes biogénicos.

Queda pendiente analizar y cuantificar la distribución espacial de los hábitats bentónicos 1170 y su solapamiento con la actividad pesquera, intentando que sea a la mayor resolución posible. Es necesario disponer de una cartografía precisa de los distintos tipos de hábitats bentónicos de la demarcación e incluir la información batimétrica y de reflectividad acústica para definir sus características geomorfológicas.

Es también necesaria la incorporación de la información de las pesquerías artesanales, aquellas embarcaciones con menos de 15 m de eslora total, de enmalle y palangre que faenan en la demarcación: información de sus “cajas verdes” (SSLEPA: sistemas de seguimiento y localización de embarcaciones pesqueras andaluzas)

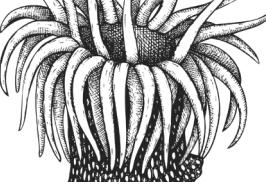
Por último, el ejercicio de comparación de las estaciones muestreadas con la capa de hábitats de EMODnet, demuestra que es necesaria una reasignación del área de ocupación de los hábitats rocosos en la demarcación sudatlántica, especialmente en la roca circalitoral y arrecife biogénico. Las estaciones muestreadas en este hábitat son 100 % incongruentes con EMODnet (Figura 40).



BHT	Estación	SCAT	Riqueza media	Índice Shannon	%SFH	% Especies Sensibles al Palangre			PRESIONES IMÁGENES SUBMARINAS REPORTADAS				ESFUERZO PESQUERO		
						Grado 1	Grado 2	Grado 3	Alga invasora (%)	VIDRIO	PESCA	PLASTICO	OTROS	METAL	ENMALLE
CIR_RK_BIO	ROV_04	9	13	1.80	67.8	60.0	20.0	20.0							
	ROV_05	14	17	1.23	72.3	54.5	27.3	18.2							
	ROV_06	10	16	1.24	62.8	22.2	50.0	27.8							
	ROV_07	10	10	1.37	73.1	46.4	32.1	21.4							
	ROV_08	10	17	2.34	70.8	57.1	25.0	17.9							
	ROV_09	10	17	2.09	74.2	45.7	37.1	17.1							
	ROV_10	10	21	2.09	76.9	48.7	35.9	15.4							
	ROV_11	5	19	2.65	76.7	42.3	42.3	15.4							
	ROV_12	7	22	2.44	86.3	37.5	41.7	20.8							
	ROV_13	9	16	1.50	81.6	44.7	36.8	18.4							
	ROV_14	10	28	2.60	73.4	46.7	33.3	20.0							
	TR_21_A	5	20	2.00	67.9	41.4	44.8	13.8							
	TR_21_C	6	18	1.75	72.8	42.3	38.5	19.2							
	TR_22_A	6	18	1.78	73.8	39.3	42.9	17.9							
	TR_22_B	6	24	2.05	73.9	41.9	41.9	16.1							
	TR_22_C	6	27	1.14	70.7	50.0	35.3	14.7							
BAT_RK_BIO	ROV_01	3	8	1.15	73.9	41.2	52.9	5.9							
	TR_5A	7	29	2.18	63.3	33.3	53.3	13.3							
	TR_5B	4	24	2.14	68.9	31.3	59.4	9.4							
	TR_5C	3	20	2.39	63.2	26.7	63.3	10.0							
	TR_6A	10	28	2.34	70.8	31.4	45.7	22.9							
	TR_6B	7	22	2.12	78.3	24.2	51.5	24.2							
	TR_6C	5	12	1.80	68.5	34.6	50.0	15.4							
	TR_13A	6	24	2.48	64.3	33.3	61.1	5.6							
	TR_13C	5	16	1.61	73.3	25.0	65.6	9.4							
	TR_13D	7	21	2.16	74.8	36.4	45.5	18.2							



Tabla 40. Tabla resumen preliminar incluyendo la diversidad, número de especies catalogadas, especies formadoras de hábitats (%SFH), y presiones identificadas (porcentaje de especies con sensibilidad al palangre, avistamientos de basuras marinas, esfuerzo pesquero, alga invasora *Rugulopteryx okamurae*) encontrado en las estaciones muestreadas de cada hábitat estudiado.



## 4. Referencias

Aguilar, R.; Pardo, E.; Cornax, M.J.; García, S.; Ubero, J.; 2010. *Doñana y el golfo de Cádiz: Propuesta para la ampliación del área marina protegida*. OCEANA. 77 págs.

Clarke K.R., Gorley R.N., 2006. PRIMER v6: User manual-tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 192 pp.

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., Sagarmínaga, 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.

Durán-Muñoz P., Murillo, F.J., Sayago-Gil, M., Serrano, A., Laporta, M., Otero, I., Gómez, C., 2011. Effects of deep-sea bottom longlining on the Hatton Bank fish communities and benthic ecosystem, north-east Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 91 (4), 939-952; doi: 10.1017/S0025315410001773.

EMODnet, (2021). Seabed Habitats. Available at: <https://EMODnet.ec.europa.eu/en/seabed-habitats>.

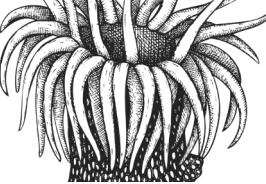
González-García, E., Mateo-Ramírez, A., Urrea, J., Farias, C., García, T., Gil, J., García Raso, E., López-González, N., Rueda, J.L., 2020a. Bottom trawling activity, main fishery resources and associated benthic and demersal fauna in a mud volcano field of the Gulf of Cádiz (southwestern Iberian Peninsula).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

González-García, E., Mateo-Ramírez, Á., Urrea, J., Farias, C., Marina, P., Lozano, P., López-González, P., 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>

Jones, C.G., Lawton, J.H., Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69 (1994), pp. 373-38

Howell, K.L., Davies, J.S., Allcock, A.L., Braga-Henriques, A., Buhl-Mortensen, P., Carreiro-Silva, M., Dominguez-Carrión, 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>.

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 geoforms 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>.



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](http://www.marlin.ac.uk/biotic)

Parker, S.J., Bowden, D.A. 2010. Identifying taxonomic groups vulnerable to bottom longline fishing gear in the Ross Sea region, CCAMLR Sci. 17, 105-127.

Puerta, P., Mosquera-Giménez, A., Reñones, O., Domínguez-Carrió, C., Rueda, J.L., Urrea, 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>

Rueda, J.L., González-García, E., Gallardo-Núñez, M., Urrea, 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.

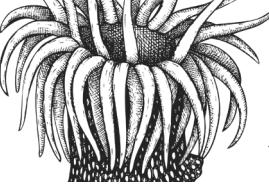
Rueda, J.L.; Mena-Torres,A.; Gallardo-Núñez, M.; González-García, E.; Martín-Arjona, A.; Valenzuela, J.; García-Ruiz, C.; González-Aguilar, M.; Mateo-Ramírez, Á.; García, M.; Sayago-Gil, M.; Vazquez, J.T. 2023. Spatial Distribution and Potential Impact of Drifted Thalli of the Invasive Alga *Rugulopteryx okamurae* in Circalittoral and Bathyal Habitats of the Northern Strait of Gibraltar and the Alboran Sea. Diversity 15, 1206. <https://doi.org/10.3390/d15121206>.

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-Villarreal, M., Sammartino, S., Sánchez-Garrido, J.C., 2017. The Mediterranean Overflow in the Gulf of Cadiz: A rugged journey. Science Advances 3, eaao0609. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao0609>.

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.

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>

WoRMS Editorial Board, 2024. World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2020-04-22. doi:10.14284/170

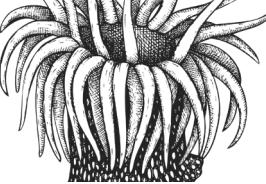


## 5. Apéndice

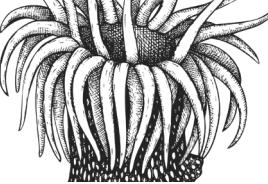
### 5.1. Apéndice A1

A1. Listado de taxones (especies/géneros/OTUs) y frecuencia de ocurrencia (frec.) total, identificados en el hábitat circalitoral rocoso y arrecife biogénico a partir de las imágenes submarinas. \* Símbolo: Especies formadoras de hábitat potenciales detectadas. Negrita: Especies más características del hábitat.

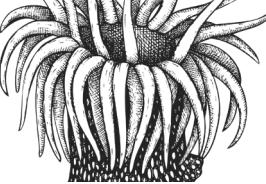
FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
<b>PORIFERA</b>			
Demospongia		<i>Acanthella acuta</i> Schmidt, 1862 *	22
		<i>Aplysina cf. aerophoba</i> Nardo, 1834	8
		<i>Axinella cf. egregia</i> Schmidt, 1862 *	2
		<i>Axinella damicornis</i> (Esper, 1794) *	18
		<i>Axinella dissimilis</i> (Bowerbank, 1866) *	16
		<i>Axinella infundibuliformis</i> (Linnaeus, 1759) *	12
		<i>Axinella polypoides</i> Schmidt, 1862 *	68
		<i>Axinella</i> sp *	30
		<i>Axinella vellerea</i> Topsent, 1904 *	4
		<i>Axinella verrucosa</i> (Esper, 1794) *	80
		<i>Ciocalypta penicillus</i> Bowerbank, 1862 *	48
		<i>Ciocalypta porrecta</i> (Topsent, 1928) *	12
		<i>Ciocalypta</i> sp*	14
		<i>Cliona celata</i> Grant, 1826	8
		<i>Crella (Crella) elegans</i> (Schmidt, 1862) *	58
		<i>Dysidea fragilis</i> (Montagu, 1814) *	14
		<i>Hemimycale</i> sp1 *	2
		<i>Hemimycale</i> sp2 *	52
		<i>Hemimycale</i> sp3 *	2
		<i>Geodia</i> sp *	6



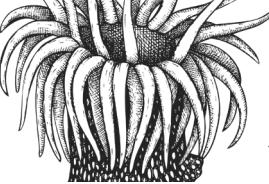
FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
		<i>Petrosia (Petrosia) ficiformis</i> (Poiret, 1789)	8
		<i>Sarcotragus</i> sp	38
		<i>Spongia (Spongia) lamella</i> (Schulze, 1879) *	14
Morfotipos		Esponja incrustante 1	14
		Esponja incrustante 2	30
		Esponja incrustante 3	34
		Esponja incrustante 4	26
		Porifera digitada	2
		Porifera globular	2
		Porifera globular 2	2
		Porifera globular 3	2
		Porifera globular 4	12
		Porifera masiva	16
		Porifera masiva 2	10
		Porifera pedunculada 1 *	4
		Porifera pedunculada 2 *	10
<b>CNIDARIA</b>			
Hexacorallia	Actiniaria	Actiniaria indet	6
	Ceriantharia	<i>Cerianthus</i> sp Delle Chiaje, 1841 *	8
Scleractinia		<i>Caryophyllia (Caryophyllia) smithii</i> Stokes & Broderip, 1828	7
		<i>Dendrophyllia cornigera</i> (Lamarck, 1816) *	2
		<i>Dendrophyllia laboreli</i> Zibrowius & Brito, 1984 *	4
		<i>Dendrophyllia ramea</i> (Linnaeus, 1758) *	78
Zoantharia		<i>Epizoanthus papillosum</i> Johnston, 1842 *	4
		<i>Parazoanthus axinellae</i> (Schmidt, 1862) *	72
Octocorallia	Malacalcyonacea	<i>Alcyonium palmatum</i> Pallas, 1766 *	10
		Gorgonian 1 *	2



FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
		Gorgonian 2 *	6
		<i>Eunicella gazella</i> Studer, 1901 *	44
		<i>Eunicella labiata</i> Thomson, 1927 *	88
		<i>Eunicella sp</i> Verrill, 1869 *	28
		Aff. <i>Eunicella verrucosa</i> *	10
		<i>Leptogorgia sarmentosa</i> (Esper, 1791) *	46
		<i>Paramuricea</i> spp	86
Scleralcyonacea		<i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758) *	8
		<i>Ellisella paraplexaurooides</i> Stiasny, 1936 *	74
		<i>Pteroeides griseum</i> (Bohadsch, 1761) *	4
Hydrozoa		<i>Diphasia</i> sp *	1
		Hydrozoa *	16
		<i>Nemertesia antennina</i> (Linnaeus, 1758) *	14
		<i>Nemertesia ramosa</i> (Lamarck, 1816) *	14
		<i>Lytocarpia myriophyllum</i> (Linnaeus, 1758) *	4
		<i>Sertularella</i> sp *	36
<b>ANNELIDA</b>			
		<i>Bonellia viridis</i> Rolando, 1822	82
		<i>Filograna implexa</i> Berkeley, 1835	14
		<i>Sabellidae</i> indet. 1	2
		<i>Sabellidae</i> indet. 1	10
		<i>Serpulidae</i> indet. 1	6
<b>CHORDATA</b>			
Tunicata		<i>Aplidium nordmanni</i> (Milne Edwards, 1841) *	4
		<i>Clavelina dellavallei</i> (Zirpolo, 1925) *	2
		<i>Clavelina lepadiformis</i> (Müller, 1776) *	12
		<i>Diazona violacea</i> Savigny, 1816 *	38
		<i>Synoicum blochmanni</i> (Heiden, 1894) *	76



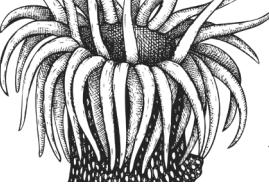
FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
Morfotipos		Ascidia colonial	36
		Asciidiacea	24
<b>BRYOZOA</b>			
		<i>Adeonella calvetti</i> Canu & Bassler, 1930 *	28
		<i>Cellepora pumicosa</i> (Pallas, 1766) *	4
		<i>Pentapora foliacea</i> (Ellis & Solander, 1786) *	84
		<i>Reteporella sp</i> Busk, 1884 *	14
<b>CRUSTACEA</b>			
		<i>Munida intermedia</i> A. Milne-Edwards & Bouvier, 1899	2
		<i>Palinurus mauritanicus</i> Gruvel, 1911	2
		<i>Palinurus sp.</i>	2
<b>ECHINODERMATA</b>			
Asteroidea		<i>Astrospartus mediterraneus</i> (Risso, 1826)	32
		Ophiuroidea indet.	2
Crinoidea		Crinoidea indet.	
Echinoidea		<i>Centrostephanus longispinus</i> (Philippi, 1845)	28
Holothuroidea		<i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i> Delle Chiaje, 1823	2
<b>MOLLUSCA</b>			
Bivalvia		<i>Neopycnodonte sp.</i>	2
Cephallopoda		<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	2
Gastropoda		<i>Calliostoma sp</i>	2
		Nudibranchia indet.	14
		Gastropoda indet.	2
		<i>Tyrannodoris sp</i>	2



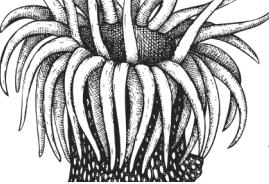
## 5.2. Apéndice 2

A2. Listado de taxones (especies/géneros/OTUs) y frecuencia de ocurrencia (frec.) total, identificados en el hábitat batial rocoso superior y arrecife biogénico a partir de las imágenes submarinas. \* Símbolo: Especies formadoras de hábitat potenciales detectadas. Negrita: Especies más características del hábitat.

FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
<b>PORIFERA</b>			
	Demospongia	<i>Axinella vellerea</i> Topsent, 1904 *	52
		<i>Demospongia</i> indet. *	8
		<i>Geodia</i> sp *	8
		<i>Haliclona magna</i> (Vacelet, 1969) *	14
		<i>Haliclona</i> sp *	38
		<i>Hymedesmia</i> sp.	87
		<i>Leiodermatium</i> sp. *	14
		<i>Pachastrella</i> sp. *	40
		<i>Petrosia crassa</i> (Carter, 1876) *	46
		<i>Phakellia robusta</i> Bowerbank, 1866 *	48
		<i>Phakellia ventilabrum</i> (Linnaeus, 1767) *	2
		<i>Stylocordyla borealis</i> (Lovén, 1868) *	2
	Hexactinellida	<i>Aphrocallistes</i> sp. *	22
		<i>Asconema setubalense</i> Kent, 1870 *	48
		Hexactinellida indet. *	24
	Morfotipos	Porifera lamelar *	6
		Porifera lamelar 2 *	8
		Porifera pedunculada *	46
		Esponja incrustante 1	32
		Porifera globular 2 *	12



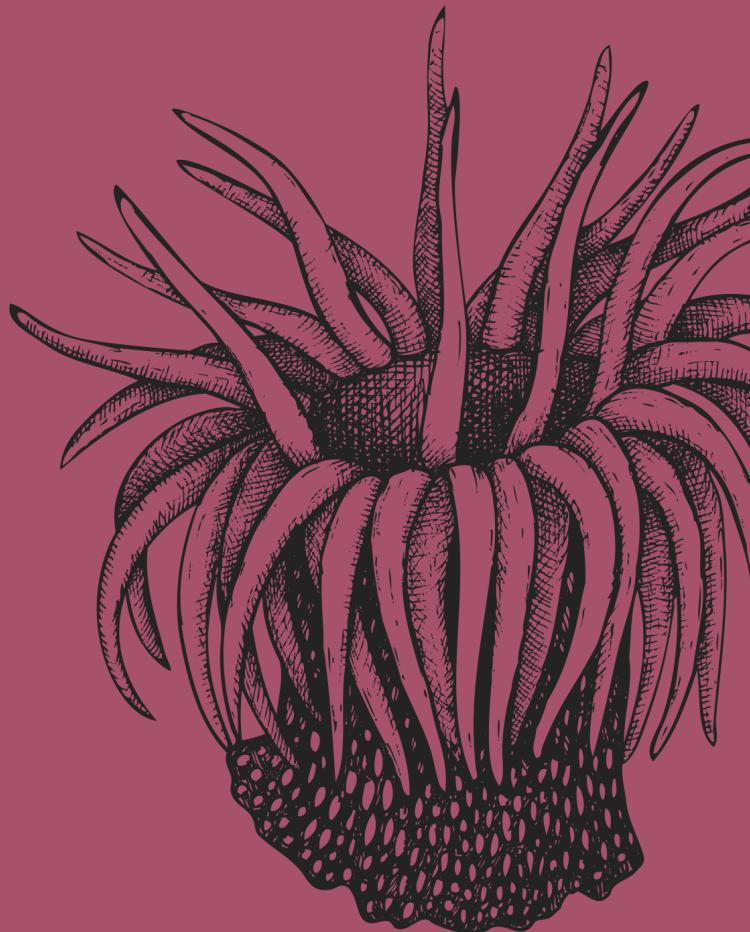
FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
		Esponja incrustante 2	26
		Esponja incrustante 3	24
		Porifera masiva 3 *	10
		Porifera masiva 5	8
		Porifera masiva 4 *	24
		Porifera flabeliforme *	4
		Porifera masiva *	12
		Porifera globular *	20
		Porifera masiva 1 *	32
<b>CNIDARIA</b>			
Hexacorallia	Anthipatharia	Antipatharia indet. 1 *	4
		<i>Antipathella subpinnata</i> (Ellis y Solander, 1786) *	16
		<i>Antipathes dichotoma</i> Pallas, 1766 *	8
		<i>Leiopathes glaberrima</i> (Esper, 1792) *	10
	Ceriantharia	Ceriantharia *	8
	Scleractinia	<i>Caryophyllia</i> sp.	37
		<i>Dendrophyllia cornigera</i> (Lamarck, 1816) *	30
		<i>Desmophyllum pertusum</i> (Linnaeus, 1758) *	10
		<i>Flabellum chunii</i> Marenzeller, 1904 *	28
		<i>Madrepora oculata</i> Linnaeus, 1758 *	16
	Scleralcyonacea	<i>Viminella flagellum</i> (Johnson, 1863) *	48
	Zoantharia	<i>Epizoanthus paguriphilus</i> Verrill, 1883	2
Octocorallia	Malacalcyonacea	<i>Acanthogorgia</i> sp. *	28
		Alcyonaceo 1	2
		Alcyonaceo 2	28



FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
		<i>Bebryce</i> sp *	4
		<i>Callogorgia verticillata</i> (Pallas, 1766) *	22
		Plexauridae indet. *	28
		<i>Swiftia</i> sp *	6
Hydrozoa		Hydrozoa indet. 2 *	8
		<i>Pennatula</i> sp	2
		<i>Sertularella</i> sp	2
<b>ANNELIDA</b>			
		Sabellidae indet.	6
		Serpulidae indet.	2
<b>CHORDATA</b>			
Tunicata		Actiniaria indet	8
		Diazonidae indet. *	4
		<i>Polycarpa</i> sp *	4
<b>BRYOZOA</b>			
		Bryozoa indet.	8
<b>CRUSTACEA</b>			
		Brachyura indet.	8
		Decapoda indet.	12
		Majidae indet.	2
		<i>Munida</i> sp.	42
		Paguroidea indet.	2
		<i>Palinurus mauritanicus</i> Gruvel, 1911	6
<b>ECHINODERMATA</b>			
Asteroidea		Asteroidea indet.	4

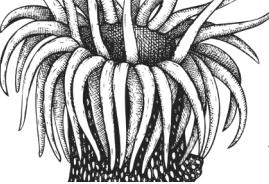


FILO	Grupo	Taxa	% Frec.
		Ophiuroidea indet.	12
	Crinoidea	Crinoidea indet. 1	28
	Echinoidea	Echinoidea indet.	2
		<i>Cidaris cidaris</i> (Linnaeus, 1758)	28
		<i>Echinus melo</i> Lamarck, 1816	18
Holothuroidea		<i>Holothuria tubulosa</i> Gmelin, 1791	4
		Holothuroidea indet.	2



---

# CARACTERIZACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE PRESIONES HUMANAS Y SU INTERACCIÓN CON BHT



## 1. Introducción

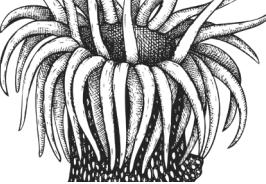
Para afrontar la evaluación del criterio D6C5 es necesario evaluar el porcentaje de área adversamente afectada por la acumulación de presiones humanas manejables. Esto implica, además de las presiones físicas que provocan pérdida (D6C1/D6C4) y perturbación (D6C2) que se evalúan en el descriptor 6 (integridad de los fondos marinos), la evaluación de los efectos de la acumulación con otras presiones como son la eutrofización (D5) o las alteraciones hidrográficas (D7) entre otras. En el presente ciclo la evaluación del BEA de cada hábitat se ha realizado solamente en aquellos hábitats donde principal o únicamente actuaba la presión física de la pesca de arrastre. En el resto de casos, bien estuvieran actuando más presiones o cuando solo había una y no era la pesca de arrastre, no se ha podido establecer el BEA del BHT o el OHT. Los inconvenientes son de distinta naturaleza, pero fundamentalmente es la no existencia de indicadores que permitan evaluar la respuesta de las distintas combinaciones de BHT-Presión para la mayoría de las presiones o no existe una propuesta estandarizada de evaluar los efectos de las presiones acumuladas sobre los BHT. La solución a la obtención de un indicador para las presiones acumuladas probablemente se derive de la combinación de 2 aproximaciones:

1. Análisis de indicadores de estado de hábitats bentónicos
2. Análisis desde la combinación de las presiones y sus efectos en los hábitats

Ambas aproximaciones deberán proporcionar el área adversamente afectada de cada BHT y cuáles son las presiones a gestionar en los programas de medidas para obtener el BEA:

En el presente anexo se caracteriza la acumulación de las presiones en la demarcación con el objeto de

- Conocer la dimensión del área de presiones acumuladas que afectan a los BHT.
- Identificar los BHT donde es necesario centrar los análisis de presiones acumuladas en los siguientes ciclos.
- Identificar la combinación de presiones más frecuente a nivel de demarcación Marina y BHT.



## 2. Material y métodos

### 2.1. Identificación de las actividades humanas y métodos de análisis

Como es bien conocido cada una de las actividades humanas puede provocar diferentes presiones, por tanto, muchas veces no es fácil seleccionar la presión mayoritaria/preferente que genera cada una de las actividades. Con el objetivo de abordar esta problemática, se ha definido un procedimiento estandarizado para identificar las actividades que deben ser contabilizadas para la evaluación de la extensión que produce pérdida (D6C1/D6C4) o perturbación (D6C2). Para ello se ha utilizado la opinión de expertos en cada una de las actividades y el diagrama de flujos publicado en la guía para la evaluación de la integridad del fondo marino en el marco de EEMM (EC, 2022)<sup>1</sup> (Figura 51). Este diagrama fue desarrollado en el marco de una serie de grupos de trabajo dedicados a la evaluación de la pérdida física (ICES, 2019a) y las perturbaciones (ICES, 2018, 2019b, 2019c). El listado de las actividades que ejercen presión sobre cada demarcación se encuentra en la Tabla 41, así como al criterio que cuantifica cada una de ellas.

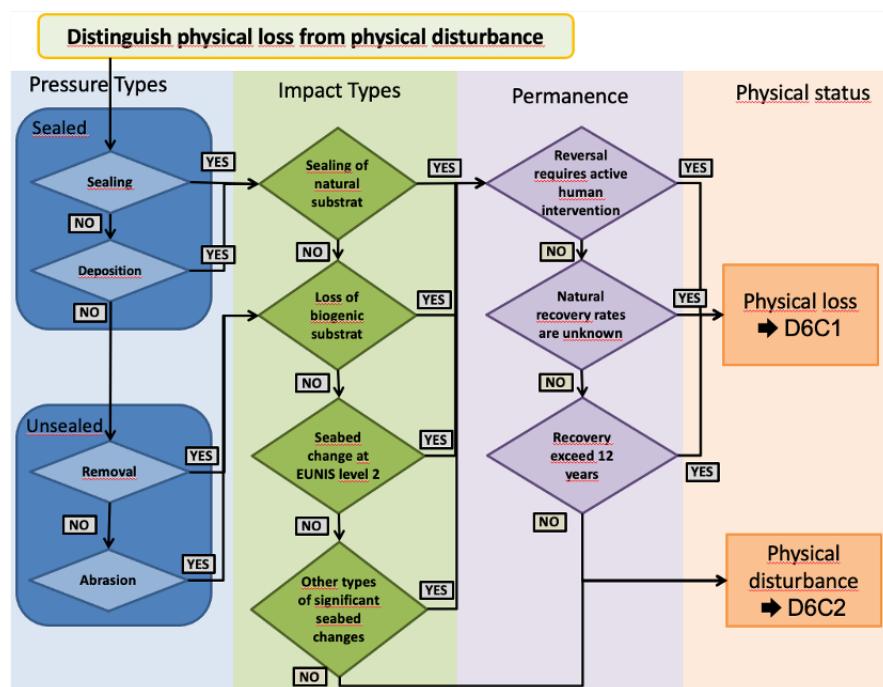


Figura 51. Diagrama de flujo utilizado para definir las actividades que generan pérdida física y perturbación.

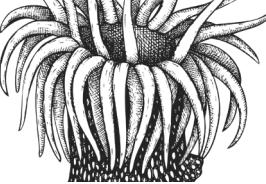
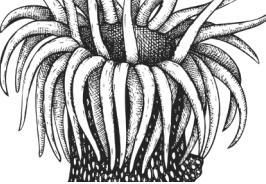
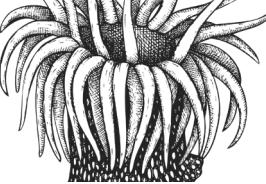


Tabla 41. Listado de las actividades humanas consideradas para evaluar los criterios del D6 extensión espacial ( $km^2$ ).

Criterios	Código	Descripción
D6C1/C4/C5	PF-02-01	Superficie por nuevas infraestructuras portuarias o por modificación de las existentes
	PF-02-02	Superficie ocupada por nuevas obras de defensa o por modificación de las existentes.
	PF-02-03	Superficie del fondo marino ocupada por nuevos arrecifes artificiales
	PF-02-04	Superficie ocupada por nuevas infraestructuras de extracción de petróleo
	PF-02-05	Superficie del fondo marino ocupada por nuevos parques eólicos marinos.
	PF-02-06	Superficie del fondo marino ocupada por nuevas plataformas científico-técnicas
	PF-02-07	Superficie del fondo marino afectada por la extracción de sedimentos del fondo marino para regeneración de playas
	PF-02-08	Superficie del fondo marino afectada por dragados portuarios <sup>(1)</sup>
	PF-02-09	Playas artificiales.
	P_NoCode_E	Superficie del fondo marino perdida por Extracción de arena a playas
D6C2/C5	PF-01-01	Superficie del fondo marino perdida a por el vertido de material dragado <sup>(2)</sup>
	PF-01-02	Superficie del fondo marino perdida por cables submarinos
	PF-01-03	Superficie del fondo marino perturbada por instalaciones de acuicultura marina
	PF-01-04	Superficie del fondo marino perturbada por fondeo de embarcaciones comerciales
	P_3PF_01	Superficie del fondo marino perturbada por fondeo de embarcaciones deportivas
	P_NoCode_A	Superficie del fondo marino perturbada por aportes de arena a playas
	SAR	Superficie promedio (2016-2022) del fondo marino perturbada por pesca arrastre (SAR) <sup>(3)</sup>
	GNS	Superficie promedio (2016-2022) del fondo perturbada por pesca de enmalle ( $h/km^2$ ) <sup>(3)</sup>
	LLS	Superficie del fondo marino (2016-2022) perturbada por pesca arrastre ( $h/km^2$ ) <sup>(4)</sup>
	FPO	Superficie del fondo marino (2016-2022) perturbada por pesca por nasas



Criterios	Código	Descripción
D6C5	<b>PB-02-01.</b>	Número de zonas con calidad de las aguas de baño insuficiente
	<b>PB-02-02.</b>	Número de episodios cortos de contaminación:
	<b>PB-02-03</b>	Número de episodios de cierre de zonas de producción de moluscos
	<b>P_MNVlrcn</b>	Frecuencia de micronúcleos (MN)
	<b>P_EROD_VI</b>	Actividad Etoxyresorufin-O-deetilasa (EROD)
	<b>P_AChE_VI</b>	Actividad Acetilcolinesterasa (AChE)
	<b>CONT/CONT1</b>	Presencia de contaminantes
	<b>P_Sed_DnsT</b>	Datos de densidad de basura observada en sedimento
	<b>P_nMP_Dkg</b>	Datos de concentración de microplásticos (MP) en sedimento
	<b>P_density</b>	Datos de densidad de basura de fondo (nº de ítems por km <sup>2</sup> )
	<b>P_aloctona</b>	Presencia de Especies Alóctonas
	<b>P_Rugulop-teryx</b>	Presencia del alga invasora <i>Rugulopteryx</i>
	<b>P_Alt_Hidro</b>	Alteraciones hidrográficas



## 2.2. Caracterización de los efectos adversos sobre la condición del BHT (D6C5)

Para la evaluación del D6C5 se analizó la interacción existente entre cada actividad antrópica y BHT y se categorizó asignando un valor (0, 1, 2, 3, NA) en base al potencial impacto:

- 1: la actividad está presente pero no provoca efectos adversos sobre el BHT, o conlleva un impacto poco significativo.
- 2: la actividad está presente, pero se desconoce el potencial impacto que genera sobre el BHT.
- 3: la actividad está presente y produce cambios permanentes en el estado del BHT (en este código se integran, entre otras, todas las presiones contabilizadas para el cálculo del D6C4 y que producen pérdida de hábitat).
- Además, algunas actividades que se han cuantificado de forma puntual, ejemplo, los indicadores asociados a alóctonas, contaminación y basuras (PB-02-01, PB-02-02, PB-02-03, P\_MNVlrcn, P\_EROD\_VI, P\_AChe\_VI, CONT/CONT1, P\_Sed\_DnsT, P\_nMP\_Dkg, P\_density, P\_aloctona, P\_Rugulopteryx y P\_Alt\_Hidro) solo se ha cuantificado en las zonas donde está la presión
- En los grids donde no está presente, adquiere el valor NA. La asignación de estos valores, se realizó utilizando tanto índices cualitativos, como cuantitativos (índicador SoS para pesca de arrastre)

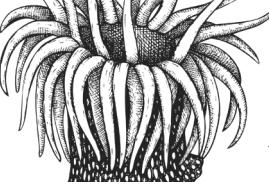
Debido a que para la mayoría de las actividades no sé conoce la respuesta de los BHT, una gran mayoría de los valores en la base de datos fueron 2.

Una vez que para cada una de las actividades se obtuvo la capa de distribución del potencial impacto (capa en donde se incluyera una matriz con valores 0, 1, 2 y 3 para toda la demarcación), se agruparon todas ellas con la herramienta de intersección y se incluyeron en el grid c-square.

OBJECTID	LONGITUD	LATITUD	AREA_km2	CSQUARE	MSFD_BBHT	DEMARCACIO	Activ_1	Activ_2	Activ_3	Valor Maximo	Num. Presiones	Resultados
232	-8.975	42.425	0.80	7400:228:249:2	BHT1	NORA	1	0	2	2	2	2
233	-8.975	42.425	0.06	7400:228:249:2	BHT1	NORA	1	0	0	1	1	1
234	-8.975	42.425	0.18	7400:228:249:2	BHT1	NORA	3	0	0	3	3	3
300	-6.325	43.775	2.00	7400:236:373:3	BHT1	NORA	3	0	0	3	3	3
334	-8.075	43.975	2.63	7400:238:390:4	BHT1	NORA	0	0	0	0	0	1
352	-7.075	43.925	0.04	7400:237:390:2	BHT1	NORA	0	2	2	2	2	2
705	-7.225	43.675	3.70	7400:237:362:3	BHT4	NORA	1	0	1	1	1	2
857	-4.325	43.475	1.46	7400:134:143:3	BHT4	NORA	3	2	2	3	3	3
889	-9.325	43.325	3.13	7400:239:133:1	BHT4	NORA	2	2	2	2	2	2
953	-9.275	43.375	10.42	7400:239:132:4	BHT4	NORA	1	3	1	3	3	3

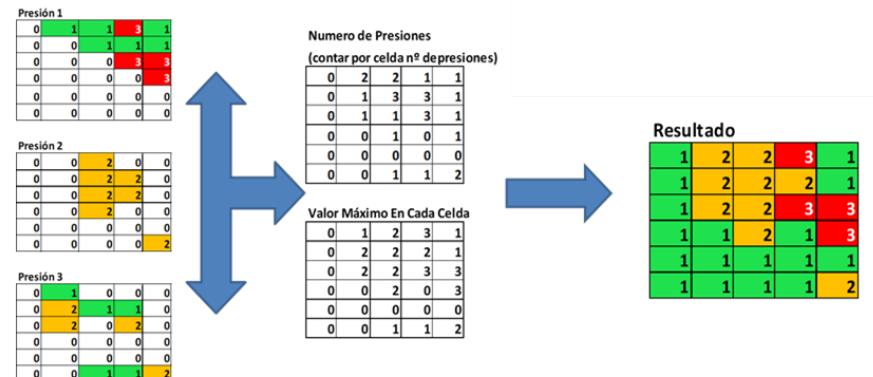
Figura 52. Imagen ejemplo de la tabla alfanumérica asociadas a la geodatabase creada para la categorización del D6C5. Cada capa o tabla tiene un campo o columna por actividad al que se ha asociado un valor 0, 1, 2, o 3 dependiendo del impacto que genera sobre el hábitat con el que se interacciona.

En la Figura 53 se incluye un ejemplo de la tabla alfanumérica asociada a la entidad de salida generada tras la intersección. Se calculó el área de la intersección geométrica de todas las entidades. Debido a que una misma celda del grid puede estar ocupada por varios BHT así como co-existir varias actividades humanas, cada celda se dividió en tantos fragmentos como diferentes combinaciones existan (Figura 53) y para cada fragmento se calculó su área de extensión (km<sup>2</sup>).



**Presiones:**

- → 0, No está presente la presión
- → 1, Esta presente y no afecta al BHT
- → 2, Esta presente pero se sabe el efecto en el BHT
- → 3, Esta presente y BHT adversamente afectado
- → NA, se desconoce la presencia de la presión



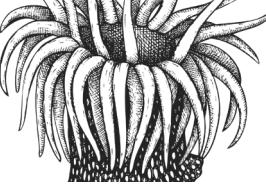
**Resultados, combinaciones:**

- 0 presión      ■ → BHT en BEA
- 1 presión      [■ → BHT en BEA  
■ → BHT en Estado desconocido  
■ → BHT No BEA]
- 2 o + presiones      [■ → BHT en Estado desconocido, si hay mas de 1 presión y ninguna alcanza el 3  
■ → BHT No BEA, si el valor de una presión es 3]

Figura 53. Imagen con el flujo de datos utilizado para la categorización del D6C5.

A partir de esta capa espacial con toda la información integrada se calcularon los valores de caracterización del D6C5, teniendo en cuenta tanto el sumatorio de número de presiones como el valor máximo de impacto de las presiones que existen en cada entidad (ver detalles en Figura 52). Las diferentes combinaciones posibles de los resultados obtenidos se detallan en la Figura 52.

Dado que puede llevar a confusión los resultados cualitativos del presente anexo con los resultados obtenidos a nivel de BHT, el último paso para evaluar el área en BEA, no BEA o desconocido no se muestran en el presente anexo.



### 3. Resultados

A nivel de demarcación, la zona sin presiones es menor al 50 % del área de la demarcación, a diferencia de otras demarcaciones marinas con un BHT abisal muy extenso (Figura 54 y Figura 55). El máximo de presiones acumuladas en esta demarcación es sin embargo menor, siendo 3. En porcentaje respecto al área total de la demarcación es muy importante el área ocupada por 2 presiones de forma acumulada, que supone alrededor del 35 % de la extensión total de la demarcación. Esta acumulación se produce a lo largo de toda la plataforma continental en donde prácticamente toda ella está ocupada por 2 presiones (Figura 55). Por BHTs, estas presiones se acumulan principalmente en los BHTs de estratos circalitorales y circalitorales profundos (Figura 56). En estos mismos hábitats es donde se produce, aunque en mucha menor medida, la acumulación de 3 presiones en la misma área. En esta zona la coincidencia espacial entre presiones pesqueras aun siendo importante, no es la mayor, siendo el solapamiento mayoritario el que ocurre entre la presión de pesca de arrastre (que ocupa casi toda la plataforma continental) con la presión de basuras en el fondo (Tabla 42). La acumulación de estas 2 presiones ocurre fundamentalmente en los BHTs circalitoral profundo de arena y también fango y en el BHT batial superior sedimentario (ver Material suplementario). En el estrato infralitoral la acumulación de 2 presiones se debe principalmente a la presencia de especies alóctonas y contaminantes y/o basuras.

En esta valoración de las presiones acumuladas hay que tener en cuenta que la presión derivada de la actividad pesquera se ha evaluado con un grid de  $0,05^\circ$ , lo que implica que a todos los hábitats que están dentro de esa área se le ha asignado esa presión. Esto tiene tres consecuencias:

- Hay hábitats que aun no siendo óptimos para la actividad pesquera figuran como afectados.
- El área afectada por la actividad pesquera está sobreestimada
- La probabilidad de que dos actividades pesqueras aparezcan como solapadas aumenta, aunque realmente no lo estén ya que explotan hábitats distintos

Por lo tanto, el área ocupada por la actividad pesquera y el área de solapamiento entre actividades principalmente pesqueras está sobreestimada.

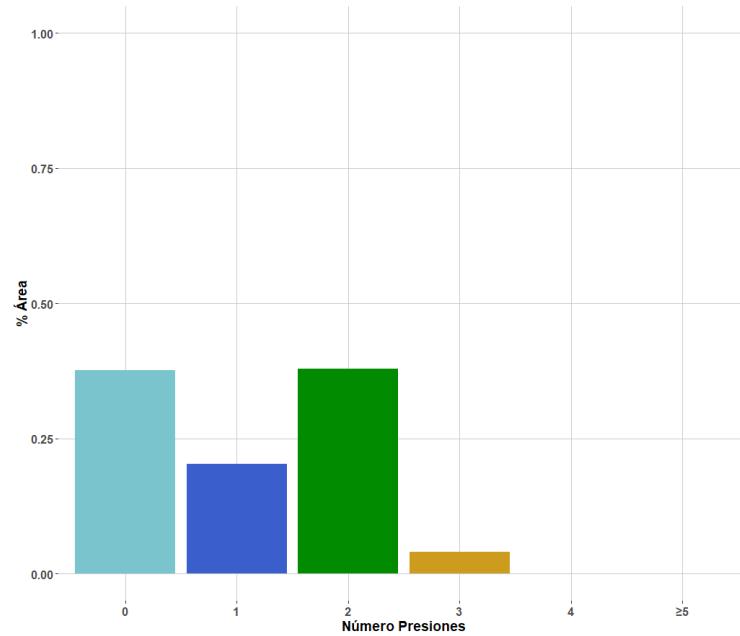


Figura 54. Superficie (%) de la demarcación afectada en función del número de presiones acumuladas.

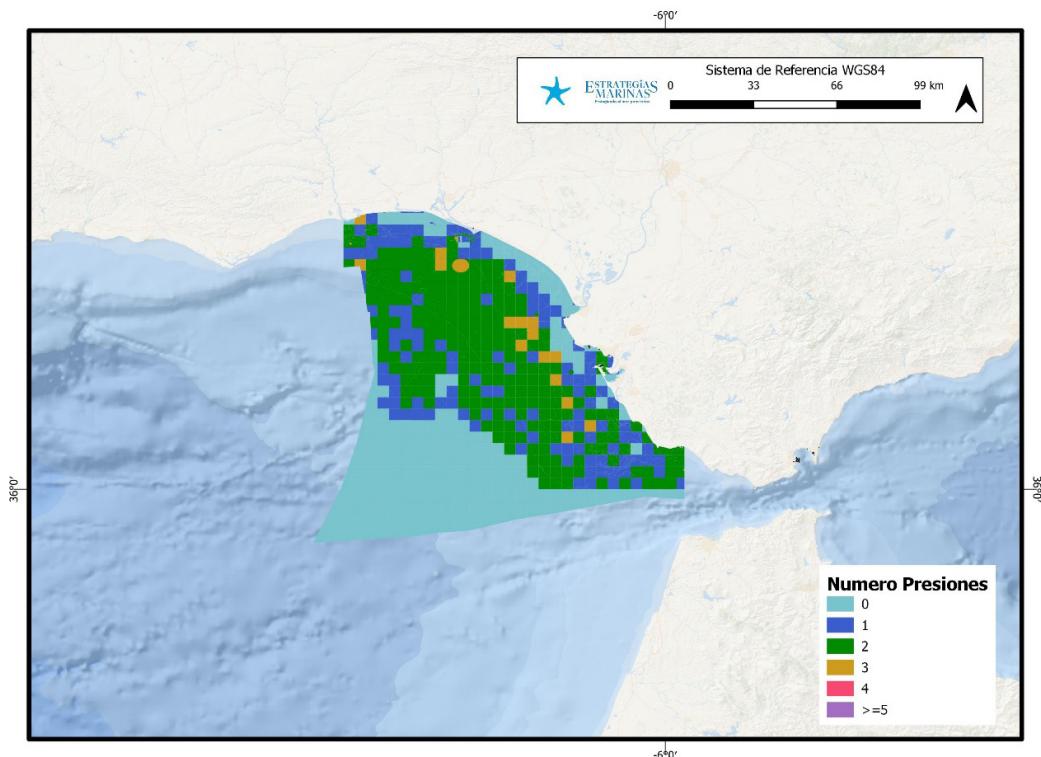
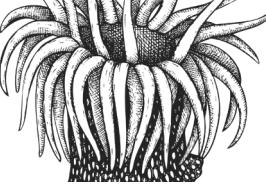


Figura 55. Área de la demarcación afectada en función del número de presiones acumuladas.

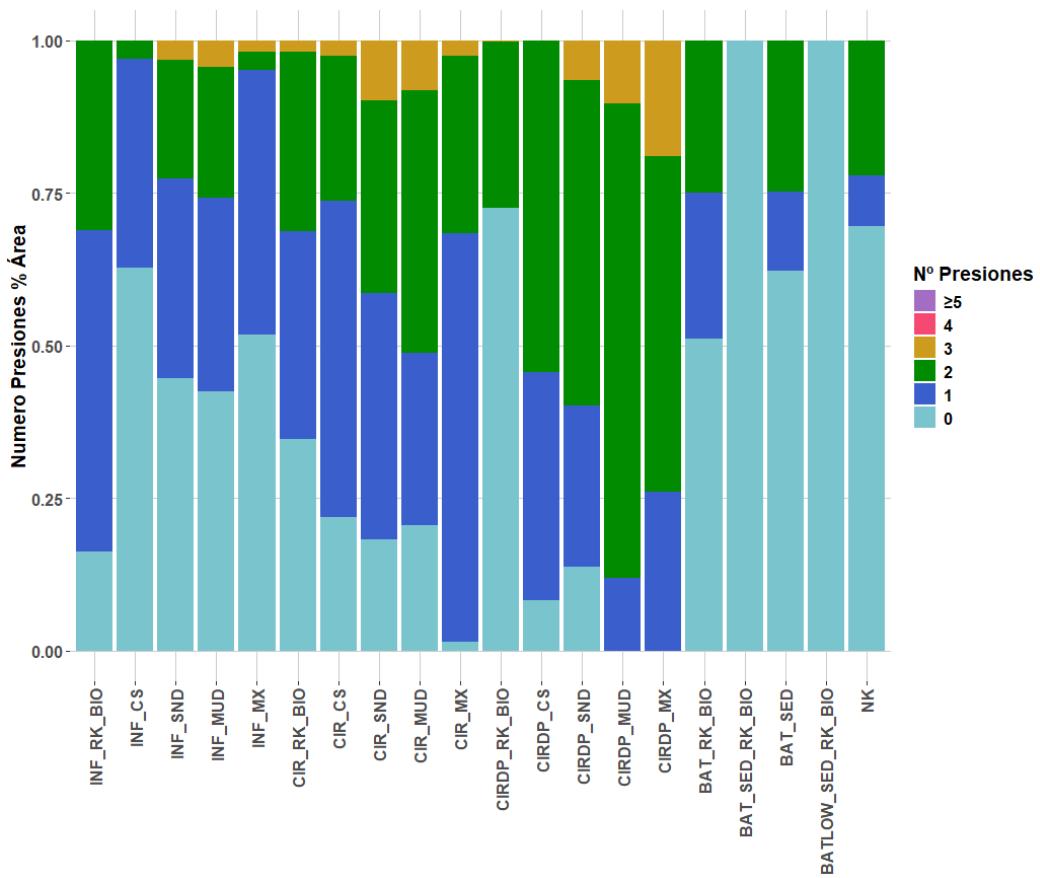


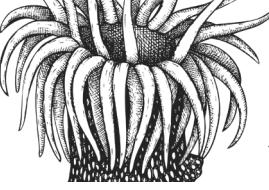
Figura 56. Superficie (%) por BHT afectada en función del número de presiones acumuladas.



Presiones <sup>†</sup>	P_NoCode_A	P_NoCode_E	P_PF_01_01	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_07	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_alectona	P_Rugulopt
P_NoCode_A														
P_NoCode_E														
P_PF_01_01														
P_PF_01_03														
P_PF_01_04														
P_PF_02_07														
P_PF_02_08														
GNS_eff														
LLS_eff		0.337	0.016			0.021								
SAR_eff		224.734	6.977	3.064	0.126		74.790	407.982						
P_CONT1	0.067	0.001	126.488	3.064	10.174	0.132	1.273	24.925		679.014				
P_N_km2			71.756						24.941	5009.084	342.385			
P_alectona	0.018	0.001	0.005	0.016		0.084	0.441		29.062	17.859	75.655			
P_Rugulopt								24.910	30.533					

<sup>†</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

Tabla 42. Matriz de interacción (km<sup>2</sup>) entre actividades por superficie (km<sup>2</sup>). Ver descripción de códigos en Tabla 41.

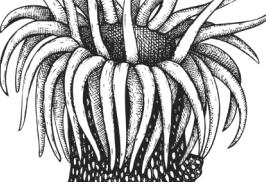


## 4. Referencias

Borja A, Elliott M, Teixeira H, Stelzenmüller V, Katsanevakis S, Coll M, Galparsoro I, Fraschetti S, Papadopoulou N, Lynam C, Berg T, Andersen JH, Carstensen J, Leal MC and Uyarra MC (2024) Addressing the cumulative impacts of multiple human pressures in marine systems, for the sustainable use of the seas. *Front. Ocean Sustain.* 1:1308125. doi: 10.3389/focsu.2023.1308125

Elliott, M., Borja, A., and Cormier, R. (2020). Activity-footprints, pressures-footprints and effects-footprints - Walking the pathway to determining and managing human impacts in the sea. *Mar. Pollut. Bull.* 155, 111201. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111201

EC, 2022. European Commission, 2022. MSFD CIS Guidance Document No. 19, Article 8 MSFD, May 2022.



## 5. Material suplementario I: matrices de interacciones entre presiones por hábitats

### BHT: Roca circalitoral y arrecife biogénico

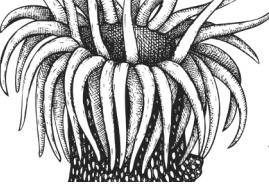
Presiones <sup>1</sup>	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_aloctona	P_Rugulopt
GNS_eff							
LLS_eff							
SAR_eff	20.716	6.367					
P_CONT1	11.994		10.292				
P_N_km2			4.229	3.428			
P_aloctona				0.711			
P_Rugulopt	5.879						

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

### BHT: Sedimento grueso infralitoral

Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_03	P_PF_01_04	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_aloctona
P_PF_01_03						
P_PF_01_04						
SAR_eff	0.426		0.01			
P_CONT1	0.022			0.082		
P_N_km2				2.331		
P_aloctona					0.351	

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>



**BHT: Arena infralitoral**

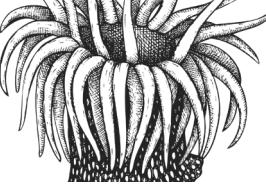
Presiones <sup>7</sup>	P_NoCode_A	P_NoCode_E	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_07	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_alectona	P_Rugulopt
P_NoCode_A													
P_NoCode_E													
P_PF_01_03													
P_PF_01_04													
P_PF_02_07													
P_PF_02_08													
GNS_eff													
LLS_eff			0.016				0.021						
SAR_eff				0.139	0.126			17.358					
P_CONT1	0.049	0.001		0.178	0.126	0.003	0.031		27.465				
P_N_km2										7.046	3.251		
P_alectona		0.001	0.016		0.069	0.021		19.042	11.544	35.673			
P_Rugulopt							2.819	10.712					

<sup>7</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

**BHT: Fango infralitoral**

Presiones <sup>7</sup>	P_NoCode_A	P_NoCode_E	P_PF_01_01	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_07	P_PF_02_08	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_alectona	P_Rugulopt
P_NoCode_A													
P_NoCode_E													
P_PF_01_01													
P_PF_01_03													
P_PF_01_04													
P_PF_02_07													
P_PF_02_08													
LLS_eff					6.550								
SAR_eff						0.006	0.312		23.096				
P_CONT1	0.018	0	0.005	3.041	1.045								
P_N_km2										0.670			
P_alectona	0.018	0	0.005			0.015	0.338		3.959	18.208			
P_Rugulopt							1.138						

<sup>7</sup> Unidades en km<sup>2</sup>



### BHT: Sedimento mixto infralitoral

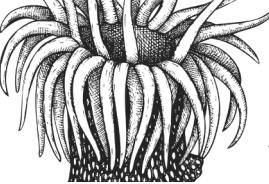
Presiones <sup>1</sup>	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_aloctona
SAR_eff				
P_CONT1	4.772			
P_N_km2	1.469			
P_aloctona	2.356	2.356		

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

### BHT: Roca infralitoral y arrecife biogénico

Presiones <sup>1</sup>	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_aloctona	P_Rugulopt
GNS_eff						
LLS_eff						
SAR_eff	0.563	15.224				
P_CONT1	6.459		1.695			
P_aloctona		10.019		5.134		
P_Rugulopt	14.782	18.410				

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>



### BHT: Sedimento grueso circalitoral

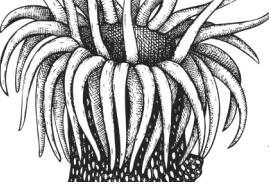
Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_04	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_aloctona
P_PF_01_04					
SAR_eff	0.842				
P_CONT1	0.627	1.575			
P_N_km2		0.179			
P_aloctona			0.751		

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

### BHT: Arena circalitoral

Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_01	P_PF_01_04	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_aloctona	P_Rugulopt
P_PF_01_01										
P_PF_01_04										
P_PF_02_08										
GNS_eff										
LLS_eff										
SAR_eff	22.28	0.141		53.511	112.414					
P_CONT1		3.115	0.84	6.441		179.711				
P_N_km2					1.548	336.270	136.956			
P_aloctona								9.568		
P_Rugulopt				1.430	0.238					

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>



#### BHT: Fango circalitoral

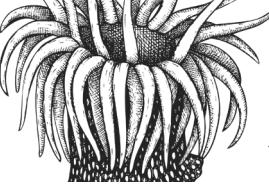
Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_01	P_PF_01_04	P_PF_02_08	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2	P_aloctona
P_PF_01_01							
P_PF_01_04							
P_PF_02_08							
SAR_eff	3.254	0.000					
P_CONT1		3.282	0.119	90.032			
P_N_km2				344.046	60.824		
P_aloctona			0.081		2.852		

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

#### BHT: Sedimento mixto circalitoral

Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_04	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2
P_PF_01_04				
SAR_eff	1.932			
P_CONT1	1.926	15.141		
P_N_km2		8.418		

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>



### BHT: Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico

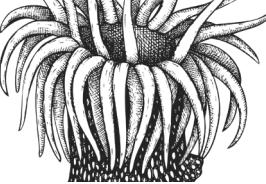
Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_01	SAR_eff	P_CONT1
P_PF_01_01			
SAR_eff	0.018		
P_CONT1	0.018	2.166	

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

### BHT: Sedimento grueso circalitoral profundo

Presiones <sup>1</sup>	SAR_eff	P_N_km2
SAR_eff		
P_N_km2	27.851	

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>



---

### BHT: Arena circalitoral profunda

Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_01	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2
P_PF_01_01					
LLS_eff		0.337			
SAR_eff		0.337	252.427		
P_CONT1				57.160	
P_N_km2		23.393	478.986	53.85	

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

---

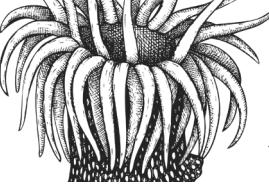
---

### BHT: Lodos circalitorales profundos

Presiones <sup>1</sup>	P_PF_01_01	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2
P_PF_01_01					
LLS_eff					
SAR_eff		198.844	4.192		
P_CONT1		126.464		225.276	
P_N_km2		71.756		2017.956	58.73

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

---



## BHT: Sedimento mixto circalitoral profundo

Presiones <sup>1</sup>	SAR_eff	P_CONT1	P_N_km2
SAR_eff			
P_CONT1	40.550		
P_N_km2	83.447	25.344	

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

## BHT: Roca batial superior y arrecife biogénico

Presiones <sup>1</sup>	SAR_eff	P_N_km2
SAR_eff		
P_N_km2	33.575	

<sup>1</sup> Unidades en km<sup>2</sup>

# ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos

