

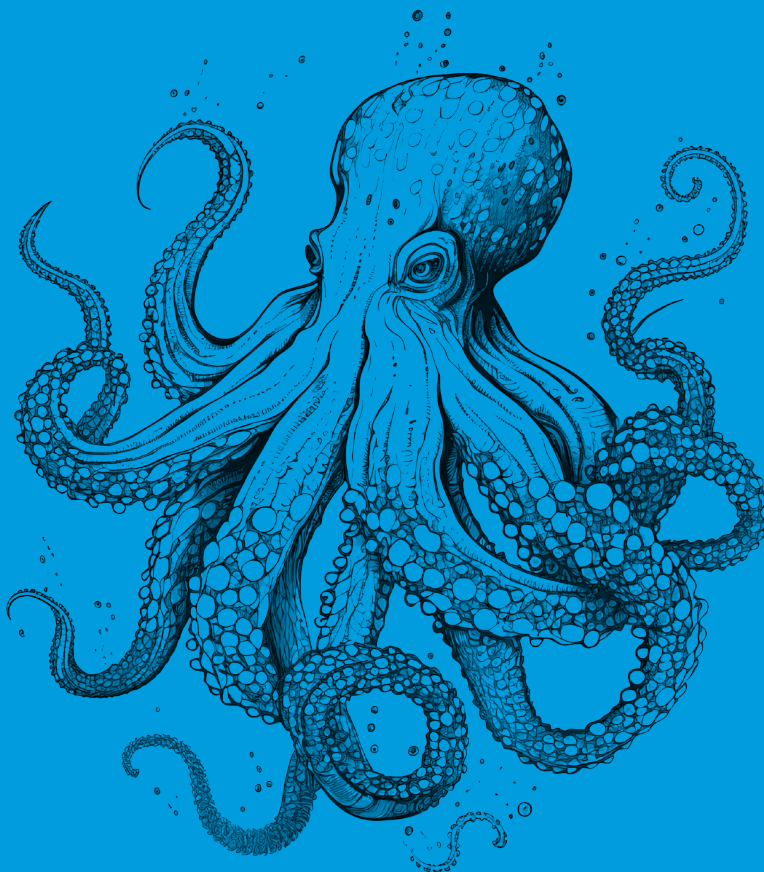
EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM NORATLÁNTICA



Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 6

Anexo



Cofinanciado por
la Unión Europea



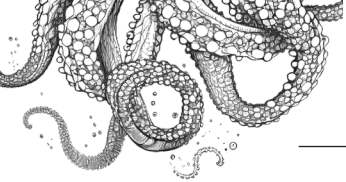
GOBIERNO
DE ESPAÑA

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 2025.

NIPO: 665-25-050-2

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

MITECO: www.miteco.es



Autores del documento

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Ana Aja López
- Lara Arroyo Hailvoto
- Ignacio Bolado Mantecón
- María Huerta Rodríguez
- Beatriz Rincón Rincón
- Ana García-Alegre
- Maider Plaza-Morlote
- Ana de la Torriente
- Ana Antolínez
- María Ángeles Blanco Giner
- Pablo Martín-Sosa
- Aida Frank
- Belén Calero
- Miriam Sayago
- Natalia Martínez-Carreño
- Raúl Jiménez
- Irene Díez-García
- María Gómez-Ballesteros
- Ángela María Márquez Reyes
- Ulla Fernández-Arcaya

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
- Lucía Martínez García-Denche
- Francisco Martínez Bedia
- 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 Rodríguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carrillo de Albornoz (Coordinación)

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

- José Francisco Sánchez González

CARTOGRAFÍA Y BASES DE DATOS ESPACIALES (IEO-CSIC)

- M^o Olvido Tello Antón
- Luis Miguel Agudo Bravo
- Gerardo Bruque Carmona
- Paula Gil Cuenca



ÍNDICE

Autores del documento	3
------------------------------------	----------

EVALUACIÓN INFRALITORAL ROCOSO Y ARRECIFES BIOGÉNICOS (NOR INF RK BIO)

1. Introducción.....	8
2. Material y métodos.....	9
2.1. Muestreo	9
2.1.1. Campañas.....	9
2.1.2. Metodología de muestreo.....	11
2.1.3. Área de muestreo	13
2.2. Identificación taxonómica.....	18
2.3. Análisis de los datos	21
2.3.1. Identificación de las especies características	21
2.3.2. Identificación de hábitats (BHT y OHT).....	21
2.3.3. Características del paisaje	22
2.3.4. Indicadores de BEA analizados	22
3. Resultados.....	35
3.1. Broad Habitat Type: Roca infralitoral y arrecife biogénico.....	35
3.1.1. Descripción del hábitat.....	35
3.1.2. Mapa del hábitat (polígonos EMODnet vs puntos IEO).....	36
3.1.3. Especies características del hábitat en la demarcación	37
3.1.4. Principales presiones	43
3.1.5. Datos de ambiente.....	44
3.1.6. Índices ambientales del BHT: BH2 mod. (multimétricos).....	45
3.1.7. HB-DMA: CFR, IRIS.....	50
3.1.8. Evaluación BHT	51
3.2. Other Habitat Types	53
3.2.1. Descripción de los OHT	53
3.2.2. Índices ambientales de los OHT: BH2 mod. (multimétricos).....	76
3.2.3. Evaluación OHT	79
4. Discusión y conclusiones de la evaluación	80
5. Referencias.....	81

EVALUACIÓN DE HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES SEDIMENTARIOS (NOR CIR BAT SED)

1. Introducción.....	85
2. Material y métodos.....	86



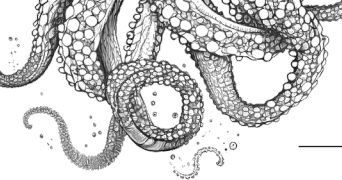
2.1. Preparación de datos	86
2.1.1. Distribución de los BHTs.....	86
2.1.2. Distribución de la intensidad de Pesca.....	87
2.1.3. Datos de muestreo biológico de la abundancia (biomasa) de especies bentónicas.....	88
2.2. Aplicación del indicador SoS.....	91
2.3. Umbral de calidad	92
2.4. Evaluación de la predicción del SoS a lo largo de la zona de estudio.....	93
2.5. Aplicación del BH3 informado por SoS.....	94
3. Resultados.....	95
3.1. BHTs evaluados con SoS	95
3.1.1. Especies centinela.....	95
3.1.2. Curvas de presión-estado y umbrales.....	97
3.1.3. Predicciones SoS.....	98
3.1.4. Mapas finales del grado de perturbación obtenidos con el indicador SoS.....	101
3.1.5. Resultados de la evaluación cruzada de la predicción del SoS	103
3.2. BHTs evaluados con BH3 informado por SoS	105
3.3. Evaluación final	109
3.4. Evaluación año 2022.....	111
3.5. Other habitat types	113
3.6. Ejemplo utilizando capas SAR con una resolución a 0,01*0,01 grados	115
4. Referencias.....	117
EVALUACIÓN HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES ROCOSOS (NOR CIR BAT RK)	
1. Introducción.....	120
1.1. Tipos generales de hábitats bentónicos (BHT)	121
2. Objetivos generales y específicos.....	124
3. Material y métodos.....	125
3.1. Campaña y muestreo.....	125
3.2. Identificación de especies.....	127
3.3. Identificación y caracterización de los ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT).....	129
3.4. Identificación de ‘otros tipos de hábitats’ (OHT).....	130
4. Resultados.....	131
4.1. Identificación de especies.....	131
4.2. Identificación y caracterización de los ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT).....	132
4.3. Identificación de ‘otros tipos de hábitats’ (OHT).....	134
5. Referencias.....	143
CARACTERIZACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE PRESIONES HUMANAS Y SU INTERACCIÓN CON LOS BHT	
1. Introducción.....	146



2. Material y métodos	147
2.1. Identificación de las actividades humanas y métodos de análisis	147
2.2. Caracterización de los efectos adversos (km2) sobre la condición del hábitat (D6C5)	150
3. Resultados	152
4. Referencias	155
5. Material suplementario I: Matrices de interacciones entre presiones por hábitats	156
 ANÁLISIS DE OTRAS PRESIONES FÍSICAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL LIC DE LOS CAÑONES DE AVILÉS	
1. Introducción	163
2. Objetivos	165
3. Material y métodos	166
3.1. Bases de datos	166
3.2. Análisis de datos	170
4. Resultados	171
4.1. Distribución de las actividades humanas	171
4.2. Distribución de las actividades que causan la pérdida y/o perturbación del fondo marino y su superposición con los hábitats (BHT)	174
4.3. Análisis de las presiones acumuladas	180
5. Referencias	185



EVALUACIÓN INFRALITORAL ROCOSO Y ARRECIFES BIOGÉNICOS (NOR INF RK BIO)



1. Introducción

En el segundo ciclo de las estrategias marinas 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:

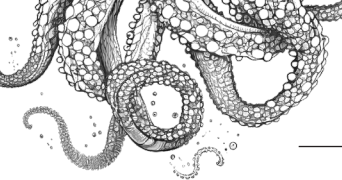
1) Prospección: se ha realizado un estudio exploratorio del litoral para localizar y ubicar los diferentes hábitats presentes siguiendo la clasificación del Inventario Español de Hábitats Marinos. De este modo y junto con otras zonas bien conocidas, se han determinado los diferentes puntos a monitorizar.

2) Seguimiento: se ha empezado a monitorizar una serie de parámetros en los puntos seleccionados.

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. Material y 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, demarcación marina sudatlántica, demarcación marina del Estrecho y Alborán, demarcación marina levantino-balear y demarcación marina canaria. 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 conocerla 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 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 (Directiva marco sobre la estrategia marina, 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:

1. Evaluación del estado de las poblaciones de peces y cefalópodos en el infralitoral rocoso (Capítulo 1, Subprograma PC1, Encomienda EEMM).
2. Evaluación del estado de las comunidades bentónicas en el infralitoral rocoso (Capítulo 2, Subprograma HB1, Encomienda EEMM).
3. Evaluación del estado de las especies protegidas bentónicas en el infralitoral rocoso (Capítulo 2, Subprograma HB6, Encomienda EEMM).
4. 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 (B/O), 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. Y por otro lado 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.

Los B/O utilizados durante los muestreos del programa de seguimiento han sido:



- El B/O Francisco de Paula Navarro (IEO-CSIC): Se trata de un buque polivalente para pesca y oceanografía, y es utilizado habitualmente en campañas por toda la costa española, principalmente en el Mediterráneo (Figura 1). Con una eslora total de 30,46 m, tiene una capacidad para 17 personas a bordo entre el equipo científico y la tripulación. Dispone de un laboratorio de unos 15 m², con zonas seca y húmeda, con preinstalación para aparatos de medida, filtración, etc. y en cubierta mesa de triado.



Figura 1. (B/O) Francisco de Paula Navarro.

- B/O SOCIB (Govern Illes Balears, CSIC): Catamarán desarrollado como parte de la estrategia observacional del Sistema de Observación y predicción Costero de las Illes Balears (SOCIB) (Figura 2). El B/O SOCIB está preparado para desarrollar campañas científicas continuas de hasta 7 días consecutivos. Cuenta con un laboratorio multipropósito (seco/húmedo) de 27 m². En su cubierta de trabajo, de 60 m², se pueden desarrollar cómodamente diversas actividades. Su puente de gobierno cuenta con visibilidad 360°. Este catamarán realiza trabajos de investigación oceanográfica en la zona marítima y costera del Mediterráneo.



Figura 2. Buque Oceanográfico (B/O) SOCIB.



2.1.2. Metodología de muestreo

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 Cebrian *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 presente a lo largo del transecto.
- Censo de invertebrados mediante metodología no intrusiva de cuadrantes. Cada 2 m, a lo largo del transecto, se muestrean cuadrículas de 50×50 cm, anotando las especies de invertebrados presentes, su abundancia, porcentaje de cobertura y la talla de especies estructurantes del hábitat.
- 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 cefalópodos 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 m² cada uno) (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 0,5m a cada lado de la cinta, 50x1 metro (50m² cada uno). De cada transecto se obtiene un listado completo de especies de peces y cefalópodos, anotándose la talla para cada individuo.

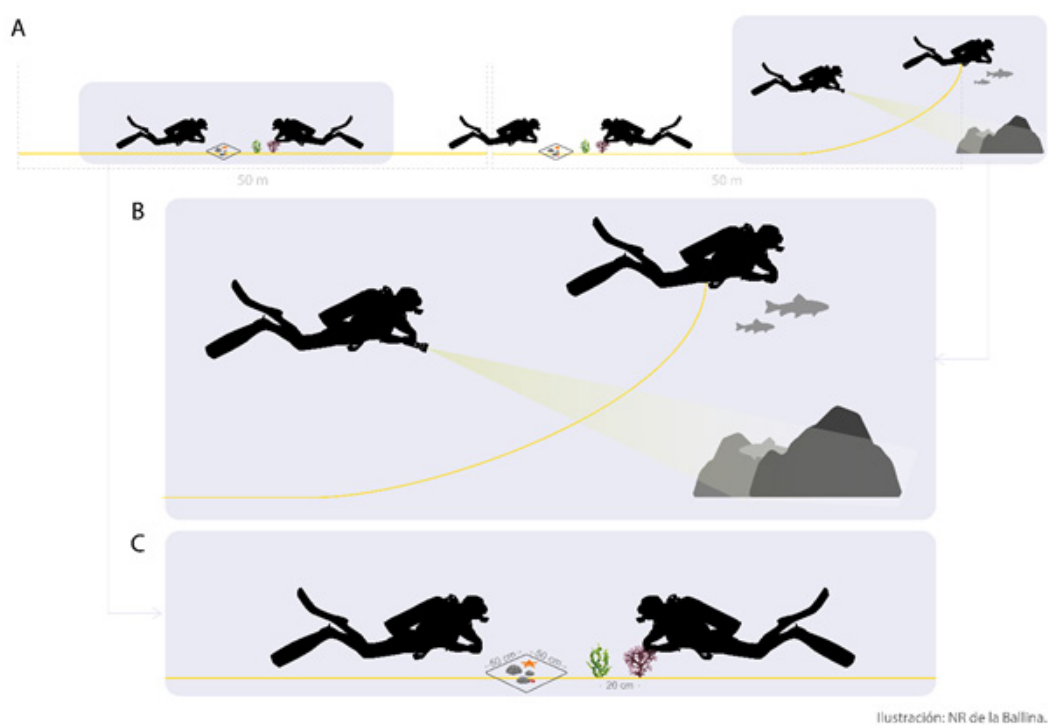


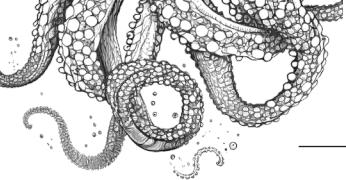
Figura 3. Esquema general de la metodología utilizada en los muestreos con escafandra autónoma (A), de los censos de peces y cefalópodos (B) y de invertebrados y algas (C). Escena de un censo de algas mediante la técnica del "punto contacto" (D) y de invertebrados en cuadrículas (E), a lo largo de un transecto.

Seguimiento de especies invasoras

Al caracterizar las comunidades demersales (peces y cefalópodos), algales y de invertebrados bentónicos se cuantifica la presencia de especies invasoras.

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 25x25 cm (625 cm²). 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 y conservados de manera adecuada.

Toma de datos de ambiente

En cada uno de los transectos realizados, la pareja encargada de censar los peces se encarga, además, de anotar información importante relativa al tipo de fondo. Así, se toman datos de la temperatura del agua en el transecto, las profundidades inicial y final de cada transecto y el grado de rugosidad, pendiente y sedimentación. Además, en cada transecto se anotan los porcentajes de fondo cubierto por arena, grava, cantos, roca, fondo biogénico, bloques pequeños (<1 m de altura), bloques medianos (1-2 m de altura), bloques grandes (> 2 m de altura) y fanerógamas.

2.1.3. Área de muestreo

A lo largo de la fase de prospección, se han realizado dos campañas INFRANOR_0722 durante el año 2022 e INFRANOR_0623 durante el año 2023 (Figura 3). Se han realizado un total de 41 inmersiones con 220 transectos de peces (Tabla 1).

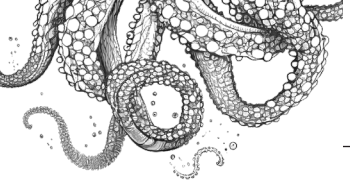
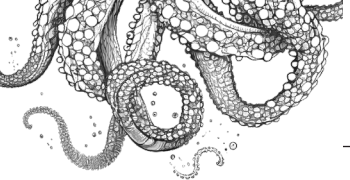
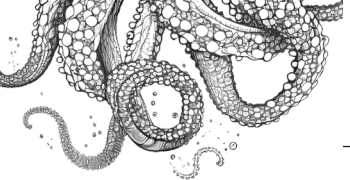


Tabla 1. Puntos de muestreo realizados en la demarcación noratlántica.

Campaña	Buceo	Fecha	CCAA	Provincia	Zona	Latitud	Longitud	Trans.
INFRANOR_0722	1	22/07/2022	Cantabria	Cantabria	Noja	43,49683	-3,52613	5
	2	28/07/2022	Cantabria	Cantabria	Sonabia	43,41933	-3,3247	6
	3	29/07/2022	Cantabria	Cantabria	Conejera	43,45326	-4,02491	5
	4	10/08/2022	Cantabria	Cantabria	Pechón	43,39996	-4,49411	6
	5	11/08/2022	Cantabria	Cantabria	Solita	43,45226	-4,01368	6
	6	12/08/2022	Cantabria	Cantabria	Mesa	43,49285	-3,51178	5
	7	24/08/2022	Cantabria	Cantabria	Antón	43,3600	-3,17871	6
	8	25/08/2022	Cantabria	Cantabria	Arnia	43,47446	-3,92048	6
	9	25/08/2022	Cantabria	Cantabria	Cabo Mayor	43,49088	-3,78511	4
INFRANOR_0623	10	12/06/2023	Galicia	A Coruña	Sálvora exterior	42,48565	-9,02526	5
	11	12/06/2023	Galicia	A Coruña	Sálvora interior	42,49155	-8,99556	3
	12	13/06/2023	Galicia	Pontevedra	Cíes exterior	42,24295	-8,91201	6
	13	13/06/2023	Galicia	Pontevedra	Cíes interior	42,22768	-8,89395	4
	14	14/06/2023	Galicia	Pontevedra	Miodelo	41,94526	-8,88866	6
	15	14/06/2023	Galicia	Pontevedra	La Rubia	42,07056	-8,89679	6
	16	15/06/2023	Galicia	Pontevedra	Ons exterior	42,38813	-8,93615	6



Campaña	Buceo	Fecha	CCAA	Provincia	Zona	Latitud	Longitud	Trans.
INFRANOR_0623	17	15/06/2023	Galicia	Pontevedra	Ons interior	42,35611	-8,94191	6
	18	16/06/2023	Galicia	Pontevedra	Cíes interior Maerl	42,21362	-8,89732	6
	19	16/06/2023	Galicia	Pontevedra	Ría de Vigo	42,2507	-8,80193	6
	20	19/06/2023	País Vasco	Guipuzkoa	Pasaia	43,33834	-1,96877	4
	21	20/06/2023	País Vasco	Guipuzkoa	Hondarribia	43,39083	-1,80543	6
	22	20/06/2023	País Vasco	Guipuzkoa	Orio	43,29583	-2,12276	6
	23	21/06/2023	País Vasco	Bizkaia	Lekeitio	43,37671	-2,53611	6
	24	21/06/2023	País Vasco	Bizkaia	Izaro	43,42456	-2,6847	6
	25	22/06/2023	País Vasco	Bizkaia	Cabo Bilano	43,43949	-2,93428	6
	26	22/06/2023	País Vasco	Bizkaia	San Juan de Gaztelugatxe	43,44708	-2,78216	6
	27	29/08/2023	Cantabria	Cantabria	Mouro exterior	43,47408	-3,75428	5
	28	29/08/2023	Cantabria	Cantabria	Mouro interior	43,47445	-3,75388	4
	29	07/09/2023	Galicia	Lugo	Ribadeo	43,55826	-7,04171	5
	30	08/09/2023	Galicia	Lugo	Os Faraions	43,71632	-7,43903	6
	31	08/09/2023	Galicia	Lugo	Castro de Fazouro	43,5771	-7,21566	5
	32	09/09/2023	Asturias	Asturias	Cabo Busto	43,55525	-6,47622	5



Campaña	Buceo	Fecha	CCAA	Provincia	Zona	Latitud	Longitud	Trans.
INFRANOR_0623	33	09/09/2023	Asturias	Asturias	Navia	43,5674	-6,71433	5
	34	11/09/2023	Asturias	Asturias	Avilés	43,5863	-6,01591	4
	35	11/09/2023	Asturias	Asturias	Nalón	43,57708	-6,06571	4
	36	12/09/2023	Asturias	Asturias	Cabo Peñas oeste	43,66285	-5,86203	6
	37	12/09/2023	Asturias	Asturias	Cabo Peñas este	43,65451	-5,83321	6
	38	13/09/2023	Asturias	Asturias	Villaviciosa	43,55501	-5,40356	6
	39	13/09/2023	Asturias	Asturias	Gijón	43,5546	-5,6359	4
	40	14/09/2023	Asturias	Asturias	Llanes	43,42586	-4,75548	6
	41	14/09/2023	Asturias	Asturias	Ribadesella	43,46446	-5,0473	5

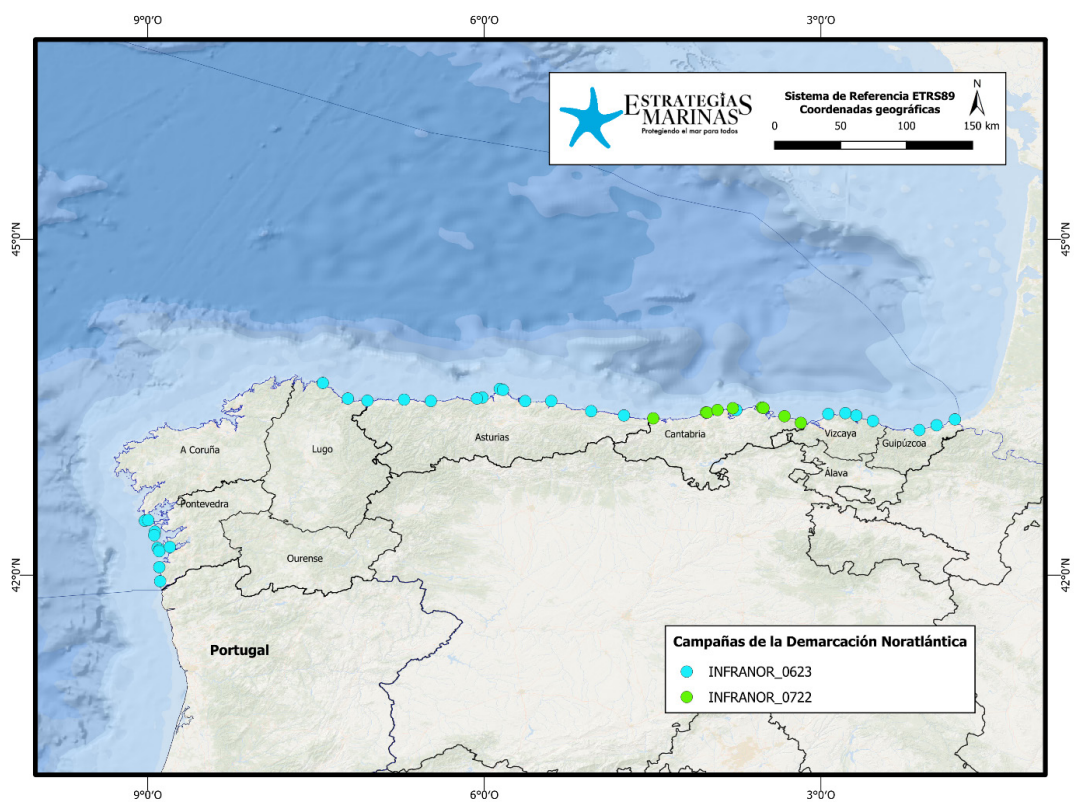


Figura 4. Mapa de las campañas realizadas en la demarcación noratlántica.



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 presentan una capa medular central monoestratificada y pluriestratificada en las partes laterales del talo (Hwang *et al.*, 2009; MITECO, 2022). En las especies nativas la médula monoestratificada se mantiene en los bordes laterales del talo.



Figura 5. Pliego de *Rugulopteryx okamurae* recolectado en la estación "Escollera" en Melilla (izquierda), y detalle al microscopio de un corte transversal de la fronde en la que se observa una capa medular central monoestratificada y una capa pluriestratificada en el extremo lateral, carácter identificativo de *R. okamurae*.



Para la preparación fresca de cortes de frondes de *R. okamuræ* se tomará una porción húmeda de la parte basal de la misma 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 al 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 adoptaría 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 espículas de esponjas

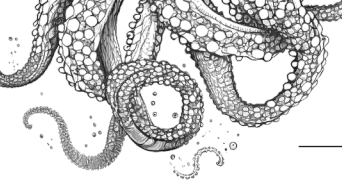
A la hora de la determinación específica de los Poríferos, no es suficiente con la simple observación de los caracteres macroscópicos ya que, por lo general, son animales con una gran plasticidad morfológica. Esto es más acusado en ciertas especies donde además existe una gran similitud morfológica y 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 espículas 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 cm³). 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 espículas se vayan precipitando en el fondo. Se dejan sedimentar las espículas 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 espículas y se retira el alcohol a excepción de un poco (1-2 cm³) que se deja en el fondo del tubo. Se agita y se vierte una gota de alcohol con espículas sobre un portaobjetos. Poniendo directamente un cubreobjetos las espículas 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 protéica 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 espículas calcáreas y silíceas. Se toma un pedazo pequeño (1 cm³) 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 los datos

2.3.1. Identificación de las 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. Es por ello, que 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 BHT:** Se consideraron especies características aquellas que presentaron un valor de frecuencia de ocurrencia (%F) igual o mayor del 10 % de los transectos evaluados. Se tuvo en cuenta la información bibliográfica y el criterio experto de asesores externos, para completar la lista con aquellas especies que, por alguna razón no llegaban al 10 % de ocurrencia en la demarcación pero que son importantes para la definición del hábitat.
- **Especies de los 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 (Similarity Percentages) con el software de análisis multivariante para ecología PRIMER. Este procedimiento SIMPER permite identificar estas especies y calcular su porcentaje de contribución a la similitud intragrupo.

2.3.2. Identificación de hábitats (BHT y OHT)

La identificación de hábitats se basa en generar agrupaciones entre los transectos muestreados durante las campañas en función de su similitud, 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 (5-18m), 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.

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research (PRIMER-E). Los datos han sido analizados con técnicas de análisis estadístico multivariante para identificar la especie o grupo de especies que caracterizan cada uno de los transectos. 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.

2.3.3. Características del paisaje

De forma complementaria a la caracterización del hábitat, en cada uno de los transectos se han anotado características del paisaje como son: morfología del sustrato, rugosidad y pendiente.

Para el registro de las características morfológicas, una pareja de muestreadores anota por separado el porcentaje estimado de cada tipología de hábitat para cada uno de los transectos, y al finalizar el muestreo anotan sus resultados de manera consensuada.

La clasificación en cuanto a la morfología empleada ha sido: Roca homogénea, BLOQ_P, BLOQ_M y BLOQ_G que corresponden a bloques de roca pequeños (<1 m de altura), medianos (1-2 m de altura) y grandes (>2 m de altura) respectivamente y % arena, cantos, grava, o sustrato biogénico (Principalmente fanerógamas).

Una vez registrados los datos para cada uno de los transectos, se realiza un cálculo de valor promedio y desviación estándar por estación de muestreo.

En cuanto a la rugosidad y pendiente, a continuación, se muestra una tabla con los rangos cualitativos utilizados durante el muestreo para caracterizar algunas unidades del paisaje como rugosidad y pendiente y la puntuación asignada a cada uno de ellos.

Tabla 2. Rangos empleados para valorar la rugosidad en el muestreo de la roca infralitoral.

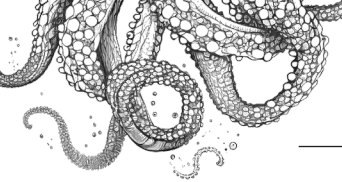
Puntuación	1	2	3	4
Rugosidad	Roca <1 m Sin oquedades	Roca 1-2 m Numerosos huecos	Roca >2 m ≤ 25 % de huecos	Roca >2m > 25 % de huecos
Pendiente	0°	20°	45°	90°

2.3.4. Indicadores de BEA analizados

2.3.4.1. Análisis de rasgos y determinación de la sensibilidad de especies.

Algas

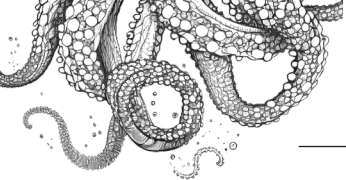
En el caso de las macroalgas, se ha seguido la aproximación del indicador BH1, o SoS: *Sentinels of the seabed*, con el fin de determinar la condición de los hábitats bentónicos en las distintas demarcaciones mediante la identificación de grupos de especies "centinela" (especies que son características 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 (ESGs) (Wells *et al.*, 2007, 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 (Tabla 3). 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, estableciendo, 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 en las próximas evaluaciones. 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 hábitats 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 realizado en base a su resistencia a los impactos asociados a este tipo de presiones (la Tabla 3 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), competidoras.

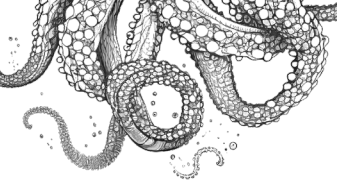
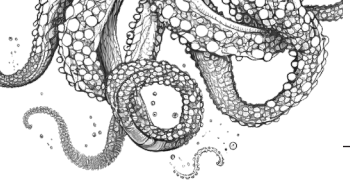


Tabla 3. Categorías de sensibilidad propuestas para la aplicación del BH1-SOS a las macroalgas. Relación con los principales rasgos biológicos asociados a su definición.

Categorías EEMM (INFRA)	Grupo morfofuncional	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.	microalgas, cianobacterias	pequeño 10^{-6} - 10^{-4}	unicelular o filamentosas, formadoras de colonias	unicelulares	cespitoso, flotante, filamentoso	corto	sí	anuales (oportunistas)	
	algas filamentosas	10^{-3} - 10^{-1}	ramificación delicada, filamentosa	uniseriadas, multiseriadas o de corticación leve	basal, cespitoso, epifítico, epilítico	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, epilítico, 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 morfofuncional	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 segundo 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 y Balesteros, 2007 a modo de contraste. La categorización se ha hecho en base a los *biological traits* recogidos para cada especie en la literatura, y cómo se corresponden con los descritos en la Tabla 3. 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 (Anexo_NOR_INFRA_Rk_BIO_BHT_OHT). 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.

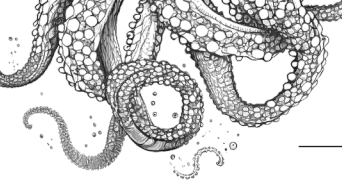
Invertebrados

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 su resistencia y 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 4):

Tabla 4. 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



Rasgo biológico	Categoría asignada			
	1	2	3	4
Morfología y esqueleto				
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:

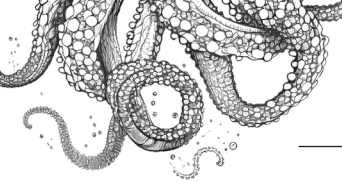
- Menor o igual a cinco: correspondiente a especies poco sensibles.
- Mayor a cinco y menor a ocho: correspondiente a especies poco sensibles.
- Igual a mayor a ocho: correspondiente a especies sensibles.

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 espaciales abundantes, dominantes o características.
- Especies que aumenten, por su tamaño o porte, la complejidad de 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 la condición del mismo 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 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 aparecen 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

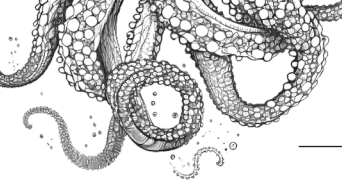
Este índice hace referencia a la resiliencia de las especies. Indica el mínimo tiempo para duplicar la población que tiene una especie teniendo en cuenta sus registros de esfuerzos de captura o el estado cualitativo de sus poblaciones, así como sus características biológicas. Está basado en el artículo 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 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. 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) y muy alta (> 81).

2.3.4.2. 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:

$$d = \frac{S - 1}{\log N}$$

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.

$$H' = - \sum_i p_i \log_e p_i$$

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.

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

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

- **Abundancia total (N):** medida del número total de individuos de cada especie en cada muestra. Se calcula como el sumatorio del total o la media de los individuos encontrados para peces e invertebrados y porcentaje relativo en el caso de las algas. Permite determinar si un punto o hábitat presenta altas o bajas abundancias en las especies existentes, lo cual está directamente relacionado con la condición del hábitat.

El cálculo de estos índices se realizó con el software PRIMER-E.

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

Se ha utilizado el índice CFR (Calidad de los Fondos Rocosos, Juanes *et al.*, 2008), para evaluar el estado ambiental de cada uno de los puntos prospectados en las distintas demarcaciones: noratlántica (DMNOR), levantino-balear (DMLEBA), Estrecho y Alborán (DMESAL), sudatlántica (DMSUD) y canaria (DMCAN). 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 DMEM, 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 hábitats 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).
- 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 sucesionales tardías o las macroalgas perennes. La segunda métrica (F) estima la fracción de especies oportunistas calculada según la ecuación 1:

$$F = \left(\frac{O}{C + O} \right) 100$$

Ecuación 1

"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 detallada anteriormente, utilizando los puntos prístinos (o menos impactados) de cada demarcación, pero también datos bibliográficos de la composición de las comunidades predominantes en cada zona.

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. El listado de especies oportunistas registradas en cada demarcación aparece en la Tabla 9.

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):

$$CFR = 0.45 \cdot C + 0.35 \cdot F + 0.2 \cdot R$$

Ecuación 2

Los valores obtenidos se compararon con las condiciones de referencia establecidas para cada demarcación (Tabla 5), 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 (Tabla 6).

De forma general, y salvo en el caso de la demarcación noratlántica, 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 combinando el criterio experto con los datos obtenidos en las campañas de muestreo. Así, para obtener el valor de referencia de C, se seleccionaron los datos de las estaciones de muestreo consideradas prístinas y se calculó la mediana de la cobertura total de las especies características para cada transecto. Para obtener el valor de referencia de R, se calculó la mediana del valor de R para las mismas estaciones prístinas.



En el caso de la F, se han calculado dos CR; uno para el *estado elevado* (CR1) a partir de la mediana en las estaciones prístinas, y otro para el *estado malo* (CR0) a partir de la mediana en las estaciones consideradas impactadas.

Para hacer la selección de las estaciones prístinas en cada demarcación, se utilizaron los resultados de los índices de diversidad calculados para todas las estaciones de muestreo, combinados con el criterio experto y las especies muestreadas para cada estación. En los casos en los que en la demarcación se había muestreado en zonas de Reserva Marina Integral, estas fueron incluidas directamente como estaciones de muestreo prístinas.

Tabla 5. Condiciones de Referencia (RC) aplicadas a las métricas del índice CFR en las cinco demarcaciones españolas en el infralitoral rocoso somero (5-15m). RC1 y RC0: Condiciones de referencia para los estados ambientales bueno/elevado y malo, respectivamente. CM: Macroalgas características. NOR: demarcación noratlántica.

Métrica	Condición referencia	NOR
C: Cobertura de CM (%)	CR1	90
F: Fracción de oportunistas (%)	CR1	2
	CR0	30
R: Riqueza de CM	CR1	6

Tabla 6. Criterios establecidos para el cálculo de las puntuaciones correspondientes al índice CFR. RC1 y RC0: 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	$C(\text{punt.}) = C/RC_1$
F: Fracción de oportunistas (%)	$F \leq RC_1$; $F \geq RC_0$	$F(\text{punt.}) = 1$; $F(\text{punt.}) = 0$	$F(\text{punt.}) = (RC_0 - F) / (RC_0 - RC_1)$
R: Riqueza de CM	$R \geq RC_1$	R (punt.)= 1	$R(\text{punt.}) = R/RC_1$

Para cada estación de muestreo, se obtuvo el valor del indicador por transecto, hallándose después el valor medio ($\pm$ E.S.) para el punto en cuestión.

Estas puntuaciones, se refirieron a una escala equivalente al Ratio de Calidad Ecológica (EQR), aplicable para la asignación de categorías de calidad ecológica (EQ), tal y como exige la Directiva Marco del Agua (Tabla 7), y que fueron establecidos para el índice CFR como resultado del ejercicio de intercalibración europea realizado en el Área Geográfica del Atlántico NE (Comisión Europea, 2013).

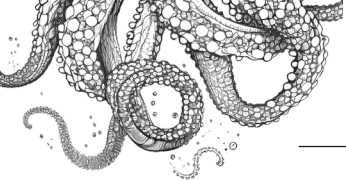
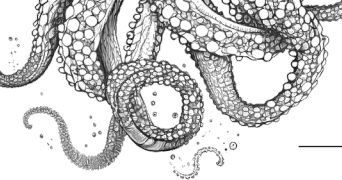


Tabla 7. Límites del Ratio de Calidad Ecológica (EQR) validados por la Comisión Europea (2013) para la asignación de las categorías de Calidad Ecológica (EQ) según los resultados obtenidos por el índice CFR.

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 del hábitat

A nivel de "broad habitat type-BHT", el infralitoral rocoso de la demarcación noratlántica se corresponde con el hábitat MB12 de "Roca infralitoral atlántica" de EUNIS (nivel 3), o el hábitat 0301 "Piso infralitoral rocoso y otros sustratos duros" (nivel 2) de la Lista Patrón de Hábitats Marinos presentes en España.

En su gran mayoría se trata de fondos formados por grandes lascas de roca, bloques grandes o medianos, y en menor proporción está parcheado con zonas de arenas o gravas. La parte más oriental de la demarcación (Hondarribia, País Vasco) presenta la mayor diversidad de tipologías de fondo muestreado.

Se trata de un hábitat predominantemente dominado por un sustrato algal, tanto de macroalgas (en ocasiones formadoras de bosques) como de algas incrustantes, pero con presencia también de comunidades faunales, especialmente en las zonas esciáfilas o semi-esciáfilas.

Dentro de los fondos rocosos infralitorales destacan por su importancia ambiental y extensión las comunidades dominadas por macroalgas. Los fondos dominados por *Gelidium corneum* son de gran importancia en la demarcación noratlántica. Son algas frondosas que forman extensas praderas en los fondos batidos, de un intenso color rojo-granate. Se extienden por la zona infralitoral desde el nivel mínimo de bajamar hasta profundidades de más de 20 metros. En Cantabria, Guinda *et al.*, (2012) observaron las máximas abundancias entre 5 y 15 m, mientras que, en las costas de Guipúzcoa, Borja (1987) estimó que prácticamente el 90 % de la biomasa de estas algas se encuentra en los primeros 10 m.

También destacan los bosques de laminarias o quelpos, algas pardas (Cl. Phaeophyceae) que suelen alcanzar un gran porte y que en algunas zonas forman extensos bosques que hace que tengan una gran importancia ecológica y ambiental. Estas comunidades se encuentran presentes a lo largo de toda la costa, especialmente en las costas gallegas que son las que presentan una mayor abundancia y diversidad de este hábitat.

En las zonas de lechos horizontales o inclinados, pero bien iluminados, coexiste con el sustrato algal predominante una rica y diversa comunidad faunal formada principalmente por esponjas incrustantes, moluscos (mayoritariamente moluscos bivalvos litófagos), cnidarios (antozoos como el pequeño coral *Balanophyllia regia* e hidrozoos como Aglaofénidos), equinodermos (holoturias como *Holothuria forskali* y erizos como *Paracentrotus typicus* o *Sphaerechinus granularis*) y briozoos incrustantes.

En los ambientes esciáfilos o con iluminación atenuada, donde la presencia de las algas se ve impedida, las especies de invertebrados dominan el sustrato, conformando ricas y diversas comunidades caracterizadas por especies epífitas fijadas a la roca, que permiten el asentamiento de otras especies al aumentar la complejidad ambiental y la disponibilidad de alimento, refugio o lugares de puesta. Estas comunidades están dominadas por esponjas incrustantes principalmente, pero también por moluscos (bivalvos y nudibranchios que se alimentan de las esponjas), anélidos poliquetos tubícolas, cnidarios (como la anémona joya *Corynactis viridis* o la margarita de mar *Actinothoe sphyrodeta*), briozoos incrustantes, o tunicados coloniales.

Las especies de peces predominantes en las comunidades infralitorales de sustratos duros recubiertos de algas de la demarcación noratlántica son especies necto-bentónicas que se desplazan próximas al fondo en busca de alimento. Destacan los lábridos como el pinto o maragota (*Labrus bergylta*), julias (*Coris julis*) o romeros (*Symphodus* spp.) y de menor tamaño encontramos la falsa vieja (*Centrolabrus*



exoletus) o el tabernero (*Ctenolabrus rupestris*), junto con los espáridos como sargos (*Diplodus spp.*) o bogas (*Boops boops*) entre otros.

Ocultándose en las oquedades de los fondos rocosos encontramos especies crípticas de peces, como blénidos (*Parablennius spp.*) y rascacios (*Scorpaena spp.*), así como ejemplares juveniles protegiéndose de los depredadores. Estas oquedades también sirven de refugio a predadores como cabrillas (*Serranus cabrilla*) o congrios (*Conger conger*).

3.1.2. Mapa del hábitat (polígonos EMODnet vs puntos IEO)

En la Figura 5 se observan los puntos de muestreo realizados durante las campañas INFRANOR_0722 e INFRANOR_0623 y su coincidencia con la capa de hábitats generada por EMODnet. Se observan 4 puntos de muestreo (el 10 % del total de los realizados) que no coinciden con el hábitat de roca infralitoral y arrecife biogénico observado en el muestreo, localizados en las Rías Baixas (1), en la parte occidental de Asturias (2), y en la parte oriental del País Vasco (1).

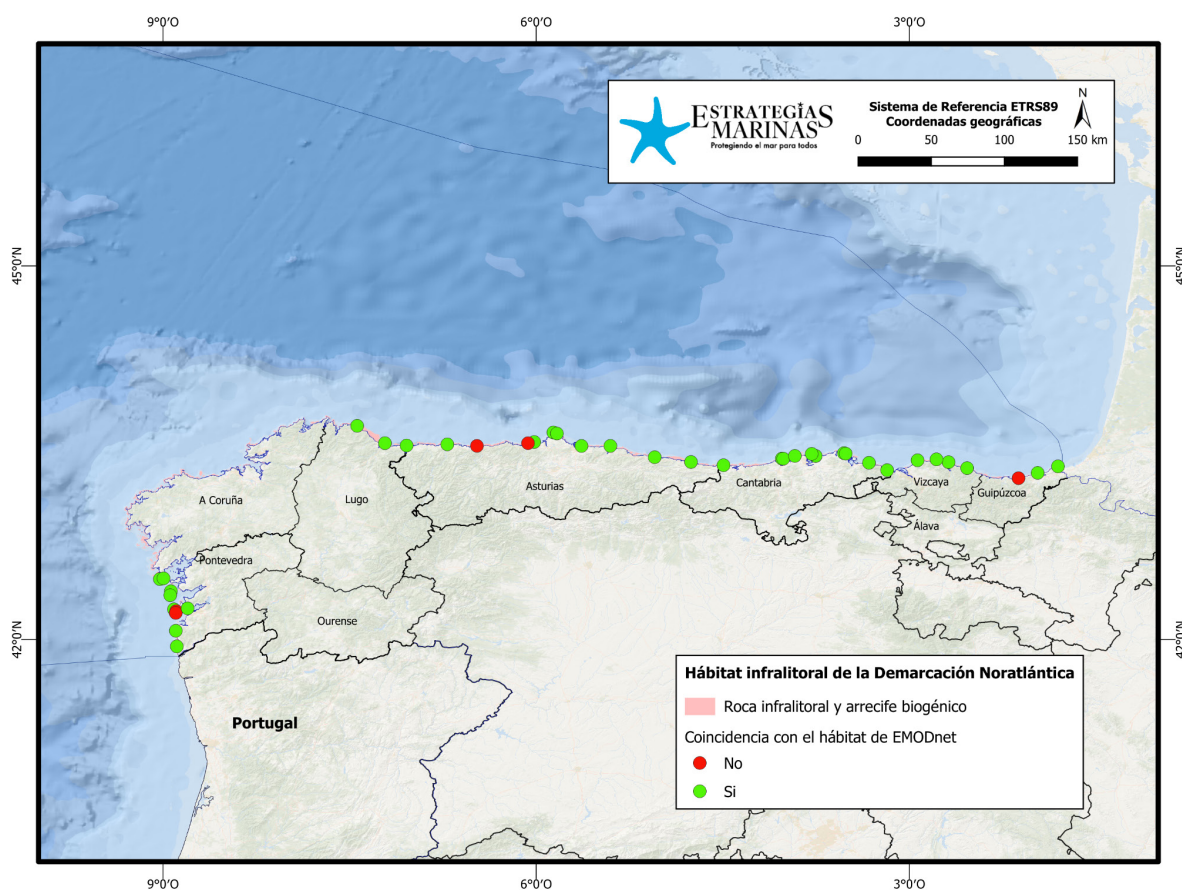


Figura 6. Mapa del hábitat infralitoral rocoso y arrecife biogénico.



3.1.3. Especies características del hábitat en la demarcación

Algas

Para obtener las especies características de macroalgas en la demarcación se ha utilizado el porcentaje de presencia de cada especie, cuando se ha encontrado en más de un 10 % del total de los transectos. El mayor porcentaje de presencia lo tiene el alga parda *Dictyota dichotoma*, que aparece en un número elevado de transectos, como especie acompañante a lo largo de toda la demarcación. A continuación, se encuentra el alga roja *Gelidium corneum*, especie formadora del hábitat más abundante dentro de la demarcación. *Saccorhiza polyschides*, con un 61,42 % de presencia, es la especie formadora del segundo hábitat más abundante que se ha caracterizado. En general se puede apreciar una mayor abundancia de algas pardas con respecto a las rojas.

Tabla 8. Listado de especies características de macroalgas de la demarcación noratlántica. *ARCI: alga roja calcárea incrustante.

Especie/taxa	% Frecuencia
<i>Dictyota dichotoma</i>	74,80
<i>Gelidium corneum</i>	69,29
<i>Codium sp.</i>	64,57
<i>Saccorhiza polyschides</i>	61,42
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	57,48
ARCI*	56,69
<i>Asparagopsis armata</i>	55,91
<i>Cystoseira baccata</i>	49,61
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	47,24
<i>Peyssonnelia sp.</i>	42,52
Turf	41,73
<i>Chondria coerulescens</i>	40,16
<i>Cladostephus spongiosus</i>	38,58
<i>Plocamium cartilagineum</i>	38,58
<i>Corallina sp.</i>	33,86
<i>Ulva sp.</i>	33,86
<i>Desmarestia ligulata</i>	31,50
<i>Taonia atomaria</i>	28,35
<i>Corallina officinalis</i>	22,83
<i>Dictyota cyanoloma</i>	20,47
<i>Zanardinia typus</i>	19,69



Especie/taxa	% Frecuencia
<i>Calliblepharis ciliata</i>	18,11
<i>Heterosiphonia plumosa</i>	18,11
<i>Dictyota dichotoma</i> var. <i>intricata</i>	16,54
<i>Halopteris</i> sp.	16,54
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	13,39
<i>Jania Rubens</i>	13,39
<i>Spatoglossum solieri</i>	13,39
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	11,02
<i>Phyllophora crispa</i>	10,24

Además, se identificaron las especies oportunistas 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 asimilaban a oportunistas, puesto que representan un grado de deterioro del sistema.

Tabla 9. Listado de especies oportunistas de macroalgas de la demarcación noratlántica.

Especie/taxa
<i>Asparagopsis armata</i>
<i>Blidingia</i> sp..
<i>Bryopsis</i> sp.
<i>Ceramium</i> sp.
<i>Chaetomorpha</i> sp.
<i>Cladophora</i> sp.
<i>Codium fragile</i>
<i>Dictyota cyanoloma</i>
<i>Ectocarpales</i>
<i>Rhizoclonium</i> sp.
<i>Sargassum muticum</i>
Turf
<i>Ulva</i> sp.

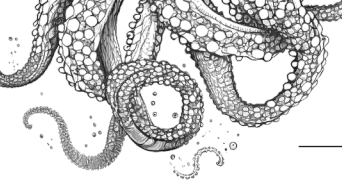


Invertebrados

Las especies de invertebrados característicos de la demarcación se han definido como aquellas cuyo porcentaje de frecuencia de aparición en los transectos realizados en la demarcación supera el 10 % (Tabla 10). Se trata principalmente de esponjas incrustantes, pero también se encuentran moluscos, equinodermos, cnidarios y briozoos. Tres especies son encontradas muy frecuentemente, en cerca del 50 % de los transectos realizados a lo largo de toda la demarcación: la esponja incrustante roja *Crambe crambe*, el bivalvo litófago *Rocellaria dubia* que aparece en grandes abundancias bajo las costras de las algas coralíneas incrustantes, y el pepino de mar negro *Holothuria forskali*.

Tabla 10. Especies de invertebrados característicos de la demarcación noratlántica y su frecuencia relativa de aparición en los transectos realizados en toda la demarcación.

Especie/taxa	% Frecuencia
<i>Crambe crambe</i>	57,85
<i>Rocellaria dubia</i>	49,59
<i>Holothuria forskali</i>	47,11
<i>Cliona celata</i>	31,40
<i>Balanophyllia regia</i>	28,93
<i>Sphaerechinus granularis</i>	23,14
Complejo <i>Anemonia sulcata/viridis</i>	20,66
<i>Darwinella</i> sp.	16,53
<i>Felimare tricolor</i>	15,70
<i>Paracentrotus lividus</i>	15,70
<i>Electra pilosa</i>	14,88
<i>Marthasterias glacialis</i>	14,05
<i>Phorbas fictitius</i>	13,22
<i>Clathrina coriacea</i>	12,40
<i>Aglaophenia</i> spp	11,57
Briozoo incrustante naranja	11,57
<i>Echinaster sepositus</i>	11,57
<i>Tritia</i> sp.	11,57
<i>Sycon ciliatum</i>	10,74



Peces

En los 220 transectos realizados, se registraron hasta 66 especies de peces pertenecientes a 23 familias. Las familias dominantes fueron los lábridos, llegando casi a alcanzar el 50 % de las especies observadas, seguidos de los blénidos, siendo la familia más representativa de las especies crípticas con un 16 %.

Las especies de peces características de la demarcación se han definido como aquellas cuyo porcentaje de frecuencia de aparición en los transectos realizados en la demarcación supera el 10 % (Tabla 11). Se trata principalmente de especies bentopelágicas como lábridos, siendo el pinto o maragota (*Labrus bergylta*) la especie más frecuente en toda la demarcación, presente en todos los puntos de muestreo y en más del 80 % de los transectos (Figura 6). También encontramos otros lábridos como julias (*Coris julis*) o porredanas (*Symphodus melops*) seguidas de serránidos y espáridos. También encontramos en el listado de especies características, especies crípticas de góbidos y blénidos destacando *Parablennius pilicornis* en el que se observa su marcado diformismo sexual.

Tabla 11. Especies características de la demarcación noratlántica y su frecuencia de aparición en los transectos realizados en toda la demarcación.

Especie/taxa	% Frecuencia
<i>Labrus bergylta</i>	86,30
<i>Coris julis</i>	71,23
<i>Symphodus melops</i>	67,58
<i>Serranus cabrilla</i>	58,90
<i>Diplodus vulgaris</i>	55,71
<i>Centrolabrus exoletus</i>	46,58
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	46,12
<i>Parablennius pilicornis</i>	44,29
<i>Diplodus sargus</i>	35,62
<i>Pomatochistus flavescens</i>	32,42
<i>Boops boops</i>	25,57
<i>Mullus surmuletus</i>	19,63
<i>Parablennius gattorugine</i>	18,26
<i>Symphodus bailloni</i>	17,81
<i>Tripterygion delaisi</i>	15,98
<i>Labrus mixtus</i>	12,79
<i>Oblada melanura</i>	12,33
<i>Scorpaena porcus</i>	11,87
<i>Spondylisoma cantharus</i>	10,96

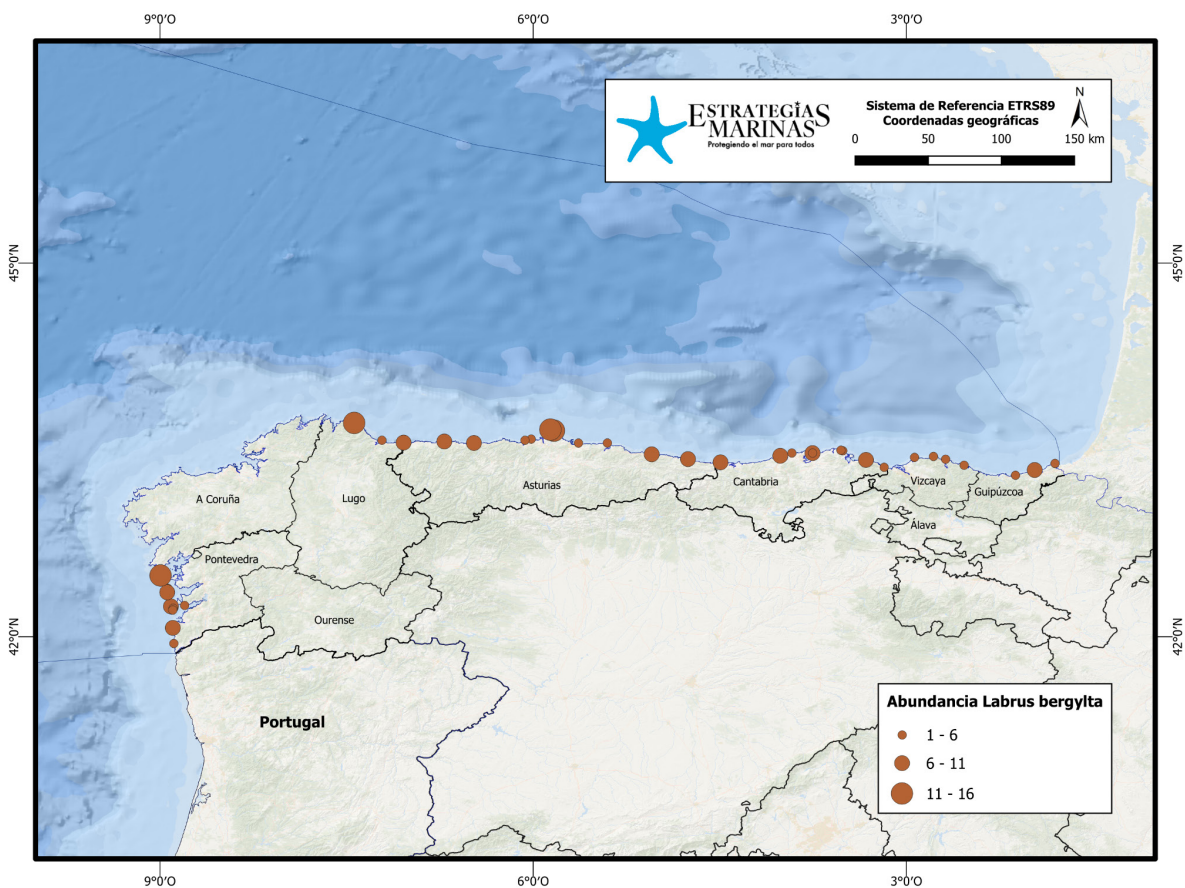
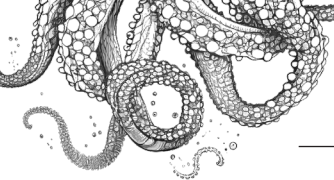


Figura 7. Mapa de abundancia del durdo *Labrus bergylta*.

Ichtiofauna de interés comercial o recreativo

Ciertas especies características de la demarcación presentan gran interés pesquero, tanto comercial como recreativo. Algunas de las especies observadas poseen un elevado valor económico, pero el número de ejemplares observados es muy bajo, por lo que no se encuentran en el listado de especies características de la demarcación. Según aumenten el número de muestreos y ejemplares observados se podrán incluir en los análisis, pudiendo observar su evolución temporal, ya que presentan gran impacto ante las presiones pesqueras.

Las especies de interés comercial encontradas en la demarcación noratlántica que aparecen en el listado del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente o en la bibliografía, se encuentran representadas en la siguiente tabla.

Tabla 12. Especies de peces de interés comercial en la demarcación y su fuente de información.

Especies	Referencia bibliográfica
<i>Boops boops</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Conger conger</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Coris julis</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria



Especies	Referencia bibliográfica
	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Diplodus cervinus</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Diplodus puntazzo</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Diplodus sargus</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Diplodus vulgaris</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Labrus bergylta</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Labrus mixtus</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Mullus surmuletus</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Oblada melanura</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Pagellus erythrinus</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Pagrus pagrus</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Pollachius pollachius</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Raja clavata</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Raja undulata</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Scomber scombrus</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Scomberesox saurus</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Scorpaena notata</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Scorpaena porcus</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Scorpaena scrofa</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Serranus cabrilla</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Solea solea</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Sparus aurata</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria
<i>Trachurus trachurus</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Trisopterus luscus</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<i>Trisopterus minutus</i>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente



3.1.3.1. Especies catalogadas de la demarcación

Las especies de algas catalogadas encontradas en la demarcación son las dos especies formadoras de maërl, *Lithothamnion corallioides* y *Phymatholithon calcareum*, y los bosques de *Laminaria* y *Saccorhiza*.

En cuanto a los invertebrados, se han encontrado las especies *Eunicella verrucosa* (Pallas, 1766), y *Sabellaria* sp. La gorgonia verrugosa *Eunicella verrucosa* se ha encontrado en Cantabria (Sonabia) y en País Vasco (Pasaia) aunque en muy bajas abundancias. Es una especie de gran importancia ya que está catalogada como vulnerable por la IUCN, pudiendo verse afectada por el buceo recreativo, el coleccionismo, el fondeo de embarcaciones, o las artes de pesca abandonadas.

El anélido poliqueto *Sabellaria* sp se ha encontrado en una localización de Galicia, (Miodelo, al sur de Pontevedra), formando un arrecife de cinco metros de largo, embebido en un hábitat de *Saccorhiza polyschides* de mayor extensión. Los arrecifes de *Sabellaria* sp están incluidos en la Directiva de Hábitat catalogados como hábitat 1170-arrecifes, y en la comisión OSPAR como hábitats amenazados o en declive, bajo la premisa de que estos arrecifes sirven como puntos de alta biodiversidad de especies que se fijan a ellos o se refugian en ellos. Se ven afectados por la contaminación, rotura por construcción de infraestructuras o por acción humana por pisoteo.

No se han encontrado especies de peces catalogadas en la Lista Roja de IUCN.

3.1.4. Principales presiones

Las principales actividades y presiones que afectan al infralitoral rocoso están relacionadas con las alteraciones físicas (desde alteraciones del fondo marino a usos urbanos), químicas (procedentes de depuraciones de agua o industria), extractivas (pesca y recolección de algas) y contaminantes (químicos o basuras) (Tabla 13).

Tabla 13. Principales actividades humanas y presiones ejercidas sobre el hábitat infralitoral rocoso y arrecifes biogénicos.

Hábitat	Actividad	Presión
Infralitoral rocoso y arrecifes biogénicos	Reestructuración de la morfología del fondo marino, incluido el dragado y el depósito de materiales.	Perturbaciones físicas del fondo marino (temporales o reversibles); Pérdidas físicas (debido a un cambio permanente del sustrato o la morfología del fondo marino y a la extracción de sustrato del fondo marino).
	Usos urbanos	Perturbaciones físicas del fondo marino (temporales o reversibles); Pérdidas físicas (debido a un cambio permanente del sustrato o la morfología del fondo marino y a la extracción de sustrato del fondo marino).
	Infraestructuras de turismo y ocio	Perturbaciones físicas del fondo marino (temporales o reversibles); Pérdidas físicas (debido a un cambio permanente del sustrato o la morfología del fondo marino y a la extracción de sustrato del fondo marino).



3.1.5. Datos de ambiente

Los fondos rocosos infralitorales de la costa norte española se extienden a lo largo de toda la zona de estudio en aproximadamente 908 km². En general, prácticamente la mitad de los fondos infralitorales de la demarcación noratlántica son rocosos, siendo el País Vasco la comunidad con una mayor proporción de este tipo de fondos (58,3 %) y Galicia (40,55 %) la que presenta una menor extensión, debido a los fondos blandos de las rías. El fondo marino del hábitat infralitoral rocoso y arrecife biogénico de la demarcación noratlántica, se trata principalmente de fondos formados por grandes lascas de roca, bloques grandes o medianos, y en menor proporción está parcheado con zonas de arenas o gravas (Figura 7). Toda la demarcación presenta un fondo homogéneo de roca, siendo la parte más oriental, Hondarribia en el País Vasco, la que presenta mayor diversidad en la morfología.

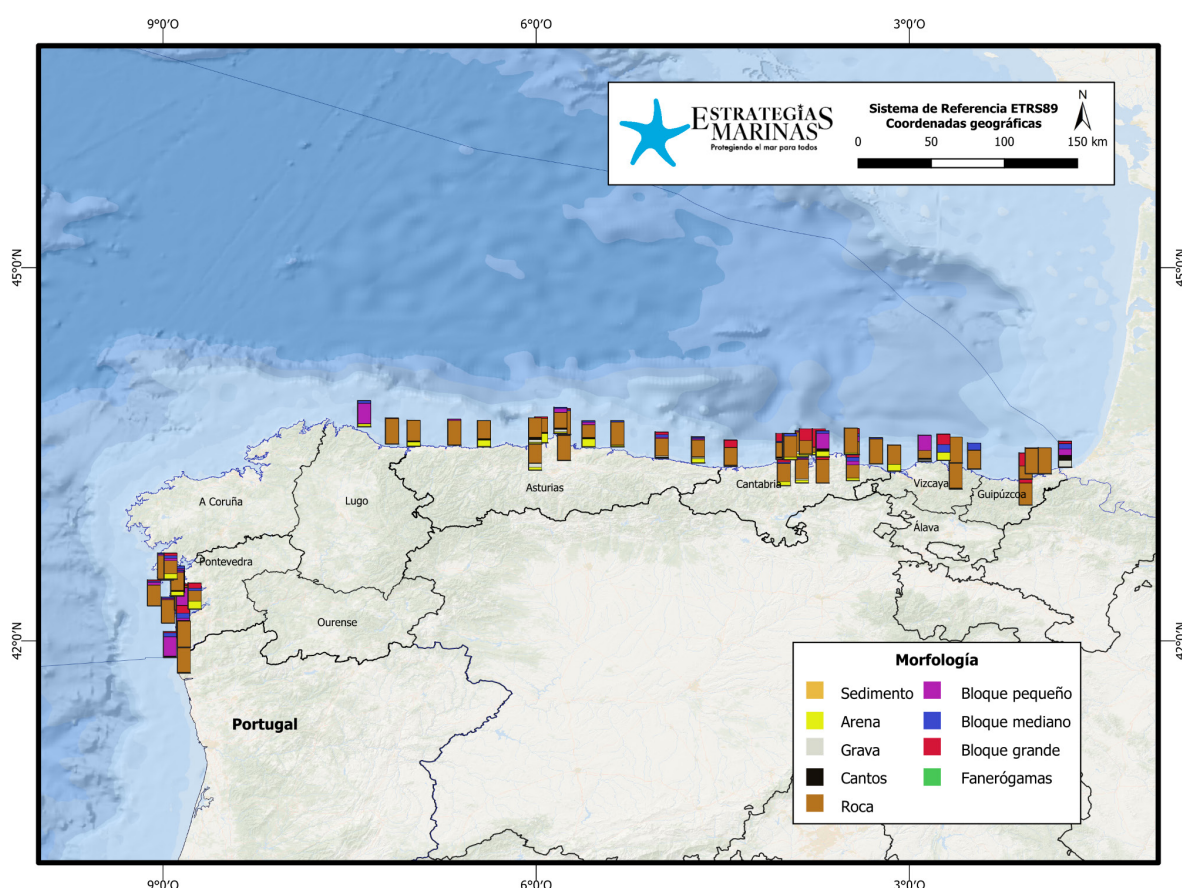


Figura 8. Morfología de la demarcación noratlántica.

En cuanto a la profundidad, los muestreos se han realizado entre los 5 y 18 metros, con una profundidad media de 10 metros (datos de profundidad corregida teniendo en cuenta las mareas), siendo el punto de muestreo más superficial el situado en la isla de Ons, y el de mayor profundidad en la parte exterior de la isla de Sálvora.

La temperatura del agua se encontraba entre los 14°C y 22°C con una media de 18,58°C. En la Figura 8 se puede observar el gradiente de temperatura, siendo la zona occidental (Galicia) más fría que la zona oriental (País Vasco). La estación más fría es Sálvora, tanto Sálvora exterior e interior, junto con Pechón, las tres estaciones presentan una temperatura de 14°C. La temperatura de Sálvora exterior coincide con el transecto muestreado de mayor profundidad (18 metros). El resto de estaciones, tanto Sálvora interior muestreada en 2023 como Pechón en Cantabria muestreado en 2022 se encuentran a la profundidad media de muestreo (10 metros). La estación con mayor temperatura registrada es Ontón



(Cantabria). Cabe destacar la presencia de *Cystoseira baccata* en los puntos con mayor temperatura como Ontón con 22°C y Lekeitio (País Vasco) con 20°C y la presencia de *Saccorhiza polyschides* en la zona más occidental (Pontevedra), en las rías bajas de Galicia, coincidiendo con las temperaturas más bajas registradas.

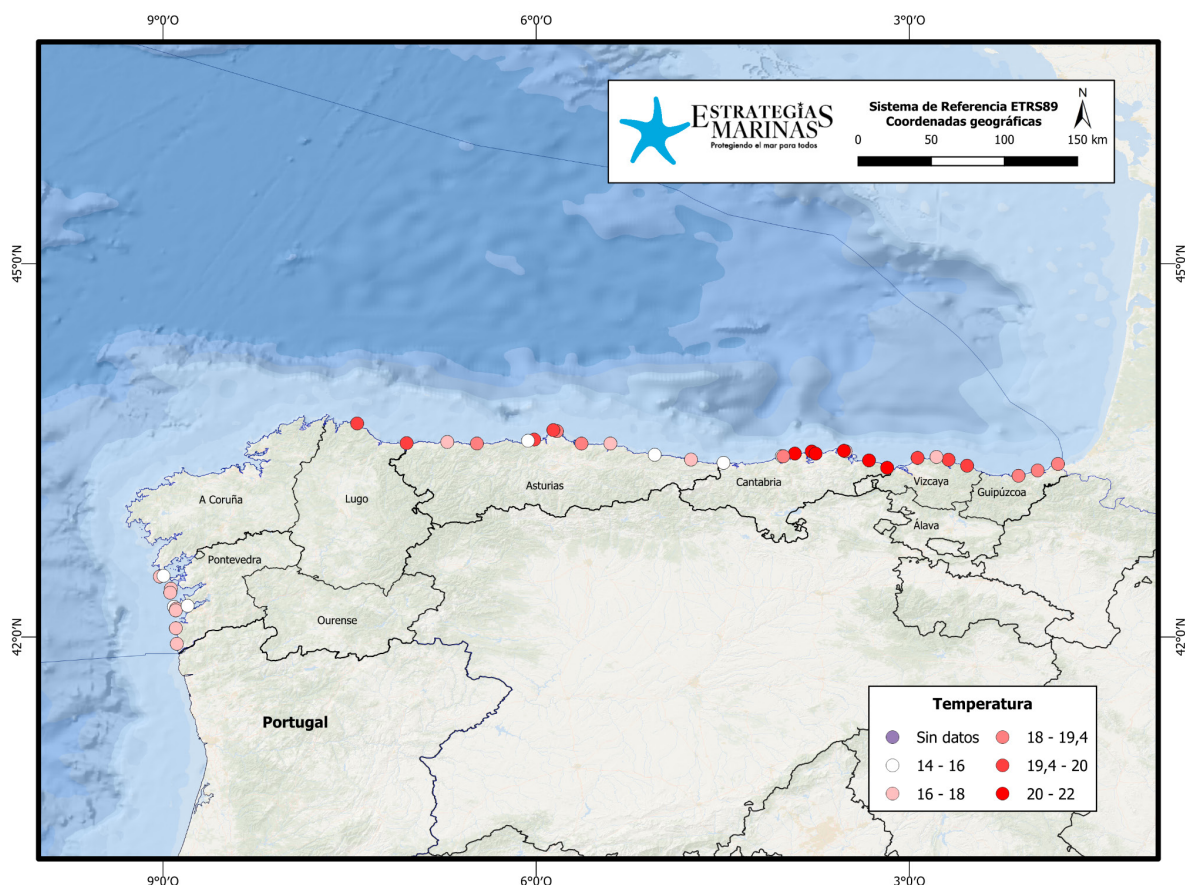


Figura 9. Temperatura (°C) de la demarcación noratlántica.

3.1.6. Índices ambientales del BHT: BH2 mod. (multimétricos)

Se calcularon los siguientes índices para las especies de algas, invertebrados y peces:

- Porcentaje de especies sensibles: calculadas por macroalgas a partir de los datos de categorías biológicas. Y por los invertebrados, a partir del índice IRIS, procedente de los datos de especie características del BHT, y de ellas, las especies sensibles a las presiones físicas.
- Porcentaje de especies de invertebrados formadoras de hábitat (HFS): calculado a partir de las especies con potencial para formar hábitat (por su porte, o por alterar las condiciones del medio permitiendo formar un ambiente diferente y por tanto un hábitat distinto).
- Índices univariantes: tanto de algas como invertebrados como peces; riqueza de especies (S), abundancia (N), riqueza de Margalef (d), equitatividad de Pielou (J'), y diversidad de Shannon (H').

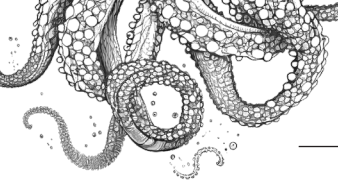
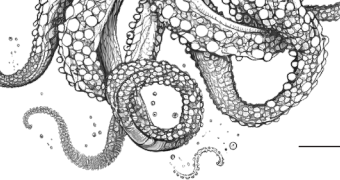


Tabla 14. Índices utilizados para la determinación de la condición del hábitat infralitoral rocoso para las especies de macroalgas.

Zona	% Especies sensibles	S	N	d	J'	H'(loge)
Sonabia	37,34	17,00	100,00	3,47	0,83	2,36
Conejera	58,73	6,50	100,00	1,19	0,72	1,25
Pechón	48,84	10,25	100,00	2,01	0,69	1,56
Solita	57,65	8,25	100,00	1,57	0,58	1,12
Mesa	38,23	12,25	100,00	2,44	0,73	1,82
Ontón	60,07	12,00	100,00	2,39	0,55	1,36
Arnia	57,58	13,50	100,00	2,71	0,79	2,05
Cabo Mayor	42,02	18,50	100,00	3,80	0,63	1,85
Sálvora ext	51,90	10,00	100,00	1,95	0,68	1,57
Sálvora int	72,66	11,00	100,00	2,17	0,77	1,85
Cíes ext	59,62	9,00	100,00	1,74	0,58	1,28
Cíes int	31,43	13,33	100,00	2,68	0,87	2,23
Miodelo	50,70	10,25	100,00	2,01	0,82	1,88
La Rubia	35,18	13,00	100,00	2,61	0,69	1,75
Ons ext	76,40	9,00	100,00	1,74	0,43	0,91
Ons int	52,34	14,00	100,00	2,82	0,79	2,07
Viños	92,23	10,67	100,00	2,10	0,55	1,26
Pasaia	14,60	12,50	100,00	2,50	0,80	2,02
Hondarribia	44,57	14,00	100,00	2,82	0,66	1,74
Orio	37,18	12,50	100,00	2,50	0,72	1,81
Lekeitio	39,79	14,50	100,00	2,93	0,73	1,94
Izaro	1,74	15,33	100,00	3,11	0,68	1,85
Cabo Bilano	16,28	18,00	100,00	3,69	0,82	2,36
San Juan de Gazte.	53,00	13,75	100,00	2,77	0,76	1,98
Mouro ext	15,81	6,50	100,00	1,19	0,62	1,21
Mouro int	3,39	9,33	100,00	1,81	0,57	1,29



Zona	% Especies sensibles	S	N	d	J'	H'(loge)
Ribadeo	55,80	11,67	100,00	2,32	0,78	1,92
Os Faraions	21,59	15,50	100,00	3,15	0,80	2,16
Castro de Fazouro	77,60	9,25	100,00	1,79	0,53	1,15
Cabo Busto	18,83	13,33	100,00	2,68	0,78	2,00
Navia	41,33	10,00	100,00	1,95	0,81	1,84
Avilés	17,21	15,50	100,00	3,15	0,68	1,84
Nalón	3,93	10,00	100,00	1,95	0,80	1,82
Cabo Peñas W	25,57	12,75	100,00	2,55	0,85	2,11
Cabo Peñas E	42,05	13,75	100,00	2,77	0,80	2,09
Villaviciosa	40,00	15,50	100,00	3,15	0,83	2,27
Gijón	39,80	14,50	100,00	2,93	0,86	2,30
Llanes	41,39	14,50	100,00	2,93	0,78	2,04
Ribadesella	30,24	16,67	100,00	3,40	0,78	2,20

Tabla 15. Índices utilizados para la determinación de la condición del hábitat infralitoral rocoso para las especies de invertebrados.

Zona	% Especies sensibles	% HFS	S	N	d	J'	H'(loge)
Sonabia	3,38	14,81	6,33	14,56	2,15	0,81	1,47
Conejera	3,01	2,53	6	15,89	1,9	0,81	1,34
Pechón	33,08	8,14	5	10,83	1,95	0,95	1,5
Solita	1,62	1,19	5,75	12,01	1,92	0,87	1,49
Mesa	0,53	0,29	7,33	20,85	2,08	0,83	1,65
Ontón	0,2	5,62	5,75	14,52	1,75	0,68	1,17
Arnia	23,26	0	3	6,84	1,03	0,72	0,78
Cabo Mayor	3,79	1,03	4	14,5	1,07	0,61	0,84
Sálvora ext	2,7	22,5	7,5	8,63	3,05	0,98	1,95
Sálvora int	5,23	1,49	16	54,46	3,78	0,58	1,61
Cíes ext	1,76	62,5	10,33	17	3,3	0,86	2
Cíes int	31,27	14,34	17	26,5	4,87	0,92	2,6



Zona	% Especies sensibles	% HFS	S	N	d	J'	H'(loge)
Modelo	0,77	27,06	10	20,67	3,08	0,9	2,02
La Rubia	0	7,69	5,67	12,69	1,97	0,76	1,31
Ons ext	0,67	3,36	5,5	8,33	2,11	0,94	1,56
Ons int	0,68	75,96	9,25	20,01	2,76	0,85	1,87
Ría de Vigo	7,88	38,94	11,67	52,58	2,76	0,79	1,62
Viños	1,17	20,77	12,67	30,87	3,39	0,87	2,15
Pasaia	19,61	7,84	8	16,47	2,63	0,91	1,72
Hondarribia	11,7	8,47	6,75	27,18	1,96	0,77	1,39
Orio	12,46	2,5	7	18,31	2,31	0,77	1,45
Lekeitio	7,5	0,33	5,75	32,65	1,39	0,76	1,27
Izaro	9,46	0,83	4,5	20,33	1,17	0,62	0,94
Cabo Bilano	0	0,79	4,33	20,48	1,13	0,6	0,87
San Juan de Gazte.	1,15	0	6	26,31	1,53	0,82	1,47
Mouro ext	0,68	5,56	9	19,6	2,69	0,72	1,58
Mouro int	0,63	5,26	3,67	13,15	1,03	0,72	0,93
Ribadeo	5,68	6,32	9,5	20,61	2,81	0,9	2
Os Faraions	0	10,7	9	16,72	2,82	0,9	1,95
Castro de Fazouro	2,18	8,08	12	18,77	3,74	0,94	2,27
Cabo Busto	6,91	10,71	7,67	9,63	2,91	0,97	1,73
Navia	8,21	19,4	9	11,22	3,27	0,96	2,05
Avilés	0,28	0,2	5,25	22,5	1,6	0,74	1,19
Nalón	5,19	9,38	5	8,5	1,86	0,9	1,44
Cabo Peñas W	1,09	24,14	9	12,12	3,18	0,93	2,03
Cabo Peñas E	1,07	12,95	12	18,98	3,78	0,9	2,23
Villaviciosa	10,26	1,72	5,5	19,01	1,57	0,72	1,22
Gijón	0,14	0,16	6	24,1	1,57	0,55	0,98
Llanes	12,29	5,08	6,5	26,46	1,64	0,66	1,17
Ribadesella	1,85	1,72	8,33	23,35	2,32	0,67	1,41



Tabla 16. Índices utilizados para la determinación de la condición del hábitat infralitoral rocoso para las especies de peces.

Zona	S	N	d	J'	H'(log2)
Sonabia	8,83	180,83	1,55	0,7	2,13
Conejera	7,6	257	1,52	0,79	2,31
Pechón	5,5	72,17	1,07	0,8	1,88
Solita	6,17	402,5	1,06	0,56	1,37
Mesa	8,6	187,2	1,5	0,72	2,14
Ontón	8,17	153,33	1,46	0,57	1,69
Arnia	6,17	46,17	1,39	0,77	2,01
Cabo Mayor	11,5	181,75	2,08	0,72	2,51
Sálvora ext	8,4	164	1,61	0,71	2,15
Sálvora int	10,67	1055	1,4	0,32	1,11
Cíes ext	4,5	114,17	0,94	0,53	1,14
Cíes int	10,75	2294,25	1,31	0,3	1,02
Miodelo	5,33	33	1,29	0,85	1,92
La Rubia	6,83	47,83	1,54	0,85	2,32
Ons ext	5,75	88,5	1,29	0,72	1,72
Ons int	5,4	558,2	0,71	0,29	0,68
Ría de Vigo	11,67	1682,33	1,48	0,42	1,36
Viños	6,17	606,83	0,82	0,35	0,98
Pasaia	7,75	91,75	1,55	0,82	2,4
Hondarribia	8,67	108,67	1,65	0,71	2,21
Orio	10	107,83	1,94	0,77	2,55
Lekeitio	9,83	272,33	1,74	0,67	2,2
Izaro	8,83	85,17	1,78	0,82	2,51
Cabo Bilano	8,67	81	1,76	0,75	2,31
San Juan de Gazte.	9	484,17	1,51	0,46	1,42



Zona	S	N	d	J'	H'(log2)
Mouro ext	9,2	104,2	1,78	0,83	2,63
Mouro int	12	115	2,38	0,87	3,12
Ribadeo	8,6	111,8	1,65	0,79	2,46
Os Faraions	12,83	256,5	2,22	0,7	2,54
Castro de Fazouro	9,8	595,2	1,46	0,47	1,54
Cabo Busto	7,8	111,6	1,44	0,73	2,19
Navia	8	96,8	1,54	0,81	2,43
Avilés	4,75	26,5	1,17	0,9	1,89
Nalón	7,25	61,25	1,51	0,84	2,33
Cabo Peñas W	8,5	183,83	1,49	0,76	2,31
Cabo Peñas E	8,67	201,67	1,49	0,71	2,17
Villaviciosa	8,67	200,33	1,56	0,74	2,27
Gijón	4,75	29,25	1,13	0,84	1,87
Llanes	9,33	75	1,94	0,84	2,7
Ribadesella	7,4	59,6	1,56	0,87	2,47

3.1.7. HB-DMA: CFR, IRIS

Como resultado de aplicar el índice de calidad de los fondos rocosos o CFR (The Quality of Rocky Botooms index, Guinda *et al.*, 2014) se muestra el estado ambiental de los fondos rocosos de la demarcación noratlántica con los siguientes valores resultantes (Tabla 17).

Tabla 17. Resultado de aplicar el índice CFR en la demarcación.

EQR	Nº estaciones	% Total
High	7	17,95 %
Good	18	46,15 %
Moderate	10	25,64 %
Poor	4	10,26 %
Bad	0	0,00 %



Como se observa en la Tabla 17, la mayoría de las estaciones tienen un valor EQR alto o bueno, un 25 % moderado, y sólo 4 estaciones con valor pobre. No existe ninguna estación con un valor EQR malo.

Los resultados de la aplicación del índice IRIS en los invertebrados del BHT-infralitoral rocoso de la demarcación norte muestran una muy baja o nula proporción de especies sensibles a las presiones físicas en 10 localizaciones; País Vasco: Cabo Bilano, en Cantabria: isla de Mouro, Mesa y Ontón, Asturias: Avilés y Gijón, Lugo: Os Faraions, y Rías Baixas: isla de Ons, Miodelo y la Rubia. Estas localizaciones tienen menos de un 1 % de abundancia relativa de especies sensibles a las presiones físicas, y por tanto una mala condición del hábitat.

El punto de País Vasco presenta una baja diversidad y abundancia de especies con respecto al resto de los puntos de la comunidad, y los contiguos de la comunidad de Cantabria. En este punto se observa una alta cantidad de sedimento en suspensión y una elevada presencia y porcentaje de cobertura de la especie de briozoo introducido *Beania serrata*.

3.1.8. Evaluación BHT

Debido a que no hay datos de extensión muestreada mínima suficiente como para poder realizar una evaluación con los datos de presiones antrópicas, el resultado de la evaluación de estado ambiental es desconocido (Figura 9).

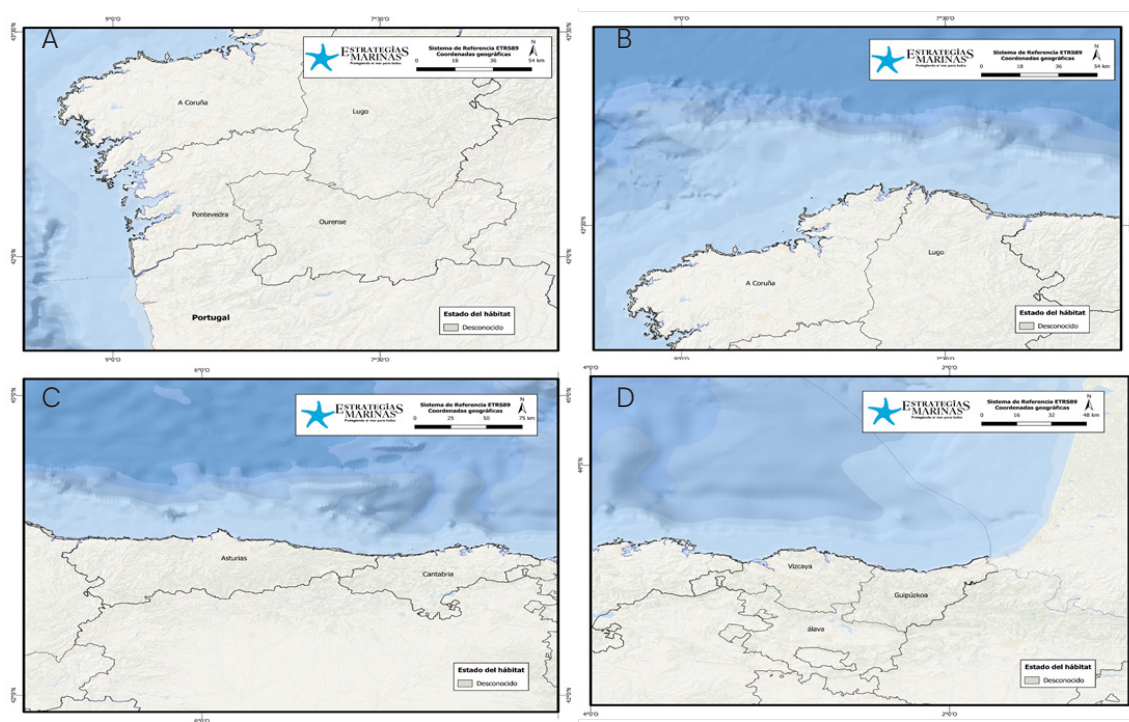


Figura 10. Distribución y estado del BHT Roca infralitoral y arrecife biogénico en la demarcación noratlántica. Detalle por regiones. A. Rías Baixas. B. Rías Altas. C. Asturias y Cantabria. D. País Vasco.

La evaluación del estado ambiental del hábitat infralitoral rocoso se ha realizado principalmente mediante el uso del índice de calidad de los fondos rocosos-CFR. Se trata de un indicador de la DMA, por lo que da información sobre la calidad de las masas de agua. Los umbrales y los resultados de la aplicación de este índice se muestran en el apartado 3.1.3. (Figura 10)

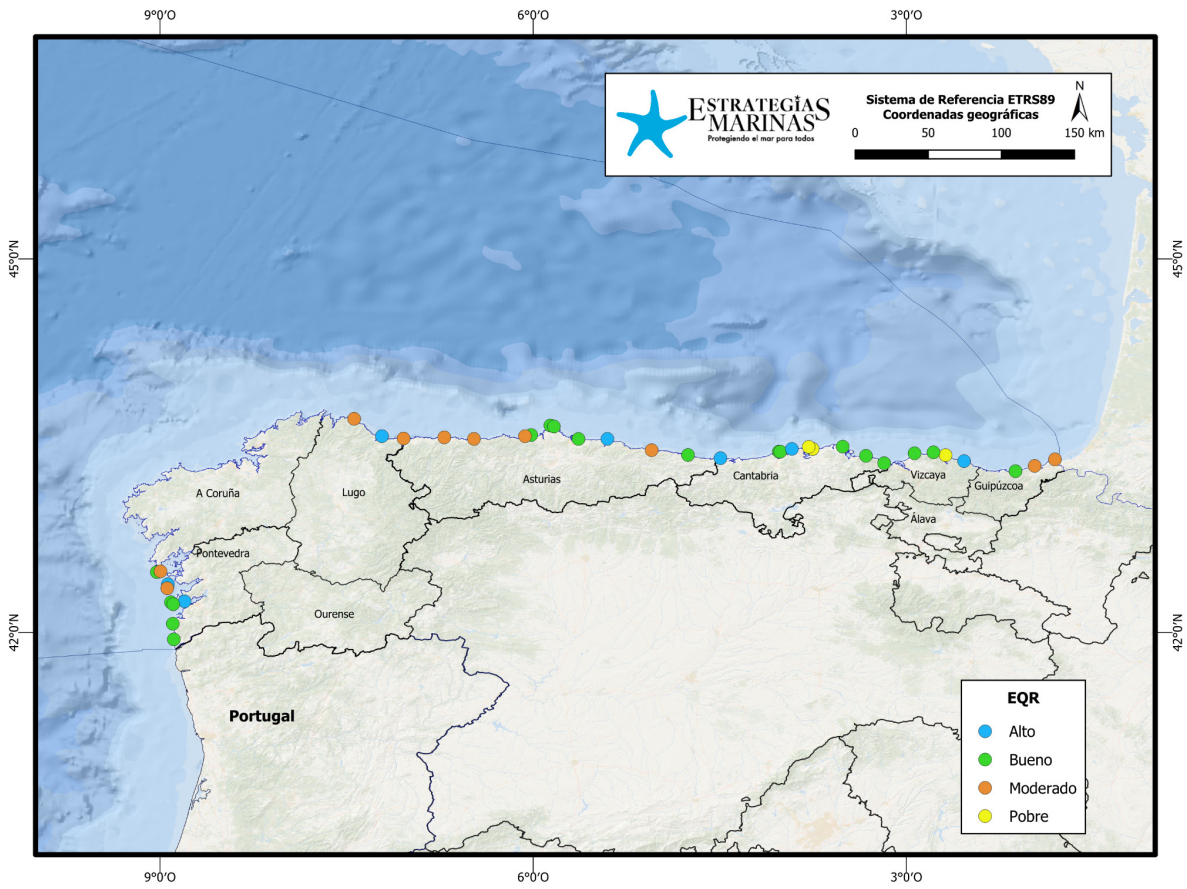
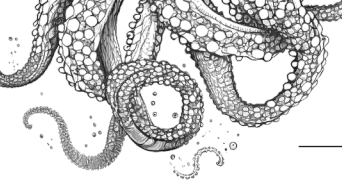
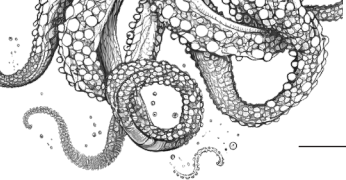


Figura 11. Mapa con los resultados de la aplicación del índice CFR en los puntos muestreados de la demarcación.



3.2. Other Habitat Types

3.2.1. Descripción de los OHT

Algas

En las campañas de prospección realizadas en la demarcación noratlántica y con el posterior análisis estadístico de los datos obtenidos en ellas, se han identificado tres hábitats estructurados por macroalgas.

Para la realización del análisis estadístico se han utilizado los datos de abundancia de las especies de macroalgas, eliminando de los cálculos las zonas en las que se ha encontrado arena, rocas u otras condiciones en las que el sustrato no estaba cubierto por estas.

Es importante comentar que para el análisis de los datos se han eliminado 2 puntos de muestreo completos. En primer lugar, el Dive 1 de la campaña INFRANOR_0722, por no tener datos de un transecto completo para todas las especies; y el Dive 9 de la campaña INFRANOR_0623, por haber sido realizado en un punto con presencia de Maërl y que por lo tanto no refleja la composición real de un hábitat fotófilo de macroalgas.



Roca infralitoral expuesta con *Gelidium* spp.

El hábitat estructurado por la especie de alga rodofícea *Gelidium corneum* es el predominante en la demarcación noratlántica. Se ha observado en 27 de los 39 puntos prospectados y, de forma dominante, desde el País Vasco hasta la frontera entre Asturias y Galicia.

A lo largo de la demarcación el hábitat se muestra en diferentes estados ambientales, que parecen estar relacionados con la variedad de presiones a las que se ve sometido en las diferentes regiones, pero también con la época del año en la que se realizaron los muestreos (en algunas zonas tuvieron lugar en septiembre, momento en que las algas de mayor porte ya muestran una elevada carga epifítica y un aspecto más degradado).

Además, el claro gradiente térmico existente en la demarcación, con temperaturas mucho más elevadas en la zona oriental del País Vasco comparado con las de las rías gallegas, se ha visto reflejado en el aspecto y estado del hábitat, con una colonización importante por especies termófilas en la zona del País Vasco (especies como *Jania* sp., *Ellisolandia elongata*, *Halopithys incurva* o *Cladostephus spongiosus*) y con los talos de *Gelidium* (y también los de otras especies como *Corallina* sp. o *Jania* sp) blanqueados, presumiblemente por efecto de la alta radiación solar (acompañado del incremento en la temperatura).

De este modo, si bien *Gelidium corneum* es la especie dominante en las zonas en las que predomina este hábitat, en ocasiones aparecen ejemplares de *Gongolaria baccata*, *Saccorhiza polyschides* o *Laminaria ochroleuca*, pero nunca formando bosques densos sino como especies acompañantes.

En algunos puntos, el hábitat de *Gelidium corneum* muestra un mosaico más o menos diferenciado con otras formaciones, como las agrupaciones de dictiotales (*Dictyota dichotoma*, *Dictyopteris polypodioides* y *Taonia atomaria*) o agrupaciones más o menos densas de especies más adaptadas a zonas con aporte de sedimentos y materia orgánica como *Halopithys incurva* o *Cladostephus spongiosus*, que en principio corresponden a facies más típicas de modo calmo.

En algunos puntos se aprecian zonas clareadas, que corresponden con zonas degradadas o que han sufrido arranque por explotación de los bosques de *Gelidium corneum*, y donde se observa la presencia de *Chondria coerulescens*. En estas zonas más degradadas, el hábitat aparece sustituido por un césped de especies oportunistas filamentosas ("turf") no diferenciadas, y colonizado por especies de algas invasoras como *Asparagopsis armata*, *Codium fragile* o *Dictyota cyanoloma*.

Tabla 18. Tabla de especies características del hábitat 03010113 "Roca infralitoral expuesta con *Gelidium* spp." * ARCI: Alga Roja Calcárea Incrustante.

GELIDIUM					
Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Gelidium corneum</i>	3,59	7,45	0,99	22,55	22,55
<i>Dictyota dichotoma</i>	2,17	3,84	0,88	11,62	34,17
Turf	2,24	2,91	0,47	8,82	42,99
<i>Codium</i> sp.	1,5	2,21	0,68	6,68	49,67
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	1,21	1,81	0,69	5,48	55,16
<i>Asparagopsis armata</i>	1,21	1,63	0,65	4,95	60,11

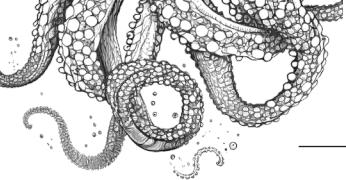


GELIDIUM					
Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	1,3	1,54	0,53	4,66	64,77
<i>Cladostephus spongiosus</i>	1,4	1,53	0,48	4,62	69,39
ARCI*	1,24	1,44	0,53	4,36	73,75
<i>Cystoseira baccata</i>	1,37	1,41	0,45	4,28	78,04
<i>Saccorhiza polyschides</i>	1,04	1,13	0,51	3,44	81,47
<i>Plocamium cartilagineum</i>	1,1	1,04	0,35	3,13	84,61
<i>Peyssonnelia sp</i>	0,86	1,03	0,56	3,12	87,73
<i>Chondria coerulescens</i>	0,9	0,61	0,3	1,85	89,57
<i>Dictyota cyanoloma</i>	0,59	0,42	0,28	1,27	90,84



Figura 12. Arriba izquierda. Ejemplares del alga roja *Gelidium corneum*; Arriba derecha. Campo de *Gelidium corneum*; Abajo izquierda: Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes, con *Crambe crambe*; Abajo derecha. Ejemplar de *Coris julis*.

Como especies de invertebrados acompañantes se encuentra el bivalvo perforador *Rocellaria dubia*, numerosas esponjas entre las que destaca la esponja roja incrustante *Crambe crambe*, o *Cliona celata*, holoturias como *Holothuria forskali*, pequeñas anémonas y corales como *Balanophyllia regia*, nudibranquios como *Felimare tricolor* o erizos como *Sphaerechinus granularis*.



En el caso de las especies acompañantes de peces destaca la presencia de *Coris julis*, *Serranus cabrilla*, *Labrus bergylta*, *Parablennius pilicornis*, *Symphodus melops*, *Ctenolabrus rupestris*, *Diplodus vulgaris*, *Centrolabrus exoletus*, *Pomatoschistus flavescens*, *Boops boops* y *Diplodus sargus*.



Bosque de *Saccorhiza polyschides* sobre roca infralitoral expuesta

Estas comunidades cubren amplias extensiones y dan lugar a lo que se conoce coloquialmente como "bosques de laminarias". El hábitat formado por estos bosques del alga parda *Saccorhiza polyschides* está presente en 9 de las 39 inmersiones realizadas, todas ellas en la zona gallega de las Rías Baixas. *Saccorhiza polyschides* suele encontrarse en la parte superior del piso infralitoral rocoso en zonas de aguas claras y relativamente poco profundas. Sus poblaciones sufren variaciones estacionales debido al ciclo que presentan, desaparecen durante el invierno y forman densos bosques durante la época estival. Esta temporalidad se ha observado durante las campañas realizadas en el año 2023, con diferencias visibles entre los ejemplares observados en el mes de junio en las Rías Baixas, con un porte y densidad elevados, en relación con los encontrados en el mes de septiembre en Asturias, donde se encontraron las láminas degradadas y ejemplares dispersos.

En zonas degradadas se observa como *Chondria coerulescens* ocupa su espacio, además de especies invasoras como *Asparagopsis armata*. En otras zonas con menos perturbaciones se puede observar acompañada por especies como *Cystoseira baccata*, *Cystoseira usneoides* e incluso por *Laminaria ochroleuca*.

Tabla 19. Tabla de especies características del hábitat 03010107 "Bosque de *Saccorhiza polyschides* sobre roca infralitoral expuesta".

SACCORHIZA					
Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Saccorhiza polyschides</i>	5,63	17,16	1,92	44,53	44,53
<i>Dictyota dichotoma</i>	2,03	3,68	0,94	9,56	54,09
<i>Corallina</i> sp.	1,85	2,78	0,64	7,22	61,31
ARCI	1,38	2,18	0,61	5,67	66,98
<i>Chondria coerulescens</i>	1,34	2,13	0,72	5,54	72,52
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	1,45	1,94	0,6	5,03	77,54
<i>Codium</i> sp.	1,12	1,62	0,67	4,2	81,74
<i>Desmarestia ligulata</i>	0,78	1,28	0,77	3,32	85,06
<i>Asparagopsis armata</i>	0,96	1,26	0,61	3,28	88,34
<i>Gelidium corneum</i>	1,06	0,74	0,28	1,91	90,25

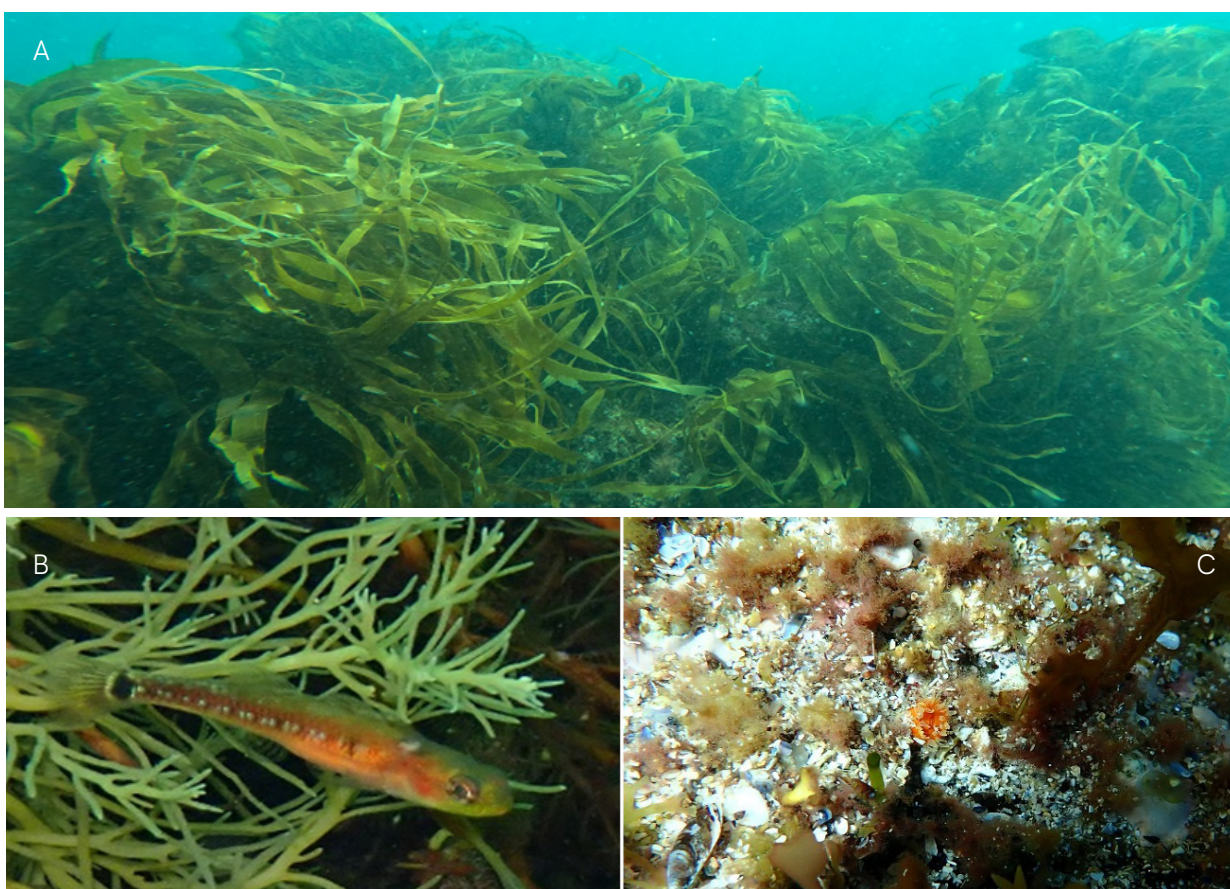
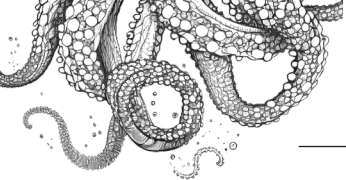


Figura 13. A. Bosque formado por ejemplares del alga parda *Saccorhiza polyschides* en las Rías Baixas; B. Pequeño gobio *Pomatoschistus flavescens*; C: Ejemplar de *Balanophyllia regia*.

La fauna acompañante de este hábitat está formada por pequeños corales (como *Balanophyllia regia*), esponjas (como *Cliona celata*, *Crambe crambe*, *Haliclona sp* o *Amphilectus fucorum*), la estrella espinosa *Marthasterias glacialis*, o equinodermos (como la holoturia *Holothuria forskali* o el erizo *Sphaerechinus granularis*).

Como especies acompañantes de peces cabe destacar el elevado número de cardúmenes de un gobio de dimensiones reducidas, *Pomatoschistus flavescens*, ya que es habitual que esta especie ponga sus huevos en la base de *Saccorhiza polyschides* (Miller, 1986). Otras especies acompañantes de este hábitat son *Labrus bergylta*, *Diplodus vulgaris*, *Symphodus melops*, *Parablennius pilicornis*, *Parablennius gattorugine*, *Boops boops*, *Coris julis*, *Trisopterus luscus*, *Spondyliosoma cantharus*, *Pollachius pollachius*, *Centrolabrus exoletus* y *Symphodus bailloni*.



Roca infralitoral superior expuesta con *Cystoseira* spp.

Aunque no se ha muestreado una extensión suficiente de este hábitat a lo largo de la demarcación noratlántica, en 3 de los 39 puntos prospectados se han observado densos bosques formados por la especie *Gongolaria baccata* (antes conocida como *Cystoseira baccata*), con presencia tanto entre el hábitat de *Gelidium corneum* como en el de *Saccorhiza polyschides*.

La especie que se encuentra en la demarcación noratlántica (*Gongolaria baccata*) es considerada como una transición entre la facies de *Gelidium sesquipedale* y *Asparagopsis armata* y la facies del alga esciáfila *Halopteris filicina*. Aunque es una especie perenne, su desarrollo varía a lo largo del año, siendo sus ramificaciones menos densas durante el invierno y estando más desarrolladas durante la primavera. Debido a esta cualidad, se puede explicar el estado de degradación de los bosques en algunos puntos de muestreo, ya que las inmersiones se realizaron en el mes de septiembre, como es el caso de los puntos prospectados en la costa asturiana durante el final de la época estival, y momento en que los ejemplares que conforman estos bosques comienzan a perder esas ramificaciones. Además, otros factores pueden haber influido, como la profundidad, la temperatura del agua, o la elevada irradiancia solar observada en determinados puntos.

Especies típicas acompañantes del mencionado hábitat serían *Jania* sp, *Corallina* sp, *Gelidium corneum*, *Peyssonnelia* sp o algas rojas calcáreas incrustantes (ARCI).

Tabla 20. Tabla de especies características del hábitat 03010107 "Roca infralitoral superior expuesta con *Cystoseira* spp."

CYSTOSEIRA					
Especies	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Cystoseira baccata</i>	6,45	20,76	2	53,1	53,1
ARCI	1,29	1,95	0,66	5	58,1
<i>Dictyota dichotoma</i>	1,03	1,83	0,82	4,69	62,79
<i>Codium</i> sp.	0,99	1,69	0,73	4,33	67,12
<i>Peyssonnelia</i> sp.	0,94	1,69	0,75	4,32	71,44
<i>Cladostephus spongiosus</i>	1,42	1,49	0,51	3,8	75,24
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	1,08	1,31	0,37	3,35	78,59
<i>Gelidium corneum</i>	0,98	1,3	0,65	3,33	81,92
<i>Saccorhiza polyschides</i>	1,07	1,12	0,31	2,87	84,79
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,69	1,12	0,64	2,86	87,65
<i>Halopithys incurva</i>	1,34	0,91	0,29	2,33	89,98
<i>Corallina</i> sp.	1,04	0,8	0,31	2,03	92,01

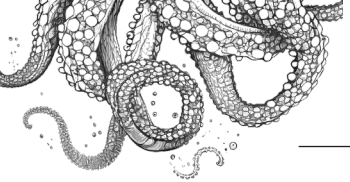
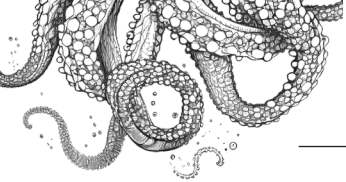


Figura 14. A: Ejemplares del alga parda *Gongolaria baccata* (antes *Cystoseira baccata*); B. Cardumen de bogas *Boops boops*.

La fauna invertebrada acompañante está formada por esponjas (como *Crambe crambe*, o *Cliona celata*), gasterópodos (diversas especies del género *Calliostoma* o *Tritia*), nudibranquios (como *Felimare tricolor*) y holoturias (como *Holothruria forskali*).

En cuanto a las especies acompañantes de peces vuelve a destacar la presencia del gobio de pequeño tamaño, *Pomatoschistus flavescens*, protegiéndose entre las algas en este caso con ejemplares de mayor tamaño. También se observan cardumenes de bogas (*Boops boops*), *Serranus cabrilla*, *Coris julis*, *Labrus bergylta*, *Centrolabrus exoletus*, *Parablennius pilicornis*, *Ctenolabrus rupestris*, *Diplodus vulgaris*, *Simphodus melops* y *Labrus mixtus*.



Roca infralitoral medianamente iluminada con *Cystoseira usneoides* / *Saccorhiza polyschides* / *Laminaria ochroleuca*

Al igual que el hábitat anterior formado por *Gongolaria baccata*, esta asociación no se ha encontrado en un número suficiente de transectos como para poder evaluarlo y estimar su extensión a lo largo de la demarcación. En este hábitat conformado por la asociación de 3 especies, se observan densos bosques compuestos por *Cystoseira usneoides* y *Saccorhiza polyschides* en mayor proporción, con ejemplares de *Laminaria ochroleuca* dispersos, en zonas menos batidas y de menor profundidad.

Esta asociación se ha observado únicamente en algunos puntos de las Rías Baixas, concretamente en las caras internas de las islas del Parque Nacional de las Islas Atlánticas.

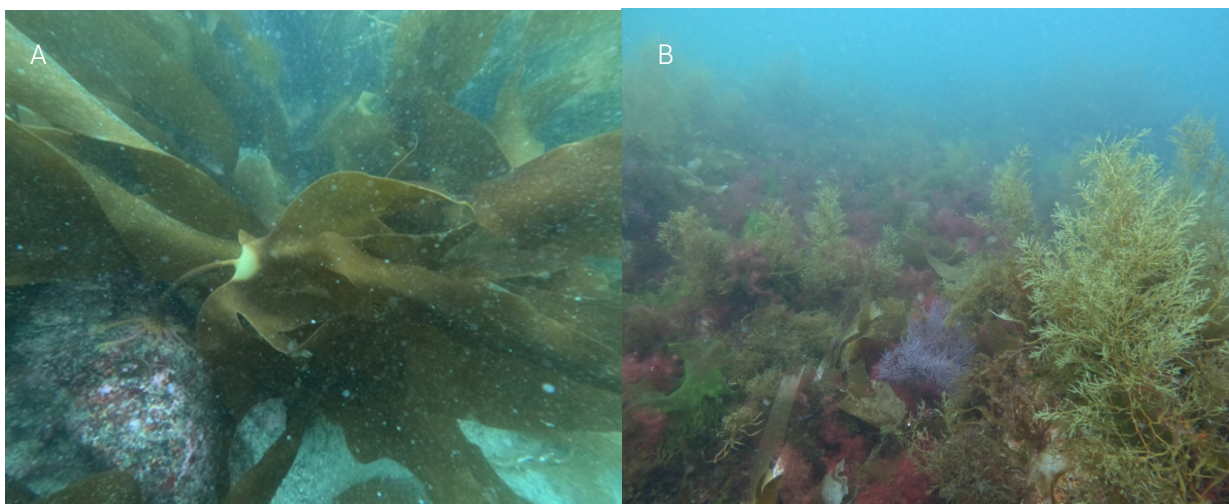


Figura 15. A. Ejemplares del alga parda *Laminaria ochroleuca*; B. Hábitat formado por la asociación de *Cystoseira usneoides*/ *Saccorhiza polyschides*/ *Laminaria ochroleuca*.

Invertebrados

Para la determinación de los hábitats se ha llevado a cabo el análisis estadístico de los datos de abundancia y porcentaje de cobertura de las especies, para tener en cuenta su frecuencia de aparición y su capacidad de estructuración y definición de un hábitat.

Se han detectado siete hábitats definidos por invertebrados, la mayoría de ellos en enclaves esciáfilos o semi-esciáfilos donde la supervivencia de las algas se ve limitada por la reducida intensidad lumínica, lo que permite el establecimiento de una rica y diversa comunidad de especies de fauna invertebrada. El grueso de los hábitats está definido por esponjas, pero se encuentran hábitats dominados por gorgonias o anélidos poliquetos.

El patrón de distribución espacial de los hábitats tiene un fuerte componente biogeográfico, siguiendo una distribución longitudinal a lo largo de la demarcación, de forma que los hábitats de Galicia difieren de los de Asturias occidental, y estos de Cantabria y País Vasco.

El mayor número de agrupaciones faunales se encuentra en Galicia (cinco, definidas por esponjas, cnidarios, ascidias y poliquetos), en comparación con el resto de comunidades, donde solo se ha localizado un tipo de hábitat definido por invertebrados: los hábitats definidos por esponjas.



Además, el hábitat de esponjas encontrado en Galicia difiere en cuanto a las especies que lo forman y sus abundancias (principalmente *Phorbas ficticius*, *Crambe crambe*, *Haliclona spp*, *Cliona celata*, *Halichondria panicea*) si se compara con el del resto de comunidades (*Crambe crambe*, *Clathrina coriacea*, *Cliona celata*, *Axinela damicornis*, *Darwinella sp*, *Sycon sp.*).

En general, los hábitats se han encontrado en buen estado, a excepción de varios puntos donde se acumulan varias presiones antrópicas, como la contaminación química, las presiones físicas como dragado, sellado o modificación del perfil del fondo, como es el ejemplo de Gijón.

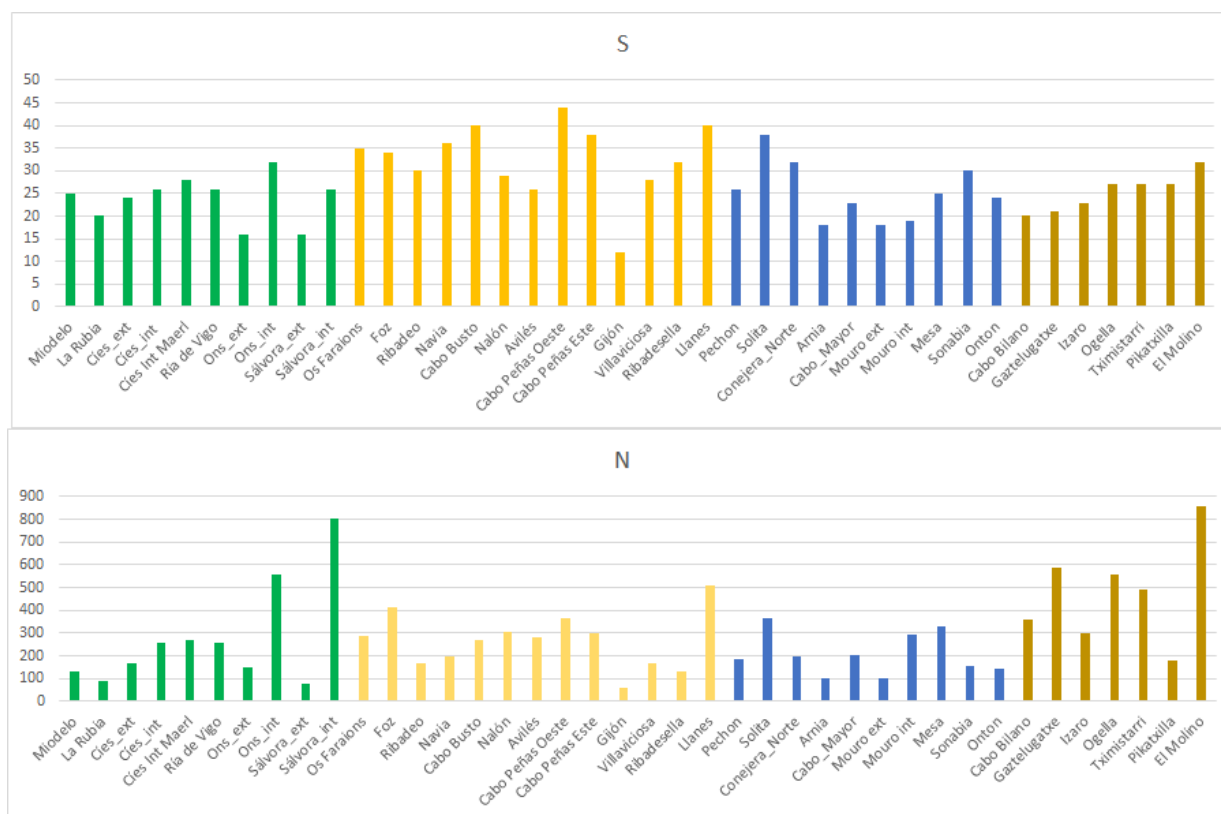


Figura 16. Número de especies (S) y abundancia (N) de especies de invertebrados en los puntos muestreados en la demarcación noratlántica.



Roca infralitoral con *Leptogorgia sarmentosa*

Se encuentra en la cara interior (protegida) de las islas Sálvora y Cíes, y el interior de la ría de Vigo (Viños) en tres transectos, entre 7 y 10 metros de profundidad (Figura 17), es decir, en el piso superior del infralitoral rocoso. No presenta una asociación clara al ambiente fotófilo o esciáfilo, sino dependiente de zonas accesibles a corrientes, que la gorgonia necesita para su alimentación. Las gorgonias normalmente se encuentran fijas a las rocas, en su cara más iluminada, pero también en paredes verticales de rocas e incluso en el interior de cavidades y grietas.

Este hábitat ya ha sido encontrado en estudios anteriores por la zona si bien en muchas ocasiones en el piso circalitoral (Urgorri et al, 2007; Ríos y Cristobo, 2021; Tragsatec, 2016; IEO, 2021).

No hay un conjunto de especies acompañantes típicas de este hábitat, sino que varían con la localización espacial. Sin embargo, sí se puede concluir que se trata mayoritariamente de esponjas (como *Phorbas ficticius*, *Crambe crambe*, *Haliclona* sp o *Cliona celata*), ascidias (como *Stolonica socialis*), cnidarios (como *Balanophyllia regia* en zonas fotófilas y *Corynactis viridis* en zonas esciáfilas), balanos (como *Balanus perforatus*), y el erizo *Sphaerechinus granularis*. Se observa una clara asociación del molusco gasterópodo *Simnia spelta* con la gorgonia, de la que se alimenta.

Este hábitat se corresponde con los siguientes:

- 0301041205 Roca infralitoral inferior con *Leptogorgia* spp. Nivel 5 de la Lista patrón.
- MC151E Facies con *Leptogorgia sarmentosa*. Nivel 5 de EUNIS.

El hábitat de EUNIS está categorizado dentro del piso circalitoral, por lo que se propone la inclusión de este hábitat en el piso infralitoral, en el Atlántico.

Este hábitat no ha sido evaluado por la escasa representación espacial en la que se ha encontrado.

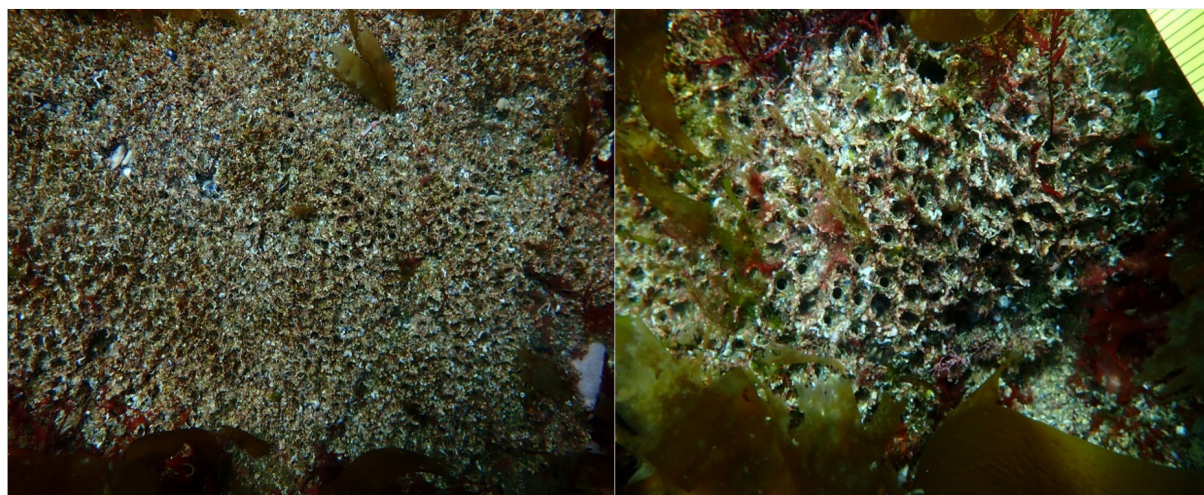


Figura 17. Aspecto general (A, B, C) del hábitat de *Leptogorgia sarmentosa*, en diversos ambientes fotófilos, esciáfilos y semiesciáfilos. Molusco gasterópodo *Simnia spelta* asociado con la gorgonia (D).



Arrecifes de *Sabellaria* sp en roca infralitoral

Encontrado en una sola estación del sur de Pontevedra (Miodelo), en un solo transecto, a 7 metros de profundidad, con una extensión de 5 metros de largo y entre 0,5 y 1 metro de ancho (Figura 18). Se encuentra integrado en un hábitat de bosque de *Saccorhiza polyschides* sobre roca infralitoral expuesta (03010107), con pequeños parches de arena.

Está caracterizado por una total dominancia del poliqueto tubícola *Sabellaria* sp, que construye los arrecifes ocupando el total del espacio disponible. Este poliqueto fabrica los tubos donde se aloja mediante la mezcla de mucus que él mismo segrega con granos de arena o sedimento. La agregación de estos tubos da lugar a grandes arrecifes biogénicos que pueden abarcar grandes extensiones, y que permiten la consolidación de cantos, guijarros y grava, originando así un sustrato estable en el que pueden fijarse especies epifitas. Además, proporciona refugio a especies de invertebrados y peces, aumentando así la diversidad de especies en el ecosistema (Dubois et al, 2002). Por ello, el hábitat formado por estos poliquetos es de gran interés para la conservación en áreas marinas y los formados por la especie *Sabellaria spinulosa* han sido incluidos en la lista de hábitats amenazados o en declive por la comisión OSPAR (OSPAR commission, 2013).

Este hábitat ya se ha encontrado previamente en otros estudios, a lo largo de toda la demarcación (Rioja, 19917, 1923, 1925; Anadón, 1980; Campoy, 1982; Urgorri et al, 2007), tanto de *Sabellaria alveolata* como *S. spinulosa*.

No fue posible tomar muestra del poliqueto para poder concretar con exactitud la especie de la que se trata, de las dos posibles del género: *S. alveolata* o *S. spinulosa*, por lo que para definir exactamente el hábitat se recogerán muestras en futuras campañas.

Este hábitat se correspondería con los siguientes:

- 03010501 Arrecifes infralitorales de *Sabellaria alveolata*. Nivel 4 de la Lista patrón.
- MB121A5-*Sabellaria spinulosa* with kelp and red seaweeds on sand-influenced infralittoral rock. Nivel 5 de EUNIS

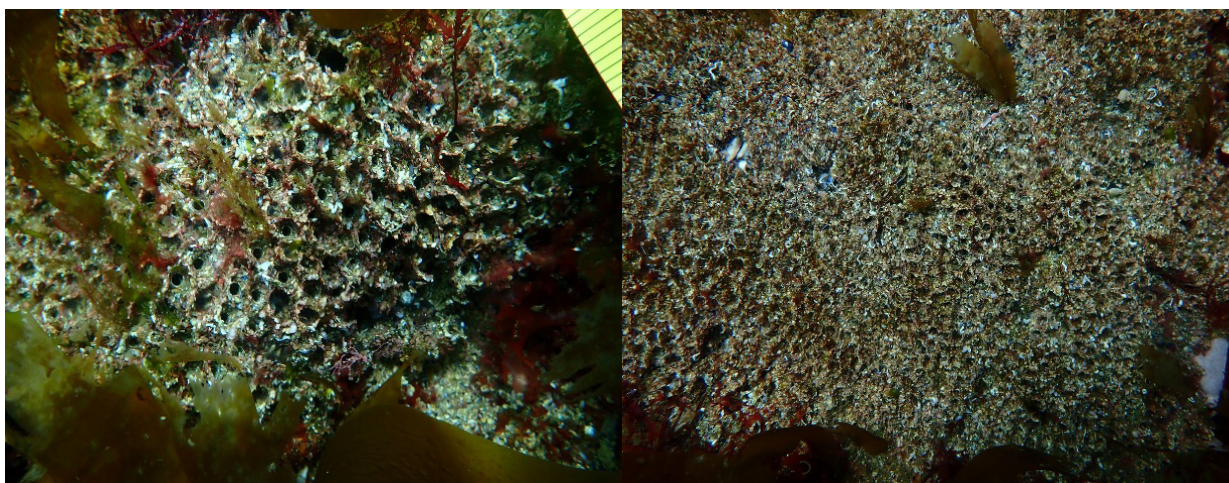


Figura 18. Aspecto general del arrecife de *Sabellaria* sp. encontrado en Miodelo, Pontevedra (izquierda) y detalle (derecha).



Paredes verticales y extraplomos esciáfilos dominados por invertebrados con esponjas masivas (*Tedania pilarriosae*)

Este hábitat se encontró en dos puntos del sur de la provincia de Pontevedra: en las estaciones de "La Rubia" y "Miodelo", las más meridionales de Galicia y de toda la demarcación.

En los extraplomos y las paredes verticales de las rocas encontradas en estas localizaciones, donde la intensidad lumínica está atenuada y el crecimiento de las algas se ve reducido al disponer de menor disponibilidad de luz, la comunidad está dominada por grandes esponjas incrustantes, que ocupan vastas superficies de las rocas. Estas especies son principalmente la demospongia *Tedania pilarriosae*, y una esponja todavía no identificada con similares características, pero con los ósculos de grandes dimensiones y dispuestos en la parte apical de elevaciones de la esponja. Como especies acompañantes aparecen también pequeñas esponjas calcáreas del género *Sycon*, la estrella *Marthasterias glacialis*, y el nudibranquio *Felimare cantábrica* alimentándose de las esponjas (Figura 19).

La superficie encontrada de este hábitat fue muy pequeña: cuatro cuadrículas de 50 x 50 cm en Miodelo, y una en La Rubia. Por tanto, no permite la evaluación del estado ambiental de este hábitat. Próximas campañas en la zona permitirán aumentar el conocimiento de la presencia y las características de este hábitat, y finalmente la evaluación de su estado ambiental.

Este hábitat se correspondería con los siguientes:

- 0301041604 Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas masivas (*Ircinia variabilis*, *Dysidea avara*). Nivel 5 de la Lista Patrón.
- MB1275- Crustose sponges on extremely wave-surfed Atlantic infralittoral cave or gully walls. Nivel 5 de EUNIS.



Figura 19. Aspecto general de las localizaciones encontradas del hábitat de *Tedania pilarriosae* (izquierda) y detalle del tamaño de la esponja (derecha).



Roca infralitoral escasamente iluminada dominada por invertebrados con esponjas y ascidias coloniales (*Clavelinidae* y *Didemnidae*)

Este hábitat se encontró en dos transectos de la cara externa de la isla de Cíes. Se trata de un hábitat parcheado y que ocupa enclaves esciáfilos donde la intensidad lumínica está disminuida, por lo que las algas no pueden proliferar (MB1273). Ocupan el espacio esponjas incrustantes del género *Haliclona*, *Phorbas ficticius* o *Ircinia dendroides*, y ascidias coloniales del género *Pycnoclavella*, junto con otras ascidias de la familia Didemnidae como *Lissoclinum perforatum* o *Didemnum maculosum*. Además, compiten por el espacio la anémona joya *Corynactis viridis* y el pequeño coral *Balanophyllia regia*.

La presencia y extensión encontrada de este hábitat en las campañas de prospección, ha sido muy limitada y no posibilita una adecuada evaluación de su estado ambiental. Se propone un muestreo dirigido a este hábitat en próximas campañas para mejorar el conocimiento del estado y poder evaluarlo.

Este hábitat se corresponde con:

- 0301041611 Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con escidias coloniales (Polyclinidae, Polycitoridae, Didemnidae y/o Styelidae), de la lista patrón, si bien la dominancia es de escidias de familia Clavelinidae. Nivel 5 de la Lista patrón.
- MB1273- Crustose sponges and colonial ascidians with *Dendrodoa grosularia* or barnacle on wave-surged Atlantic infralittoral rock. Nivel 5 de EUNIS.

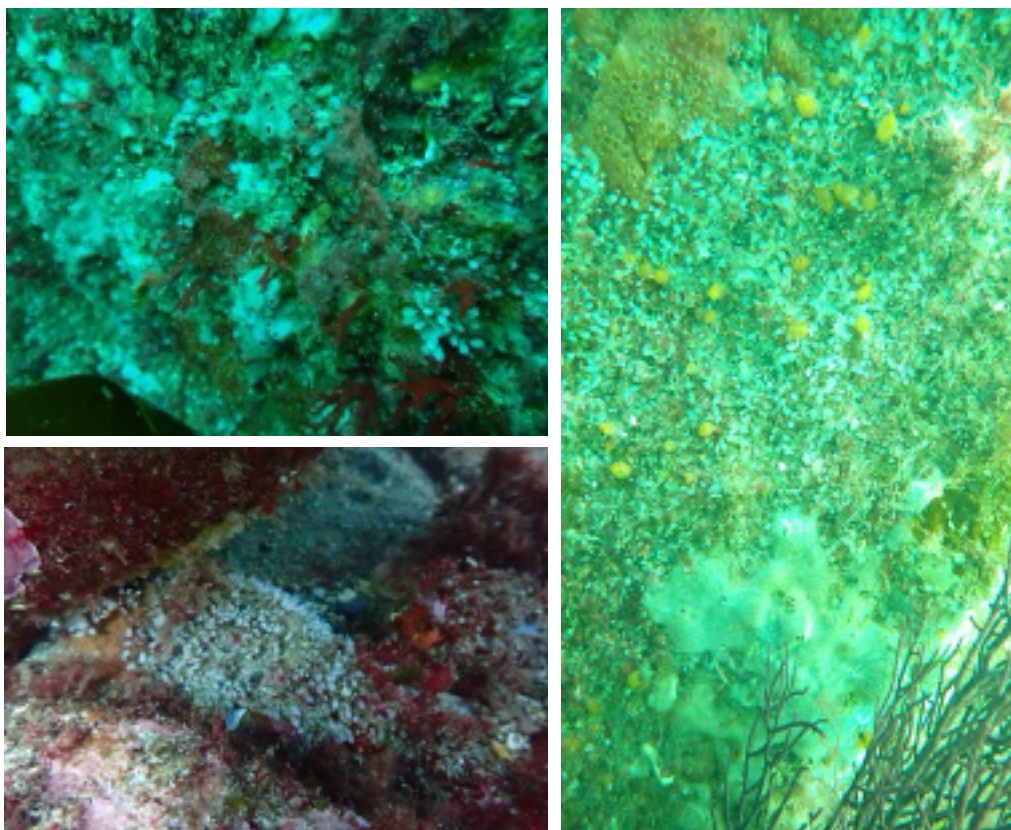
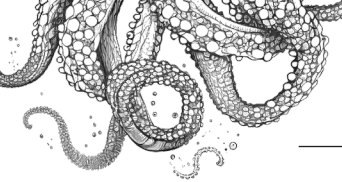


Figura 20. Aspecto general del hábitat de esponjas y ascidias coloniales encontrado en Galicia. Imágenes de la izquierda: *Ascidia Pycnoclavella* sp., imagen de la derecha: ascidias *Stolonica socialis* y *Pycnoclavella* sp., y esponja *Phorbas ficticius* (superior) y *Haliclona* sp. (inferior).



Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes, ascidias, briozoos y cnidarios.

Este hábitat es el mayoritario en presencia y extensión en la demarcación, ya que se ha encontrado de forma predominante en las zonas esciáfilas y semiesciáfilas de toda la demarcación norte muestreada hasta la fecha.

Este hábitat está caracterizado por la presencia casi en la totalidad, de invertebrados sésiles, que se valen de la ausencia de las algas para asentarse en el sustrato rocoso. Sin embargo, y dependiendo de la inclinación del lecho rocoso y por tanto la intensidad lumínica disponible, en este hábitat puede darse la presencia de algas con menores requerimientos lumínicos como coralináceas incrustantes y algunas Rhodophyceas. Esto ocurre en zonas de transición de ambientes fotófilos a los puramente esciáfilos, donde este hábitat tendría su mayor expresión.

Se trata de un hábitat no tipificado en la Lista Patrón de hábitats marinos presentes en España, siendo el hábitat catalogado más semejante el 03010416-Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (nivel 4). En EUNIS el hábitat de mayor similitud es el MB127-Communities of surge gullies and caves on Atlantic infralittoral rock. Está definido para galerías y cuevas, que tienen similares condiciones en cuanto a intensidad lumínica. Estas condiciones se encuentran también en el piso infralitoral, en extraplomos, galerías y paredes verticales donde el ambiente es de condiciones esciáfilas, que permiten el asentamiento de especies similares a las de las presentes en las cuevas.

La extensión de este hábitat permite su evaluación, ya que se encuentra tanto en puntos con bajas presiones antropogénicas como en puntos con altas presiones. Si bien la extensión en la parte de las rías Baixas es la menor, y la evaluación en esta parte de la demarcación será más completa cuando se vuelva a muestrear la zona, así como el resto de la comunidad gallega que queda no ha sido prospectada en el ciclo actual.

El hábitat se conforma principalmente de esponjas incrustantes (mayoritariamente de la clase Demospongiae y Calcarea), encontrándose una clara separación geográfica en la dominancia de la especie *Crambe crambe* en Asturias y parte occidental de Cantabria, y de la especie *Clathrina coriacea* en País Vasco y la parte oriental de Cantabria.

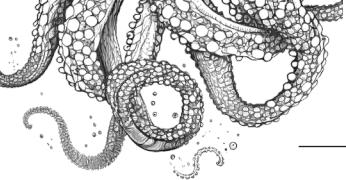
Además de estas dos esponjas dominantes, aparecen otras especies como *Phorbas ficticius*, *Cliona celata*, *Aplysina cavernícola*, *Pachymatisma johnstonia*, *Axinella damnicornis*, *Sycon ciliatum*, *Sycon elegans*, *Clathrina clathrus*, *Clathrina rubra*, *Darwinella sp*, *Scalarispongia scalaris*, *Ircinia dendroides*, etc.

Así mismo conforman este hábitat un diverso grupo de organismos sésiles como ascidias coloniales (principalmente de las familias Didemnidae, Polyclinidae y Clavelinidae), cnidarios coloniales (antozoos hexacorarios e hidrozoos Aglaofénidos), y briozoos incrustantes y erectos (cheilostomátidos y cyclostomátidos). En cuanto a los grupos de especies móviles, destacan los moluscos (dominando los bivalvos y gasterópodos), los equinodermos (principalmente erizos y holoturias) y los crustáceos (cirrípedos y decápodos en su mayoría).

Es importante destacar la presencia de la especie de biozoo *Beania serrata*, introducida recientemente en Galicia, y encontrada ahora en Cantabria y País Vasco.

La presencia y abundancia de las especies que conforman este hábitat cambia gradualmente a lo largo de la demarcación, si bien el conjunto funcional de la comunidad no varía, dominando las esponjas sobre el resto de filos, en presencia, diversidad y porcentaje de cobertura del lecho rocoso.

Así pues, parecen existir tres hábitats definidos por esponjas en el ambiente esciáfilo de la demarcación, con una variación biogeográfica desde Asturias donde domina la demospongia *Crambe crambe* hasta País Vasco donde domina la esponja calcárea *Clathrina coriacea*. Cantabria presenta un hábitat

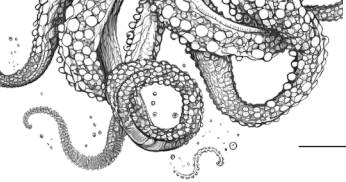


de transición entre ambos con una codominancia de ambas especies. Galicia presentaría hábitats dominados por *Crambe crambe* como en Asturias, sin embargo, debido a la escasa representación del esciáfilo en las estaciones muestreadas de esta comunidad, no ha sido posible la asignación final del hábitat de esponjas, siendo necesario un mayor esfuerzo de muestreo para la caracterización óptima del hábitat.

Esta variación biogeográfica podría responder a factores ambientales como la temperatura (en aumento desde Galicia hasta País Vasco donde alcanza los mayores valores de la demarcación) y el sustrato rocoso (de distinta naturaleza a lo largo de la costa Cantábrica).

Estos tres hábitats se corresponderían con un nivel 5 de la Lista patrón de hábitats y se definirían como:

- Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (*Crambe crambe*) (5).
- Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (*Clathrina coriacea*) (5).
- Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (*Crambe crambe* y *Clathrina coriacea*) (5).



Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (*Crambe crambe*)

El primero de los hábitats que está presente desde la parte oriental de Lugo hasta Cabo Peñas, y se caracteriza por esponjas incrustantes dominando en presencia y abundancia la esponja *Crambe crambe*, y en menores abundancias otras esponjas como *Cliona celata*, *Darwinella sp* o *Haliclona sp*. Además de esponjas se encuentran briozoos como *Watersipora sp* o diversas especies de la familia Crisiidae, ascidias como *Lissoclinum perforatum* o *Aplidium punctum*, y cnidarios como la anémona joya *Corynactis viridis*, *Aiptasia couchii*, y los hidrozoo *Obelia bidentata* o diversas especies del género *Aglaophenia*. (Figura 20).

Es un hábitat de gran riqueza de especies, con 80 registradas en todos los puntos muestreados.

Este hábitat no tiene correspondencia con ninguno de los presentes en la lista patrón, ya que el más próximo sería el 0301022203 Roca infralitoral superficial de modo batido, bien iluminada, sin fucas con algas coralináceas y *Crambe crambe*. Sin embargo, no corresponden ni el piso, ni la iluminación. Por lo tanto, se propone la inclusión de este hábitat en la lista patrón, con el objetivo de completar la lista para que ésta incorpore todos los hábitats encontrados en el litoral español.



Figura 21. Superior izquierda: aspecto general del hábitat en Llanes (Asturias). Superior derecha: esponja *Crambe crambe*. Inferior izquierda: briozoos *Pentapora foliacea* y esponja *Pachymatisma johnstonia*. Inferior derecha: *Axinella dissimilis*.



Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (*Clathrina coriacea*)

El hábitat dominado por la esponja calcárea *Clathrina coriacea* se encuentra en todos los puntos del País Vasco, y en dos de Cantabria, localizados cerca de la bahía de Santander. Este hábitat está caracterizado por esponjas incrustantes, dominando la esponja calcárea *Clathrina coriacea*, con una abundancia cinco veces superior a la de la demospongia *Crambe crambe*. Además, se encuentran diversas especies de esponjas calcáreas que en el resto de la demarcación noratlántica no aparecen o lo hacen con muy bajas abundancias como *Clathrina rubra*, *Clathrina clathrus*, y varias especies del género *Sycon*. Otras especies características del hábitat son la esponja oreja de elefante *Pachymatisma johnstonia* y *Axinella damnicornis*. (Figura 22)

Además de esponjas, en este hábitat están presentes la anémona margarita de mar *Actinothoe sphyrodeta*, el poliqueto tubícola *Protula tubularia*, y el briozoo introducido *Beania serrata*, que en la parte occidental de la comunidad vasca y en el punto de Pikatxilla, es muy abundante recubriendo gran parte de las rocas en ambientes esciáfilo o semiesciáfílos. Otra especie de gran contribución en términos de abundancia es el bivalvo perforador *Rocellaria dubia*.

Este hábitat presenta un número intermedio de especies entre los hábitats definidos por *Crambe crambe* de Asturias y el de transición del País Vasco, sin embargo, debido a la gran abundancia de las especies de esponjas del género *Clathrina*, es el que presenta mayor abundancia (2,5 veces más que el hábitat de *Crambe crambe*, y 4,3 veces más que el de transición).

Este hábitat no tiene correspondencia con ninguno de los presentes en la lista patrón, por lo que se sugiere su incorporación en la lista, en el nivel 5 dentro del hábitat 03010416 Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (de nivel 4).

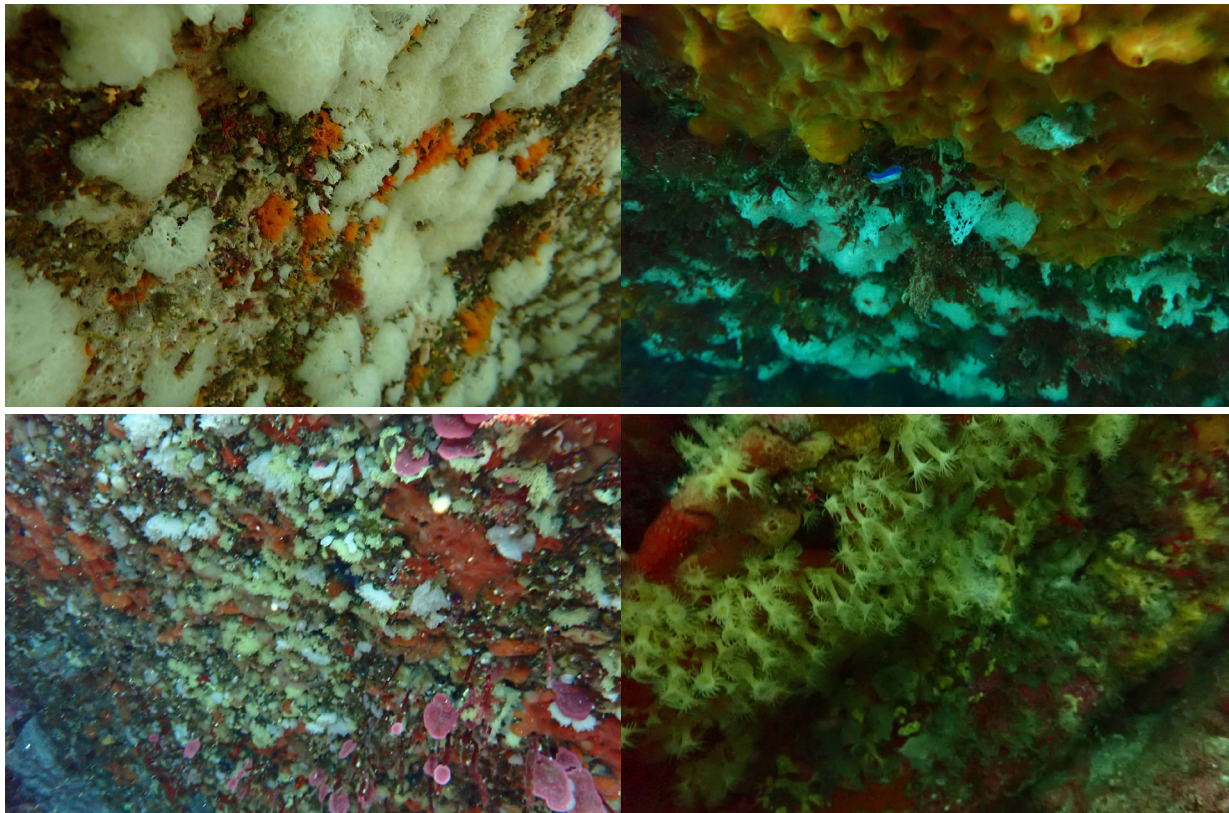


Figura 22. Superior izquierda: aspecto general del hábitat en Ogella (País Vasco), con *Clathrina coriacea* (esponja blanca) y *Clathrina rubra* (esponja naranja). Superior derecha: aspecto general del hábitat en Ízaro (País Vasco), con *Crambe crambe* (esponja naranja) y *Clathrina coriacea*. Inferior izquierda: aspecto general de la colonia con *Clathrina clathrus* (esponja amarillenta). Inferior derecha: antozoo *Parazoanthus axinellae*.



Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (*Crambe crambe* y *Clathrina coriacea*)

Localizado geográficamente entre los dos hábitats anteriores dominados por las esponjas *Crambe crambe* y *Clathrina coriacea*, se encuentra otro hábitat estadísticamente diferente a los anteriores, pero que por las especies dominantes se trata de un hábitat de transición entre ambos ya que en este hábitat sigue dominando la especie *Crambe crambe* como en el hábitat localizado en Asturias, sin embargo la dominancia de la especie de *Clathrina coriacea* comienza a incrementarse (el porcentaje de contribución a la similaridad dentro del hábitat es del 10,46 %), siendo la segunda especie dominante del hábitat. (Figura 23)

Este hábitat está localizado en el litoral de Cantabria, donde es el hábitat predominante. Solo dos localizaciones de las nueve muestreadas en Cantabria presentan otro hábitat diferente: el dominado por *Clathrina coriacea* que predomina en el País Vasco.

Se encuentra en las zonas de baja iluminación, en ambientes esciáfilos como extraplomos y grietas, o en semi-esciáfilos (paredes verticales o inclinada de roca) donde compite por el espacio con algas Phaeophyceas pero sobretudo con Rhodophyceas filamentosas e incrustantes. Está caracterizado principalmente por esponjas incrustantes, como *Crambe crambe* (31,24 % de la similaridad intra-hábitat), y en menor proporción *Clathrina coriacea* (10,46 % de la similaridad), la anémona joya *Corynactis viridis*, briozoos de la superfamilia Buguloidea, *Electra pilosa* o *Beania serrata*, hidrozoos como *Aglaophenia* spp, y otras esponjas como *Aplysina cavernicola* o *Vosmaeropsis hispanica*.

Este hábitat no tiene correspondencia con ninguno de los presentes en la lista patrón, por lo que se sugiere su incorporación en la lista, en el nivel 5 dentro del hábitat 03010416 Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (de nivel 4).

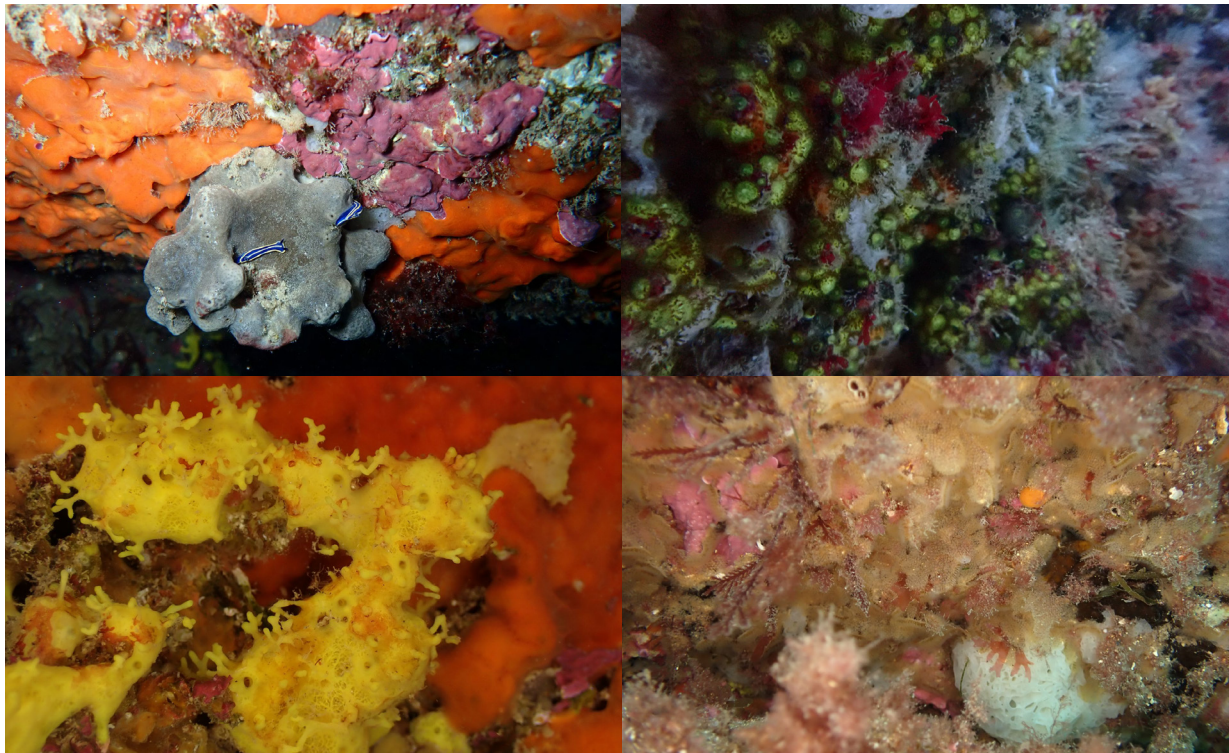
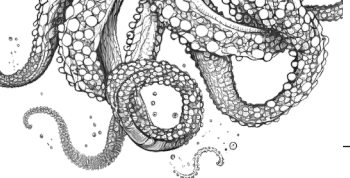


Figura 23. Superior izquierda: aspecto general del hábitat en La Arnía (Cantabria), con las esponjas *Crambe crambe* (esponja naranja), *Ircinia* sp. (esponja gris) y el nudibranquio *Felimare tricolor*. Superior derecha: *Corynactis viridis* y *Obelia dichotoma*. Inferior izquierda: *Aplysina cavernicola* (esponja amarillenta). Inferior derecha: briozoo introducido *Beania serrata*.

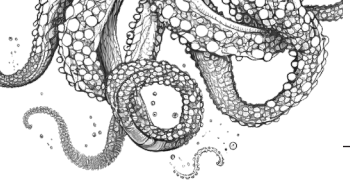


3.2.1.1. Pasarelas con hábitats de listados

A continuación, se listan los hábitats encontrados y su denominación, así como las pasarelas a otros listados como la Lista Patrón de Hábitats marinos de España, y EUNIS 2022.

Tabla 21. Hábitats encontrados en la demarcación noratlántica y sus correspondencias con la Lista Patrón de hábitats marinos de España y EUNIS 2022.

Nombre dado	Lista Patrón	EUNIS	Traducción EUNIS
Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes, ascidias, briozoos y cnidarios (4)	03010416 Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados (4)	MB127 Communities of surge gullies and caves on Atlantic infralittoral rock (4)	Comunidades de cavidades expuesta al oleaje y cuevas en roca infralitoral
Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (<i>Crambe crambe</i>) (5)	Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas masivas (<i>Ircinia variabilis</i> , <i>Dysidea avara</i>)	MB1275- Crustose sponges on extremely wave-surged Atlantic infralittoral cave or gully walls (5)	Esponjas incrustantes en cuevas o paredes de galerías del infralitoral Atlántico muy expuestas al oleaje
Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (<i>Clathrina coriacea</i>) (5)	Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas masivas (<i>Ircinia variabilis</i> , <i>Dysidea avara</i>)	MB1275- Crustose sponges on extremely wave-surged Atlantic infralittoral cave or gully walls (5)	Esponjas incrustantes en cuevas o paredes de galerías del infralitoral Atlántico muy expuestas al oleaje
Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (<i>Crambe crambe</i> y <i>Clathrina coriacea</i>) (5)	Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas masivas (<i>Ircinia variabilis</i> , <i>Dysidea avara</i>)	MB1275- Crustose sponges on extremely wave-surged Atlantic infralittoral cave or gully walls (5)	Esponjas incrustantes en cuevas o paredes de galerías del infralitoral Atlántico muy expuestas al oleaje
Roca infralitoral con <i>Leptogorgia sarmentosa</i>	0301041205 Roca infralitoral inferior con <i>Leptogorgia</i> spp. (5)	MC1v51E Facies with <i>Leptogorgia sarmentosa</i> (5)	Facies con <i>Leptogorgia sarmentosa</i>
Arrecifes de <i>Sabellaria</i> sp en roca infralitoral	03010501 Arrecifes infralitorales de <i>Sabellaria alveolata</i> (4)	MB121A5- <i>Sabellaria spinulosa</i> with kelp and red seaweeds sand-influenced infralittoral rock (6)	Roca infralitoral expuesta a sedimentación con <i>Sabellaria spinulosa</i> y algas laminariales y rojas



Nombre dado	Lista Patrón	EUNIS	Traducción EUNIS
Paredes verticales y extraplomos esciáfilos dominados por invertebrados con esponjas masivas (<i>Tedania pilarriosae</i>)	0301041604 Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas masivas (<i>Ircinia variabilis</i> , <i>Dysidea avara</i>) (5)	MB1275- Crustose sponges on extremely wave-surfed Atlantic infralittoral cave or gully walls (5)	Esponjas incrustantes en cuevas o paredes de galerías del infralitoral Atlántico extremadamente expuestas al oleaje
Roca infralitoral escasamente iluminada dominada por invertebrados con esponjas y ascidias coloniales (<i>Clavelinidae</i> , <i>Didemnidae</i>)	0301041611 Roca infralitoral de modo calmo, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con ascidias coloniales (<i>Polyclinidae</i> , <i>Polycitoridae</i> , <i>Didemnidae</i> y/o <i>Styelidae</i>) (5)	MB1273-Crustose sponges and colonial ascidians with <i>Dendrodoa grossularia</i> or barnacles on wave-surfed Atlantic infralittoral rock (5)	Esponjas incrustantes y ascidias coloniales con <i>Dendrodoa grossularia</i> o balanos, en roca infralitoral Atlántica expuesta al oleaje
	03010113 Roca infralitoral expuesta con <i>Gelidium</i> spp.	MB1221 Foliose red seaweeds on exposed lower Atlantic infralittoral rock	Roca infralitoral Atlántica expuesta con algas rojas foliosas
	03010107_Bosque de <i>Saccorhiza polyschides</i> sobre roca infralitoral expuesta	MB1232 <i>Laminaria saccharina</i> and/or <i>Saccorhiza polyschides</i> on exposed Atlantic infralittoral rock	<i>Laminaria saccharina</i> and/or <i>Saccorhiza polyschides</i> en roca infralitoral Atlántica expuesta
	0301011701 Roca infralitoral superior expuesta con <i>Cystoseira</i> spp.	MB1223 <i>Cystoseira</i> spp. on exposed Atlantic infralittoral bedrock and boulders	<i>Cystoseira</i> spp. sobre cantos rodados y roca infralitoral Atlántica expuesta
	0301041303 Roca infralitoral medianamente iluminada con <i>Cystoseira usneoides</i> / <i>Saccorhiza polyschides</i> / <i>Laminaria ochroleuca</i>	MC1512 Association with <i>Cystoseira usneoides</i>	Asociación con <i>Cystoseira usneoides</i>



3.2.1.2. Mapas de distribución de hábitats

Se muestran los mapas de distribución de los hábitats fotófilos definidos por algas, y los esciáflos o semi-esciáflos caracterizados por invertebrados, encontrados en los puntos muestreados en el segundo ciclo de estrategias marinas.

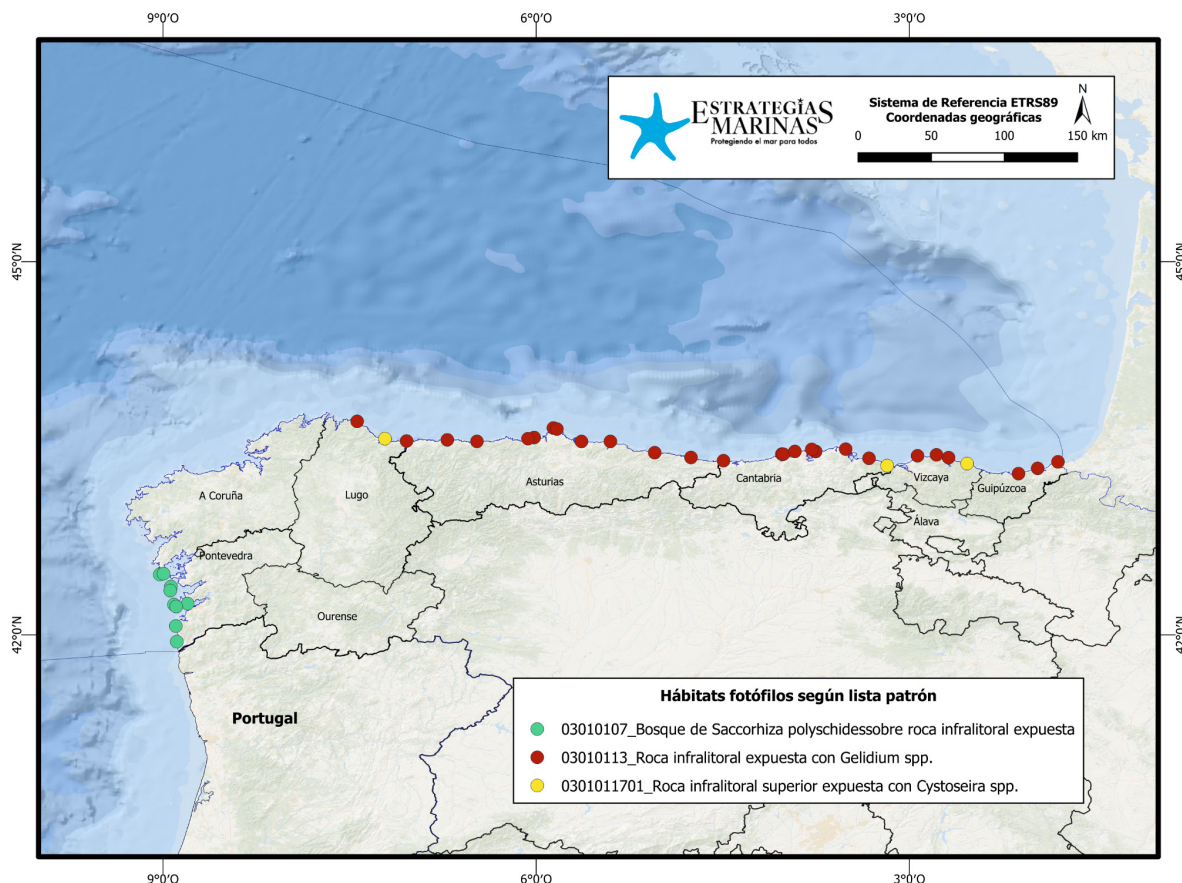


Figura 24. Mapa de distribución de los puntos de muestreo de la demarcación noratlántica y los hábitats algales encontrados en cada punto, categorizados según la Lista Patrón de hábitats marinos de España.

El hábitat a nivel 4 de EUNIS encontrado de forma predominante a lo largo de la demarcación es el MB127-Comunidades de cavidades o galerías expuestas al oleaje y cuevas en roca infralitoral atlántica, que fue encontrado no solo en galerías, grietas, o cavidades, sino también en zonas de pared vertical o extraplomos que mantienen unas condiciones de intensidad lumínica similares a las de las cuevas o galerías, lo que permite el asentamiento de una fauna muy similar (Figura 24).

Las Rías Baixas son la única región donde además del hábitat MB127 se dan otros hábitats, como el MB121: comunidades de quelpos y algas marinas en roca infralitoral Atlántica, que incluye los arrecifes biogénicos como es el caso de los formados por el anélido poliqueto *Sabellaria sp*, encontrado en Modelo, al sur de Pontevedra, y el hábitat MC151: biocenosis coralígena, que destaca por los bosques de la gorgonia *Leptogorgia sarmentosa* encontrados en las islas Cíes y Sálvora (Figura 25).

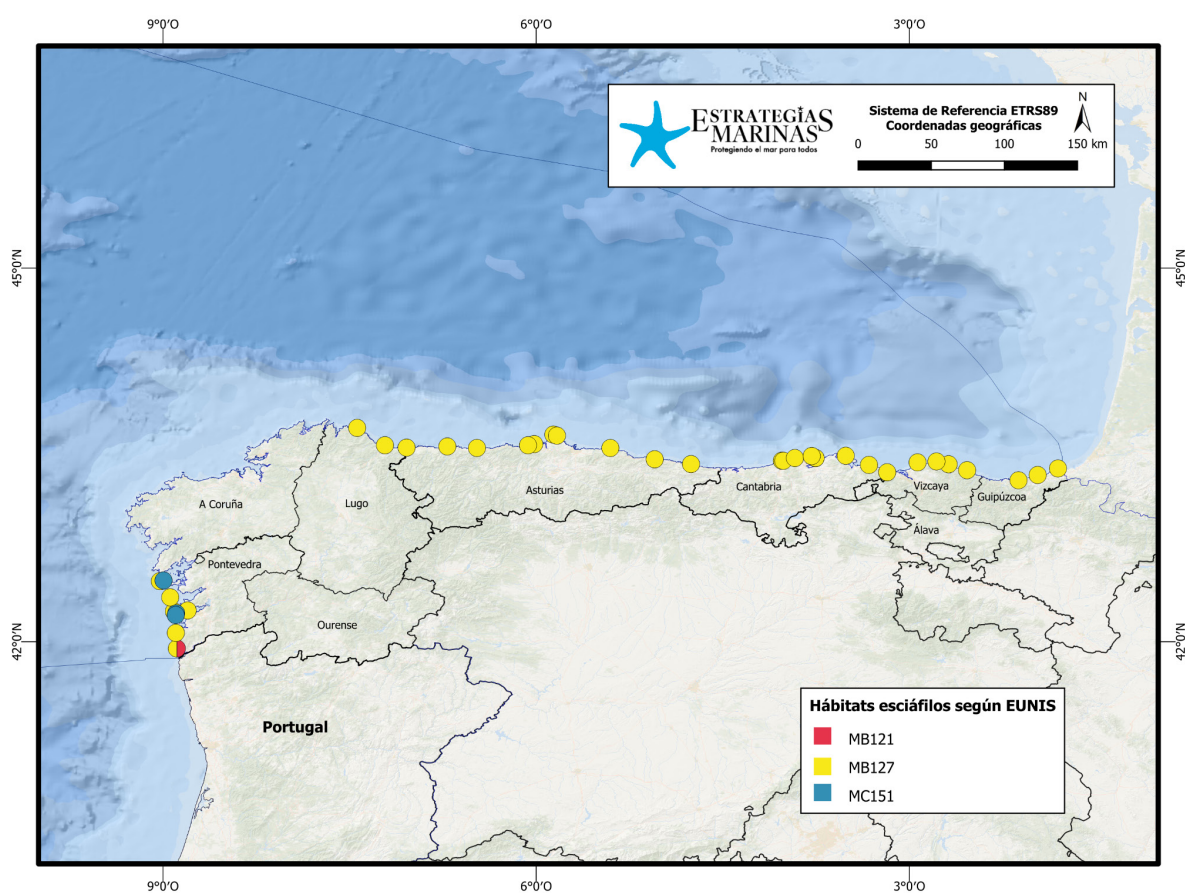


Figura 25. Mapa de distribución de los puntos de muestreo de la demarcación noratlántica y los hábitats definidos por invertebrados encontrados en cada punto, categorizados según EUNIS a nivel 4: MB121: comunidades de quelpos y algas marinas en roca infralitoral Atlántica, MB127: Comunidades de cavidades o galerías expuestas al oleaje y cuevas en roca infralitoral Atlántica, MC151: biocenosis coralígena.

A mayor detalle, estos hábitats pueden categorizarse según la especie dominante, aumentando así el número de hábitats diferentes encontrados en la demarcación (Figura 26). Este es el caso principalmente del hábitat MB127, que está definido por varias especies a lo largo de la demarcación:

- La especie de demosponja roja incrustante *Crambe crambe* en Galicia, si bien este hábitat se encontró en muy pocas localizaciones y necesita un mayor esfuerzo de muestreo para aumentar la superficie muestreada y por tanto la caracterización del hábitat.
- La especie *Crambe crambe* en la parte de Lugo y Asturias occidental.
- La especie de esponja calcárea *Clathrina coriacea* en País Vasco, y dos puntos de la zona central de Cantabria.
- Dos especies: *Crambe crambe* y *Clathrina coriacea* en Cantabria, siendo así un hábitat de transición entre el encontrado en Asturias y el encontrado en País Vasco.

Además, en los dos puntos más meridionales de Galicia, se encuentra otro hábitat definido por otra especie de esponja masiva: *Tedania pilarriosae*. Y en la cara externa de las islas Cíes, en la ría de Vigo, el hábitat está definido por esponjas como *Haliclona*, *Phorbast ficticius* y *Cliona celata*, y ascidias *Clavelinidae*, *Polyclinidae* y *Didemnidae* (MB1273).

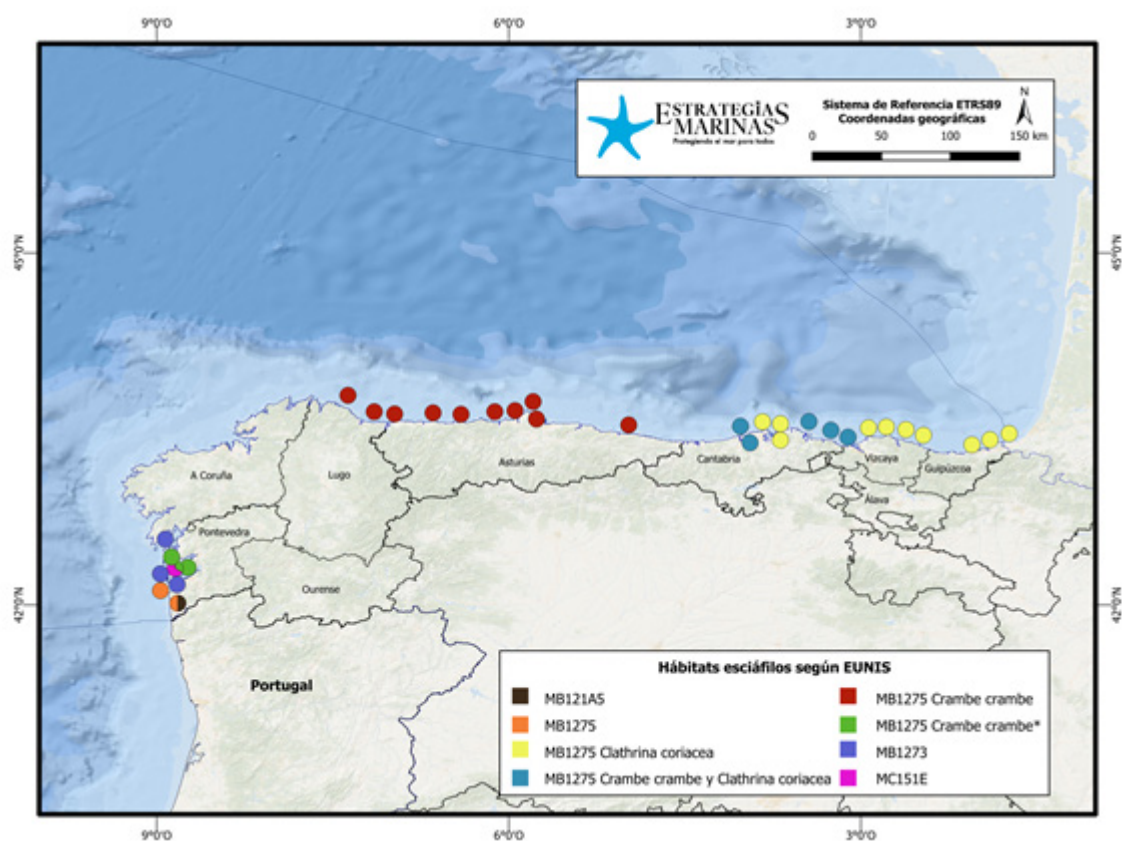


Figura 26. Mapa de distribución de los puntos de muestreo de la demarcación noratlántica y los hábitats definidos por invertebrados encontrados en cada punto, categorizados según EUNIS a nivel 5: MB121A5: Roca infralitoral expuesta a sedimentación con *Sabellaria spinulosa* y algas laminariales y rojas, MB1275: Esponjas incrustantes en cuevas o paredes de galerías del infralitoral Atlántico extremadamente expuestas al oleaje, con tres variantes según la especie dominante: *Clathrina coriacea*, *Crambe crambe*, o co-dominancia de ambas especies. Con el recuadro naranja: con esponjas masivas, con el recuadro verde: con *Crambe crambe* en Galicia, que difiere del mismo hábitat en Asturias. MB1273: Esponjas incrustantes y ascidias coloniales con *Dendrodoa grossularia* o balanos, en roca infralitoral Atlántica expuesta al oleaje, y MC151E: Facies con *Leptogorgia sarmentosa*.

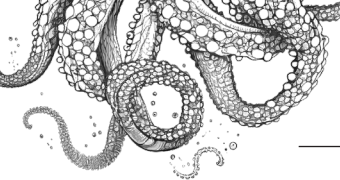
3.2.2. Índices ambientales de los OHT: BH2 mod. (multimétricos)

Se han calculado los índices multimétricos, de los puntos muestreados para cada hábitat algal e invertebrado además del porcentaje de especies sensibles, y de especies formadoras de hábitats en el caso de los invertebrados.



Tabla 22. Índices multimétricos y otros parámetros relativos a los other habitat types encontrados en la demarcación noratlántica.

Roca infralitoral expuesta con Gelidium spp.						
Dive	% especies sensibles	S	N	d	J'	H'(loge)
Sonabia	37,34	17,00	36,17	4,46	0,95	2,69
Conejera	58,73	6,50	21,41	1,73	0,91	1,56
Pechón	48,84	10,25	25,33	2,82	0,89	2,01
Solita	57,65	8,25	21,10	2,38	0,86	1,74
Mesa	38,23	12,25	28,55	3,35	0,91	2,27
Arnia	57,58	13,50	31,14	3,63	0,93	2,41
Cabo Mayor	42,02	18,50	32,06	5,05	0,90	2,61
Pasaia	14,60	12,50	30,68	3,36	0,94	2,36
Hondarribia	44,57	14,00	29,12	3,85	0,90	2,36
Orio	37,18	12,50	28,80	3,42	0,91	2,29
Izaro	1,74	15,33	30,83	4,18	0,91	2,47
Cabo Bilano	16,28	18,00	36,52	4,72	0,94	2,72
San Juan de Gazte.	53,00	13,75	30,63	3,72	0,91	2,39
Mouro ext	15,81	6,50	21,39	1,79	0,86	1,62
Mouro int	3,39	9,33	23,74	2,60	0,88	1,92
Ribadeo	55,80	11,67	29,07	3,16	0,92	2,26
Os Faraions	21,59	15,50	33,26	4,11	0,93	2,53
Cabo Busto	18,83	13,33	30,77	3,55	0,92	2,34
Navia	41,33	10,00	27,69	2,70	0,93	2,13
Avilés	17,21	15,50	30,59	4,21	0,90	2,45
Nalón	3,93	10,00	27,88	2,67	0,94	2,13
Cabo Peñas W	25,57	12,75	31,33	3,39	0,94	2,36
Cabo Peñas E	42,05	13,75	31,79	3,67	0,93	2,42
Villaviciosa	40,00	15,50	34,24	4,10	0,94	2,57
Gijón	39,80	14,50	34,40	3,81	0,96	2,56
Llanes	41,39	14,50	31,79	3,86	0,92	2,42
Ribadesella	30,24	16,67	34,37	4,41	0,93	2,60



Bosque de <i>Saccorhiza polyschides</i> sobre roca infralitoral expuesta						
Dive	% especies sensibles	S	N	d	J'	H'(loge)
Sálvora ext	51,90	10,00	25,54	2,77	0,89	2,05
Sálvora int	72,66	11,00	28,38	2,99	0,93	2,22
Cíes ext	59,62	9,00	22,99	2,54	0,86	1,88
Cíes int	31,43	13,33	33,00	3,52	0,96	2,48
Miodelo	50,70	10,25	28,09	2,76	0,94	2,16
La Rubia	35,18	13,00	28,46	3,56	0,89	2,27
Ons ext	76,40	9,00	20,59	2,49	0,80	1,58
Ons int	52,34	14,00	31,82	3,75	0,93	2,45
Ría de Vigo	92,23	10,67	23,22	3,05	0,84	1,95
Roca infralitoral superior expuesta con <i>Cystoseira</i> spp.						
Dive	% especies sensibles	S	N	d	J'	H'(loge)
Ontón	60,07	12,00	25,49	3,38	0,87	2,15
Lekeitio	39,79	14,50	30,62	3,94	0,91	2,42
Castro de Fazouro	77,60	9,25	22,29	2,61	0,84	1,81

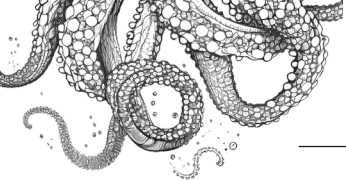
Roca Infralitoral Superior, Escasamente Iluminada, Dominada Por Invertebrados Con Esponjas Incrustantes (Crambe Crambe)							
ZONA	% Especies sensibles	% HFS	S	N	d	J'	H'(log2)
Ribadeo	0,00	5,41	8,00	11,07	2,91	0,97	2,90
Os Faraions	0,00	18,02	9,50	32,58	2,44	0,88	2,85
Castro de Fazouro	9,68	6,45	8,00	12,10	2,81	0,97	2,90
Cabo Busto	12,40	10,85	14,50	22,55	4,38	0,93	3,56
Navia	13,41	17,07	12,50	17,75	4,01	0,93	3,40
Avilés	1,27	18,99	8,50	12,58	2,96	0,93	2,79
Nalón	5,80	20,65	15,00	25,70	4,32	0,95	3,71
Cabo Peñas W	1,16	48,45	16,00	30,59	4,40	0,91	3,59
Cabo Peñas E	0,58	19,65	11,00	16,91	3,48	0,93	3,15
Ribadesella	5,77	1,92	13,00	17,33	4,21	0,98	3,62



Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (<i>Clathrina coriacea</i>)							
ZONA	% Especies sensibles	% HFS	S	N	d	J'	H'(log2)
Pasaia	27,00	30,00	13,00	33,00	3,43	0,89	3,30
Hondarribia	12,90	58,24	13,00	44,19	3,21	0,84	3,09
Orio	16,34	60,49	8,75	36,42	2,25	0,85	2,53
Lekeitio	11,60	46,96	13,00	48,21	3,10	0,82	3,02
Izaro	15,34	40,06	10,00	37,10	2,59	0,79	2,60
Cabo Bilano	0,00	38,32	8,67	30,17	2,34	0,84	2,61
San Juan de Gazte.	3,04	45,86	7,75	25,42	2,15	0,83	2,42
Mouro ext	1,20	37,35	13,00	39,00	3,28	0,82	3,02
Mouro int	1,15	42,65	8,33	26,81	2,21	0,84	2,46
Viños	1,72	29,31	13,00	31,92	3,47	0,94	3,46
Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (<i>Crambe crambe</i> y <i>Clathrina coriacea</i>)							
ZONA	% Especies sensibles	% HFS	S	N	d	J'	H'(log2)
Sonabia	0,00	28,38	8,00	12,58	2,76	0,95	2,85
Conejera	4,76	46,03	9,00	21,00	2,63	0,66	2,10
Solita	3,47	14,24	11,75	21,81	3,60	0,94	3,31
Mesa	0,45	14,93	9,00	22,67	2,56	0,90	2,82
Ontón	1,72	25,86	11,00	19,58	3,36	0,92	3,18

3.2.3. Evaluación OHT

Se ha podido realizar una evaluación del estado ambiental de los hábitats encontrados, sin embargo, y debido a la falta de dato de extensión del hábitat el resultado es desconocido.



4. Discusión y conclusiones de la evaluación

Los hábitats encontrados en piso infralitoral rocoso de la demarcación noratlántica corresponden con los encontrados en estudios previos (Rioja, 1917, Campoy, OCEANA, 2009, Urgorri et al, 2007, Guinda et al, 2012, 2014, Tragsatec, 2016, Ríos y Cristobo, 2021), si bien debido a que permanecen grandes áreas sin muestrear, es muy probable que el número de hábitats sea mayor. Futuras campañas de muestreo completarán la lista de hábitats existentes.

Las condiciones ambientales (grado de exposición, profundidad, temperatura, tipo de sustrato, etc) varían a lo largo de la demarcación, como se ha determinado en estudios previos (Ramos et al, 2015), y condicionan en gran medida la distribución de los hábitats, existiendo un marcado patrón biogeográfico en los hábitats de invertebrados sésiles, en concordancia con la variación de los factores ambientales.

El hábitat predominante encontrado ha sido el de *Gelidium corneum*, presente a lo largo de toda la demarcación. En ambientes esciáfilos el hábitat predominante encontrado ha sido el caracterizado por esponjas.

El análisis del CFR reflejó que aproximadamente el 64 % de los puntos muestreados están en buen estado ecológico, y el 10 % en un estado ecológico catalogado como pobre. Estos últimos localizados en País Vasco y Cantabria, pero ninguno de ellos en Galicia y Asturias.

Debido a que el muestreo se ha realizado en el piso infralitoral superior, se requieren próximos muestreos enfocados en el piso inferior, donde se espera encontrar hábitats diferentes.

Se necesita un aumento del esfuerzo de muestreo para ampliar la zona muestreada en ambientes esciáfilos en la zona de las Rías Baixas con el objetivo de caracterizar correctamente el hábitat definido por esponjas. De esta manera sería posible el análisis de la distribución del hábitat y su encuadramiento espacial a lo largo de la demarcación.

Se aumentará también el esfuerzo de muestreo para el hábitat del alga *Gongolaria baccata* ya que no se ha encontrado en un número suficiente de estaciones como para poder evaluarlo correctamente.



5. Referencias

- Anadón, N. (1980). Contribución al conocimiento de la fauna bentónica de la ría de Vigo III. Estudio de los arrecifes de *Sabellaria alveolata* (L.) (Polychaeta, Sedentaria). *Investigación Pesquera*, 45, 105-122.
- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L. y de Torres, M. (2007). A new methodology based on littoral 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.
- Borja, A. (1987). Cartografía, evaluación de la biomasa y arribazones del alga *Gelidium sesquipedale* en la costa guipuzcoana (N. de España). *Scientia Marina* 51(2):199-224.
- 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.
- Campoy, A. (1982). Fauna de los anélidos poliquetos de la península ibérica. Publicaciones de biología de la universidad de Navarra, serie zoológica 7 (2).
- Cebrian, 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., y 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, K. y Marwick, R. (1994). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation.
- Cristobo, Javier & Urgorri, Victoriano & Solorzano, Ronald & Ríos, Pilar. (1993). Métodos de recogida, estudio y conservación de las colecciones de Poríferos. *Int. Symp. & First World Congress on Preserv. and Conserv. of Nat. Hist. Col. 2.* 277-287.
- Dubois, S., Retiere, C. and Olivier, F. (2002). Biodiversity associated with *Sabellaria alveolata* (Polychaeta: Sabellariidae) reefs: effects of human disturbances. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 82.
- 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, 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.
- Guidetti, P., Baiata, P., Ballesteros, E., Di Franco, A., Hereu, B., Macpherson, E., Micheli, 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. and 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. <https://doi.org/10.2216/07-68,1>

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.

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.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2022). Estrategia de control del alga *Rugulopteryx okamurae* en España.

OCEANA. (2009). Propuesta de áreas marinas de importancia ecológica. Zona Galaico- Cantábrica. Fundación Biodiversidad.

OSPAR commission. (2013). Background document on *Sabellaria spinulosa* reefs. Biodiversity series. ISBN 978-1-909159-47-1.

Ramos, E., Puente, A. Y Juanes, J. (2016). An ecological classification of rocky shores at a regional scale: a predictive tool for management of conservation values. *Marine Ecology* 37, 311-328.

Rioja, E. (1917). Anélidos poliquetos de San Vicente de la Barquera (Cantábrico). *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, serie zoológica nº 29.

Rioja, E. (1923). Algunas especies de poliquetos de las costas de Galicia. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*.

Rioja, E. (1925). Anélidos poliquetos de San Vicente de la Barquera (Cantábrico). *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales*, serie zoológica nº 53.

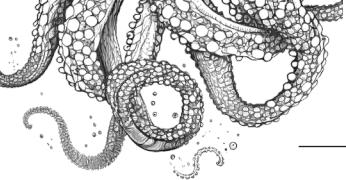
Ríos, P. y Cristobo, J. (2021). Biodiversidad marina del golfo Ártabro (A Coruña). 50 aniversario del Centro Oceanográfico de A Coruña. Capítulo 6. Fauna bentónica marina de sustratos rocosos.

Sala, E., Ballesteros, E., Dendrinis, P., Di Franco, A., Ferretti, F. Foley, D., Frascchetti, 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.

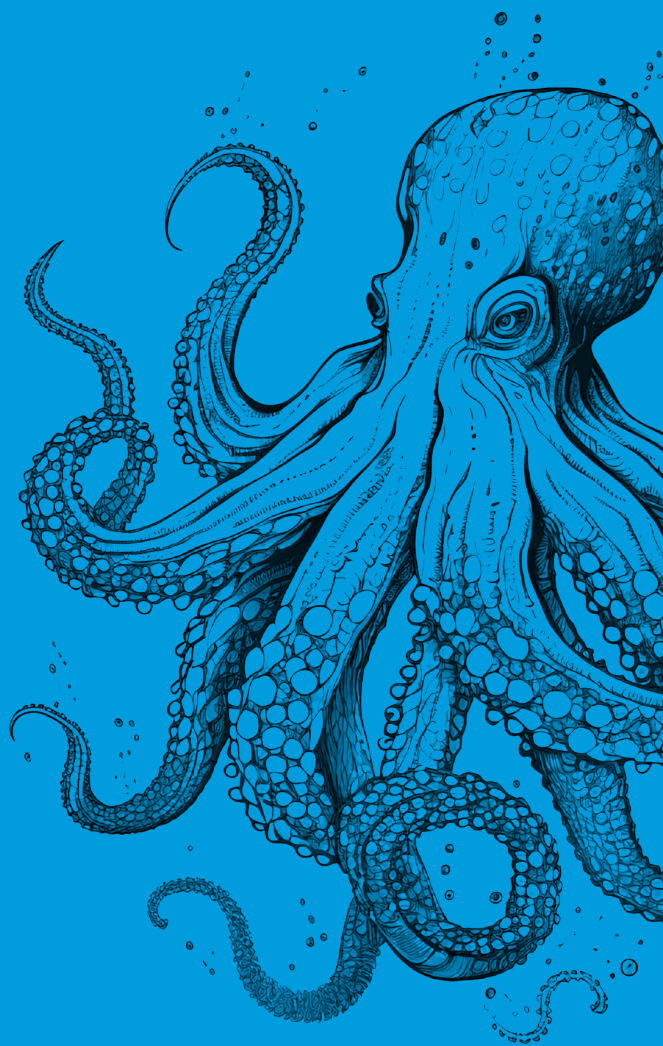
Tragsatec, (2016). Seguimiento ecológico intensivo del Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia (Medio Marino).

Urgorri, V., Pérez Señarís, M. & González Botana, A. (2007). Informe final do proxecto: Descripción e Avaliación do Estado de Conservación dos Hábitat Mariños de Galicia (Directiva 92/43/CEE). Universidade de Santiago de Compostela. 123 p.

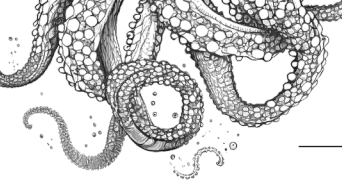


Van der Linden, P., Patricio, J., Marchini, A., Cid, N., Neto, J., Marques, J. (2012). A biological trait approach to assess the functional composition of subtidal benthic communities in an estuarine ecosystem. *Ecological Indicators* 20, 121–133. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.004>

Verlaque, M., Steen, F., & De Clerck, O. (2009). *Rugulopteryx* (Dictyotales, Phaeophyceae), a genus recently introduced to the Mediterranean. *Phycologia*, 48(6), 536–542. <https://doi.org/10.2216/08-103.1>



EVALUACIÓN DE HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES SEDIMENTARIOS (NOR CIR BAT SED)



1. Introducción

En este documento se desarrolla la metodología, los datos utilizados y los resultados obtenidos para evaluar los hábitats circalitorales y batiales (BHT) de la demarcación noratlántica, cuya evaluación final se encuentra resumida por BHT en las fichas de evaluación. La metodología es común para todas las demarcaciones y está centrada en evaluar 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) del indicador de riesgo BH3 (OSPAR, 2017 y Matear *et al.*, 2023) modificado para construir su matriz de impacto usando información del indicador SoS. Ambos indicadores son indicadores comunes de OSPAR para la región IV de OSPAR, que incluyen Portugal, España y Francia, siendo el BH3 original además común para el resto de regiones OSPAR. 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 de presión específicas mediante el uso de modelos generales aditivos, GAMs por sus siglas en inglés, que correlacionaban la proporción de especies centinela con el nivel de impacto de la pesca de arrastre a nivel de Broad hábitat type (BHT) siguiendo la misma metodología que la descrita en OSPAR (ver Plaza-Morlote *et al.*, 2023). En los BHTs en los que se ha obtenido curvas significativas ($p\text{-value} < 0,1$), estas curvas se han aplicado para evaluar el impacto de esta presión en estos hábitats, incluida la determinación de áreas altamente perturbadas por la 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 (ICES, 2022; Plaza-Morlote *et al.*, 2023). 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 ($p\text{-value} < 0,1$) 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 durante el periodo 2016-2022 y también para el período anterior (2010-2015) para poder estudiar su tendencia. En los BHTs en los que había datos suficientes y se ha obtenido una curva estado-presión significativa ($p\text{-value} < 0,1$) se ha aplicado el indicador SoS y en el resto de BHTs se aplicado el indicador BH3 informado por SoS.

2.1. Preparación de datos

Para poder aplicar esta metodología en primer lugar hemos trabajado y preparado los diferentes tipos de datos que se necesitan para aplicar estos indicadores.

2.1.1. Distribución de los BHTs

Las categorías generales de hábitats de las estrategias marinas (MSFD broad hábitats por sus siglas en inglés) fueron descargados de la página web de EMODNET (EMODNET. 2021). Hemos usado la información más reciente sobre la distribución de estos hábitats. La capa shapefile descargada de EMODNET fue rasterizada usando la función *rasterize* de terra (Hijmans, 2024). Tanto este como la práctica totalidad de los análisis realizados se hicieron empleando el software estadístico R (R core team, 2021).

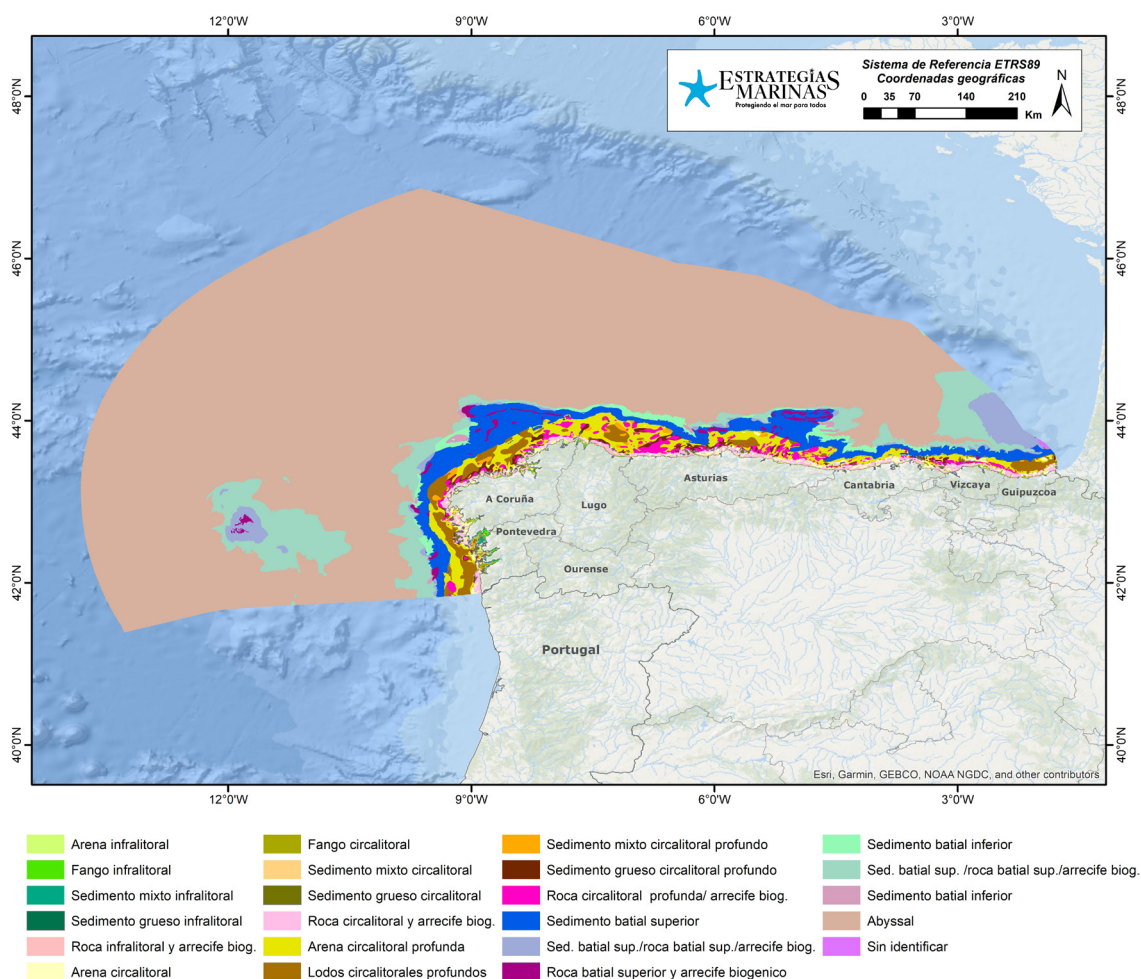


Figura 27. Distribución de los BHTs (source: EUSeamap, 2021) en la demarcación noratlántica.



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 noratlántica hemos empleado el valor medio del área barrida (SAR por sus siglas en inglés) para los períodos 2016-2022 y 2010-2015 (Figura 27). El SAR mide el número de veces que el área total de cada celda de 0,05*0,05 grados (entre 20 y 25 km² dependiendo de la latitud) ha sido arrastrada por año. Por lo tanto, un SAR de 1 significa que proporcionalmente el 100 % del área de esa celda ha sido arrastrada una vez al año. Para el cálculo del SAR hemos empleado la metodología y fuente de datos explicada en el anexo correspondiente al capítulo C7A1. La pesca de arrastre de fondo está ampliamente distribuida en la plataforma continental de la demarcación noratlántica y en líneas generales se observa un descenso respecto al ciclo anterior (Figura 27). Se encuentran zonas con una intensidad inferior a una vez al año, pero hay zonas extensas con Intensidades entre 1 y 10 de SAR y las áreas con mayores intensidades de pesca de arrastre se concentran en la parte oriental del talud superior continental de la demarcación con valores superiores a 10 de SAR.

La mayor parte de la demarcación noratlántica es inaccesible para la pesca (la mayoría del área se encuentra por debajo de los 800 m) debido a su estrecha plataforma continental. De esta forma la huella pesquera representa sólo el 7,9 % de la extensión en la demarcación (Figura 28 y Tabla 23), donde la mayoría de la pesca ocurre a profundidades inferiores a 500 m, encontrándose las mayores intensidades entre 200 y 500 m.

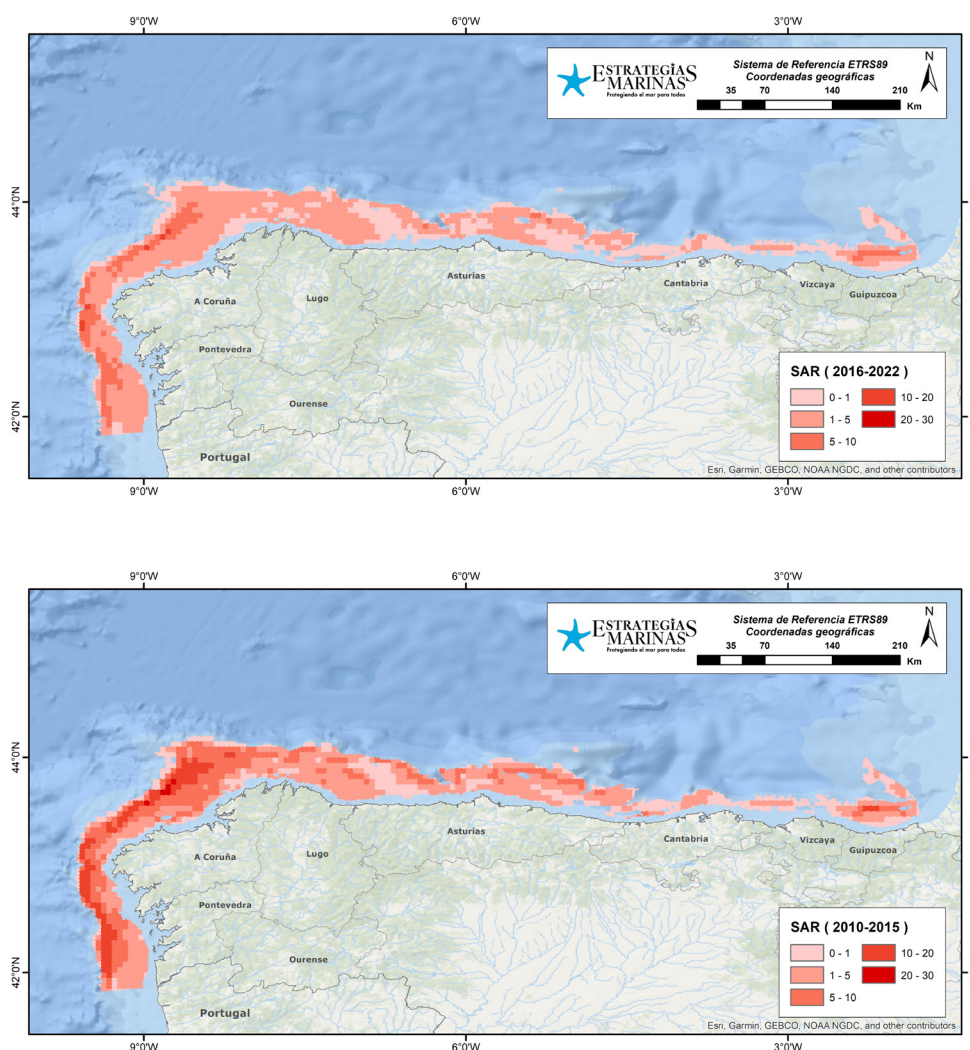
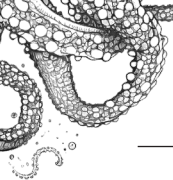


Figura 28. Distribución del valor medio de la intensidad de la pesca de arrastre (SAR) para el periodo 2016-2022 arriba y para el período 2010-2015 abajo, en la demarcación noratlántica.



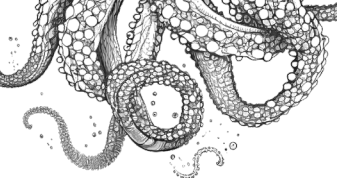
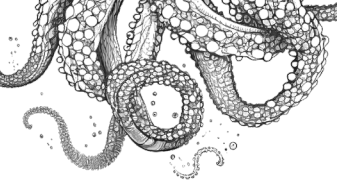
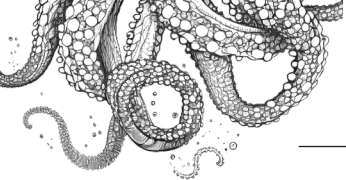


Tabla 23. Listado con los BHTs de la demarcación noratlántica. Para cada BHT se muestra para los períodos 2016-2022 y 2010-2015: la superficie del hábitat (km²), superficie arrastrada (km²), % del hábitat arrastrado, % de la huella de arrastre que está representada en este hábitat, esfuerzo total y media, así como la media del esfuerzo de la superficie del hábitat. Los BHTs en negrita son los nueve BHTs evaluados en esta evaluación.

BHT	Área (km ²)	Área arrastrada (km ²)		% hábitat arrastrado		% huella de arrastre		Esfuerzo total SAR		Esfuerzo medio SAR		Esfuerzo medio SAR Hábitat arrastrado	
		3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo
BAT_SED	13.127,7	8.321,1	8.194,5	63,4	62,4	33,7	33,4	1.325,1	2.596,0	1,9	3,7	3,0	6,0
CIRDP_SND	7.545,2	7.132,4	7.150,6	94,5	94,8	28,9	29,2	784,9	1.412,1	1,9	3,5	2,0	3,7
CIRDP_MUD	4.220,5	4.146,4	4.146,1	98,2	98,2	16,8	16,9	627,4	1.013,6	2,8	4,5	2,8	4,6
CIRDP_Rk_BIO	2.916,0	2.291,1	2.284,9	78,6	78,4	9,3	9,3	129,0	240,9	0,9	1,6	1,1	2,0
CIRDP_CS	1.189,6	1.003,6	1.008,0	84,4	84,7	4,1	4,1	64,0	109,2	1,0	1,7	1,2	2,0
CIRDP_MX	648,4	605,2	605,2	93,3	93,3	2,5	2,5	83,9	163,0	2,4	4,7	2,6	5,0
BAT_Rk_BIO	1.440,6	573,8	541,5	39,8	37,6	2,3	2,2	59,9	114,6	0,8	1,5	1,9	3,9
BAT_SED_Rk_BIO	4.930,3	423,5	388,8	8,6	7,9	1,7	1,6	6,5	11,4	0,0	0,0	0,3	0,6
Nk	68,2	61,0	61,0	89,5	89,5	0,2	0,2	3,0	5,3	0,9	1,5	0,9	1,6
CIR_SND	1.611,8	57,6	57,2	3,6	3,5	0,2	0,2	3,6	4,8	0,0	0,1	1,4	1,9
CIR_Rk_BIO	2.362,4	43,3	43,7	1,8	1,9	0,2	0,2	2,0	3,0	0,0	0,0	0,9	1,4
CIR_MUD	328,4	22,9	22,9	7,0	7,0	0,1	0,1	0,9	1,2	0,0	0,1	0,9	1,2
CIR_CS	497,7	4,7	4,9	0,9	1,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,4



BHT	Área (km²)	Área arrastrada (km²)		% hábitat arrastrado		% huella de arrastre		Esfuerzo total SAR		Esfuerzo medio SAR		Esfuerzo medio SAR Hábitat arrastrado	
		3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	2º ciclo
INF_Rk_BIO	742,6	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INF_SND	388,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CIR_MX	2.839,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INF_CS	134,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INF_MX	19.545,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INF_MUD	493,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BATLOW_Rk_BIO	146,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BATLOW_SED_Rk_BIO	120,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BATLOW_SED	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ABIS	247.349,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	312.691	24.687	24.510	7,9	7,8	100	100	3.090,1	5.675,2	0,19	0,34	2,35	4,34



2.2. Aplicación del indicador SoS

El indicador de especies centinela, (SoS por sus siglas en inglés, Serrano *et al.*, 2022) es un indicador que utiliza la proporción de especies centinela para medir el estado ambiental de los hábitats bentónicos. Para aplicar este indicador, en primer lugar, se seleccionan las especies centinela para cada BHTs en las zonas referencia o con baja presión de arrastre. SoS selecciona los taxones más sensibles (en función de su índice BESITO) 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 analizada, se calcula su abundancia relativa (proporción) dentro de cada muestra, obteniéndose la proporción de especies centinela a lo largo del gradiente SAR. A continuación, se analizan la correlación entre la proporción de especies centinela y el esfuerzo de arrastre por BHT mediante Modelos Aditivos Generales (GAM) binomiales, obteniendo curvas de respuesta presión-estado del hábitat (ver Serrano *et al.*, 2022 y Plaza-Morlote *et al.*, 2023 para más información). Una vez ajustadas mediante el uso de modelos generales aditivos, 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. Umbral de calidad

Para la elección del umbral de calidad se ha aplicado el método de punto de degradación en cada BHT (ver Plaza-Morlote *et al.*, 2023; ICES, 2022). Este método utiliza las curvas de presión-estado obtenidas para cada BHT para determinar un umbral específico para 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 punto de inflexión 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 sensibilidades 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 29 muestra las curvas teóricas para cada tipo de sensibilidad. El enfoque establece un umbral de calidad, que se utiliza para evaluar en que zonas de la predicción geográfica 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 y viceversa.

Una vez calculados los umbrales para cada BHTs, se calculan la extensión en km² y porcentaje de: área sin presión, áreas no adversamente afectadas y áreas adversamente afectadas.

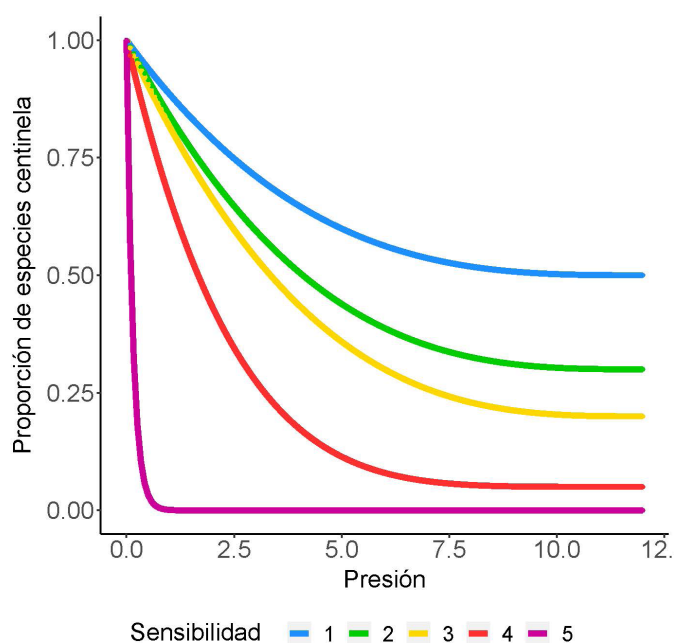
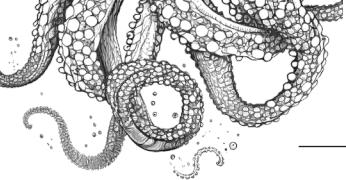


Figura 30. Curvas teóricas de sensibilidad.



2.4. Evaluación de la predicción del SoS a lo largo de la zona de estudio

Se ha evaluado la capacidad de predicción del indicador SoS mediante un método de validación cruzada basado en una selección aleatoria de bloques espaciales para la elección de datos de entrenamiento y prueba, siguiendo las directrices sobre mejores prácticas para la evaluación de modelos de distribución en los ecosistemas marinos (ICES, 2021). En nuestro caso aplicamos GAMs, siendo 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. Los resultados de este análisis recomiendan emplear en la demarcación noratlántica hexágonos de muestreo de 46 km² que han sido divididos en 10 grupos para la separación de datos de entrenamiento y evaluación. 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.



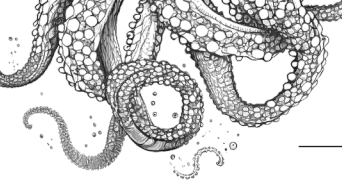
2.5. Aplicación del BH3 informado por SoS

Para los BHTs en los que no se puede aplicar el indicador SoS por falta de datos y/o porqué las curvas de presión-estado no salen significativas ($p\text{-value} < 0,1$) se utiliza el BH3. Este indicador es un indicador de riesgo que combina los valores presión con la sensibilidad de los hábitats a dicha presión para establecer el riesgo de que un hábitat este 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. Para la aplicación de este indicador en aguas españolas, la metodología ha sido modificada para adaptarla a las realidades de nuestros hábitats. En el caso de la sensibilidad esta se ha asignado en base a las curvas de presión-estado previamente descritas y criterio experto para asimilar los hábitats sin curvas a hábitats para los que sí se pudo asignar una sensibilidad matemáticamente (en general se asignó la sensibilidad de otras demarcaciones cuando estaban disponibles y si no se asimilaron hábitats de distintas profundidades, pero igual sustrato como, por ejemplo, lodos circalitorales con lodos circalitorales profundos).

Con los elementos anteriores se calcularán 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 obtenidos con las curvas respuesta obtenidas en el resto de BHT de todas las demarcaciones con el indicador SoS se ha construido la matriz de exposición del BH3. 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 24).

Tabla 24. Matriz BH3 informada por el SoS, utilizada en la evaluación basada en la integración BH3-SoS.

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



3. Resultados

La evaluación está centrada en evaluar los nueve BHTs sometidos a la presión de arrastre en la demarcación noratlántica. En la Tabla 23 se muestran en **negrita** los nueve BHTs con el resumen de los porcentajes y superficies de cada BHT así como las superficies arrastradas y los valores medios y totales para cada BHTs

Se han evaluado cuatro hábitats con el indicador SoS: sedimento batial superior (BAT_SED), arena circalitoral profunda (CIRDP_SND), lodos circalitorales profundos (CIRDP_MUD) y sedimento mixto circalitoral profundo (CIRDP_MX), que suponen ~82 % de la huella de arrastre (~ 95 % excluyendo hábitats rocosos). El restante 5 % de hábitats circalitorales y batiales sedimentarios se ha evaluado empleando la integración BH3-BH1: sedimento grueso circalitoral (CIR_CS), fango circalitoral (CIR_MUD), arena circalitoral (CIR_SND), sedimento grueso circalitoral profundo (CIRDP_CS), sedimento batial superior o roca batial superior y arrecife biogénico (BAT_SED_Rk_BIO). Se muestran en primer lugar los resultados de los cuatro hábitats evaluados con el indicador SoS y al final el resultado con la evaluación de los restantes cinco hábitats con el indicador BH3 informado con SoS.

3.1. BHTs evaluados con SoS

La evaluación a través del indicador SoS se ha aplicado en los cuatro BHT que mostraron curvas de presión-estado significativas (p -valor $<0,1$): BAT_SED, CIRDP_SND, CIRDP_MUD, CIRDP_MX.

3.1.1. Especies centinela

En primer lugar, se obtienen las especies centinela para cada BHTs. Para esto se han definido previamente las zonas de referencia como aquellas con un valor de SAR menor de 0,1 excepto en aquellos hábitats en los que no había estaciones suficientes con estos valores de SAR y se aumentó este valor a 0,33 en el caso de CIRDP_MX y de 0,65 para CIRDP_MUD.

La Tabla 25 muestra las especies centinela obtenidas en los cuatro hábitats indicando su valor de sensibilidad BESITO, así como el valor SAR que se ha considerado para establecer el corte para las áreas de referencia o baja presión, así como el número de lances en estas áreas y de esta forma los que se han utilizado para obtener las especies centinela. Estas especies son características y específicas de cada hábitat, si bien es cierto que algunas especies se encuentran en varios hábitats como es el caso de *Phakellia ventilabrum* y *Funiculina quadrangularis* entre otras especies. En los cuatro hábitats se seleccionan especies con sensibilidad 5, 4 y 3, mientras que en el sedimento mixto circalitoral la especie más sensible es de sensibilidad 4.

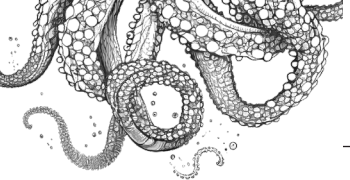


Tabla 25. Especies centinelas seleccionadas para cada BHT, valor de sensibilidad BESITO para cada especie, umbral SAR utilizado para obtener las especies centinel y el número de lances en áreas de referencia/presión baja utilizados para obtener las especies centinelas.

BHT	SAR	Lances	BESITO	Especies centinela
BAT_SED	≤0,1	48	5	<i>Acanella arbuscula</i> , <i>Asconema setubalense</i> , <i>Phakellia ventilabrum</i> , <i>Pheronema carpenteri</i>
			4	<i>Funiculina quadrangularis</i> , <i>Hymenodiscus coronata</i> , <i>kophobelemnon stelliferum</i>
			3	<i>Phormosoma placenta</i> , <i>Gracilechinus acutus</i> , <i>Parastichopus tremulus</i> , <i>Parastichopus regalis</i> , <i>Araeosoma fenestratum</i> , <i>Nymphaster arenatus</i>
CIRDP_SND	≤0,1	29	5	<i>Phakellia ventilabrum</i>
			4	<i>Corella parallelogramma</i> , <i>Funiculina quadrangularis</i>
			3	<i>Gracilechinus acutus</i> , <i>Ophiothrix fragilis</i> , <i>Parastichopus regalis</i> , <i>Spatangus purpureus</i> , <i>Anseropoda placenta</i> , <i>Echinus melo</i> , <i>Nymphaster arenatus</i>
CIRDP_MUD	≤ 0,65	19	5	<i>Phakellia ventilabrum</i>
			4	<i>Corella parallelogramma</i> , <i>Pteroides spinosum</i>
			3	<i>Gracilechinus acutus</i> , <i>Parastichopus regalis</i> , <i>Ophiothrix fragilis</i> , <i>Pennatula phosphorea</i> , <i>Anseropoda placenta</i> , <i>Leptometra celtica</i> , <i>Lytocarpia myriophyllum</i>
CIRDP_MX	≤ 0,33	4	4	<i>Funiculina quadrangularis</i>
			3	<i>Gracilechinus acutus</i> , <i>Parastichopus regalis</i> , <i>Spatangus purpureus</i> , <i>Marthasterias glacialis</i>



3.1.2. Curvas de presión-estado y umbrales

Las curvas de presión-estado muestran cómo responde la proporción de especies centinela al gradiente de presión para cada hábitat. Se observa que los cuatro hábitats tienen una respuesta negativa fuerte a la pesca de arrastre que es estadísticamente significativa como se indica en la Tabla 26. Dos de las curvas de respuesta (CIRDP_MUD y CIRDP_MX) mostraron una correlación positiva inesperada después de alcanzar un mínimo en los valores de esfuerzo más alto. Este aumento inesperado en la proporción de especies centinela es causado por el efecto borde de los GAM, como consecuencia de la falta de datos para valores altos de esfuerzo de arrastre ($SAR > 7$). Para evitar el sesgo causado por este efecto borde, las curvas de respuesta se han corregido dándoles el valor más bajo de la proporción de especies centinela del conjunto de datos para $SAR < 7$ y su error asociado para todas las proporciones superiores a 7 SAR, como se muestran ya corregidas en la Figura 31.

Por otro lado, la sensibilidad obtenida para los BHTs utilizando las curvas teóricas mostradas en la Figura 29 se resumen en la Tabla 26, así como los valores umbral de estado y de presión obtenidos en base al método de punto de degradación. El BAT_SED es el BHT que ha mostrado mayor sensibilidad, con un valor de sensibilidad 4, obteniendo los restantes tres BHT un valor de sensibilidad 3. De esta forma los umbrales de calidad calculados en base a las curvas de estado y a los valores de sensibilidad de cada BHT, muestran un valor más elevado en su umbral de estado (% de especies centinela) e inferior en su umbral de presión (Valor SAR) para el BAT_SED.

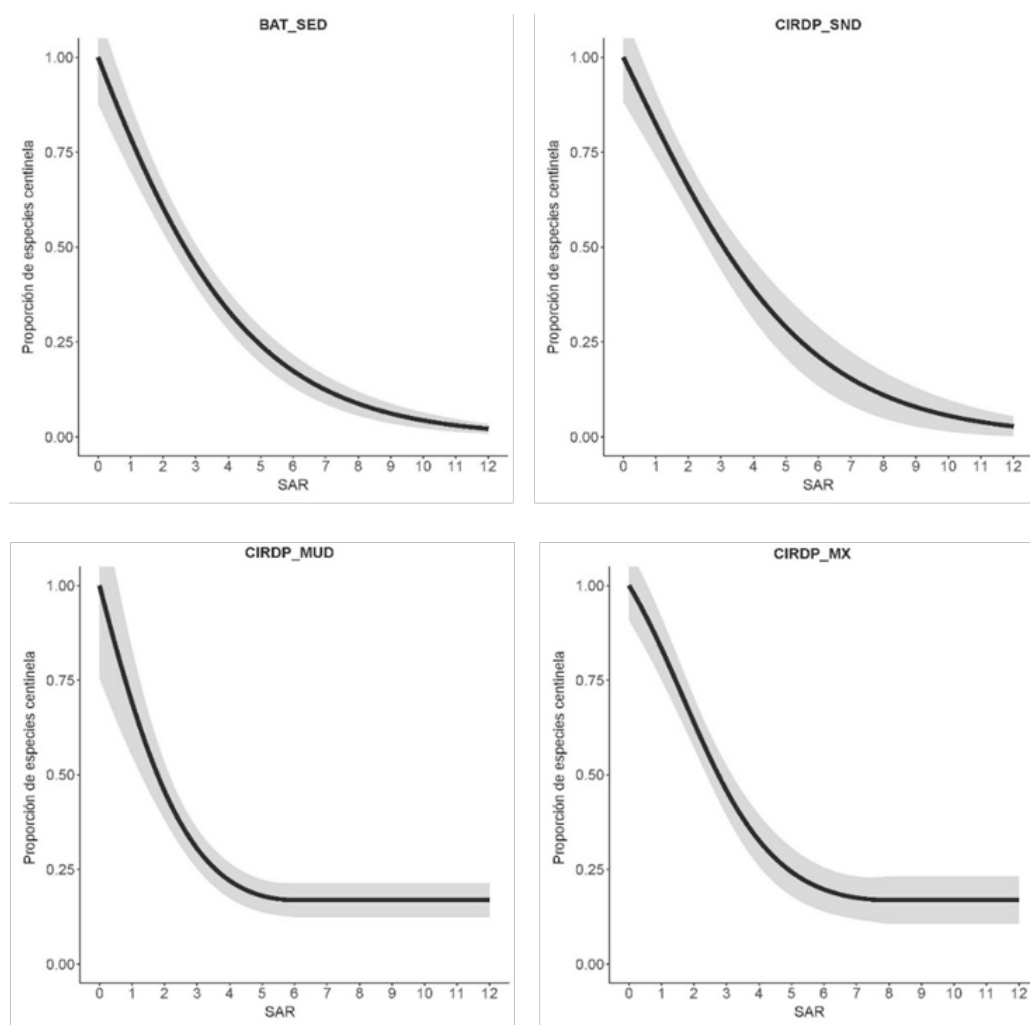


Figura 31. Curva de respuesta estado-presión para los 4 hábitats (BAT_SED, CIRDP_SND, CIRDP_MUD, CIRDP_MX).



Tabla 26. Sensibilidad del hábitat, significancia del modelo (*P_val*) y valores umbrales de estado (*SosDeg. point*) y presión (*SARDeg. point*) para los BHT de la demarcación noratlántica.

Hábitat	Sensibilidad	P_val	SoS Deg. Point	SAR Deg. point
BAT_SED	4	0,00	0,81	0,89
CIRDP_SND	3	0,00	0,63	2,18
CIRDP_MUD	3	0,00	0,67	1,37
CIRDP_MX	3	0,006	0,64	1,99

3.1.3. Predicciones SoS

La predicción de la proporción de especies centinela, así como la incertidumbre del modelo para los 4 BHTs evaluados se muestran en la Figura 31 y Figura 32, para los periodos 2016-2022 y 2010-2015, respectivamente. Una proporción de especies centinela de 1 indica un estado bentónico no afectado (la proporción de especies centinela es el 100 % de la esperada para ese hábitat), mientras que valores más bajos indican un impacto creciente en el hábitat. Se observan en áreas concentradas de la parte oriental del talud superior continental de los hábitats BAT_SED y CIRDP_SND los valores más bajos (proporciones inferiores a 0,2). Estas proporciones más bajas de especies centinela (áreas fuertemente impactadas) tienen lugar en las celdas que coinciden con BHT de mayor sensibilidad (BAT_SED y CIRDP_SND) expuestos a valores de alta intensidad de pesca (Figura 27).

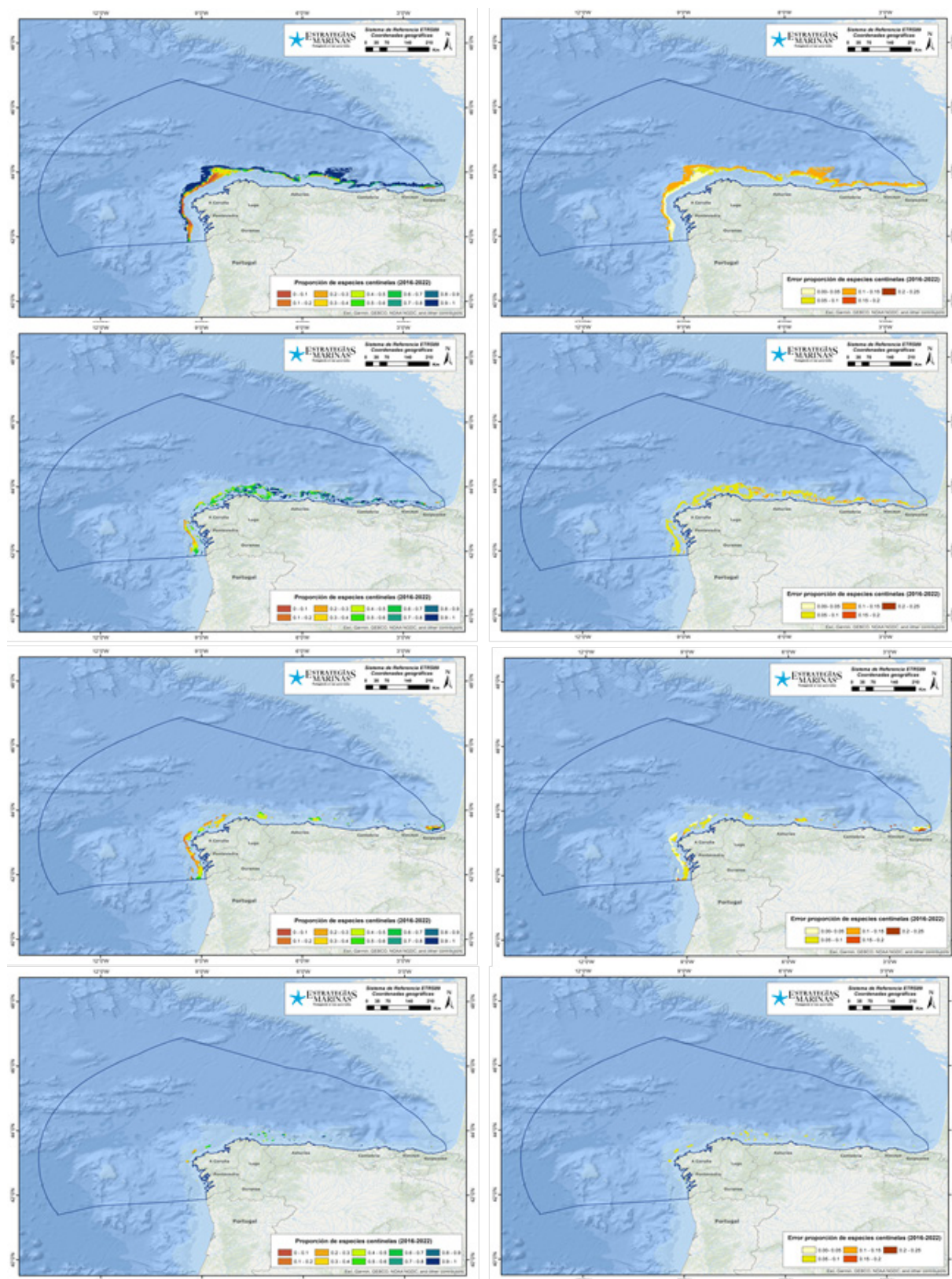


Figura 32. Predicción de especies centinelas a la izquierda y su error asociado a la derecha para el periodo 2016-2022 para los 4 hábitats ordenados de arriba abajo en sedimento batial superior, arena circalitoral profunda, lodos circalitorales profundos y sedimento mixto circalitoral profundo.

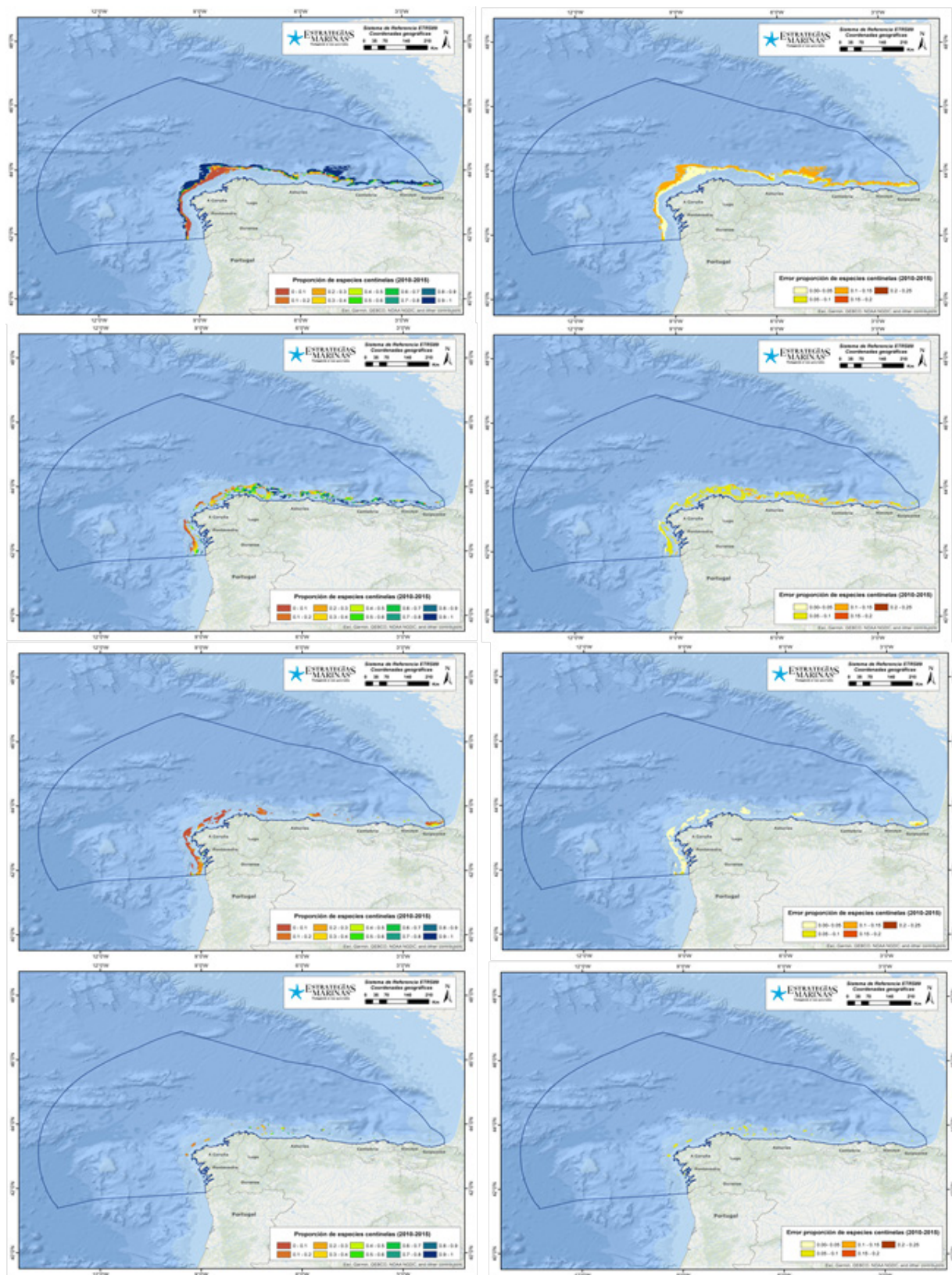


Figura 33. Predicción de especies centinelas a la izquierda y su error asociado a la derecha para el periodo 2010-2015 para los 4 hábitats ordenados de arriba abajo en sedimento batial superior, arena circalitoral profunda, lodos circalitorales profundos y sedimento mixto circalitoral profundo.



3.1.4. Mapas finales del grado de perturbación obtenidos con el indicador SoS

La aplicación de los umbrales de calidad obtenidos para cada BHTs ha permitido convertir los mapas de estado bentónico en áreas adversamente afectadas o no. Las Figura 34 y Figura 35 muestran la distribución de las áreas adversamente afectadas, no adversamente afectadas y sin presión para los 4 BHTs evaluados con el indicador SoS, para los periodos 2016-2022 y 2010-2015, respectivamente. En las fichas resumen de la evaluación se encuentran los mapas independientes por cada BHTs para el periodo 2016-2022. Por otro lado, el resumen para cada BHTs, con los porcentajes y áreas expresadas en km², se encuentra resumido en la Tabla 28. Para los cuatro BHTs se obtienen porcentajes altos en áreas adversamente afectadas, superando en todos los casos el umbral de extensión acordado a nivel europeo del 25 %. Este umbral de extensión establece que el porcentaje máximo de cada MSFD BHT en mal estado ambiental que puede ser tolerado para que se pueda clasificar el hábitat en buen estado ambiental es del 25 %. Dicho umbral se aplica a todas las presiones presentes en cada hábitat, pero obviamente, si una sola presión ya rebasa el límite, este hábitat en ningún caso podrá ser clasificado como en buen estado ambiental. De esta forma, con porcentajes de 43,53 % para BAT_SED, 39,72 % para CIRDP_SND, 86,27 % para CIRDP_MUD y 57,62 % para CIRDP_MX se supera el umbral de extensión en los cuatro BHTs evaluados con el indicador SoS y de esta formano alcanzan el buen estado ambiental, basados únicamente en la pesca de arrastre. Los resultados para el periodo anterior, del 2010 al 2015, muestran en todos los casos valores más elevados en las áreas adversamente afectadas de los cuatro BHTs (Figura 34; Tabla 28) y cuya comparativa se presenta en el apartado 3,3 (Evaluación final) de este documento y se resume en la Tabla 32.

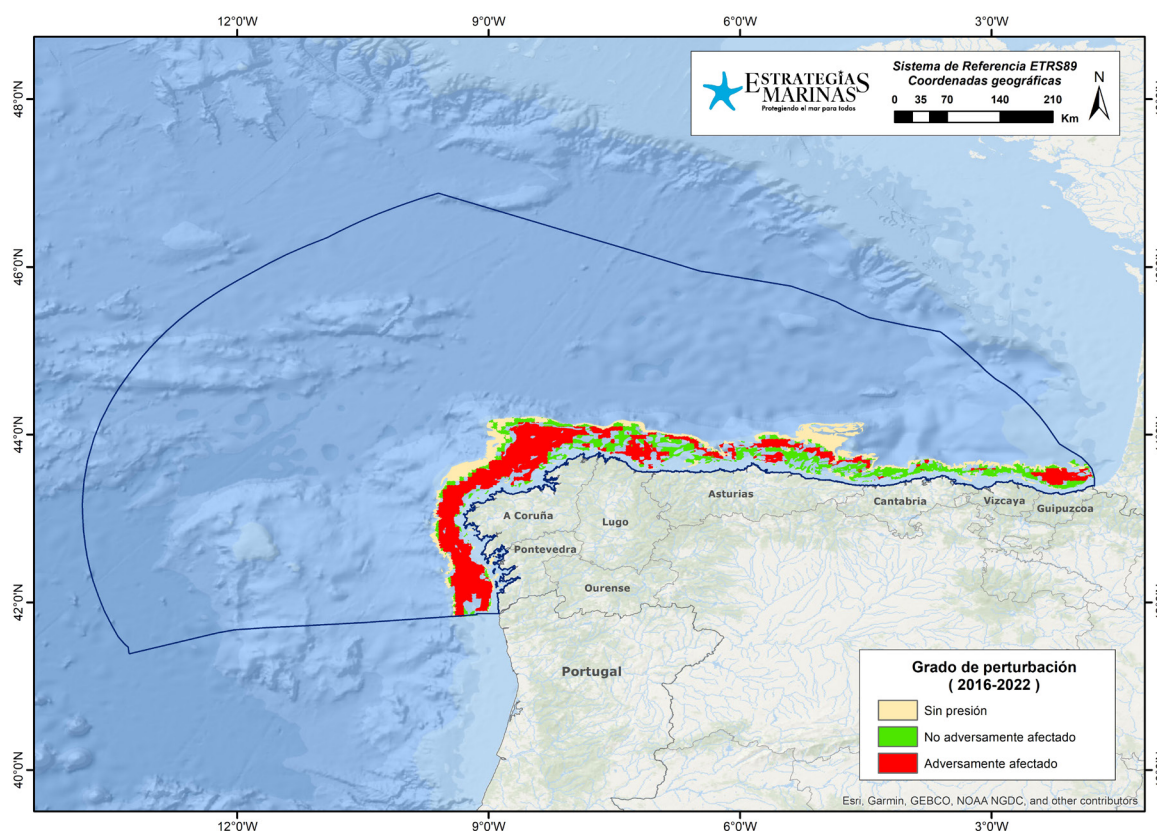


Figura 34. Distribución del grado de perturbación en la demarcación noratlántica en relación con la pesca de arrastre para el periodo 2016-2022 aplicando el indicador SoS. Se han evaluado los hábitats UBS, OCS, OCM y OCMix, que suponen ~82 % de la huella de arrastre (~95 % excluyendo hábitats rocosos. El restante 5 %, se evaluará empleando la integración BH1-BH3.

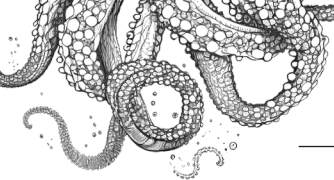


Tabla 27. Área (en km²) y porcentaje para cada MSFD broad hábitat evaluado clasificado como; sin presión, no adversamente afectado (pero sometido a presión) y adversamente afectado para el periodo 2016-2022.

Hábitat	Área (km ²)	Grado perturbación	Área (km ²)	%
BAT_SED	13.128	Sin presión	4.860	37,02
		No adversamente afectado	2.552	19,44
		Adversamente afectado	4.353	43,53
CIRDP_SND	7.545	Sin presión	458	6,07
		No adversamente afectado	4.090	54,21
		Adversamente afectado	2.997	39,72
CIRDP_MUD	4.220	Sin presión	96	2,28
		No adversamente afectado	483	11,45
		Adversamente afectado	3.641	86,27
CIRDP_MX	648	Sin presión	49	7,51
		No adversamente afectado	226	34,87
		Adversamente afectado	374	57,62

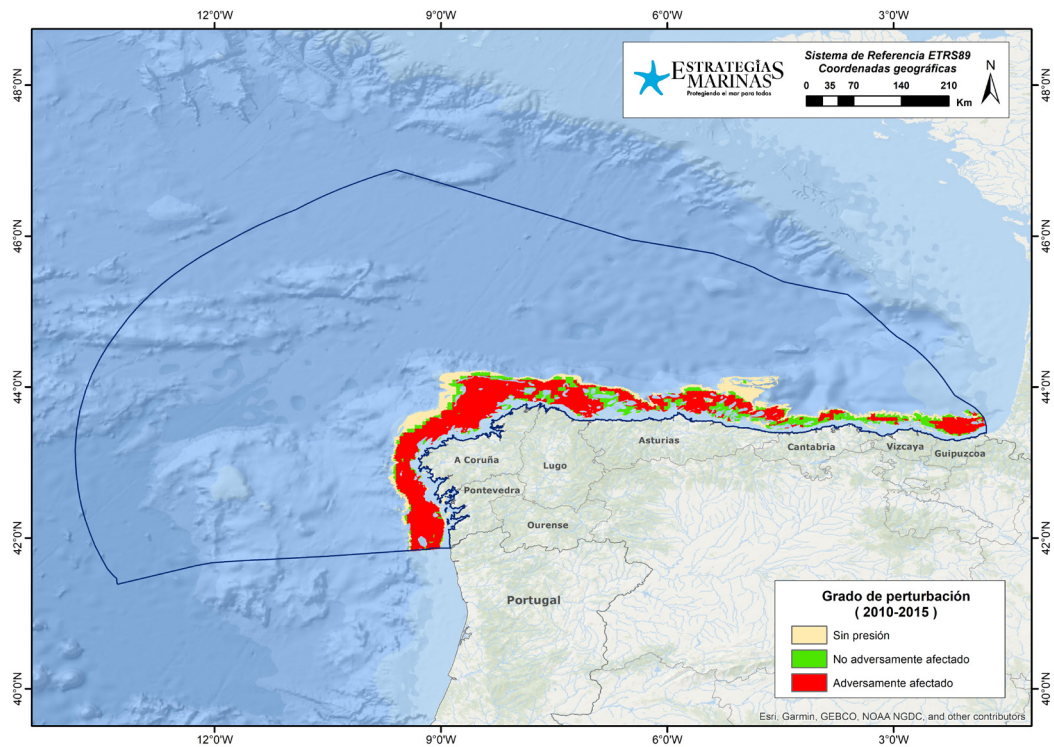


Figura 35. Distribución del grado de perturbación en la demarcación noratlántica con relación a la pesca de arrastre para el periodo 2010-2015 aplicando el indicador SoS. Se han evaluado los hábitats UBS, OCS, OCM y OCMix, que suponen ~82 % de la huella de arrastre (~95 % excluyendo hábitats rocosos). El restante 5 %, se evaluará empleando la integración BH1-BH3.



Tabla 28. Área (en km²) y porcentaje para cada MSFD BHT evaluado clasificado como; sin presión, no adversamente afectado (pero sometido a presión) y adversamente afectado para el periodo 2010-2015.

Habitat	Área (km ²)	Grado perturbación	Área (km ²)	%
BAT_SED	13.128	Sin presión	4.986	37,98
		No adversamente afectado	2.108	16,06
		Adversamente afectado	6.033	45,96
CIRDP_SND	7.545	Sin presión	441	5,84
		No adversamente afectado	2.100	27,87
		Adversamente afectado	4.109	54,46
CIRDP_MUD	4.220	Sin presión	97	2,29
		No adversamente afectado	12	0,28
		Adversamente afectado	4.112	97,43
CIRDP_MX	648	Sin presión	49	7,51
		No adversamente afectado	69	10,64
		Adversamente afectado	531	81,85

3.1.5. Resultados de la evaluación cruzada de la predicción del SoS

De los cuatro hábitats evaluados, el sedimento batial superior y el sedimento mixto circalitoral profundo muestran una correlación positiva y significativa en todas las iteraciones de evaluación, mientras que la arena circalitoral profunda y el lodo circalitoral profundo muestran una correlación no significativa en 2 y 3 iteraciones respectivamente (Tabla 29). Estos hábitats también muestran unos valores rho más bajos entre los valores de SoS previstos y observados, con un valor de $0,36 \pm 0,16$ para la arena circalitoral profunda y un valor de $0,25 \pm 0,14$ para el lodo circalitoral profundo. Por otro lado, el sedimento mixto circalitoral profundo obtiene la correlación más fuerte entre los valores de SoS previstos y observados con una rho media de $0,66 \pm 0,13$. Finalmente, el sedimento batial superior muestra la correlación más consistente entre los valores predichos y observados a través de las iteraciones como lo demuestran los valores de desviación estándar más bajos y valores de rho promedio relativamente altos. Los resultados de la evaluación muestran que en general la metodología empleada es capaz de predecir el porcentaje de especies sensibles con un aceptable grado de precisión pese a emplear una sola variable explicativa (el esfuerzo pesquero), si bien la calidad de dicha predicción es altamente variable en función del hábitat en el que se utilice, siendo mayor para el hábitat más sensible (batial superior) y menos en el caso de los hábitats menos sensibles, donde la presencia de especies centinela de menor sensibilidad puede reducir el efecto de la pesca de arrastre sobre su proporción, aumentando el efecto de otras variables no incluidas en el análisis y por lo tanto, la variabilidad del valor del SoS.



Tabla 29. Resultados de la evaluación: porcentaje de iteraciones significativas ($p\text{-value} < 0,05$), media y desviación estándar de Rho.

BHT	Iteraciones significativas (%)	Media rho	SD rho
BAT_SED	100	0,57	0,07
CIRDP_SND	80	0,36	0,16
CIRDP_MUD	70	0,25	0,14



3.2. BHTs evaluados con BH3 informado por SoS

El resto de BHT sometidos a presión de arrastre, para los que no disponemos de muestras suficientes como para generar curvas de presión-estado significativas, han sido evaluados a través del indicador BH3 informado por SoS. Para los cinco BHTs evaluados con esta metodología (CIR_CS, CIR_MUD, CIR_SND, CIRDP_CS, BAT_SED_Rk_BIO) se han aplicado los umbrales de presión establecidos en base a la matriz del BH3 informada por el indicador SoS (Tabla 24). Los hábitats con sensibilidad 3, como son CIR_CS, CIR_SND y CIRDP_CS, se les aplica un valor de SAR de 2, al hábitat de sensibilidad 2, CIR_MUD, un valor de 3,6 y al CIRDP_CS le corresponde un valor de 0,6.

De esta forma se han convertido los mapas con la distribución del valor medio de la intensidad de la pesca de arrastre (SAR) para el periodo 2016-2022 y para el periodo 2010-2015 en mapas con la distribución mostrando las áreas adversamente afectadas o no (Figura 35 y Figura 36, respectivamente). En las fichas resumen de la evaluación se encuentran los mapas independientes por cada BHTs para el periodo 2016-2022. Por otro lado, el resumen para cada BHTs, con los porcentajes y áreas expresadas en km², se encuentra resumido en la Tabla 30 y Tabla 31 para los periodos 2016-2022 y 2010-2015, respectivamente.

Para los cinco BHTs se obtienen porcentajes bajos en áreas adversamente afectadas, por debajo en todos los casos del umbral de extensión europeo del 25 % máximo del hábitat adversamente afectado para que se pueda clasificar el hábitat en buen estado ambiental. Dicho umbral se aplica a todas las presiones que afectan a un hábitat, pero para estos hábitats se ha hecho una evaluación en base a la presión mayoritaria en hábitats circalitorales y batiales sedimentarios, la pesca de arrastre.

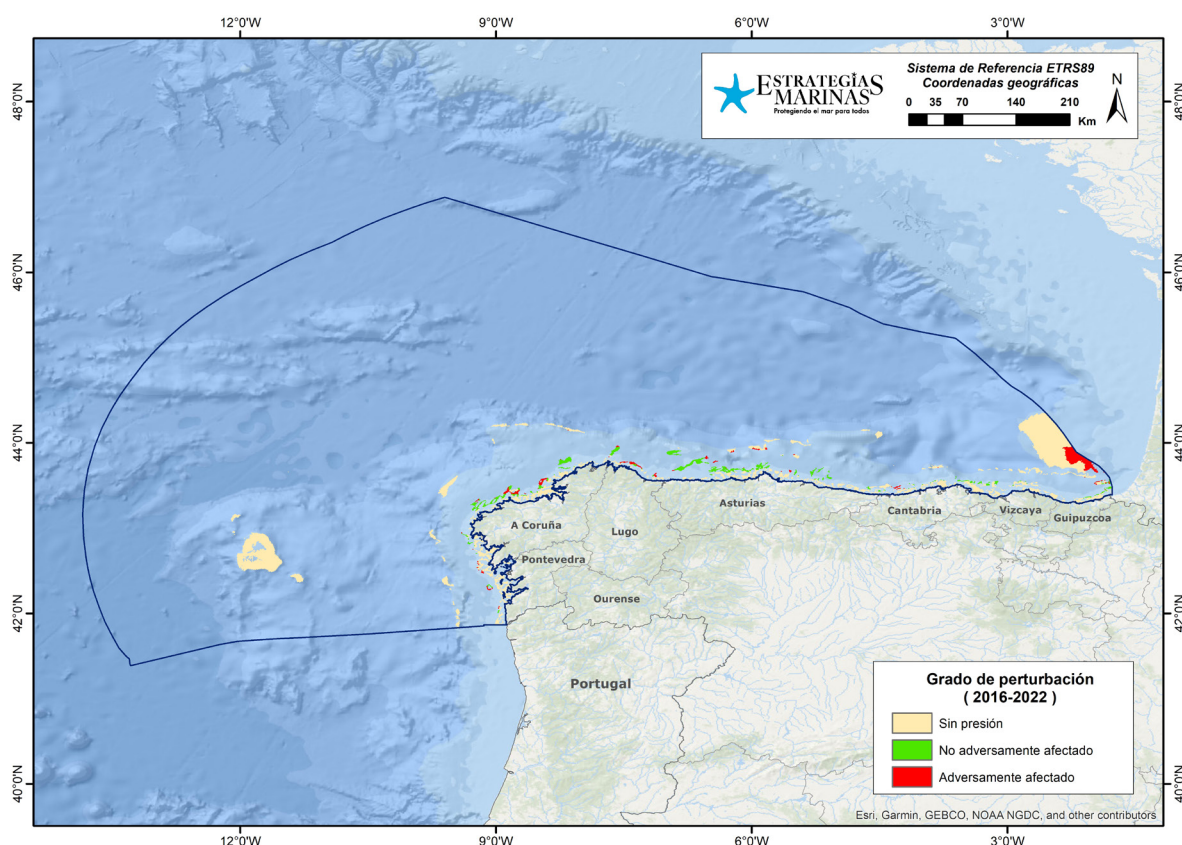


Figura 36. Distribución del grado de perturbación en la demarcación noratlántica en relación con la pesca de arrastre para el periodo 2016-2022 empleando la integración BH1-BH3. Se han evaluado los hábitats CIR_CS, CIR_MUD, CIR_SND, CIRDP_CS Y BAT_SED_Rk_BIO, que suponen ~5 % de la huella de arrastre.



Tabla 30. Área (en km²) y porcentaje para cada MSFD broad hábitat evaluado clasificado como; sin presión, no adversamente afectado (pero sometido a presión) y adversamente afectado empleando la integración BH1-BH3 para el periodo 2016-2022.

Habitat	Área (km ²)	Grado perturbación	Área (km ²)	%
CIR_CS	498	Sin presión	495	99,40
		No adversamente afectado	2	0,45
		Adversamente afectado	1	0,15
CIR_MUD	328	Sin presión	310	94,51
		No adversamente afectado	18	5,49
		Adversamente afectado	0	0
CIR_SND	1.612	Sin presión	1.564	97,01
		No adversamente afectado	32	2,01
		Adversamente afectado	16	0,98
CIRDP_CS	1.190	Sin presión	186	15,61
		No adversamente afectado	804	67,57
		Adversamente afectado	200	16,81
BAT_SED_Rk_BIO	4.930	Sin presión	4.516	91,59
		No adversamente afectado	0	0
		Adversamente afectado	415	8,41

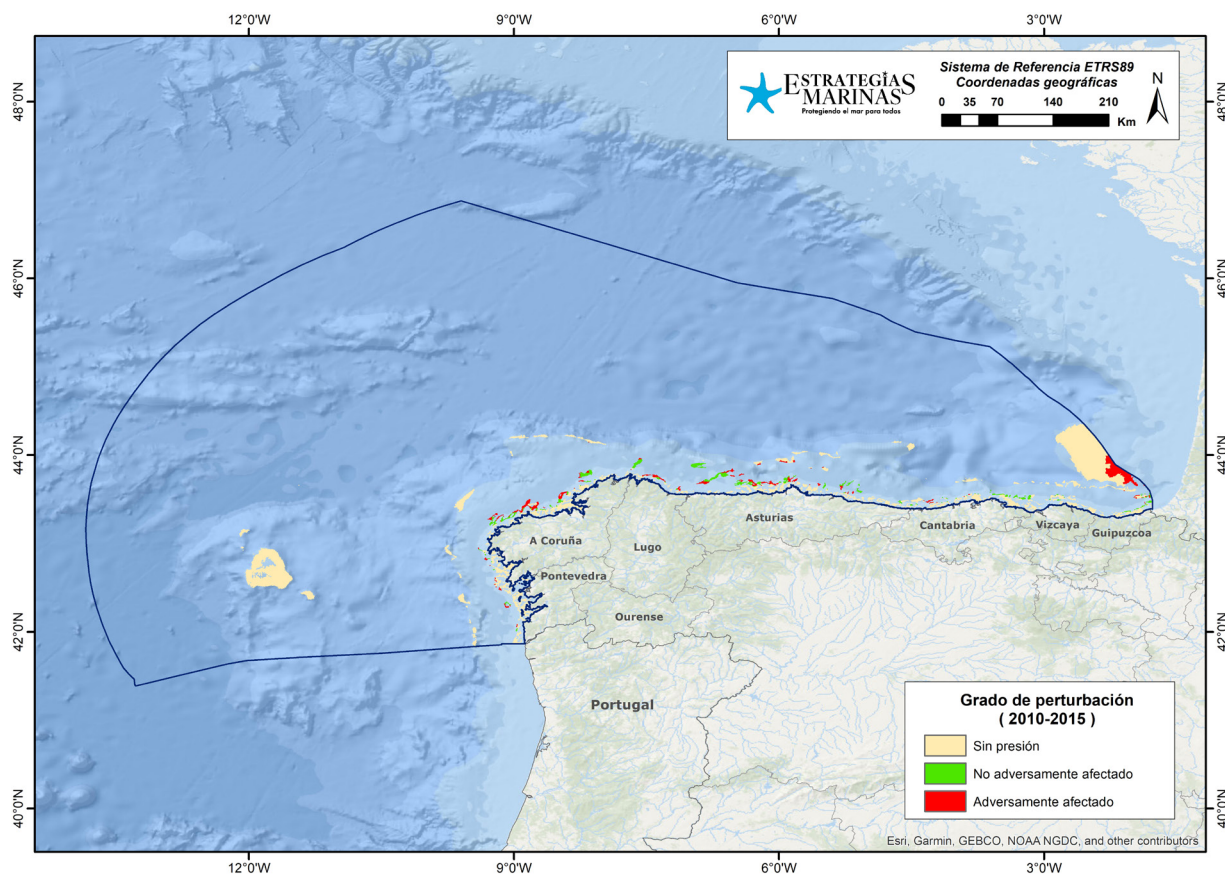
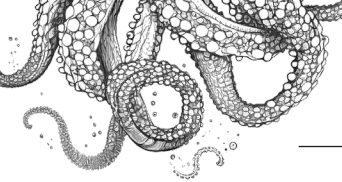


Figura 37. Distribución del grado de perturbación en la demarcación noratlántica con relación a la pesca de arrastre para el periodo 2010-2015 empleando la integración BH1-BH3. Se han evaluado los hábitats CIR_CS, CIR_MUD, CIR_SND, CIRDP_CS Y BAT_SED_Rk_BIO, que suponen ~5 % de la huella de arrastre.



Tabla 31. Área (en km²) y porcentaje para cada MSFD broad hábitat evaluado clasificado como; sin presión, no adversamente afectado (pero sometido a presión) y adversamente afectado empleando la integración BH1-BH3 para el periodo 2010-2015.

Hábitat	Área (km²)	Grado perturbación	Área (km²)	%
CIR_CS	498	Sin presión	494	99,25
		No adversamente afectado	3	0,60
		Adversamente afectado	1	0,15
CIR_MUD	328	Sin presión	310	94,51
		No adversamente afectado	17	5,26
		Adversamente afectado	1	0,23
CIR_SND	1.612	Sin presión	1.564	97,01
		No adversamente afectado	31	1,92
		Adversamente afectado	17	1,07
CIRDP_CS	1.190	Sin presión	181	15,23
		No adversamente afectado	579	48,67
		Adversamente afectado	429	36,09
BAT_SED_Rk_BIO	4.930	Sin presión	4.550	92,29
		No adversamente afectado	0	0
		Adversamente afectado	380	7,71



3.3. Evaluación final

La aplicación de los indicadores SoS y BH3 informado por SoS, ha permitido evaluar ~ el 88 % del área total de la demarcación que se encuentra dentro de la huella de arrastre y ~ del 100 % si excluimos el 12 % que son BHTs rocosos. Analizando los resultados en su conjunto, obtenemos que el 37 % (12.533 km²) del área total evaluada no está sometido a la presión de la pesca de arrastre, 8.208 km² no se encuentran adversamente afectados (24 %), mientras que 13.357 km² se encuentran adversamente afectados, lo que supone el 39 % del área evaluada.

Los hábitats con mayor extensión de área adversamente afectada son el BAT_SED (4.553 km²), el CIRDP_MUD (3.641 km²) y el CIRDP_SND (2.997 km²), siendo estos últimos, junto con el CIRDP_MX los más impactados por la pesca de arrastre con el 43,53 %, 86,27 %, 39,72 % y 57,62 % de su área adversamente afectada, respectivamente. De esta forma estos cuatro BHTs no alcanzan el buen estado ambiental para este ciclo basados en esta evaluación y los restantes cinco BHTs con % inferiores al 25 % de su área adversamente afectada sí se encuentran en buen estado ambiental.

El conjunto de los hábitats evaluados usando el indicador SoS (que son los que soportan la mayor parte de la pesca con arte de arrastre), muestra una tendencia de mejoría con respecto al periodo anterior, mientras que los hábitats evaluados con el indicador BH3 se mantienen por lo general estables, aunque con porcentajes de área adversamente afectada muy bajos en ambos periodos (Tabla 32). Esta mejoría, aun siendo significativa y generalizada, no es suficiente para conseguir valores por debajo del umbral de extensión y solo el hábitat CIRDP_CS pasa de mal estado ambiental a buen estado ambiental en este ciclo, disminuyendo del 36,09 % al 16,81 % del área adversamente afectada. Los restantes BHTs que superaban el valor umbral del 25 % siguen haciéndolo para este ciclo, pero con unas tendencias de mejoría importantes, que en el caso del CIRDP_MX disminuye en más del 24 % el área adversamente afectada. Esto es consecuencia de las importantes reducciones en el esfuerzo pesquero observadas en la demarcación noratlántica en las últimas dos décadas. Con objeto de mostrar una foto fija más parecida a la realidad actual, especialmente importante de cara a potenciales medidas correctoras futuras, se han repetido los análisis para el último año de la serie disponible (2022, ver a continuación).

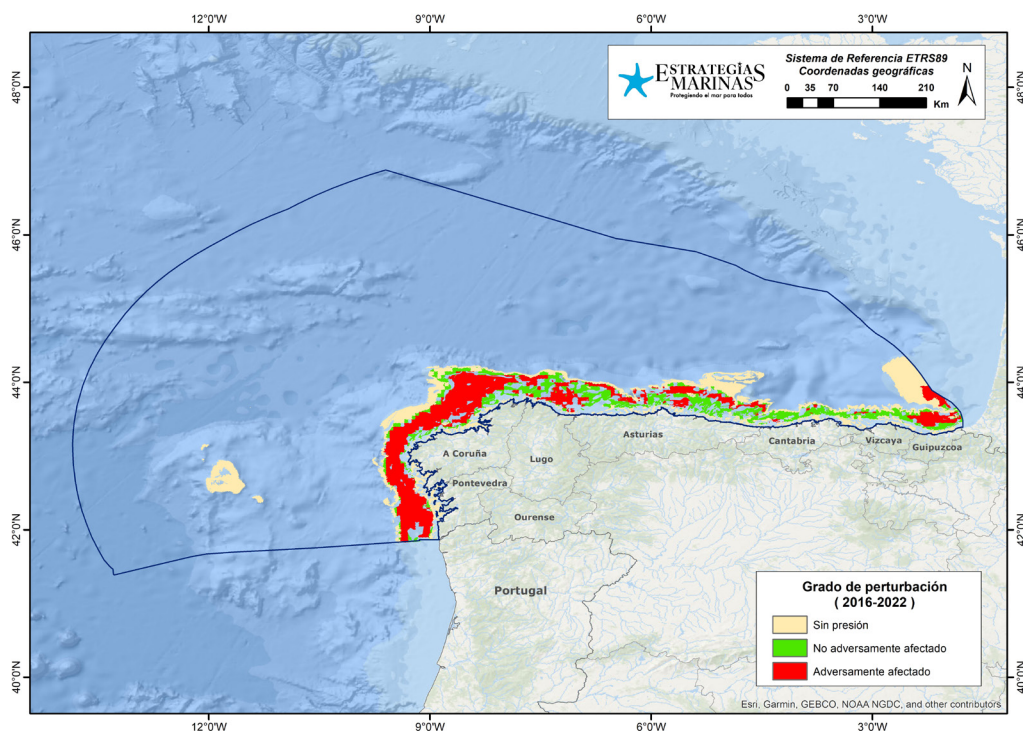


Figura 38. Distribución del grado de perturbación en la demarcación noratlántica con relación a la pesca de arrastre para el periodo 2016-2022.

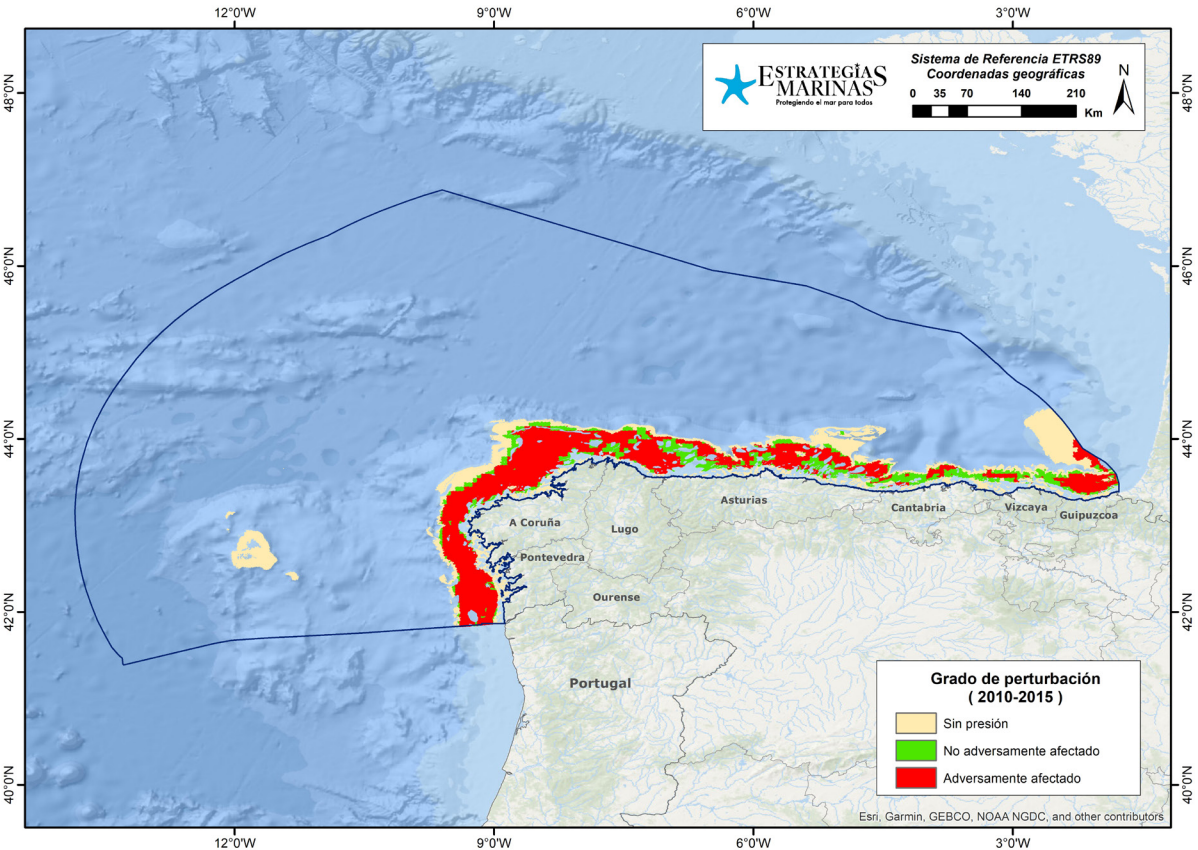
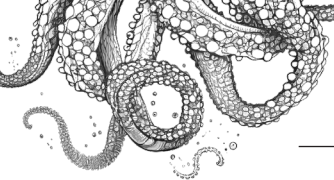


Figura 39. Distribución del grado de perturbación en la demarcación noratlántica en relación con la pesca de arrastre para el periodo 2010-2015.

Tabla 32. Porcentaje para cada MSFD BHT evaluado clasificado como adversamente afectado para los periodos 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	2010-2015	
BAT_SED	43,53	46	↗ (-2,47)
CIRDP_SND	39,72	54,46	↗ (-14,74)
CIRDP_MUD	86,27	97,43	↗ (-11,16)
CIRDP_MX	57,62	81,85	↗ (-24,22)
CIR_CS	0,15	0,15	↔ (0)
CIR_MUD	0	0,23	↔ (+0,23)
CIR_SND	0,98	1,07	↔ (-0,09)
CIRDP_CS	16,81	36,09	↗ (-19,28)
BAT_SED_Rk_BIO	8,41	7,71	↔ (+0,7)



3.4. Evaluación año 2022

Se ha hecho una evaluación teniendo en cuenta sólo el año 2022 para los cuatro BHTs evaluados con el indicador SoS y con porcentajes más altos de su área adversamente afectados: BAT_SED, CIRDP_SND, CIRDP_MUD, CIRDP_MX. Los resultados son de mejoría notable para los cuatro BHTs (Tabla 33), pasando el CIRDP_SND y el CIRDP_MX a buen estado ambiental, al disminuir los porcentajes de área adversamente afectada al 18,11 % y al 21,63 %, respectivamente. En el caso del BAT_SED desciende del 43,53 % en este ciclo al 37,19 en el 2022, y en el CIRDP_MUD desciende del 86,27 % al 52,93 % en el año 2022. De esta forma, la evaluación del último año nos permite estimar que la tendencia de mejoría obtenida en el último ciclo debido al descenso en la intensidad de arrastre en los últimos años en la demarcación noratlántica, se espera que se siga manteniendo o incluso aumentando en los siguientes años, como ha sucedido evaluando sólo los datos del último año disponible, el 2022.

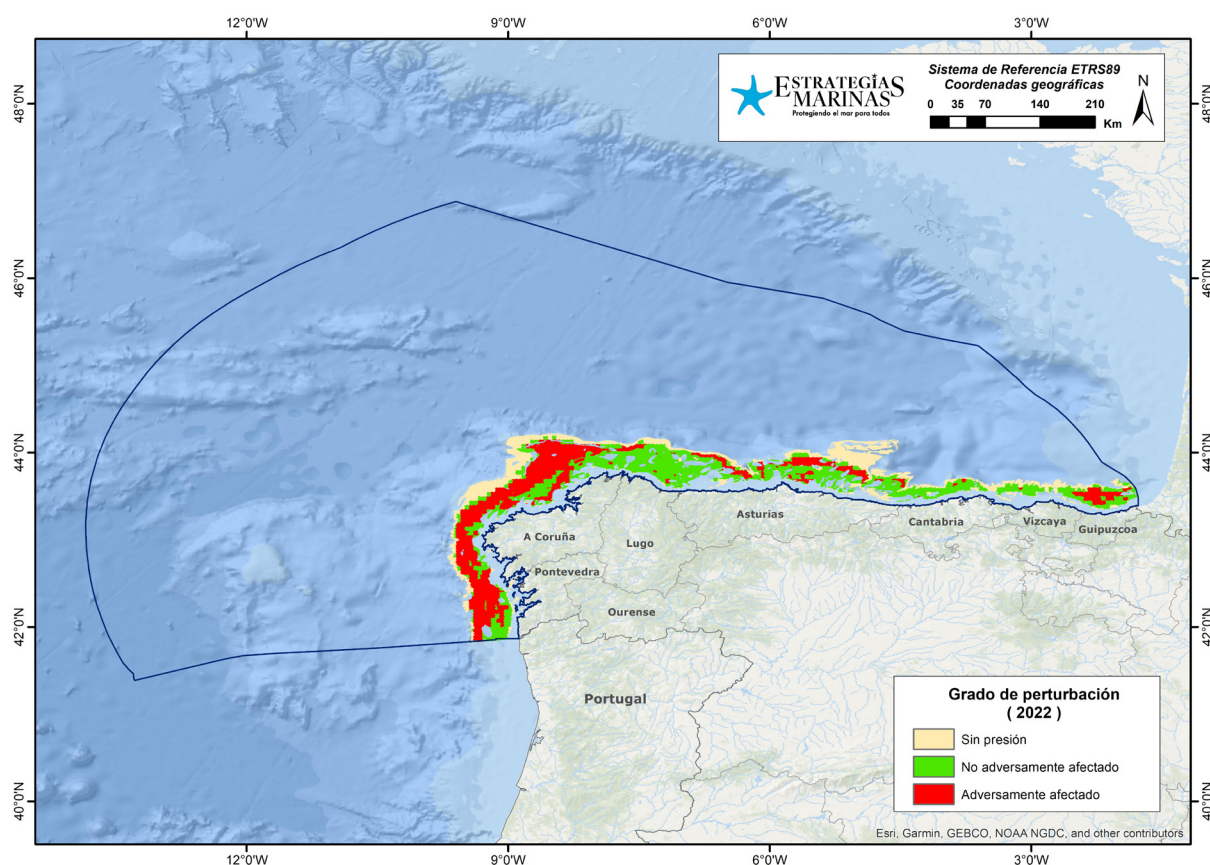


Figura 40. Distribución del grado de perturbación en la demarcación noratlántica en relación con la pesca de arrastre para el año 2022 aplicando el indicador SoS. Se han evaluado los hábitats UBS, OCS, OCM y OCMix, que suponen ~82 % de la huella de arrastre (~ 95 % excluyendo hábitats rocosos).



Tabla 33. Área (en km²) y porcentaje para cada MSFD BHT evaluado clasificado como; sin presión, no adversamente afectado (pero sometido a presión) y adversamente afectado empleando la integración BH1-BH3 para el año 2022.

Habitat	Área (km²)	Grado perturbación	Área (km²)	%
BAT_SED	13.128	Sin presión	5.781	44,04
		No adversamente afectado	2.464	18,77
		Adversamente afectado	4.882	37,19
CIRDP_SND	7.545	Sin presión	719	9,53
		No adversamente afectado	5.460	72,36
		Adversamente afectado	1.853	18,11
CIRDP_MUD	4.220	Sin presión	133	3,16
		No adversamente afectado	1.853	43,9
		Adversamente afectado	2.234	52,93
CIRDP_MX	648	Sin presión	49	7,51
		No adversamente afectado	459	70,86
		Adversamente afectado	140	21,63



3.5. Other habitat types

En esta evaluación y a pesar de la existencia de abundante información sobre la distribución de comunidades biológicas que podrían entrar en la categoría de Other Habitat Types (OHT), como los arrecifes de coral o los campos de pennatulaceas, estas comunidades han sido evaluadas dentro de los broad hábitats y no de manera separada. Esto se debe principalmente a la ausencia de conocimiento sobre su distribución actual y más importante, su distribución pasada.

A pesar del enorme esfuerzo de muestreo y modelado realizado en los últimos años para mapear la distribución de estas comunidades a lo largo de las distintas demarcaciones (ver por ejemplo; García-Alegre *et al.*, 2014; Serrano *et al.*, 2017; De la Torre *et al.*, 2019, González-Irusta *et al.*, 2022; García-Alegre *et al.*, 2023) seguimos sin conocer la distribución de muchas de ellas a nivel de demarcación y desconocemos prácticamente en todos los casos su distribución relictiva (previa al inicio de las presiones físicas de carácter antrópico sobre el medio marino).

Como consecuencia de ello, es muy difícil e incluso peligroso tratar de analizar el estado de estos hábitats puesto que se corre el riesgo de realizar evaluaciones sesgadas en la que la falta de solapamiento actual entre distribución y presión sea confundida con ausencia de impacto. Esto es especialmente peligroso en el caso de hábitats más sensibles, como los llamados ecosistemas marinos vulnerables (VMEs por sus siglas en inglés), cuya distribución, especialmente en el caso de los que se encuentran presentes en fondos blandos ya ha sido alterada por la pesca de arrastre, estando su distribución actual muy modificada por los impactos antrópicos (Downie *et al.*, 2021; González-Irusta *et al.*, 2022). Se da el caso paradójico, de que, en algunos de estos hábitats, como en el caso de los jardines de coral formados por *Isidella elongata*, el solapamiento entre la distribución actual de la especie y la distribución del esfuerzo pesquero es mínimo, no porque el estado del hábitat sea óptimo, sino porque el impacto de la presión produce la total eliminación de la especie y la consecuente pérdida de hábitat (que es lo que evita el solapamiento). Sin análisis de dicha pérdida (que requieren modelado no solo del hábitat actual sino también del hábitat relictivo) cualquier evaluación del estado del hábitat podría llevar a evaluaciones sesgadas en las que la falta de solapamiento sea confundida con ausencia de impacto.

Actualmente desde el IEO se está trabajando en la puesta en marcha de trabajos de modelado que permitan conocer dicha distribución relictiva mediante el uso de dos aproximaciones complementarias (González-Irusta *et al.*, 2022; García-Alegre *et al.*, 2023). En el caso de aquellas especies que no desaparezcan del todo a niveles bajos de arrastre, se puede emplear una aproximación directa, en la que se modele el impacto sobre la probabilidad de presencia y la abundancia de dichas especies, permitiendo la creación de escenarios alternativos en ausencia de impacto (ver Figura 40). Para especies más sensibles, que incluso a niveles de impacto bajo desaparezcan, solo el uso de presencias (o restos de presencias) previas al inicio de la presión puede permitir mapear la distribución relictiva de las especies (González-Irusta *et al.*, 2022), algo que no siempre está disponible.

Desafortunadamente, en la actualidad estas aproximaciones tienen un gran grado de incertidumbre asociada, que desaconseja su empleo en evaluaciones de gestión. En el próximo ciclo se seguirán explorando estas técnicas de modelado, tratando de reducir dicha incertidumbre, con objeto no solo de complementar nuestra evaluación de los hábitats bentónicos para las estrategias marinas sino también para informar en las posibles medidas correctoras que puedan ser necesarias para alcanzar el buen estado ambiental, así como para contribuir a futuras obligaciones que puedan derivarse de nuevos reglamentos como la ley de restauración de la naturaleza o la directiva de hábitats.

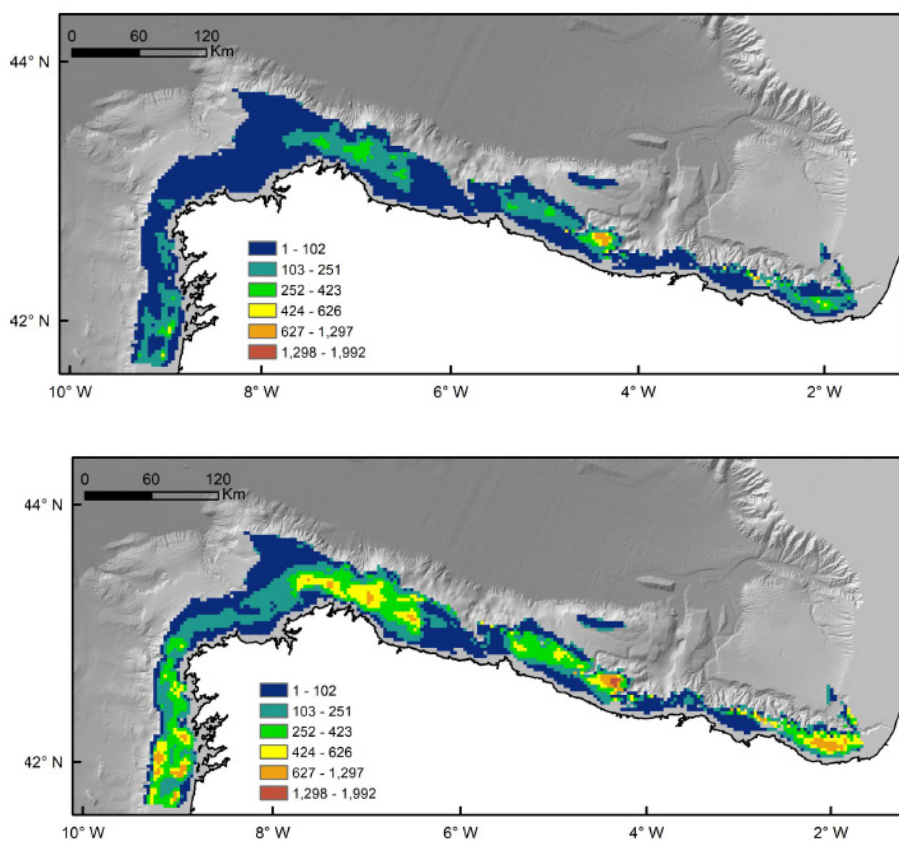


Figura 41. Distribución de la abundancia (kg/km^2) de la pluma de mar *Funiculina quadrangularis* en la situación actual (imagen superior) y en un escenario hipotético de esfuerzo cero con artes de arrastre. La diferencia entre ambos mapas muestra el efecto del arrastre sobre la abundancia de esta especie.



3.6. Ejemplo utilizando capas SAR con una resolución a 0,01*0,01 grados

En esta evaluación, se ha utilizado una resolución espacial de 0,05x0,05 grados, siguiendo las recomendaciones del grupo de trabajo de datos espaciales pesqueros del ICES (WGSFD, por sus siglas en inglés). De acuerdo con las consideraciones de este grupo, que aglutina a algunos de los mayores expertos en el análisis de datos espaciales pesqueros a nivel internacional, esta resolución es la más adecuada para datos con una frecuencia mínima de dos horas como los disponibles para la flota española (ICES, 2022b).

No obstante, debido a la importancia de la resolución a la hora de calcular el impacto de la pesca de arrastre, especialmente en la proporción de áreas sin impacto (Amoroso *et al.*, 2018), los análisis realizados y presentados en este informe se han repetido (de modo exploratorio y con los problemas de granulosidad asociados a usar una resolución más alta sin suficiente densidad de pings de la flota) usando una huella con una resolución 5 veces mayor (0,01x0,01 grados) con objeto de comprobar cuál sería el efecto en los resultados de disponer de una huella de mayor precisión. Como puede observarse en la Figura 41 el incremento en la resolución es apreciable de manera visual y por supuesto tiene un efecto en los resultados obtenidos.

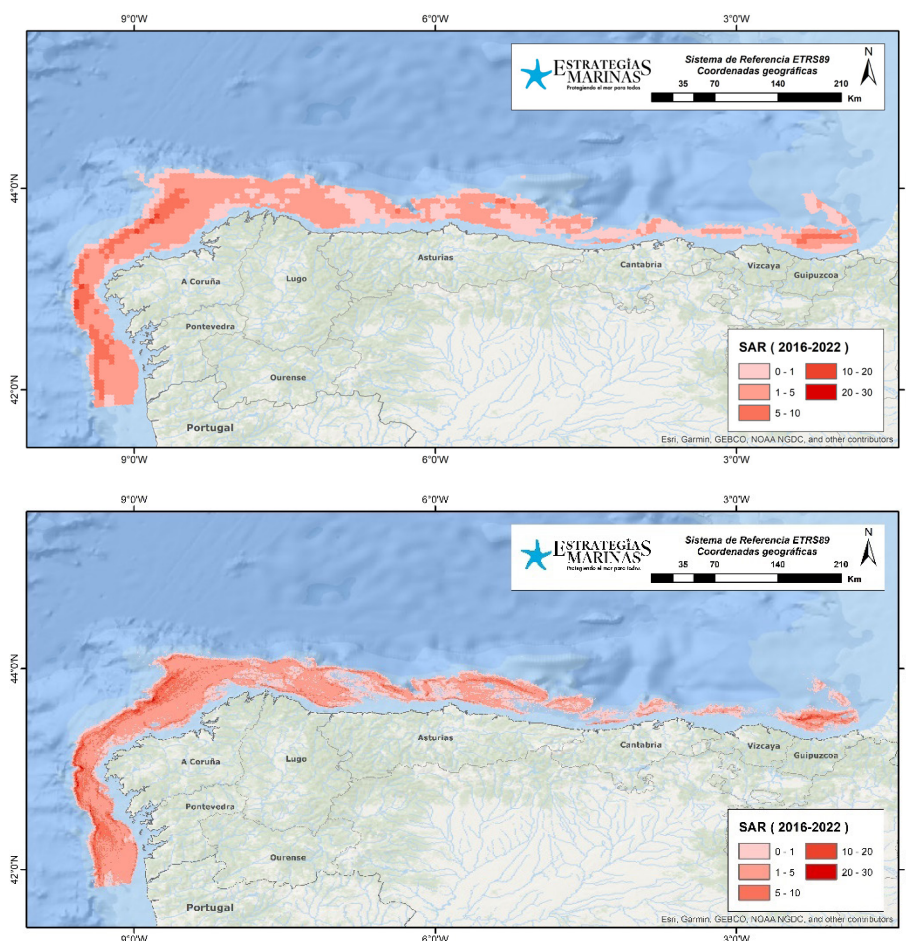


Figura 42. Distribución espacial del esfuerzo pesquero medio para el periodo 2016-2022 a una resolución de 0,05 grados (Figura superior) y a una resolución de 0,01 grados (Figura inferior).

Básicamente, el incremento de la resolución reduce por un lado la superficie total de la huella pesquera, aumentando el porcentaje de áreas no afectadas por la pesca de arrastre. Por otro lado, la intensidad media en las zonas arrastradas aumenta al concentrarse el impacto del arrastre, aumentando el número de veces que, de media, cada celda ha sido arrastrada anualmente. Esto tiene un



doble efecto en los resultados obtenidos. Por un lado, en el análisis a 0,01 el porcentaje de área sin presión aumenta en todos los hábitats, llegando a doblarse o hasta triplicarse en el caso de las arenas circalitorales. Por otro lado, modifica ligeramente las curvas de respuesta obtenidas, lo que puede producir en algunos casos, cambios en la sensibilidad obtenida (y por lo tanto en los umbrales de calidad) de los hábitats (especialmente en aquellos hábitats que tenían valores medios cercanos a otras sensibilidades). En nuestro caso, esto ha afectado a los hábitats de lodos y sedimentos mixtos circalitorales profundos, que han pasado de una sensibilidad de 3 a una sensibilidad de 2. Este cambio en la sensibilidad del hábitat también ha generado un incremento en el umbral de calidad que tiene su reflejo en una reducción considerable del porcentaje de área adversamente afectada, como ocurre para los lodos o los sedimentos mixtos circalitorales profundos, que mejoran en cerca de un 20 % en ambos casos. No obstante, esto no es algo generalizado y también existen casos en los que, pese al incremento de zonas sin presión, las zonas adversamente afectadas son similares o incluso aumentan como es el caso de las arenas circalitorales profundas. En cualquier caso, y teniendo en cuenta los resultados de este análisis exploratorio, parece claro que de cara a la adopción de las necesarias medidas de corrección que puedan derivarse de esta evaluación, es necesario emplear la mejor resolución disponible en cada momento, de cara a garantizar una protección de los hábitats bentónicos que al mismo tiempo garantice el uso sostenible del medio marino.

Tabla 34. Porcentajes de áreas sin presión y áreas adversamente afectadas para el periodo 2016-2022 obtenidas usando la resolución de esta evaluación, 0,05 grados, y una resolución mejorada de 0,01 grados.

BHT	% BHT sin presión		% BHT adversamente afectado	
	2016-22, 0,05°	2016-22, 0,01°	2016-22, 0,05°	2016-22, 0,01°
BAT_SED	37,02	47,67	43,53	40,4
CIRDP_SND	6,07	18,09	39,72	42,08
CIRDP_MUD	2,28	5,94	86,27	61,34
CIRDP_MX	7,51	9,55	57,62	36,46



4. Referencias

Amoroso, R. O., Parma, A. M., Pitcher, C. R., McConnaughey, R. A., & Jennings, S. (2018). Comment on "Tracking the global footprint of fisheries". *Science*, 361(6404), eaat6713.

de la Torriente, A., González-Irusta, J. M., Aguilar, R., Fernández-Salas, L. M., Punzón, A., & Serrano, A. (2019). Benthic habitat modelling and mapping as a conservation tool for marine protected areas: A seamount in the western Mediterranean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(5), 732-750.

Downie, A., Noble-James, T., Chaverra, A., and Howell, k. 2021. Predicting sea pen (Pennatulacea) distribution on the Uk continental shelf: evidence of range modification by benthic trawling. *Marine Ecology Progress Series*, 670: 75-91

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

García-Alegre, A., Ruiz-Pico, S., Plaza-Morlote, M., Punzón, A., Fernandez-Arcaya, U., Serrano, A., González-Irusta, J.M. 2023. Use of distribution models to assess trawling impacts on *Funiculina quadrangularis* fields on the southern Bay of Biscay. Conferencia anual del ICES. Bilbao.

García-Alegre, A., Sánchez, F., Gómez-Ballesteros, M., Hinz, H., Serrano, A., & Parra, S. (2014). Modelling and mapping the local distribution of representative species on the Le Danois bank, El Cachucho marine protected area (Cantabrian sea). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 106, 151-164.

González-Irusta, J.M.; Antolínez, A.; Arronte, J.C. Blanco, M.; de la Torriente, A.; García-Alegre, A.; López-López, L.; Plaza-Morlote, M.; Ortiz, J.; Preciado, I.; Punzón, A.; Serrano, A. 2023. Distribution models to inform the management of the marine ecosystems. A perspective from the Bay of Biscay- Conferencia anual del ICES. Bilbao.

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., Cartes, J. E., Punzón, A., Díaz, D., de Sola, L. G., & Serrano, A. (2022). Mapping habitat loss in the deep-sea using current and past presences of *Isidella elongata* (Cnidaria: Alcyonacea). *ICES Journal of Marine Science*, 79(6), 1888-1901.

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>

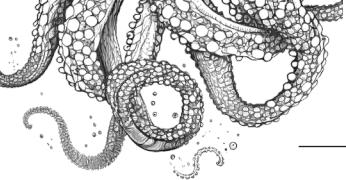
ICES, 2022. Workshop to scope assessment methods to set thresholds (WkBENTH2). ICES Scientific Reports. 4:70. 99 pp.

ICES. 2022b. Working Group on Spatial Fisheries Data (WGSFD; outputs from 2021 meeting). ICES Scientific Reports. 4:92. 151 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.21630236>

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.

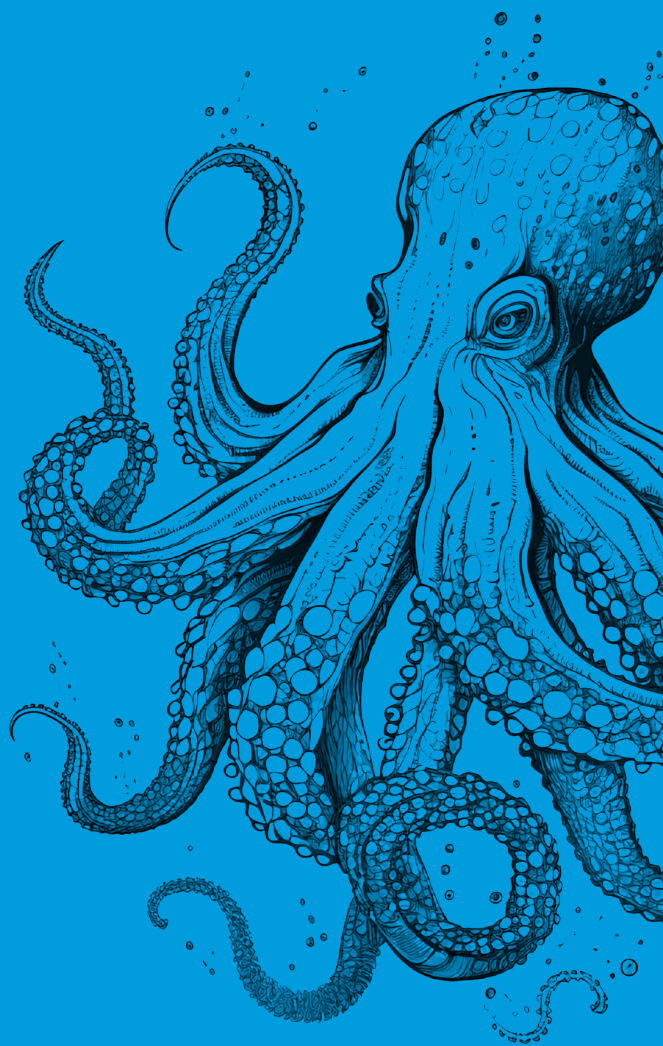
(OSPAR, 2023) Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) Guidelines Common Indicator Sentinels of the Seabed (SoS). OSPAR Agreement 2023-02.



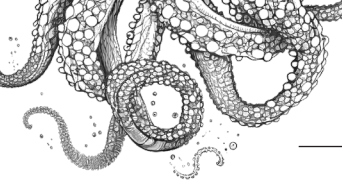
Plaza-Morlote, M., García-Alegre, A., González-Irusta, J. M., Torriente, A., Fernández-Arcaya, U., Punzón, A. and Serrano, A. 2023. Sentinels of the Seabed. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the North-East Atlantic. OSPAR Commission, London.

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.

Serrano, A., González-Irusta, J. M., Punzón, A., García-Alegre, A., Lourido, A., Ríos, P., ... & Cartes, J. E. (2017). Deep-sea benthic habitats modeling and mapping in a NE Atlantic seamount (Galicia Bank). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 126, 115-127.



EVALUACIÓN HÁBITATS CIRCALITORALES Y BATIALES ROCOSOS (NOR CIR BAT RK)



1. Introducción

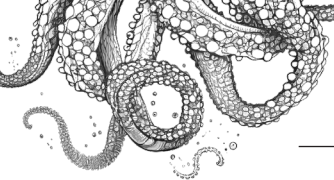
La DMEM establece que se debe lograr que *"la integridad de los fondos marinos se encuentre en un nivel que garantiza que la estructura y las funciones de los ecosistemas están resguardadas y que los ecosistemas bentónicos, en particular, no sufren efectos adversos"*. En el caso de los hábitats bentónicos circalitorales y batiales de fondos rocosos, la dificultad de evaluar si alcanzan dicho objetivo reside en la falta de datos exhaustivos y continuos que permitan aplicar indicadores y definir umbrales para dar respuesta a los criterios de evaluación propuestos y para, posteriormente, aplicar el programa de medidas correctoras en aquellos hábitats en los que sea necesario aplicarlas.

La información sobre hábitats circalitorales y batiales es bien escasa, existiendo tan sólo estudios dispersos en determinadas zonas de la demarcación (Sánchez *et al.*, 2009). En este sentido destacan los proyectos LIFE + INDEMARES "Sistema de cañones submarinos de Avilés" (Sánchez *et al.*, 2014) y LIFE + INDEMARES "Banco de Galicia" (De la Torriente *et al.*, 2014; Serrano *et al.*, 2017a, 2017b), así como el LIFE IP INDEMARES "Sistema de cañones submarinos de Cap Bretón" (Gómez-Ballesteros *et al.*, 2022; Abad-Uribarren *et al.*, 2022), que han constituido un importante avance en el conocimiento de las comunidades bentónicas profundas localizadas en cañones y montañas submarinas. Adicionalmente, en la montaña submarina "El Cachucho", se han documentado comunidades bentónicas sobre fondos duros entre los 600 y los 1200 m de profundidad dentro del área marina protegida en la que se encuentra (Rodríguez-Basalo *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2017). Sin embargo, en el resto de la demarcación, las comunidades bentónicas circalitorales y batiales permanecen prácticamente inexploradas.

Las campañas oceanográficas llevadas a cabo en el marco de las estrategias marinas, así como el análisis de los datos obtenidos, ha permitido avanzar en el nivel de conocimiento de los hábitats rocosos a escala demarcación, y constituyen un primer paso hacia su futura evaluación: (i) se han documentado los fondos rocosos entre los 40 y 450 m en 48 estaciones a lo largo de toda la demarcación, (ii) se ha analizado la condición de los 'tipos generales de hábitats bentónicos' (EMODNET), y (iii) se han identificado 'otros hábitats bentónicos' (EMODNET). La gran dificultad a la hora de evaluar los hábitats circalitorales y batiales de fondo rocoso con los datos actualmente disponibles es discernir si el estado en el que se encuentran se debe al efecto de las variables ambientales o al impacto producido por las presiones originadas por actividades antropogénicas, en concreto, por la pesca de artes fijas como son el palangre de fondo y el enmalle. Para ello es necesario contar con capas cartográficas de hábitats bentónicos y capas de esfuerzo pesquero para cada arte de pesca de importancia, así como con un mejor conocimiento de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y de la sensibilidad de las especies a las actividades pesqueras que se desarrollan sobre fondos rocosos.

La baja representatividad de datos para todos los hábitats a lo largo de toda la demarcación y la ausencia de una capa batimétrica continua a gran resolución imposibilita el actual modelado y cartografiado continuo de hábitats bentónicos. Más escasos aún son los estudios sobre la estructura y funciones de las comunidades, así como su sensibilidad al palangre y enmalle. Además, la ausencia de una metodología definida para la evaluación de la flota artesanal imposibilita su incorporación en las capas de esfuerzo pesquero, las cuales son creadas sólo a partir de los datos VMS.

Por lo tanto, aunque actualmente la información existente sobre los hábitats circalitorales y batiales en fondo rocoso no puede compararse con la cantidad de información existente sobre los hábitats sedimentarios, pese a que ocupan un área bastante menor, los trabajos llevados a cabo en el marco de las estrategias marinas pueden ser considerados como el primer pilar de una serie de datos históricos que serán esenciales en el futuro para establecer el estado de conservación de los hábitats, así como hacer análisis y evaluaciones comparativas y concluyentes.



1.1. Tipos generales de hábitats bentónicos (BHT)

Los ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT), fueron construidos en el marco de EMODNET con un enfoque "top-down", utilizando diferentes descriptores de hábitats que variaron según la región, pero que incluyeron: (i) profundidad, (ii) rango energético, (iii) régimen de oxígeno, (iv) régimen de salinidad, (v) tipo de sustrato, y (vi) entradas fluviales. En base a estas variables y utilizando capas ráster de entrada de los diferentes descriptores con un tamaño de celda de aproximadamente 115 m, se crearon los modelos para la zona sublitoral. Finalmente, estos modelos permitieron construir los mapas predictivos de hábitats bentónicos en aguas europeas, que incluyen aquellos hábitats que están presentes en los pisos circalitoral y batial sobre fondos rocosos.

En la demarcación noratlántica, los hábitats circalitorales sobre fondo rocoso ocupan un total de 5.644,77 km², mientras que los hábitats batiales sobre fondo rocoso ocupan una superficie total de 1.753,48 km² (Tabla 35). En total, se pueden encontrar 4 de los hábitats generales (BHT) descritos (Figura 42):

Tabla 35. Superficie ocupada por los diferentes ‘Tipos Generales de Hábitats Bentónicos’ (BHT) en la demarcación noratlántica.

Tipos Generales de Hábitats Bentónicos (BHT)	MSFD BBHT	Área (km²)
Roca circalitoral y arrecife biogénico	CIR Rk BIO	2.290,04
Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico	CIRDP Rk BIO	3.354,73
Roca batial superior y arrecife biogénico	BAT_Rk_BIO	1.308,43
Roca batial inferior y arrecife biogénico	BATLOW_Rk_BIO	445,05

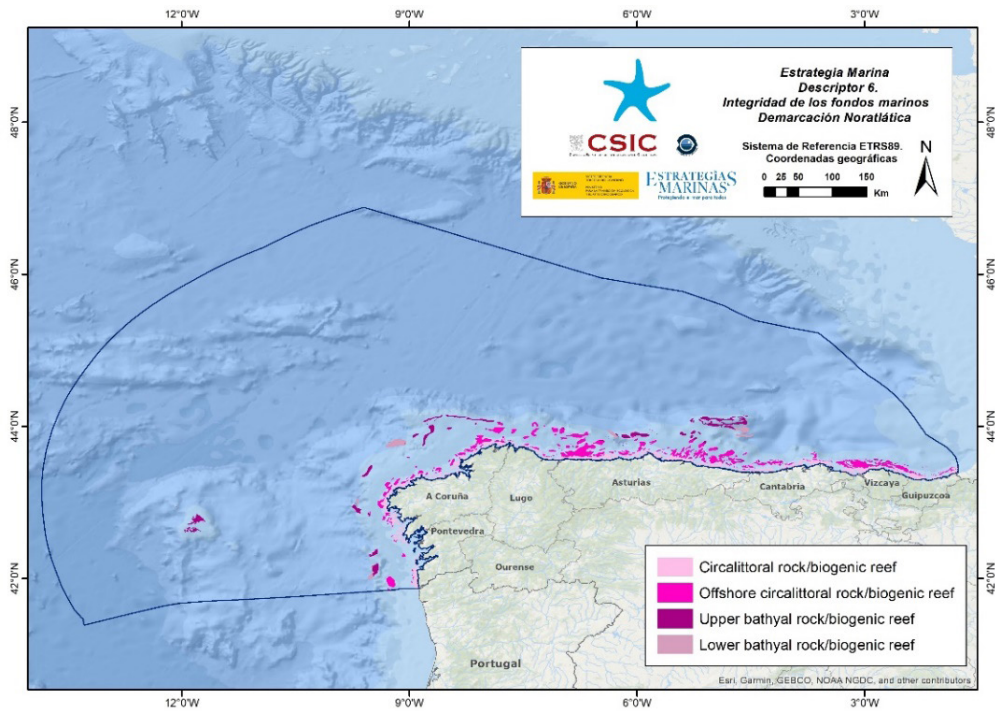


Figura 43. Tipos generales de hábitats bentónicos (BHT) en fondos circalitorales y batiales de acuerdo con la clasificación EMODNET.



Sin embargo, debido a la falta de datos de gran resolución sobre batimetría y tipo de fondo que alimentaron los modelos, la predicción falla en numerosos casos. Esto ha podido ser constatado durante las campañas oceanográficas realizadas en la demarcación, en las cuales se han identificado hábitats típicos de sustratos rocosos en zonas que están clasificadas como fondos blandos en las predicciones de EMODNET y, al contrario, se han documentado hábitats de fondo blando en zonas clasificadas por EMODNET como fondos rocosos.

Para evaluar la capa de hábitats de EMODNET (BHT) se revisó el tipo de fondo y la profundidad en los vídeos del fondo marino obtenidos mediante un Remotely Operated Vehicle (ROV) en 57 puntos. Estos vídeos fueron seleccionados a lo largo de toda la demarcación por corresponder a fondo rocoso y fueron clasificados en una de las 4 categorías de ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ en función de la profundidad, siguiendo las siguientes categorías:

Tabla 36. Profundidad ocupada por los diferentes ‘Tipos Generales de Hábitats Bentónicos’ (BHT) en la demarcación noratlántica.

Hábitat	Profundidad
Roca circalitoral y arrecife biogénico	50 < 80 m
Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico	80 < 200 m
Roca batial superior y arrecife biogénico	200 < 400 m
Roca batial inferior y arrecife biogénico	≥ 400 m

De los 57 puntos, en 40 de ellos (70,17 %) no coincidió el tipo de hábitat registrado por el IEO con el ROV con el hábitat asignado a esa zona en EMODNET, y tan sólo coincidió en 17 transectos (Figur 43 y Figura 44). Por otro lado, en 20 transectos, aunque el tipo de hábitat no fue coincidente, al menos fueron clasificados como hábitats sobre fondo rocoso tanto por EMODNET como por el IEO. Sin embargo, en 37 de los transectos el IEO corroboró que el tipo de hábitats correspondía a fondo rocoso, aunque en los mapas de EMODNET, se localizan sobre fondos sedimentarios. Esto implicaría que el área o superficie de ocupación de los hábitats circalitorales y batiales rocosos están subestimadas.

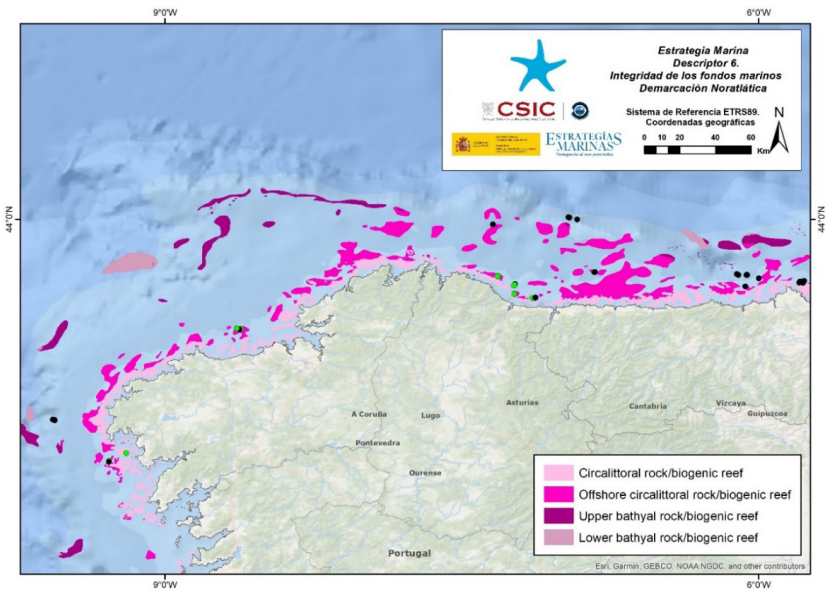


Figura 44. Comparativa en la zona occidental de la demarcación noratlántica de la distribución de los ‘Tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT) en fondos circalitorales y batiales rocosos entre la clasificación EMODNET y los datos recopilados por el IEO con ROV. Los puntos verdes corresponden a zonas coincidentes, mientras que los puntos negros señalan lugares en los que el IEO ha constatado con un ROV la presencia de un hábitat diferente al señalado por EMODNET.

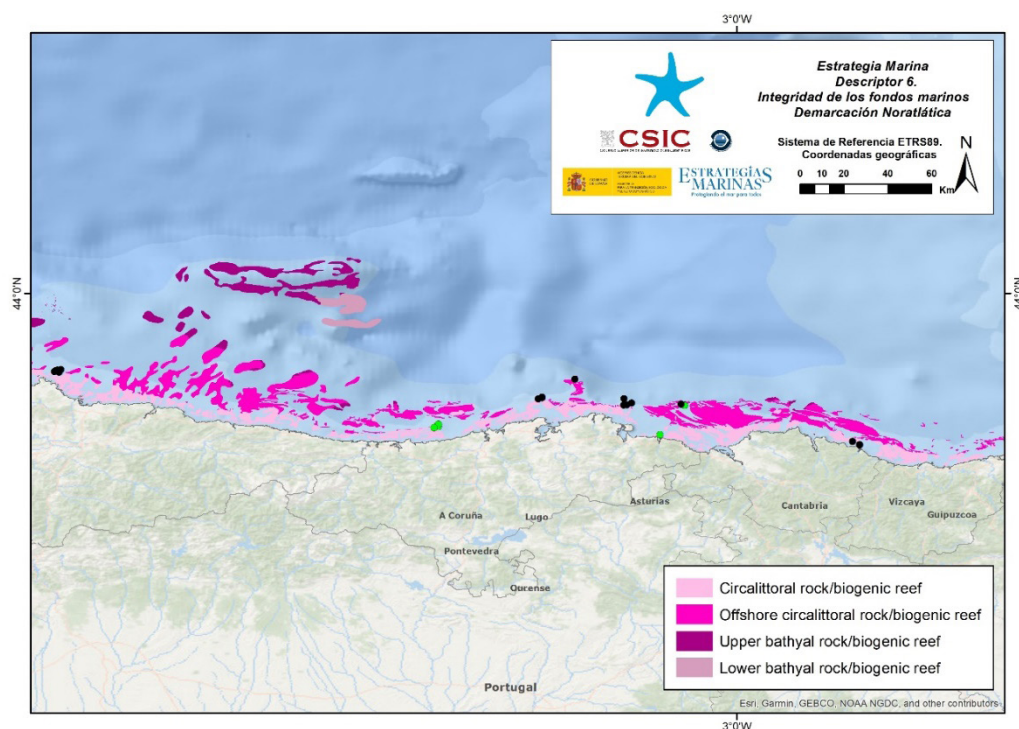
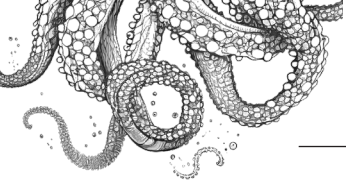


Figura 45. Comparativa en la zona oriental de la demarcación noratlántica de la distribución de los ‘Tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT) en fondos circalitorales y batiales rocosos entre la clasificación EMODNET y los datos recopilados por el IEO con ROV. Los puntos verdes corresponden a zonas coincidentes, mientras que los puntos rojos señalan lugares en los que el IEO ha constatado con un ROV la presencia de un hábitat diferente al señalado por EMODNET.

Por este motivo, aunque se hayan considerado las superficies de cada hábitat definidas en EMODNET en la elaboración de los mapas, para la evaluación de la condición de los hábitats las muestras se han clasificado de acuerdo con los criterios del IEO (tipo de fondo y profundidad) en base a las visualizaciones de los transectos de ROV, y no atendiendo a su localización en los mapas de EMODNET. Debido a que la influencia de los diferentes descriptores en la definición de los diferentes hábitats queda prácticamente enmascarada por el efecto de la profundidad y el tipo de sustrato en el caso de los pisos circalitoral y batial, consideramos que esta aproximación es más adecuada para su evaluación. De esta forma, evitamos considerar especies típicas y exclusivas de fondos blandos en la condición de los hábitats circalitorales y batiales rocosos.



2. Objetivos generales y específicos

El objetivo general es evaluar el estado ambiental de los hábitats circalitorales y batiales sobre fondos rocosos en la demarcación noratlántica.

Debido a las limitaciones existentes actualmente, los objetivos específicos en este ciclo han sido los siguientes:

- 2.1 Crear un inventario taxonómico de las especies estructurantes y acompañantes de los diferentes hábitats bentónicos.
- 2.2. Identificar y cartografiar los ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT) y ‘otros hábitats bentónicos’ (OHT) presentes en la demarcación.
- 2.3. Caracterizar la condición de los ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT).



3. Material y métodos

3.1. Campaña y muestreo

Se han realizado dos campañas oceanográficas (CIRCAROCK 0521 y CIRCAROCK 0522) para la adquisición de datos sobre las comunidades biológicas existentes en los fondos rocosos circalitorales y batiales a lo largo de la plataforma y talud continental (40-450 m de profundidad). En total se han realizado 48 inmersiones con un ROV-LIROPUS 2000, 75 inmersiones con un trineo fotogramétrico-TASIFE 2013 y 9 dragas de roca. Tanto el ROV como el TASIFE son sistemas no invasivos para la adquisición de imágenes submarinas. Estos muestreos se complementaron con la adquisición de datos de batimetría multihaz y perfiles sísmicos de alta resolución (TOPAS).

El ROV, un vehículo operado remotamente, está equipado con varias cámaras de video digital de alta resolución y un par de rayos láser paralelos montados a 10 cm entre ellos, lo cual permite medir superficies de muestreo y estimar tamaños de los ejemplares. El vehículo remolcado TASIFE 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 dos láseres verdes paralelos (SeaLaser 100, 532 nm), también con una distancia de 10 cm entre ellos, 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, la velocidad y el rumbo del vehículo. Durante los muestreos, estos equipos se mantienen a una distancia del fondo de 1-2 m para facilitar la identificación de las especies bentónicas.

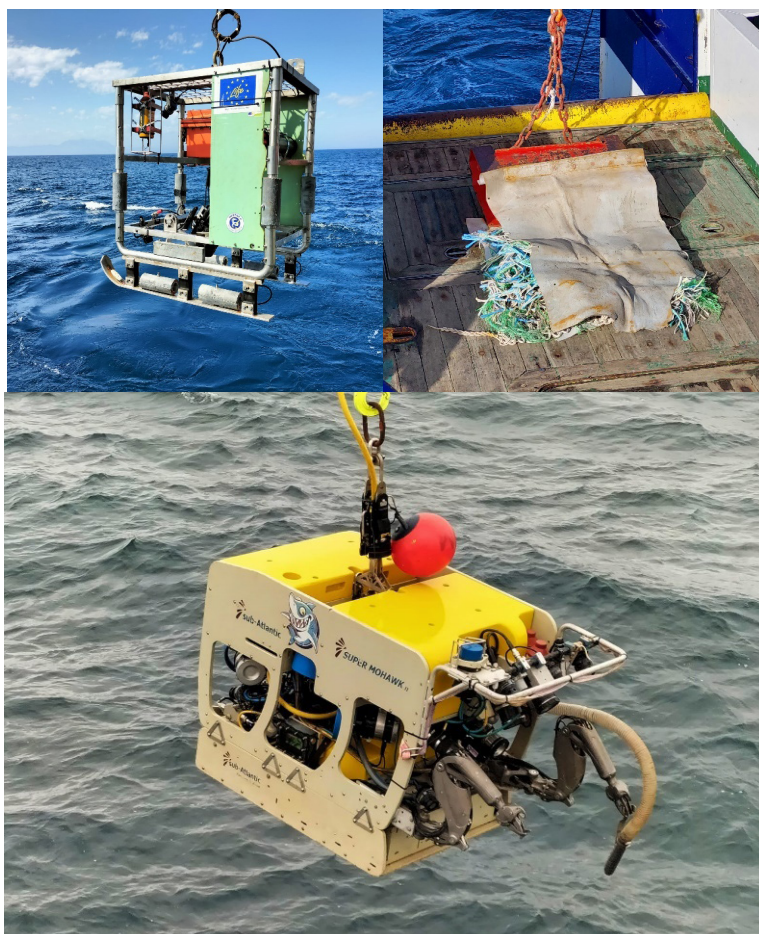


Figura 46. Muestreadores utilizados en las campañas CIRCAROCK 0521 y CIRCAROCK 0522: trineo TASIFE, draga de roca y ROV LIROPUS.



La localización de los transectos se seleccionó considerando varios criterios como fueron la falta de información biológica previa, la existencia de un BHT de acuerdo con la capa de hábitats de EMODnet y los diferentes niveles de esfuerzo pesquero, considerando la pesca de palangre y enmalle.

La duración y distancia recorrida de cada transecto fue variable en función de la zona a prospectar. En el caso del ROV los transectos tuvieron una duración variable entre 2 horas y 4:30 h, mientras que los transectos del trineo tuvieron una duración constante de 20 minutos cada uno.

La evaluación de la condición de los hábitats bentónicos circalitorales y batiales sobre sustrato rocoso se realizó a partir de los datos proporcionados por los transectos de ROV.

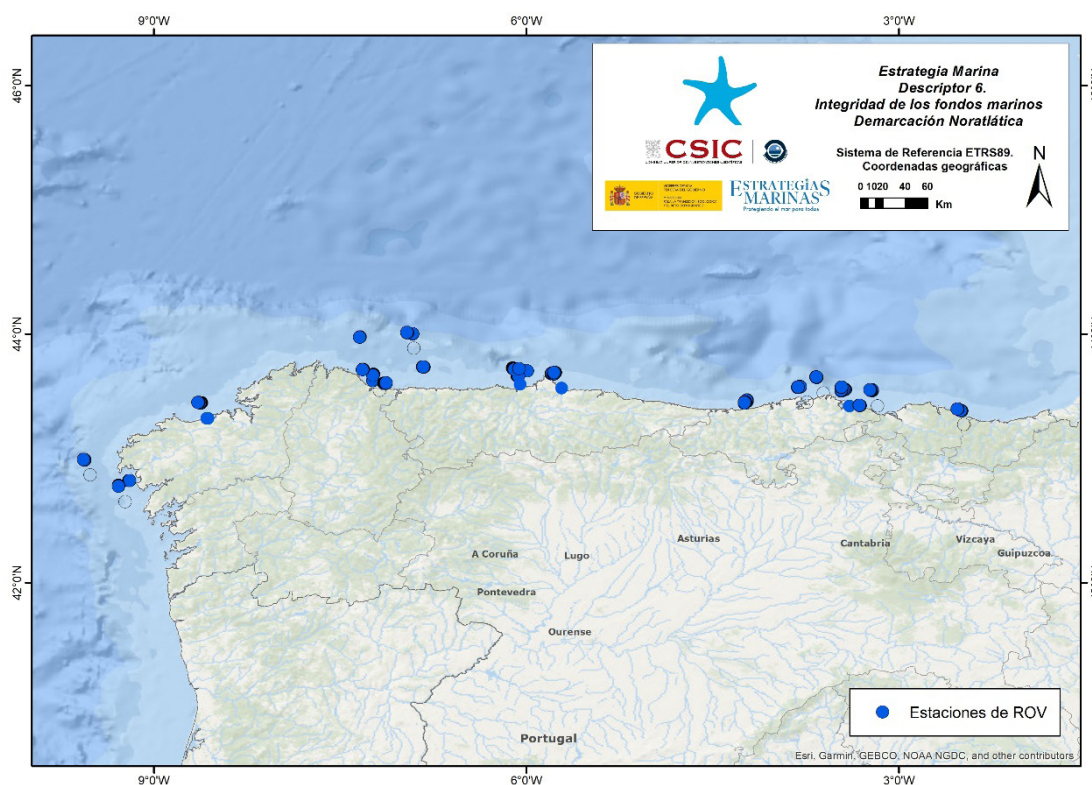


Figura 47. Localización de los transectos de ROV LIROPUS 2000 realizados durante las campañas CIRCAROCK 0521 Y CIRCAROCK 0522.



3.2. Identificación de especies

Con el objetivo de identificar taxonómicamente las principales especies estructurantes que conforman los distintos hábitats presentes en el circalitoral y batial rocoso, se recogieron diferentes muestras, poniendo especial énfasis en poríferos y cnidarios por ser los phylum que mayoritariamente estructuran los hábitats bentónicos.

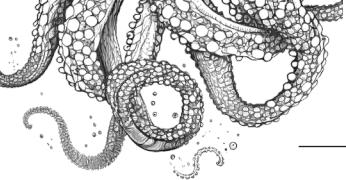
Los análisis taxonómicos permitieron relacionar la morfología externa de las especies vivas y sumergidas en su medio natural con la morfología de las estructuras internas (principalmente espículas de poríferos y escleritos de cnidarios) y las secuencias genéticas. Se realizaron fichas de identificación de cada ejemplar recolectado.

Para llevar a cabo este trabajo las muestras fueron preservadas en etanol absoluto o etanol al 96 %. La caracterización morfológica incluyó la forma general de la colonia o del ejemplar, la distribución del tejido interno y la disposición, forma y tamaño de las espículas o escleritos. Se tomaron fotografías de dichas estructuras internas, con una cámara conectada a un microscopio estereoscópico. Para las extracciones de ADN se utilizaron porciones de tejido de ca. 1cm³. El ADN de las porciones de tejido se extrajo con el kit de extracción Speedtools Tissue DNA Extraction kit (Biotools), siguiendo las instrucciones del proveedor. Tras la extracción, el ADN fue posteriormente cuantificado en Nanodrop. Una vez medida la cantidad y la calidad del ADN, se amplificaron alrededor de 700 pares de bases del fragmento de la subunidad 1 citocromo c oxidasa (COI), usando los primers LCO1490 y HCO2198 (Folmer *et al.* 1994). Todos los primers se diluyeron a 10 µM. Para cada reacción de PCR se añadió 1 µL de cada primer, 10 µL de RedTaq y 2 µL de ADN. En el termociclador, se usó el protocolo [95 °C/5 min - (95 °C/30 s - 58 °C/45 s - 72 °C/1 min) x 35 ciclos - 72 °C/10 min].

Tras finalizar el termociclado, se preparó un gel de agarosa al 1,5 % mezclada con SYBR Safe, un tinte para poder visualizar el ADN utilizando una cámara de rayos UV. El gel se corrió a 90 V durante 45 minutos sumergido en TBE. La visualización de las bandas se hizo utilizando un transiluminador. Una vez confirmadas las bandas, los productos de PCR fueron limpiados con EXOSAP y enviados a secuenciar a la empresa Macrogen, utilizando los primers mencionados arriba. Las secuencias fueron limpiadas, alineadas y ensambladas con el programa GENEIOUS v.10.2.3 (<http://www.geneious.com>; kearse *et al.*, 2012) y fueron finalmente blasteadas usando BLAST (Altschul *et al.*, 1990) para descartar contaminaciones.



Figura 48. Ejemplo de ficha de identificación taxonómica elaborada para cada muestra recogida en las campañas CIRCAROCK 0521 Y CIRCAROCK 0522, en la que se relaciona las estructuras internas con la morfología de la especie, extraída a partir de imágenes submarinas e imágenes a bordo.



La presencia de cada especie se registró a partir de la visualización de los vídeos. Se visualizaron todos los transectos de ROV a bordo y se identificaron todos los megainvertebrados (> 2cm) bentónicos hasta el mayor nivel taxonómico posible. Cuando no fue posible identificar la especie, se identificaron a nivel de género, familia o Unidad Taxonómica Operacional (OTU, Howell *et al.*, 2019), definida por sus características morfológicas y color en algunos casos. Todas las especies fueron cuantificadas en abundancia. Una revisión de los vídeos se realizará en el futuro para confirmar las abundancias de cada especie registrada.



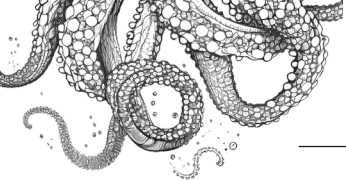
3.3. Identificación y caracterización de los ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT)

Se seleccionaron sólo los transectos o fragmentos de transectos de ROV que se realizaron sobre fondo rocoso y se clasificaron en uno de los 4 ‘tipos generales de hábitats’: (i) Roca circalitoral y arrecife biogénico, (ii) Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico, (iii) Roca batial superior y arrecife biogénico, y (iv) Roca batial inferior y arrecife biogénico.

Debido al diferente esfuerzo de muestreo realizado en cada estación (entre 2 y 4:30h), las abundancias de las diferentes especies fueron transformadas en valores de densidad. Para ello, se calculó el área barrida por cada transecto. Como la anchura y distancia al fondo de cada transecto es variable a lo largo de su recorrido, se calculó una anchura media por transecto mediante la medición del ancho de 10 fotogramas escogidos al azar a lo largo de cada transecto. La longitud de cada transecto fue medida en ArcGis.

La caracterización de cada hábitat se hizo mediante el cálculo del índice de condición BH2- Condición de los hábitats bentónicos. Para ello, se consideraron los siguientes índices: (i) Riqueza de especies, (ii) Diversidad de Shannon-Wiener y (iii) Porcentaje de especies formadoras de hábitats (HFS). Debido a que no existe una metodología a nivel nacional ni en el marco de la convención OSPAR definida para integrar todos esos índices en una medida conjunta de ‘condición’ del hábitat, estos índices sólo pueden ser utilizados como una primera aproximación a su evaluación.

Se comparó la riqueza media de especies y el índice promedio de Shannon-Wiener (usando $\log_2$) entre los 4 hábitats (BHT). Para evaluar diferencias significativas entre los hábitats se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Además, se representaron las curvas de acumulación de especies y de dominancia-k para cada hábitat con el objetivo de analizar cómo de equitativamente se distribuyen las especies en los diferentes hábitats y si existen especies fuertemente dominantes. Para el cálculo del porcentaje de especies formadoras de hábitats (HFS) se seleccionaron como especies HFS todas las especies de invertebrados sésiles. Todos los análisis fueron realizados utilizando R.



3.4. Identificación de ‘otros tipos de hábitats’ (OHT)

Para definir el componente biológico de los ‘otros tipos de hábitats’ se seleccionaron sólo las especies de invertebrados sésiles con cierto porte, siguiendo la definición de especies bioingenieras de Jones (1994). Es decir, se seleccionados las especies formadoras de hábitats o estructura tridimensional.

La identificación de los diferentes hábitats se hizo de forma descriptiva, visualizando los vídeos e identificando patrones de asociación de las diferentes especies. Se calculó la frecuencia de ocurrencia de cada hábitat, y se cartografió su distribución.

Con el fin de relacionar la nomenclatura de los hábitats bentónicos con la que se usa en las clasificaciones europeas o nacionales, así como de identificar aquellos hábitats protegidos o que requieren de la implementación de medidas de gestión para su conservación, se elaboró 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), en el que se recogen los hábitats para cuya protección es necesario designar Zonas Especiales de Conservación (ZEC) dentro de la Red Natura 2000 marina europea.
- Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos (Templado *et al.*, 2012), que ayuda a unificar criterios y el uso de denominaciones en el ámbito científico, técnico y de gestión.
- Clasificación de hábitats EUNIS (European Union Natura Information System), que incluye un listado de hábitats en las diferentes regiones europeas.
- Listado de hábitats amenazados o en peligro de la Convención OSPAR.

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.



4. Resultados

4.1. Identificación de especies

En total, se han recogido muestras de 218 Porifera, 172 Cnidaria, 26 Echinodermata, 22 Bryozoa, 20 Mollusca, 19 Arthropoda, 11 Brachiopoda, 9 Annelida y 1 Tunicata. Esto ha permitido corroborar la identificación de numerosas especies registradas en los vídeos. En su conjunto, mediante el estudio de la morfología externa, de las estructuras internas y mediante la aplicación de técnicas moleculares, 283 especies o OTU han sido identificadas. El grupo más representado es el de Porifera con 73 especies, seguido del de Cnidaria (54), Echinodermata (24), Crustacea (12), Annelida (13), Mollusca (24), Tunicata (9), Bryozoa (10), Brachiopoda (4), Foraminifera (1), Sipuncula (1) y 15 taxones de algas (6 Rhodophyta, y 9 Phaeophyta), además de 43 especies de peces.

El visionado a bordo permitió contabilizar 18.678 individuos o colonias, aunque es una cifra subestimada de la abundancia total de individuos registrados, debido a que en el primer visualizado en directo a bordo no es posible contabilizar todos los OTU documentados. Actualmente se están revisualizando los vídeos, lo que permitirá tener datos más precisos de las abundancias de cada especie registradas en el futuro.



4.2. Identificación y caracterización de los ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ (BHT)

Los vídeos se dividieron en un total de 57 transectos de ROV, de los cuales 22 correspondieron al hábitat ‘Roca circalitoral y arrecife biogénico’, 25 al hábitat ‘Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico’, 7 al hábitat ‘Roca batial superior y arrecife biogénico’ y 3 transectos al hábitat ‘Roca batial inferior y arrecife biogénico’.

No se encontraron diferencias significativas en la riqueza y diversidad de especies entre los diferentes BHT ($p > 0,05$). A pesar de no ser diferencias significativas, se registraron valores de riqueza media de especies y de diversidad media de Shannon-Wiener ligeramente mayores en los hábitats circalitorales que en los batiales (Figura 48). Sin embargo, estos resultados deben corroborarse en el futuro, puesto que es probable que dichos valores estén subestimados y que un análisis en mayor profundidad de los vídeos arroje resultados algo diferentes.

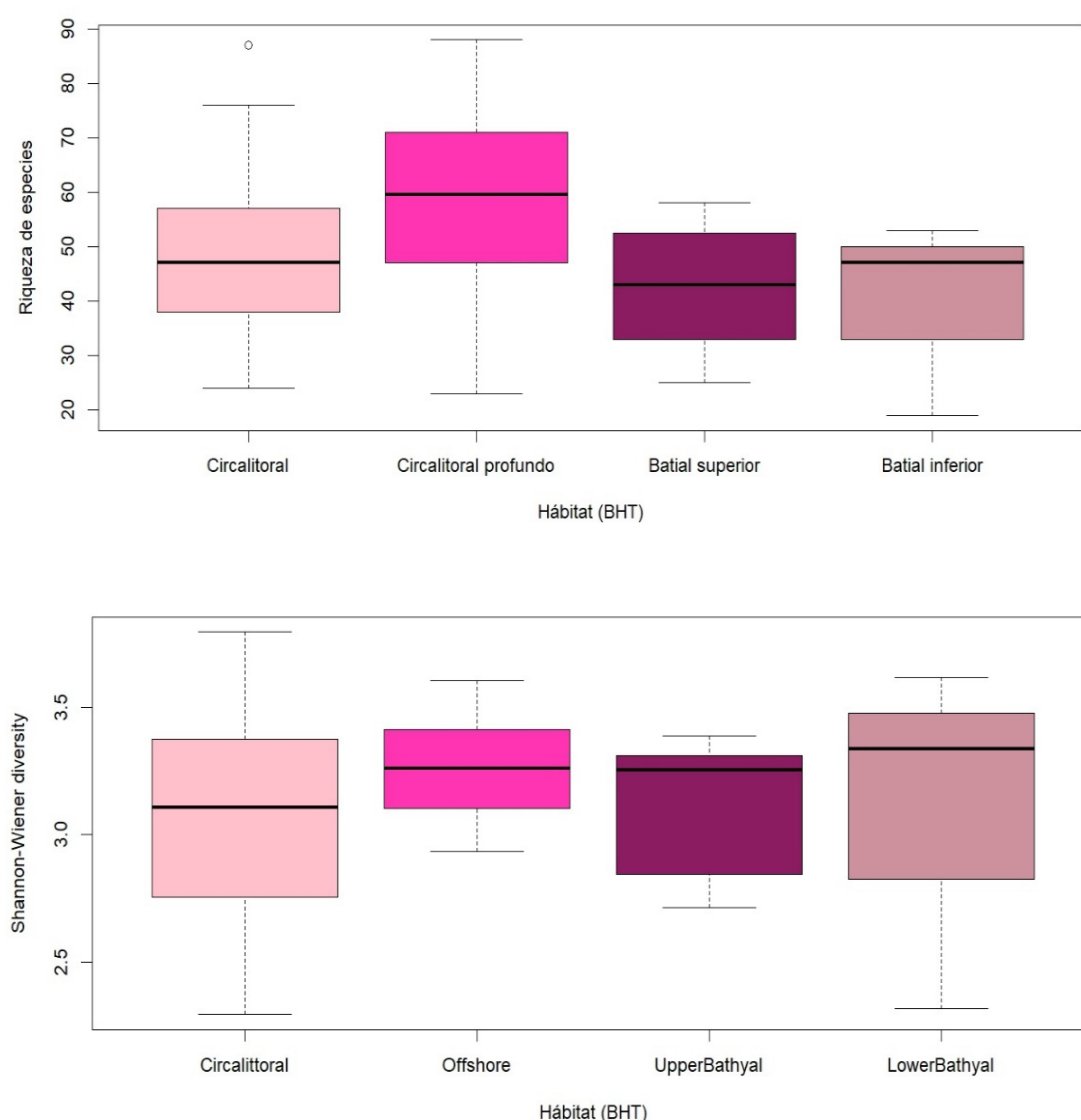


Figura 49. Composición y diversidad de invertebrados asociados a los diferentes BHT, expresado con diferentes índices como la media por muestra: (a) Riqueza de especies, y (b) Índice de diversidad de Shannon-Wiener.



Tabla 37. Índices de condición 'BH2- Condición de los hábitats bentónicos' calculados para evaluar preliminarmente los BHT existentes en la demarcación noratlántica.

Hábitat	Riqueza media de especies	Índice medio de Shannon-Wiener	Porcentaje de especies formadoras (HFS)
Roca circalitoral y arrecife biogénico			74,90 %
Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico			67,59 %
Roca batial superior y arrecife biogénico			81,00 %
Roca batial inferior y arrecife biogénico			68,15 %

Las curvas de acumulación de especies mostraron la misma tendencia al comparar la riqueza de especies total entre los diferentes BHT (Figura 49, siendo mayor la riqueza total en los hábitats circalitorales que en los batiales. Sin embargo, a igual tamaño muestral, el hábitat con mayor riqueza de especies es la 'Roca circalitoral y arrecife biogénico', mientras que los otros 3 hábitats mostraron resultados similares. Esta diferencia, por lo tanto, puede deberse al diferente tamaño muestral obtenido para cada hábitat lo cual nos obliga a tomar estos resultados con cierta precaución. Sin embargo, la longitud de las curvas de k- dominancia reflejan que, en términos absolutos, es el hábitat 'Roca batial inferior y arrecife biogénico' el que mostró un valor ligeramente mayor de riqueza de especies, con una curva ligeramente más larga que es la que corresponde al hábitat con mayor número de especies. (Figura 49). Las pendientes de las curvas del gráfico de Whittaker reflejan, por otro lado, que la composición de especies en todos los hábitats está caracterizada por una alta dominancia de un número pequeño de especies, lo que influye en los valores de diversidad α obtenidos (Figura 49).

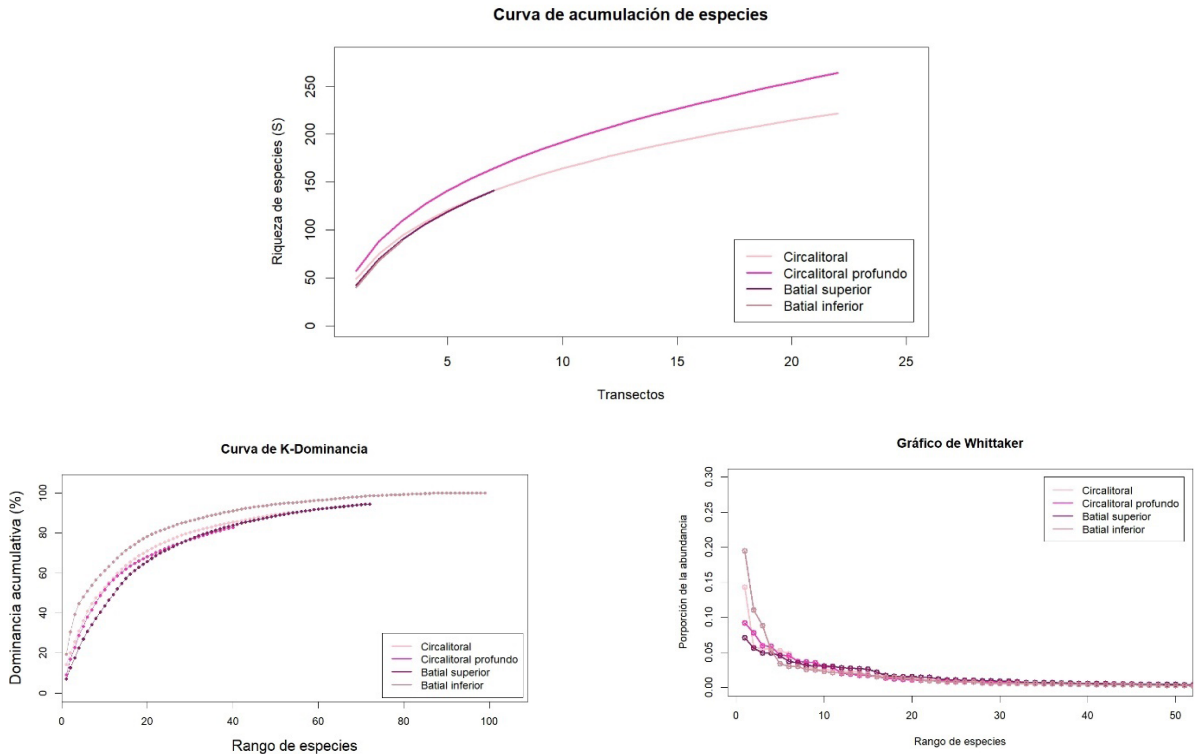


Figura 50. Riqueza de especies y dominancia de los 4 BHT: (a) Curva de acumulación de especies, (b) Curvas de k-dominancia con respecto al rango en orden decreciente de la abundancia, y (c) Gráfico de Whittaker. En el eje 'Rango de especies', las especies están ordenadas de mayor a menor abundancia. El tamaño muestral fue diferente para los diferentes hábitats (NCIR-Rk = 22, NCIRDP-Rk = 25, NBAT-Rk = 7, NBATLOW = 3).



4.3. Identificación de ‘otros tipos de hábitats’ (OHT)

En total se han identificado 16 OHT en los diferentes transectos realizados en la demarcación. La frecuencia de ocurrencia de cada hábitat se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 38. ‘Otros tipos de hábitats’ (OHT) registrados en la demarcación noratlántica.

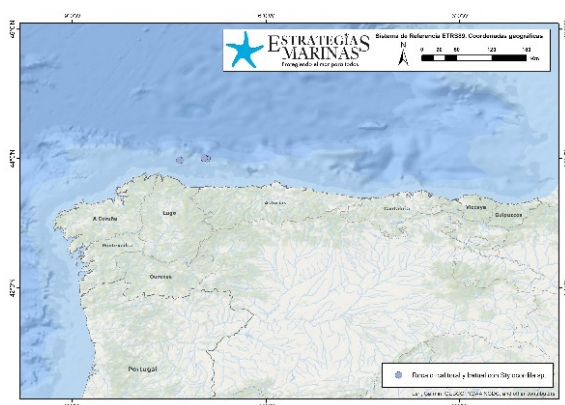
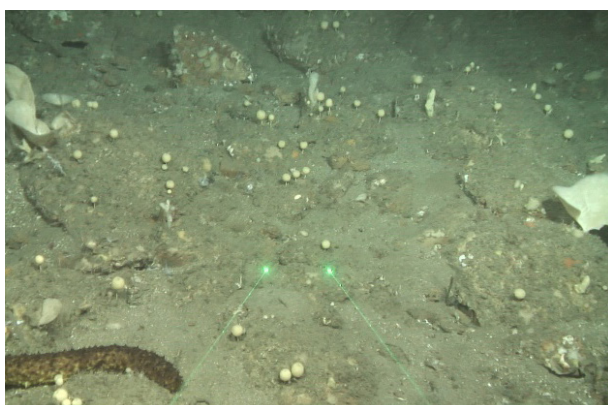
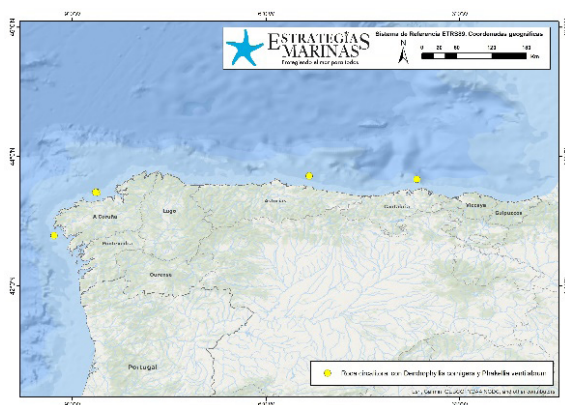
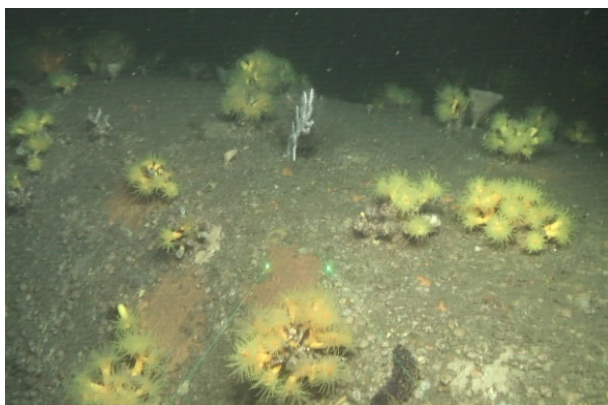
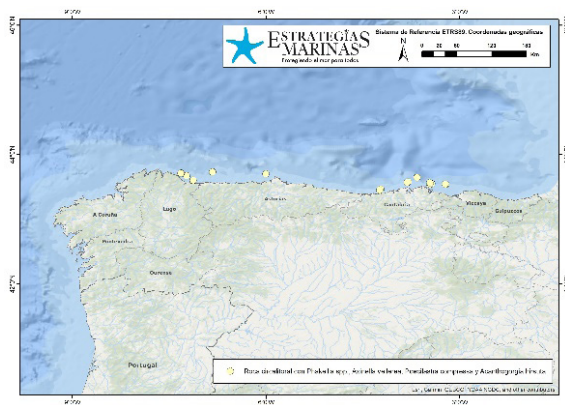
Código	Otro tipo de hábitat	Frecuencia de ocurrencia (nº de inmersiones)
Hab 1	Roca circalitoral con <i>Phakellia</i> spp., <i>Axinella vellerea</i> , <i>Poecilastra compressa</i> y <i>Acanthogorgia hirsuta</i>	20
Hab 2	Roca circalitoral con <i>Dendrophyllia cornigera</i> y <i>Phakellia ventilabrum</i>	5
Hab 3	Roca circalitoral y batial con <i>Stylocordila</i> sp.	3
Hab 4	Roca circalitoral con <i>Guitarra solorzanoi</i> , Axinellidae y <i>Parazoanthus axinellae</i>	3
Hab 5	Roca circalitoral con <i>Eunicella</i> spp.	18
Hab 6	Roca circalitoral con <i>Haliclona</i> spp. y <i>Phakellia ventilabrum</i>	9
Hab 7	Roca circalitoral con <i>Antipathella subpinnata</i>	8
Hab 8	Roca circalitoral con <i>Artemisina transiens</i>	10
Hab 9	Roca circalitoral con <i>Leptogorgia sarmentosa</i>	7
Hab 10	Roca batial con facies de <i>Callogorgia verticillata</i>	1
Hab 11	Roca circalitoral con <i>Paramuricea grayi</i>	13
Hab 12	Roca circalitoral con <i>Cliona celata</i> y <i>Pachymatisma johnstonia</i>	14
Hab 13	Roca batial con <i>Madrepora oculata</i>	1
Hab 14	Roca batial con facies de <i>Parantipathes</i> spp. dispersa	2
Hab 15	Roca batial con esponjas blancas masivas (<i>Phakellia robusta</i> , <i>Geodia</i> sp. y <i>Pachastrella</i> sp.)	3
Hab 16	Roca batial con facies de <i>Asconema setubalense</i>	1

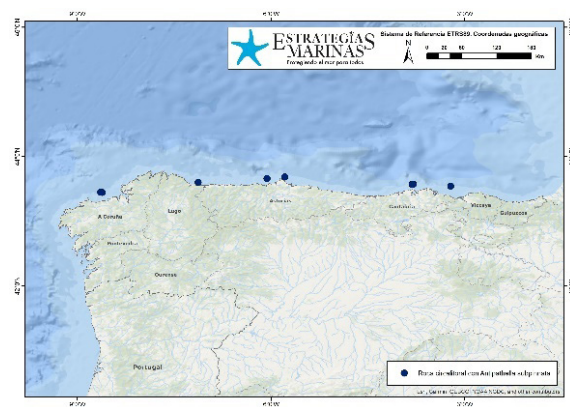
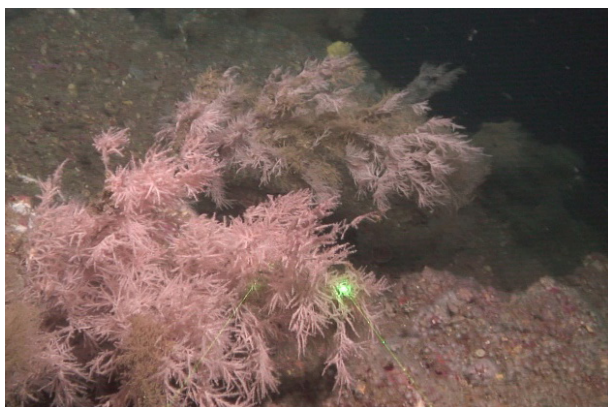
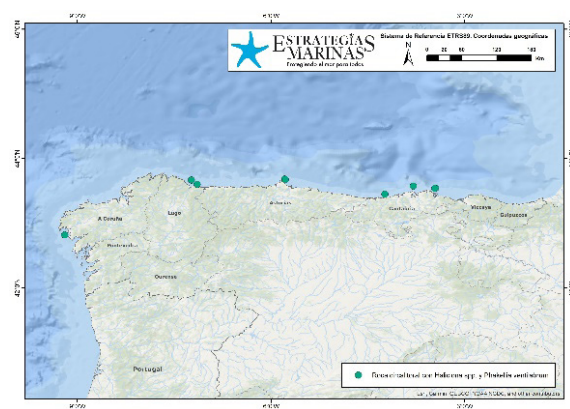
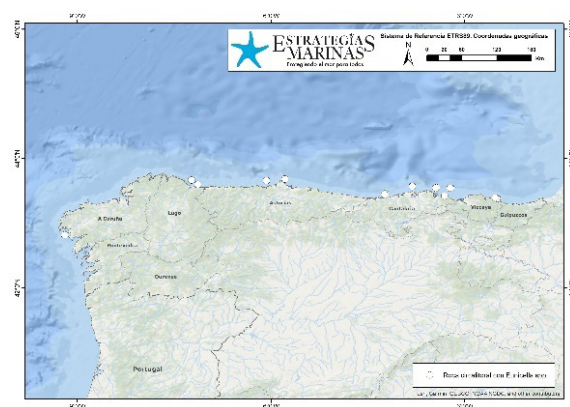
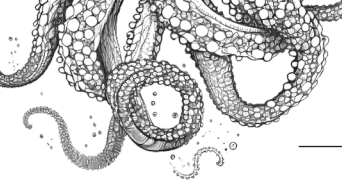
Entre los diferentes OHT identificados en la demarcación, 6 son hábitats multiespecíficos estructurados conjuntamente por poríferos y cnidarios, mientras que el resto, otros 10 hábitats, son monoespecíficos, estructurados por una especie de porífero o de cnidario que claramente domina sobre el resto.

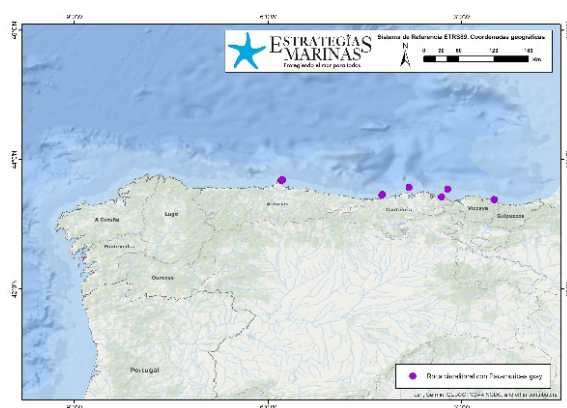
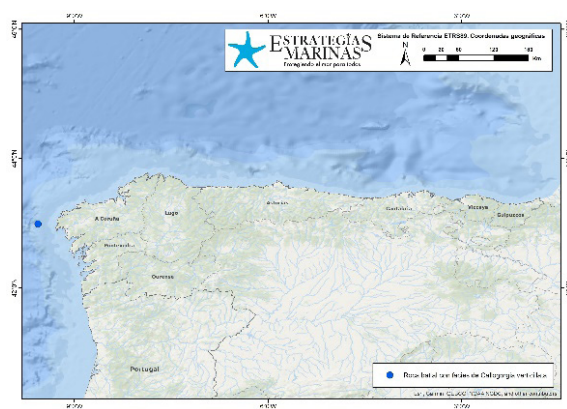
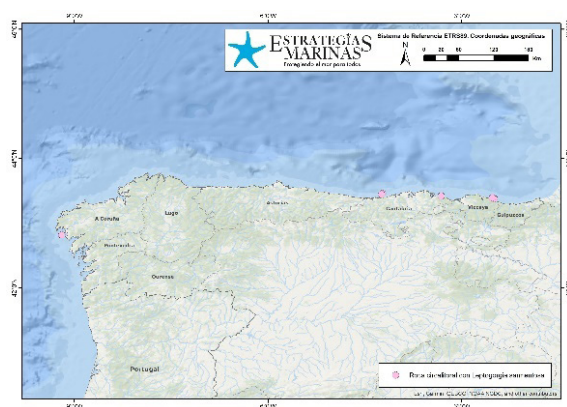
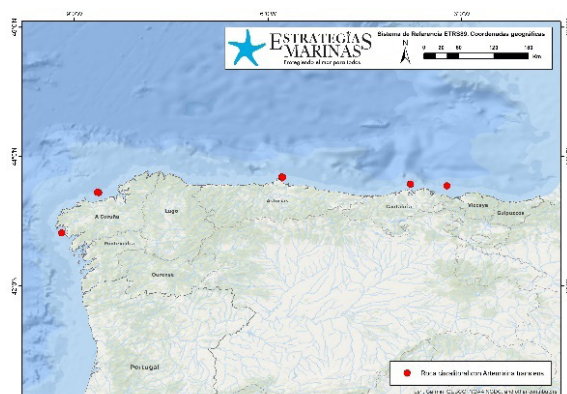
Si bien algunos hábitats han sido registrados a lo largo de la demarcación (Hab 1, Hab 2, Hab 5, Hab 6, Hab 7, Hab 8), otros hábitats tienen una distribución mucho más localizada en determinadas áreas

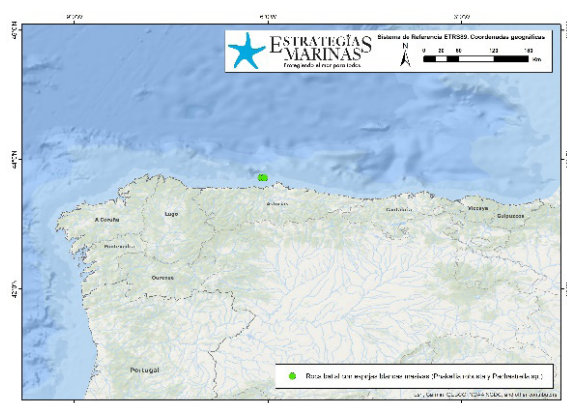
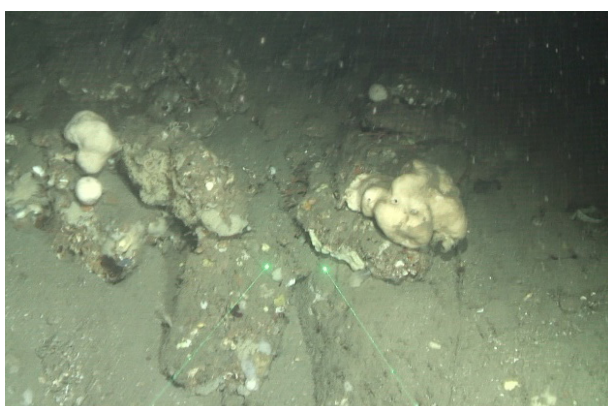
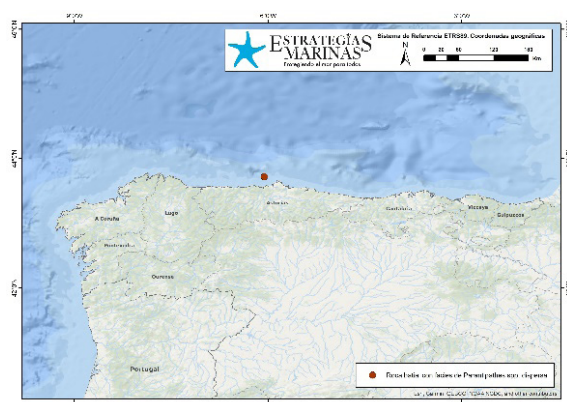
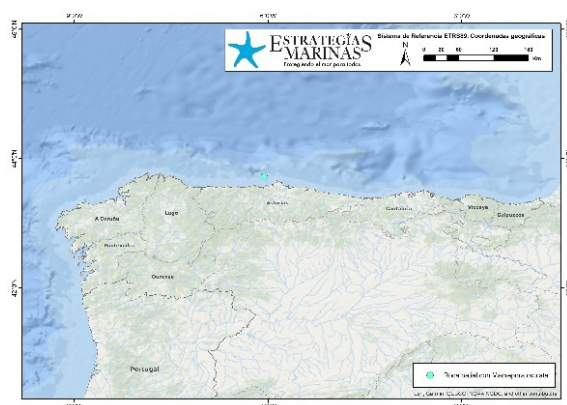
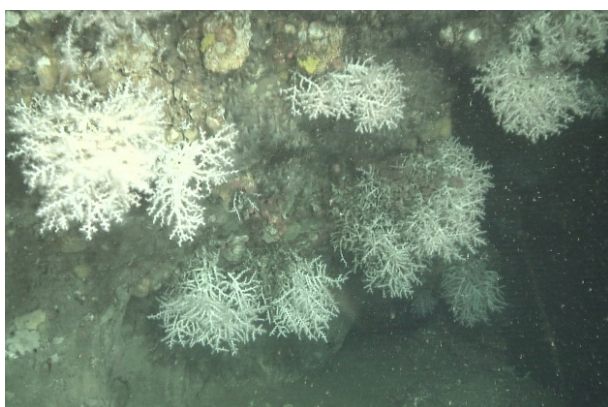
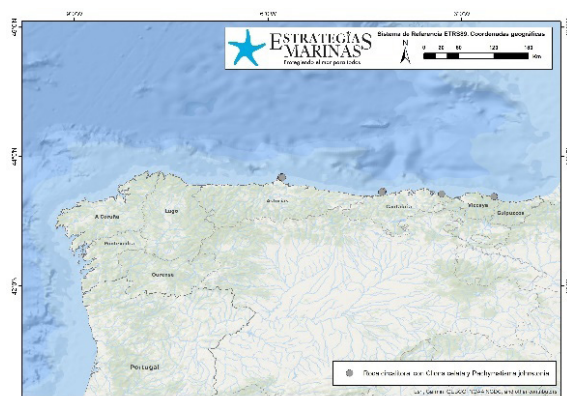


(Figura 50). El hábitat biogénico con mayor frecuencia de ocurrencia fue el Hab 1 'Roca circalitoral con *Phakellia* spp., *Axinella* *vellerea*, *Poecilastra* *compressa* y *Acanthogorgia* *hirsuta*', seguido del Hab 5 'Roca circalitoral con *Eunicella* spp.' aunque este último aparece siempre ocupando menor extensión. Las facies de *Callogorgia* *verticillata*, *Madrepora* *oculata* y *Asconema* *setubalense*, fueron registradas en un solo transecto en el piso batial de forma puntual (Hab 10, Hab 13, Hab 16).









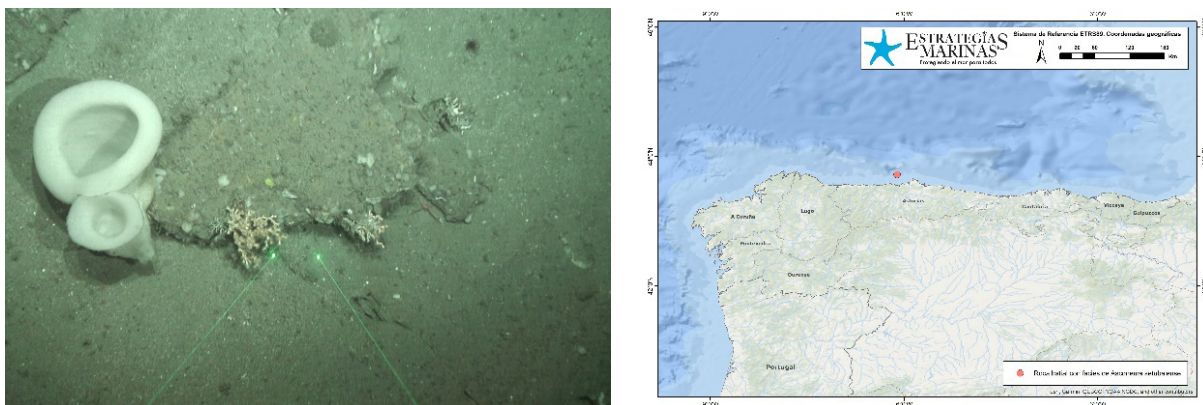


Figura 51. Fotografías representativas y distribución registrada de los 'Otros tipos de hábitats' (OHT) registrados en la demarcación noratlántica.

Las pasarelas que muestran las correspondencias de todos los OHT identificados en la demarcación noratlántica con las principales clasificaciones de hábitats bentónicos europeas se muestran en la Tabla 39. Conseguir 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.

Clasificación EUNIS: La mayoría de los hábitats identificados no tienen ninguna correspondencia con los hábitats EUNIS, teniendo que buscar correspondencias en los niveles 3 y 4 mayoritariamente: '3 MC12 Atlantic circalittoral rock' y '4 MD121 Sponge communities on Atlantic offshore circalittoral rock' (Tabla 39).

Inventario Español de Hábitats y Especies Marinas ("LPRE- Lista Patrón de Referencia Española"): las correspondencias con los hábitats del IEHEM permiten llegar a niveles más profundos, y de esta forma se han podido especificar las especies de invertebrados responsables de la generación de la estructura biogénica (Tabla 39).

Directiva Hábitats (92/43/CEE): Todos los OHT son considerados el hábitat 1170-Arrecifes contenido en el Anexo I de la Directiva y, por lo tanto, en consonancia con dicha Directiva, deben crearse Zonas de Especial Conservación (ZEC) que formen parte de la Red Natura 2000 europea para asegurar su conservación. Todos ellos se distribuyen sobre fondos rocosos y están caracterizados por corales y esponjas (Tabla 39).

Listado de hábitats amenazados o en peligro de la Convención OSPAR: Todos los OHT se engloban en dos de los hábitats considerados por OSPAR: "Coral garden" o "Sponge aggregation" (Tabla 39).

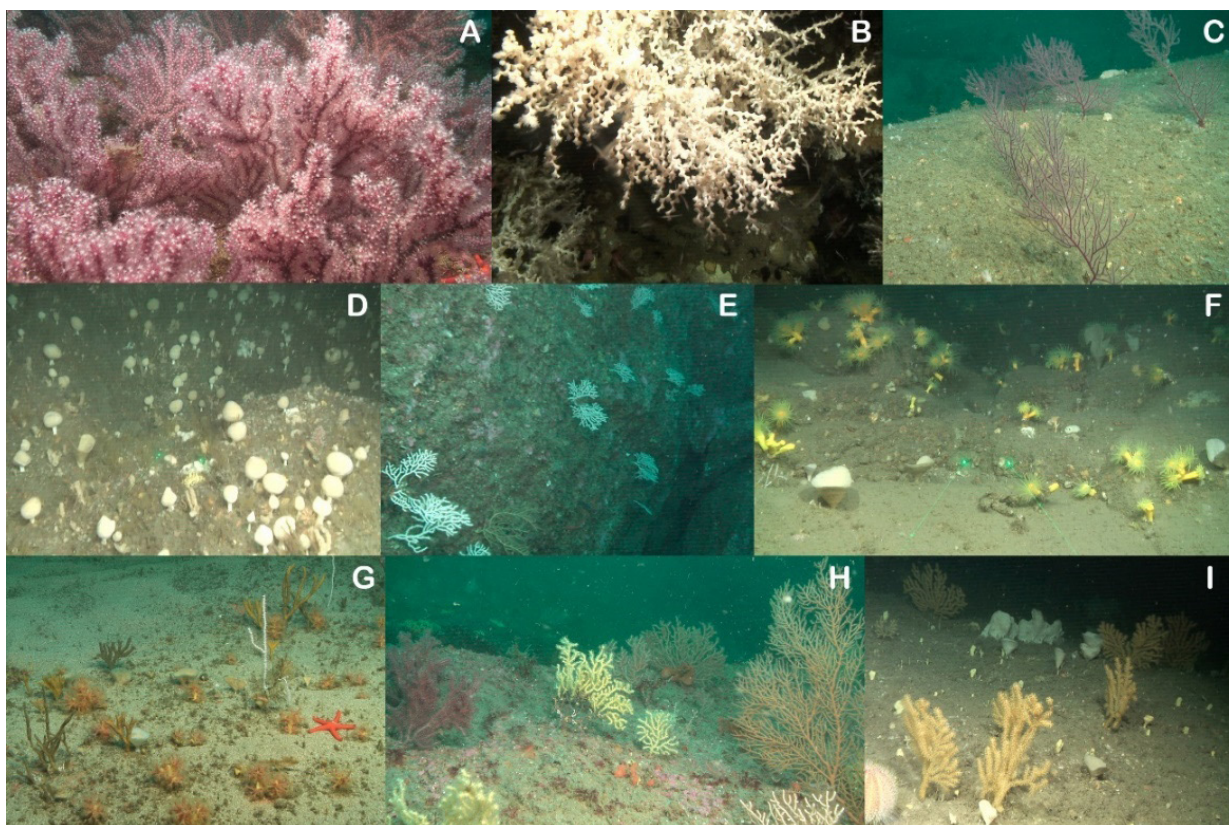
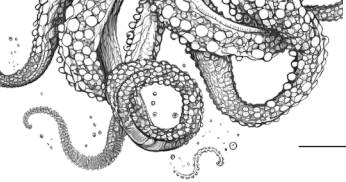


Figura 52. Fotografías representativas de algunos hábitats registrados en la demarcación noratlántica considerados hábitats vulnerables (1170-Reefs) cuya conservación es una prioridad a nivel europeo.

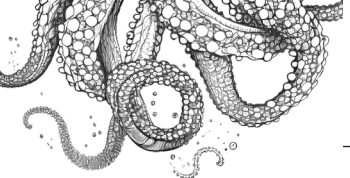
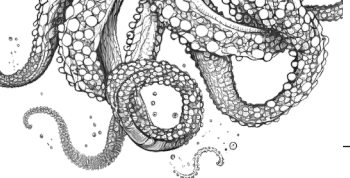


Tabla 39. Pasarelas entre los hábitats bentónicos identificados en la demarcación noratlántica y las principales clasificaciones europeas.

'OTRO TIPO DE HÁBITAT BENTÓNICO' -OHT	DH (Anexo I)	EUNIS	IEHEM	OSPAR
Roca circalitoral con <i>Phakellia</i> spp., <i>Axinella vellerea</i> , <i>Poecilastra compressa</i> y <i>Acanthogorgia hirsuta</i>	1170 Reefs	4 MD121 Sponge communities on Atlantic offshore circalittoral rock	4 03020212 Roca circalitoral profunda dominada por invertebrados con <i>Phakellia ventilabrum</i> y esponjas axinélidas	Sponge aggregation Coral garden
Roca circalitoral con <i>Dendrophyllia cornigera</i> y <i>Phakellia ventilabrum</i>	1170 Reefs	3 MC12 Atlantic circalittoral rock	4 03020213 Roca circalitoral dominada por invertebrados con <i>Phakellia ventilabrum</i> y <i>Dendrophyllia cornigera</i>	Sponge aggregation Coral garden
Roca circalitoral y batial con <i>Stylocordila</i> sp.	1170 Reefs	4 MD121 Sponge communities on Atlantic offshore circalittoral rock	4 04010103 Fondos rocosos profundos con agregaciones de esponjas	Sponge aggregation
Roca circalitoral con <i>Guitarra solorzanoi</i> , Axinellidae y <i>Parazoanthus axinellae</i>	1170 Reefs	3 MC12 Atlantic circalittoral rock	5 0302022308 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Parazoanthus axinellae</i>	Sponge aggregation Coral garden
Roca circalitoral con <i>Eunicella</i> spp.	1170 Reefs	3 MC12 Atlantic circalittoral rock	5 0302022304 Roca circalitoral no concrecionada dominada por invertebrados con <i>Eunicella verrucosa</i>	Coral garden
Roca circalitoral con <i>Haliclona</i> spp. y <i>Phakellia ventilabrum</i>	1170 Reefs	4 MD121 Sponge communities on Atlantic offshore circalittoral rock	4 04010103 Fondos rocosos profundos con agregaciones de esponjas	Sponge aggregation
Roca circalitoral con <i>Antipathella subpinnata</i>	1170 Reefs	3 MC12 Atlantic circalittoral rock	4 03020217 Bosques de antipatarios en roca circalitoral dominada por invertebrados	Coral garden
Roca circalitoral con <i>Artemisina transiens</i>	1170 Reefs	4 MD121 Sponge communities on Atlantic offshore circalittoral rock	4 04010103 Fondos rocosos profundos con agregaciones de esponjas	Sponge aggregation

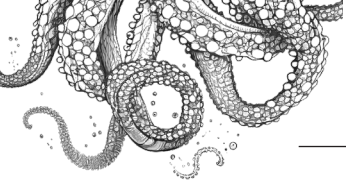


'OTRO TIPO DE HÁBITAT BENTÓNICO'-OHT	DH (Anexo I)	EUNIS	IEHEM	OSPAR
Roca circalitoral con <i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1170 Reefs	3 MC12 Atlantic circalittoral rock	5 0302022201 Bosquetes de <i>Leptogorgia</i> spp. en roca circalitoral dominada por invertebrados	Coral garden
Roca batial con facies de <i>Callogorgia verticillata</i>	1170 Reefs	3 MC12 Atlantic circalittoral rock	4 04010104 Roca limpia batial con <i>Callogorgia verticillata</i>	Coral garden
Roca circalitoral con <i>Paramuricea grayi</i>	1170 Reefs	3 MC12 Atlantic circalittoral rock	5 0302022204 Bosquetes de <i>Paramuricea grayi</i> en roca circalitoral dominada por invertebrados	Coral garden
Roca circalitoral con <i>Cliona celata</i> y <i>Pachymatisma johnstonia</i>	1170 Reefs	4 MD121 Sponge communities on Atlantic offshore circalittoral rock	4 04010103 Fondos rocosos profundos con agregaciones de esponjas	Sponge aggregation
Roca batial con <i>Madrepora oculata</i>	1170 Reefs	4 ME123 Mixed cold water coral communities on Atlantic upper bathyal rock	4 04010204 Roca batial colmatada de sedimentos con restos de antiguos arrecifes de corales blancos (<i>Lophelia pertusa</i> , <i>Madrepora oculata</i> , <i>Dendrophyllia</i> spp.)	Coral garden
Roca batial con facies de <i>Parantipathes</i> spp. dispersa	1170 Reefs	4 ME121 Sparse communities on Atlantic upper bathyal rock	4 04010102 Fondos rocosos profundos con antipatarios	Coral garden
Roca batial con esponjas blancas masivas (<i>Phakellia robusta</i> , <i>Geodia</i> sp. y <i>Pachastrella</i> sp.)	1170 Reefs	5 ME3241 <i>Geodia</i> and other massive sponges on Atlantic upper bathyal coarse sediment	4 04010208 Roca batial colmatada de sedimentos con dominancia de esponjas	Sponge aggregation
Roca batial con facies de <i>Asconema setubalense</i>	1170 Reefs	4 ME121 Sparse communities on Atlantic upper bathyal rock	4 04010106 Roca limpia batial con grandes esponjas hexactinélidas (<i>Asconema setubalense</i>)	Sponge aggregation

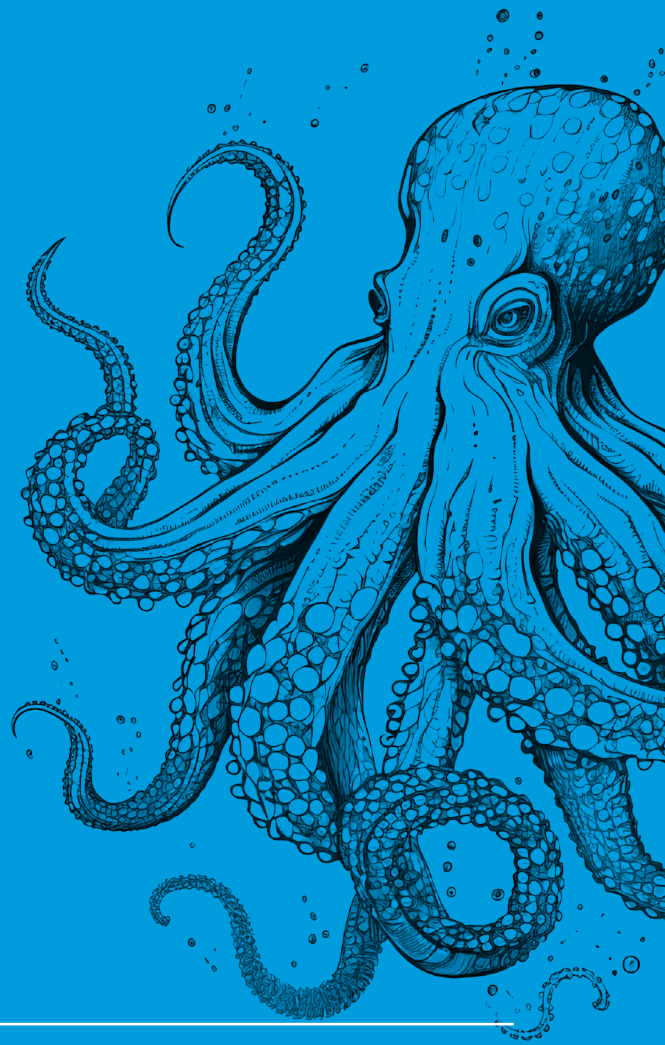


5. Referencias

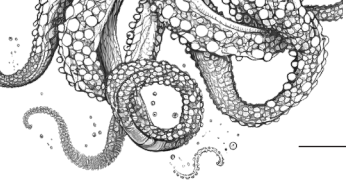
- Abad-Uribarren, A., Prado, E., Sierra, S., Cobo, A., Rodríguez-Basalo, A., Gómez-Ballesteros, M., Sánchez, F., 2022. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 275: 107957. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107957>.
- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W., Lipman, D. J., 1990. Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, 215: 403-410.
- De la Torriente, A., Serrano, A., Druet, M., Gómez-Ballesteros, M., Acosta, J., Parra, S., *et al.*, Banco de Galicia, Áreas de estudio del proyecto LIFE+ INDEMARES. Proyecto LIFE+ INDEMARES: Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación Y Medio Ambiente, 2014.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R.C., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3, 294-299.
- Gómez-Ballesteros, M., Arrese, B., Díez, I.P., Galparsoro, I., Sánchez-Guillamón, O., Martínez-Carreño, N., Sayago, M., López-Rodríguez, C., Rodríguez, A., Sánchez, F., 2022. Morphosedimentary characterization of the Capbreton submarine canyon system, Bay of Biscay (Cantabrian Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 274: 107955. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107955>.
- Howell, k.L., Davies, J.S., Allcock, A.L., Braga-Henriques, A., Buhl-Mortensen, P., Carreiro-Silva, M., Dominguez-Carrió, C., Durden, J.M., Foster, N.L., Game, C.A., Hitchin, B., Horton, T., Hosking, B., Jones, D.O.B., Mah, C., Marchais, C.L., Menot, L., Morato, T., Pearman, T.R.R., Piechaud, N., Ross, R.E., Ruhl, H.A., Saeedi, H., Stefanoudis, P.V., Taranto, G.H., Michael, B.T., Taylor, J.R., Tyler, P., Vad, J., Victorero, L., Vieira, R.P., Woodall, L.C., Xavier, J.R., Wagner, D., 2019. A framework for the development of a global standardised marine taxon reference image database (SMarTaR-ID) to support image-based analyses. *PLoS ONE* 14 (12), e0218904. <https://doi.org/10.1101/670786>.
- Jones, C.G., Lawton, J.H., Shachak, M., 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69 (1994), pp. 373-38.
- kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C., Thierer, T., Ashton, B., Meintjes, P., Drummond, A. 2012. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 28: 1647-1649.
- Sánchez, F., Serrano, A., Gómez-Ballesteros, M., 2009. Photogrammetric quantitative study of habitat and benthic communities of deep Cantabrian Sea hard grounds. *Continental Shelf Research* 66(8):1174-1188. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2009.01.004>
- Sánchez, F., Gómez-Ballesteros, M., González-Pola, C., Punzón, A., 2014. Sistema de cañones submarinos de Avilés. Proyecto LIFE +INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014.
- Sánchez, F., Rodríguez-Basalo A., García-Alegre, A., Gómez-Ballesteros, M., 2017. Hard-bottom bathyal habitats and keystone epibenthic species on Le Danois Bank (Cantabrian Sea). *Journal of Sea Research*, 130: 134-153. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.09.005>.
- Serrano, A., Cartes, J.E., Punzón, A., Arronte, J.C., Ríos, P., Lourido, A., Papiol, V., Furtos, I., García-Alegre, A., Blanco, M., 2017. Epibenthic communities of sedimentary habitats in a NE Atlantic deep seamount (Galician Bank). *Journal of Sea Research*, 130: 154-165. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.03.004>
- Serrano, A., González-Irusta, J.M., Punzón, A., García-Alegre, A., Lourido, A., Ríos, P., Blanco, M., Gómez-Ballesteros, M., Druet, M., Cristobo, J., Cartes, J.E., 2017. Deep-sea benthic habitats modeling and mapping in a NE Atlantic seamount (Galician Bank). *Deep Sea Research, Part I*, 126: 115-127. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.06.003>



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.



CARACTERIZACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE PRESIONES HUMANAS Y SU INTERACCIÓN CON LOS 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

1. Conocer la dimensión del área de presiones acumuladas que afectan a los BHT.
2. Identificar los BHT donde es necesario centrar los análisis de presiones acumuladas en los siguientes ciclos.
3. 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 evaluación de la integridad del fondo marino en el marco de EEMM (EC, 2022)¹ (Figura 52). 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 40, así como al criterio que cuantifica cada una de ellas.

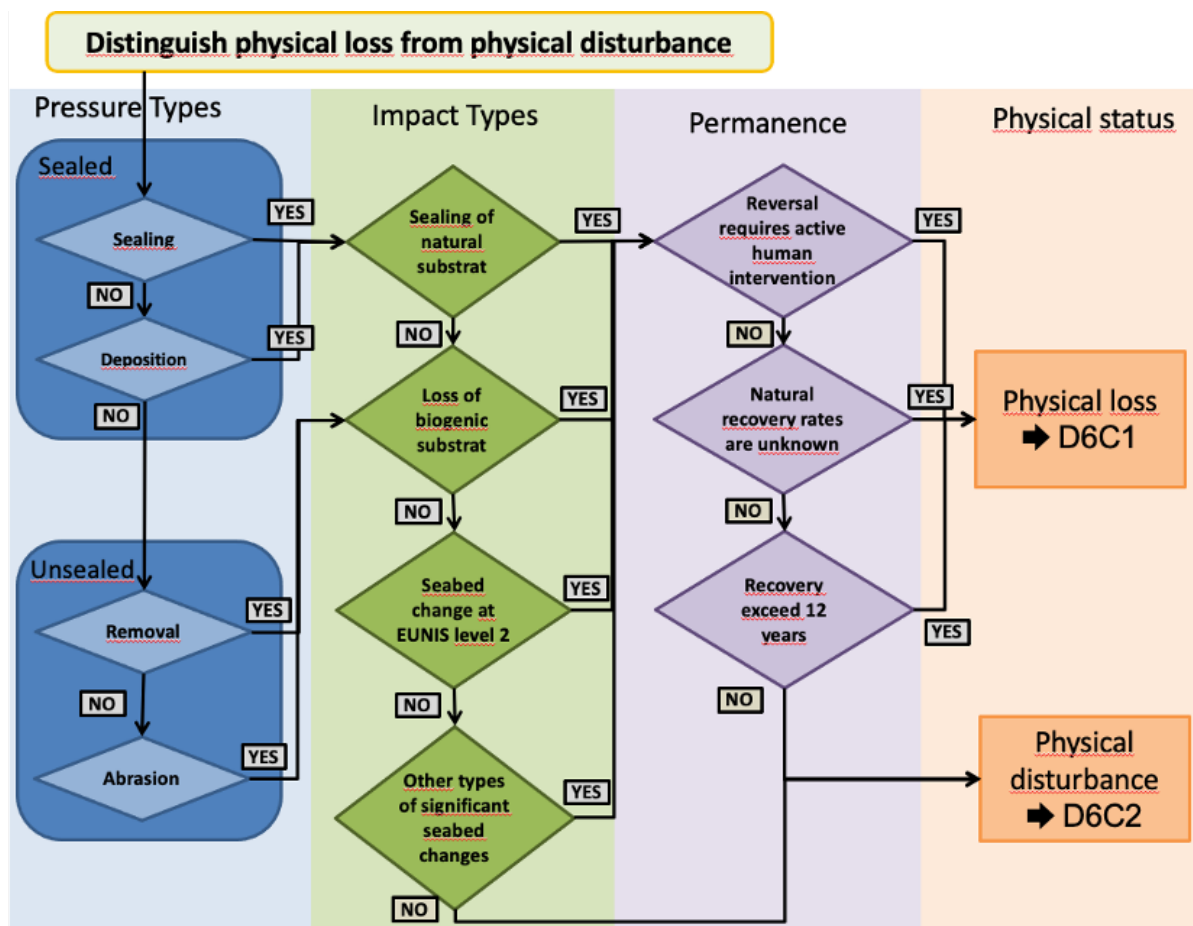


Figura 53. Diagrama de flujo utilizado para definir las actividades que generan pérdida física y perturbación.

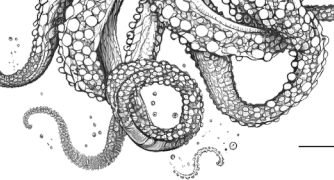


Tabla 40. Listado de las actividades humanas consideradas para evaluar los criterios del D6 extensión espacial (km²).

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 ⁽¹⁾
	PF-02-09	Playas artificiales.
	P_NoCode_E	Superficie del fondo marino perdida por Extracción de arena a playas
	PF-01-01	Superficie del fondo marino perdida a por el vertido de material dragado ⁽²⁾
	PF-01-02	Superficie del fondo marino perdida por cables submarinos
D6C2/C5	PF-01-01	Superficie del fondo marino perturbada por el vertido de material dragado
	PF-01-02	Superficie del fondo marino perturbada 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) ⁽³⁾



Criterios	Código	Descripción
D6C2/C5	GNS	Superficie promedio (2016-2022) del fondo perturbada por pesca de enmalle (h/km ²) ⁽³⁾
	LLS	Superficie del fondo marino (2016-2022) perturbada por pesca arrastre (h/km ²) ⁽⁴⁾
	FPO	Superficie del fondo marino (2016-2022) perturbada por pesca por nasas
D6C5	PB-02-01.	Número de zonas con calidad de las aguas de baño insuficiente
	PB-02-02.	Número de episodios cortos de contaminación:
	PB-02-03	Número de episodios de cierre de zonas de producción de moluscos
	P_MNVlrcn	Frecuencia de micronúcleos (MN)
	P_EROD_VI	Actividad Etoxyresorufin-O-deetilasa (EROD)
	P_AChE_VI	Actividad Acetilcolinesterasa (AChE)
	CONT/CONT1	Presencia de contaminantes
	P_Sed_DnsT	Datos de densidad de basura observada en sedimento
	P_nMP_Dkg	Datos de concentración de microplásticos (MP) en sedimento
	P_density	Datos de densidad de basura de fondo (nº de ítems por km ²)
	P_aloetona	Presencia de Especies Alóctonas
	P_Rugulopteryx	Presencia del alga invasora Rugulopteryx
	P_Alt_Hidro	Alteraciones hidrográficas



2.2. Caracterización de los efectos adversos (km²) sobre la condición del hábitat (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).
- **NA:** no aplica.

Además, algunas actividades que se han cuantificado de forma puntual, por 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 (indicador SoS para pesca de arrastre). Debido a que para la mayoría de las actividades no se conoce la respuesta de los BHT, una gran mayoría de los valores en la base de datos fue 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 NA, 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 km ²	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

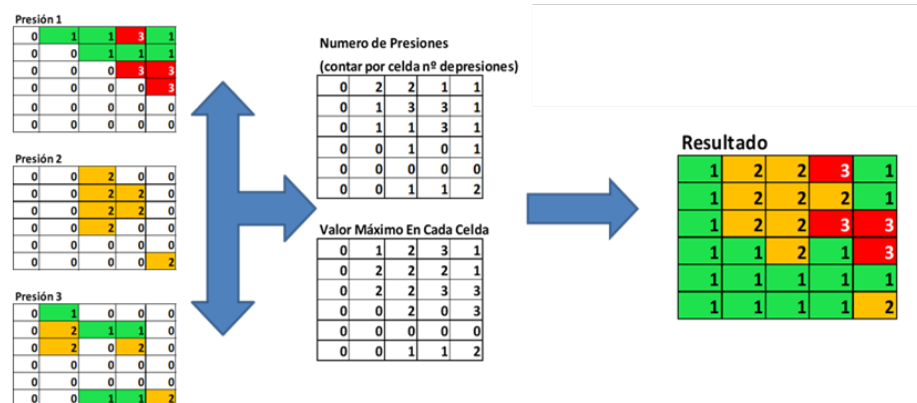
Figura 54. Imagen ejemplo de la tabla alfanumérica asociadas a la geodatabase creada para la categorización del D6C5. Cada capa o tabla tiene un campo o columna por actividad al que se ha asociado un valor 0, 1, 2, o 3 dependiendo del impacto que genera sobre el hábitat con el que se interacciona.

En la Figura 54 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 coexistir varias actividades humanas, cada celda se dividió en tantos fragmentos como diferentes combinaciones existían (Figura 54) y para cada fragmento se calculó su área de extensión (km²).



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 55. 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 54). Las diferentes combinaciones posibles de los resultados obtenidos se detallan en la Figura 54.

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 muestra en el presente anexo.



3. Resultados

La mayoría del área de la demarcación no está sometida a ninguna presión (Figura 56). Por lo tanto, el área ocupada por la actividad pesquera y el área de solapamiento entre actividades principalmente pesqueras está sobreestimado. Esto se debe a la inaccesibilidad del BHT abisal, donde no se desarrollan actividades en contacto con los hábitats bentónicos, y a que este BHT ocupa la mayor parte de esta demarcación (Figura 56). La mayoría de las presiones se concentran en la plataforma continental. En esta zona la mayoría del área tiene 1 o 2 presiones siendo muy baja el área ocupada por 5 presiones o más de forma acumulada. Con las presiones tenidas en cuenta en este anexo, las mayores acumulaciones de presiones se presentan en los BHTs circalitorales y circalitorales profundos (Figura 57), siendo también en estos BHTs donde se alcanzan los mayores valores de 3 o 4 presiones acumuladas. Una parte importante de la superficie de los BHTs batiales está libre de presiones y la acumulación es muy escasa. Solamente merece la pena destacar el área ocupada por 3 presiones acumuladas en el sedimento batial.

Cuando analizamos qué presiones coinciden en el espacio observamos que éstas están en la mayoría de los casos relacionadas con la actividad pesquera, y principalmente solapándose entre las distintas pesquerías (Tabla 41). Es de destacar el solapamiento entre la actividad pesquera y las basuras en el fondo. Esto puede deberse por un lado a que la actividad puede generar basuras (p.ej. pérdidas de artes), y por otro a que parte de la información de basuras en el fondo procede de campañas de arrastre demersal (ICES IBTS), cuyas zonas de muestreo coinciden principalmente con la actividad de la flota de arrastre. Por otro lado, en todos los BHTs, cuando los microplásticos se solapan con otra presión, es con la actividad pesquera principalmente (ver Tablas Material Suplementario).

En cuanto a cómo se acumulan las presiones en cada uno de los BHTs bentónicos, el escenario es muy similar al descrito, y vemos que son los BHTs circalitoral y circalitoral profundo en los que se presenta una mayor área en la que coinciden al menos 2 presiones, y se debe a la coincidencia de las presiones de origen pesquero (ver Tablas Material Suplementario), y de estas con las basuras en el fondo. En esta zona también, aunque en mucha menor medida comparada con las pesquerías, hay una importante coincidencia entre la presión de contaminantes y densidad de basuras en el fondo. En la zona infralitoral es de destacar la coincidencia espacial entre la presencia de contaminantes y de alóctonas, aunque el área que ocupan simultáneamente ambas presiones no es muy elevada.

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 BHT que están dentro de esa área se le ha asignado esa presión. Esto tiene tres consecuencias:

- Hay BHTs 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 BHT distintos.

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

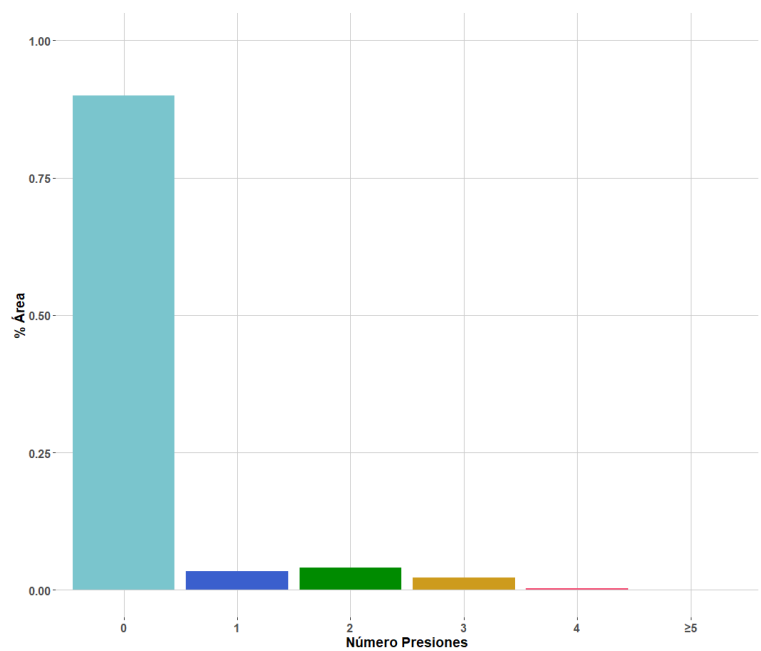


Figura 56. Superficie (%) de la demarcación afectada en función del número de presiones acumuladas

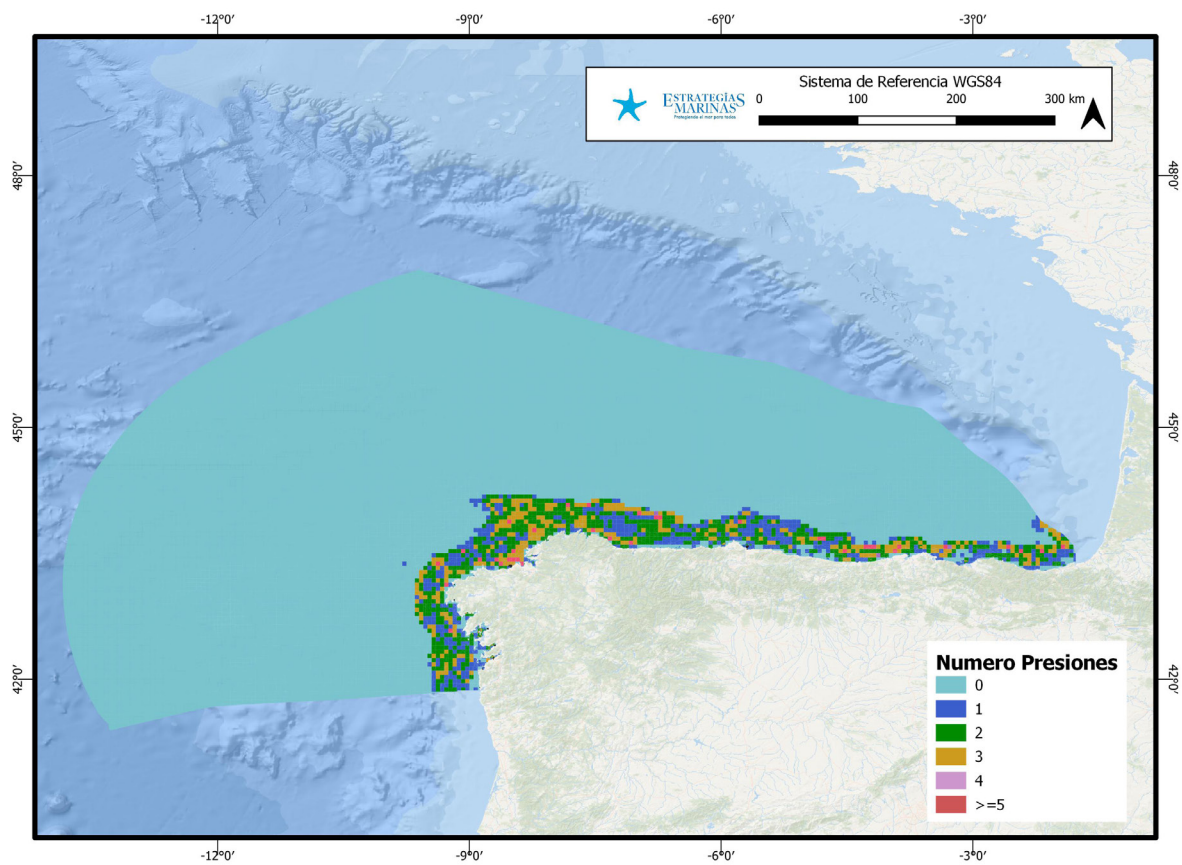


Figura 57. Área de la demarcación afectada en función del número de presiones acumuladas.

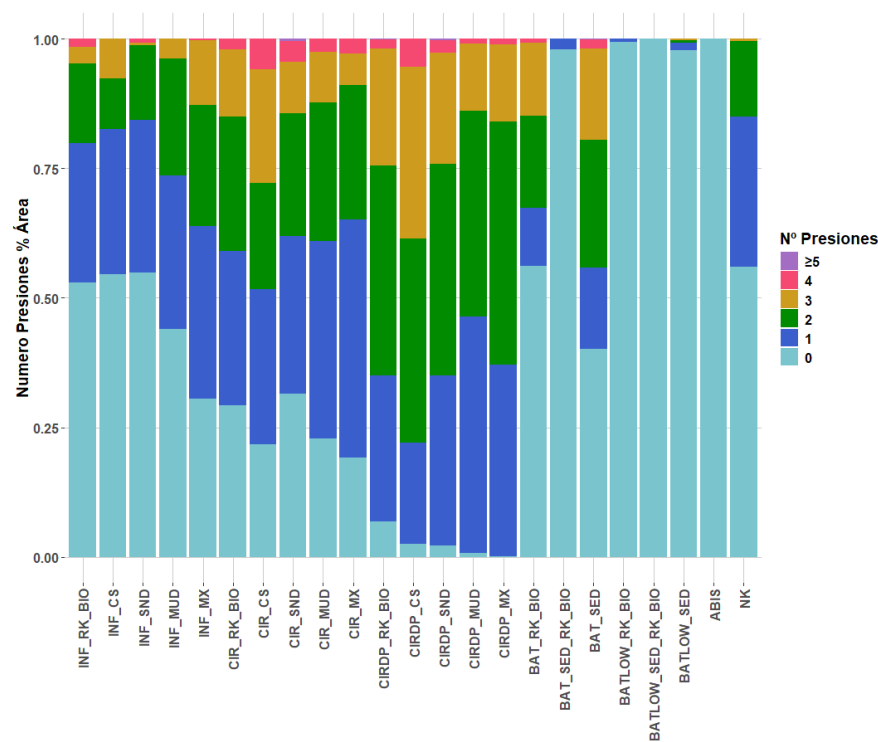
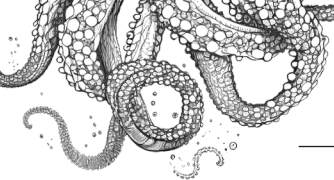
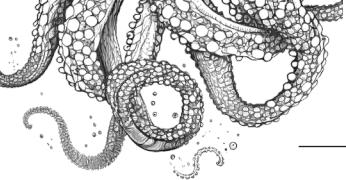


Figura 58. Superficie (%) por BHT afectada en función del número de presiones acumuladas.

Tabla 41. Matriz de interacción (km²) entre actividades por superficie (km²). Ver descripción de códigos de presiones en Tabla 40.

Presiones ¹	P_NoCode_A	P_NoCode_E	PF_01_05	P_PF_01_01	P_PF_01_02	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_01	P_PF_02_07	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_NoCode_A																		
P_NoCode_E																		
PF_01_05																		
P_PF_01_01																		
P_PF_01_02																		
P_PF_01_03																		
P_PF_01_04																		
P_PF_02_01																		
P_PF_02_07																		
P_PF_02_08																		
GNS_eff	0.003	0.000	24.793	0.048	2.651	5.574	0.006			3.584								
LLS_eff		0.000	27.269	0.023	0.086	4.084	0.006				7235.389							
SAR_eff			14.751	0.038	2.972	9.211	0.000				12028.545	7293.630						
P_Alt_Hidr	0.022		0.088		3.925		0.011	0.016	0.319	166.675	117.464	67.238						
P_CONT1	0.108	0.086	4.966	0.010	12.085	13.092			3.664	643.370	422.125	1308.465	16.320					
P_nMP_Dkg					24.866	5.351			0.004	45.562	22.746	104.362		66.361				
P_density			4.640							2090.379	1437.655	5596.353	67.493	557.610	23.016			
P_aloetona	0.001	0.003	0.42			12.487	13.642			10.669	60.575	18.089	22.763	18.816	52.613	33.761		

¹ Unidades en km²



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 infralitoral y arrecife biogénico															
Presiones ¹	P_NoCode_A	P_NoCode_E	PF_01_05	P_PF_01_01	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_01	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_NoCode_A															
P_NoCode_E															
PF_01_05															
P_PF_01_01															
P_PF_01_03															
P_PF_01_04															
P_PF_02_01															
GNS_eff	0			0.088	0.005		0								
LLS_eff				0.087			0	99.576							
SAR_eff							0	28.759	35.450						
P_Alt_Hidr	0						0	15.613	20.051	9.148					
P_CONT1		0.014		0.063	0.804			8.017	2.870		1.807				
P_nMP_Dkg					0.811			0.292	1.641				5.663		
P_density								0.137	1.044	1.016			2.375		
P_aloetona			0.037		0.041	0.076		8.838	2.850		0.005	8.101	0.859		

¹ Unidades en km²

BHT: Sedimento grueso infralitoral								
Presiones ¹	P_PF_01_03	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_aloetona
P_PF_01_03								
GNS_eff								
LLS_eff		1.680						
SAR_eff		2.015	1.6					
P_Alt_Hidr		0.056						
P_CONT1	0.005							
P_nMP_Dkg	0.005	0.019		1.116		2.402		
P_aloetona		0.381			1.396	1.703	1.703	

¹ Unidades en km²

BHT: Arena infralitoral															
Presiones ¹	P_NoCode_A	P_NoCode_E	P_PF_01_01	P_PF_01_02	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_NoCode_A															
P_NoCode_E															
P_PF_01_01															
P_PF_01_02															
P_PF_01_03															
P_PF_01_04															
P_PF_02_08															
GNS_eff			0.080												
LLS_eff			0.473					17.438							
SAR_eff					0.070			1.058	1.679						
P_Alt_Hidr								0.450	1.772	0.450					
P_CONT1	0.108	0.072	3.677	0.001	0.630		0.000	7.972	2.465						
P_nMP_Dkg					0.700		0.000		1.399	3.345			4.086		
P_density								0.010	0.010	0.083			1.681		
P_aloetona					0.389	0.131	2.414	2.465	2.465			14.855			

¹ Unidades en km²



BHT: Fango infralitoral

Presiones [†]	P_NoCode_A	PF_01_05	P_PF_01_01	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_01	P_PF_02_07	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_aloetona
P_NoCode_A															
PF_01_05															
P_PF_01_01															
P_PF_01_03															
P_PF_01_04															
P_PF_02_01															
P_PF_02_07															
P_PF_02_08															
GNS_eff				0.010	0.010										
LLS_eff									10.529						
SAR_eff				0.166	0.010				0.314	0.02					
P_Alt_Hidr	0.004			0.344		0.002	0.011		0.377						
P_CONT1			0.005	3.722	0.402			0.067	0.105			2.334			
P_nMP_Dkg				7.938	0.443						0.925		13.489		
P_aloetona		0.383		0.943								0.625	1.758	2.416	

[†] Unidades en km²

BHT: Roca infralitoral y arrecife biogénico

Presiones [†]	P_NoCode_A	P_NoCode_E	PF_01_05	P_PF_01_01	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_01	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_NoCode_A															
P_NoCode_E															
PF_01_05															
P_PF_01_01															
P_PF_01_03															
P_PF_01_04															
P_PF_02_01															
GNS_eff	0			0.088	0.005		0								
LLS_eff				0.087			0	99.576							
SAR_eff							0	28.759	35.450						
P_Alt_Hidr	0						0	15.613	20.051	9.148					
P_CONT1		0.014		0.063	0.804			8.017	2.870		1.807				
P_nMP_Dkg					0.811			0.292	1.641			5.663			
P_density								0.137	1.044	1.016		2.375			
P_aloetona			0.037		0.041	0.076		8.838	2.850		0.005	8.101	0.859		

[†] Unidades en km²

BHT: Roca circalitoral y arrecife biogénico

Presiones [†]	P_PF_01_01	P_PF_01_02	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_01	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_PF_01_01														
P_PF_01_02														
P_PF_01_03														
P_PF_01_04														
P_PF_02_01														
P_PF_02_08														
GNS_eff	3.463	0.013		2.065		0.121								
LLS_eff	2.939			1.271			606.536							
SAR_eff	0.177			1.271			374.253	339.609						
P_Alt_Hidr	0.007				0	0.200	49.505	44.302	13.234					
P_CONT1	0.520	0.001	0.048	3.833		0.121	47.503	19.719	18.764	5.794				
P_nMP_Dkg			0.048				0.403	7.555			2.150			
P_density							42.372	59.821	66.399	6.596	17.145			
P_aloetona				5.548		0.066	10.096	3.591			3.875	0.005		

[†] Unidades en km²



BHT: Sedimento grueso circalitoral										
Presiones ¹	P_PF_01_01	P_PF_01_04	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_PF_01_01										
P_PF_01_04										
GNS_eff	1.032	1.286								
LLS_eff	0.932		127.835							
SAR_eff	0.932		134.184	98.949						
P_Alt_Hidr			19.244	11.383	6.628					
P_CONT1		0.130	28.664	10.340	23.931	1.411				
P_nMP_Dkg			1.177	3.286	0.130		0.001			
P_density			20.715	19.354	20.409	12.064	1.374			
P_aloetona		2.470	5.383				0.001	0.001		

¹ Unidades en km²

BHT: Arena circalitoral															
Presiones ⁷	P_NoCode_A	P_NoCode_E	P_PF_01_01	P_PF_01_02	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_NoCode_A															
P_NoCode_E															
P_PF_01_01															
P_PF_01_02															
P_PF_01_03															
P_PF_01_04															
P_PF_02_08															
GNS_eff			5.971	0.008		0.446	3.462								
LLS_eff			10.129		0.086	2.813		270.003							
SAR_eff			8.019		0.086	5.643		157.144	157.540						
P_Alt_Hidr								45.571	26.674	17.351					
P_CONT1			0.700	0.008		2.444	3.462	59.146	38.639	22.425	1.057				
P_nMP_Dkg								0.440	8.865	0.123		2.082			
P_density			1.606					61.759	72.904	73.723	21.838	40.492			
P_aloetona	0.001	0.003				3.724	7.913	3.800	3.636	0.164		4.749			

¹ Unidades en km²

BHT: Fango circalitoral														
Presiones ¹	P_PF_01_01	P_PF_01_03	P_PF_01_04	P_PF_02_01	P_PF_02_07	P_PF_02_08	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloetona
P_PF_01_01														
P_PF_01_03														
P_PF_01_04														
P_PF_02_01														
P_PF_02_07														
P_PF_02_08														
GNS_eff		0.044	1.715	0.006										
LLS_eff				0.006			39.544							
SAR_eff		0.322	1.847				17.752	9.335						
P_Alt_Hidr	0.081			0.009	0.005	0.119	7.986	5.073						
P_CONT1		1.640	5.857				19.810	14.279	2.535	3.773				
P_nMP_Dkg		3.940	3.920				2.765		2.897		22.127			
P_density							8.272	10.977	0.781		2.936			
P_aloetona		1.609	1.678			0.274	5.646	5.543	0.103	0.085	10.499	13.354		

¹ Unidades en km²



BHT: Sedimento mixto circalitoral

Presiones ¹	P_PF_01_03	P_PF_01_04	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloctona
P_PF_01_03										
P_PF_01_04										
GNS_eff	0.998	0.052								
LLS_eff			4.585							
SAR_eff	0.884	0.441	10.253	6.805						
P_Alt_Hidr	0.192									
P_CONT1	0.589	0.427	7.634							
P_nMP_Dkg	2.034	0.988	13.870		8.536		4.479			
P_density			5.045	6.805	7.265		2.534			
P_aloctona	1.482	0.015	0.472			0.697	3.616	5.309		

¹ Unidades en km²

BHT: Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico

Presiones ¹	P_PF_01_01	P_PF_01_02	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloctona
P_PF_01_01										
P_PF_01_02										
GNS_eff	0.798	0.003								
LLS_eff	0.937	0.004	890.468							
SAR_eff	0.523	0.003	1551.914	751.072						
P_Alt_Hidr			2.204	2.204	0.816					
P_CONT1			37.391	51.650	59.002					
P_nMP_Dkg					0.442					
P_density	0.276		186.482	87.729	371.919	1.388	21.545			
P_aloctona			4.085		3.898					

¹ Unidades en km²

BHT: Arena circalitoral profunda

Presiones ¹	P_PF_01_01	P_PF_01_02	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_aloctona
P_PF_01_01										
P_PF_01_02										
GNS_eff	11.592	0.008								
LLS_eff	11.621		1373.566							
SAR_eff	3.673	0.008	3463.319	1444.066						
P_Alt_Hidr			20.342	4.152	16.189					
P_CONT1			123.296	118.291	343.838					
P_nMP_Dkg					13.170					
P_density	2.758		501.134	245.516	1335.052	20.342	162.46	1.023		
P_aloctona			8.857		8.857					

¹ Unidades en km²



BHT: Sedimento grueso circalitoral profundo

Presiones [†]	P_PF_01_01	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_Alt_Hidr	P_CONT1	P_density	P_alocona
P_PF_01_01								
GNS_eff	1.615							
LLS_eff		370.927						
SAR_eff		668.865	420.218					
P_Alt_Hidr		5.265	1.844	3.421				
P_CONT1		46.006	24.411	60.298				
P_density		110.324	98.782	251.539	5.265	11.547		
P_alocona		0.714		0.201				

[†] Unidades en km²

BHT: Lodos circalitorales profundos

Presiones [†]	P_PF_01_01	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_alocona
P_PF_01_01								
GNS_eff	0.004							
LLS_eff		115.667						
SAR_eff	1.425	953.673	175.785					
P_CONT1		79.442	15.982	460.141				
P_nMP_Dkg		1.399		47.446				
P_density		214.646	71.668	1202.884	166.996	21.993		
P_alocona		9.540		9.540				

[†] Unidades en km²

BHT: Sedimento mixto circalitoral profundo

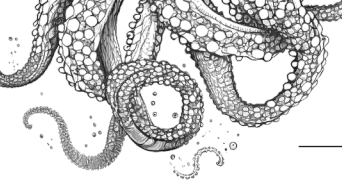
Presiones [†]	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density	P_alocona
GNS_eff							
LLS_eff	16.159						
SAR_eff	163.766	38.685					
P_CONT1	1.807	3.001	21.843				
P_nMP_Dkg	1.346						
P_density	59.999	21.468	271.240	14.109			
P_alocona	0.024						

[†] Unidades en km²

BHT: Roca batial superior y arrecife biogénico

Presiones [†]	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density
GNS_eff						
LLS_eff	195.280					
SAR_eff	282.102	216.152				
P_CONT1	1.409	3.572	14.176			
P_nMP_Dkg	17.082		17.082			
P_density	19.197	13.448	61.074	7.972		

[†] Unidades en km²



BHT: Sedimento batial superior o roca batial superior y arrecife biogénico

Presiones ¹	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff
GNS_eff			
LLS_eff	1.150		
SAR_eff	0.954	0.943	

¹ Unidades en km²

BHT: Sedimento batial superior

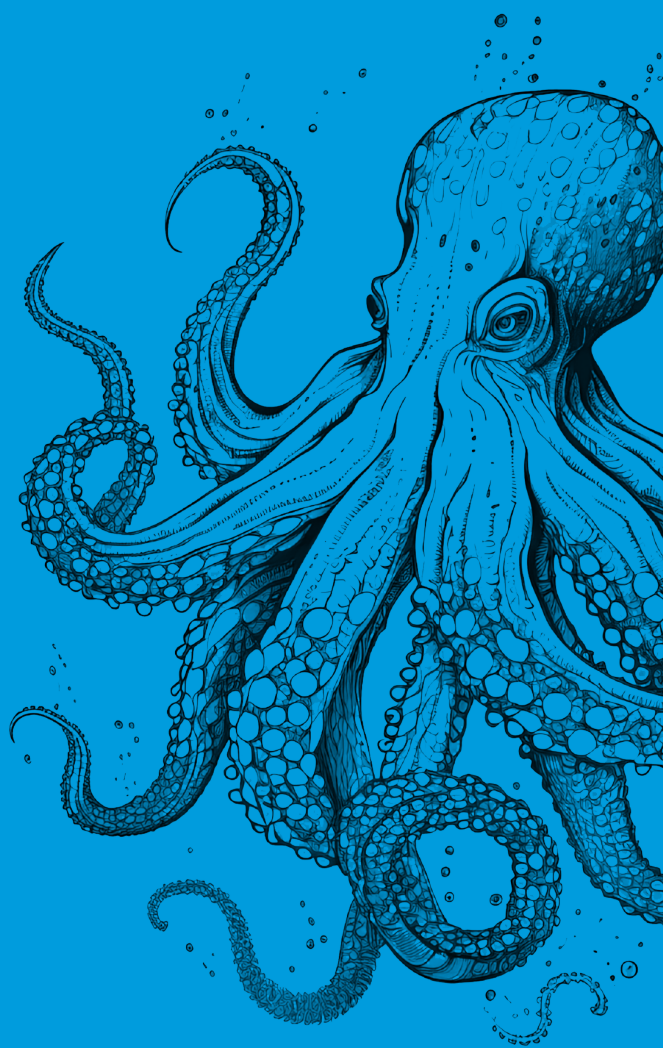
Presiones ¹	P_PF_01_01	P_PF_01_02	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_CONT1	P_nMP_Dkg	P_density
P_PF_01_01								
P_PF_01_02								
GNS_eff	0.149	0.016						
LLS_eff	0.149	0.019	3025.006					
SAR_eff		0.026	4169.448	3560.451				
P_CONT1			174.933	116.903	281.512			
P_nMP_Dkg			5.862		5.862			
P_density			856.823	728.130	1929.377	104.394		

¹ Unidades en km²

BHT: Sedimento batial inferior

Presiones ¹	GNS_eff	LLS_eff	SAR_eff	P_density
GNS_eff				
LLS_eff	69.282			
SAR_eff	45.628	35.265		
P_density	3.465		3.591	

¹ Unidades en km²



ANÁLISIS DE OTRAS PRESIONES FÍSICAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL LIC DE LOS CAÑONES DE AVILÉS



1. Introducción

Las actividades y presiones humanas que afectan a los ecosistemas pueden producirse simultáneamente en el tiempo y en el espacio, provocando la acumulación de estos impactos generados por el hombre. Estas actividades pueden modificar el medio de muchas maneras diferentes, como la contaminación, el aumento de la turbidez, cambios de salinidad y otras propiedades del agua, la destrucción de los ecosistemas o la alteración de su dinámica, entre otras muchas (Andersen *et al.*, 2013; Ban *et al.*, 2010; Foley *et al.*, 2010). Para mitigar los efectos negativos de las actividades humanas en la dinámica de los ecosistemas marinos, se está empezando a aplicar una gestión integrada basada en los ecosistemas. Para ello, es necesario comprender mejor la compleja interacción entre las actividades humanas, las presiones y los componentes de los ecosistemas (Piet *et al.*, 2021). El objetivo es mantener un equilibrio entre todos estos componentes sin poner en riesgo la biodiversidad y los ecosistemas (Andersen *et al.*, 2020; Ban *et al.*, 2010; Borgwardt *et al.*, 2019).

Para el D6, la Decisión de 2017 (EC, 2017a y 2017b) pide que se recopilen las actividades humanas que están causando las diferentes presiones (por ejemplo, el fondeo, la acuicultura o la pesca) en los diferentes Estados, así como que se establezca el nivel de afectación por presiones acumuladas y se determinen los BEA.

Uno de los retos más acuciantes de la aplicación de la DMEM es cómo abordar los impactos de las múltiples actividades y sus diversas presiones asociadas. Para la evaluación, se necesita una caracterización detallada de la distribución de los hábitats y las presiones antropogénicas, así como el solapamiento entre éstas y el ecosistema (Fernandes *et al.*, 2018; Frazão-Santos *et al.*, 2021; Holon *et al.*, 2015; Judd *et al.*, 2015; kannen, 2014; Katsanevakis *et al.*, 2011; Stelzenmüller *et al.*, 2008). Se han desarrollado algunos análisis de los factores antropogénicos y sus impactos acumulativos en el ecosistema, a nivel mundial y regional (Andersen *et al.*, 2013; Ban *et al.*, 2010; Batista *et al.*, 2014; Bevilacqua *et al.*, 2018; Fernandes *et al.*, 2017 y 2020; Halpern *et al.*, 2008, 2009 y 2015; Knights *et al.*, 2013; Korpinen *et al.*, 2013; Selkoe *et al.*, 2009). Éstos consisten en la caracterización de las actividades y sus impactos asociados, utilizando diferentes criterios para su evaluación, como la duración, la extensión espacial, la intensidad, etc., con un enfoque semicuantitativo (Andersen *et al.*, 2013; Halpern *et al.*, 2009; Holon *et al.*, 2015; Willstead *et al.*, 2017).

El análisis de acumulación de presiones es aún más necesario en los espacios incluidos en la Red Natura 2000 susceptibles de sufrir impactos significativos, como es el caso del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) ESZZ12003 del Sistema de Cañones de Avilés, así como otras Zonas Especiales de Conservación (ZEC) o Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) que puedan estar incluidas en esta red. La Red Natura 2000 es una red ecológica europea de espacios (tanto terrestres como marinos) para la conservación de los hábitats naturales y su biodiversidad asociada incluida en la Directiva de Hábitats y Aves (Directiva 92/43/CEE & Directiva 2009/147/CE), con el objetivo de proteger el patrimonio europeo, que junto con la DMEM constituyen los pilares para la Política Marina Integrada (PMI) (Fernandes *et al.*, 2020; Möckel, 2017).

Para apoyar los objetivos de la DMEM, este trabajo ha creado una colección de datos espaciales sobre las principales actividades humanas que tienen lugar en el Cantábrico central, así como su interacción con los BHT establecidos por la Comisión Europea para los descriptores 1 (Biodiversidad) y 6 (Integridad del fondo marino) (EC, 2008; Evans *et al.*, 2016). Con estos análisis se pretende realizar una evaluación completa de las principales presiones humanas que afectan al fondo marino, así como responder a los criterios 1, 2 y 4 asociados al descriptor 6, y contribuir al desarrollo de los descriptores 3 y 5 (ver un ejemplo de flujo de datos en la Figura 59).

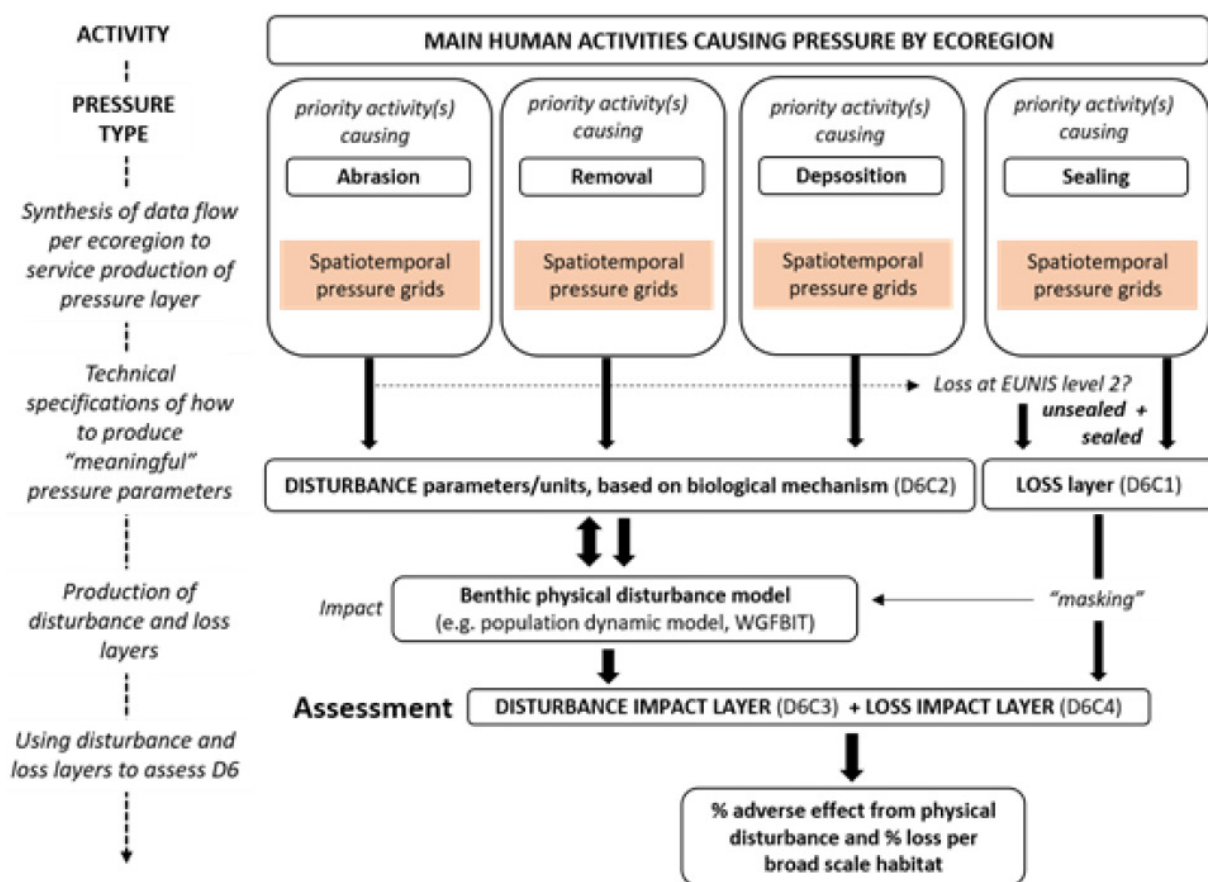
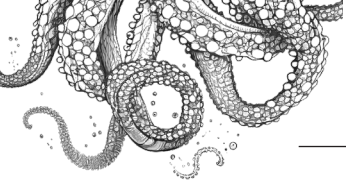


Figura 59. Ejemplo de flujo de datos para la recogida de datos para el descriptor 6. Recurso: CIEM, 2019b.

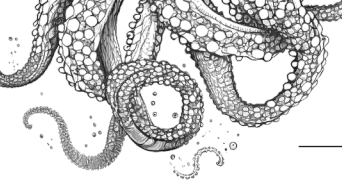
Además, se crea un marco metodológico para el análisis y la cartografía de las presiones de los impactos humanos acumulativos y el análisis espacio-temporal de las presiones más relevantes, teniendo en cuenta los requisitos de la DMEM, en el territorio español.



2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es identificar y seleccionar las principales presiones físicas resultantes de las actividades humanas y caracterizar las áreas de presión acumulada en el área de estudio. Además, se analiza la interacción de las presiones con los hábitats del fondo marino en el marco del DMEM en España. Los objetivos específicos son:

- Identificar y describir las principales actividades antropogénicas y la presión causada sobre el fondo marino en el Cantábrico central.
- Analizar la extensión y distribución espacial de las diferentes actividades humanas que causan alteraciones o pérdidas físicas en el Cantábrico central.
- Calcular la superficie de los tipos de hábitats bentónicos (BHT) afectados por cada actividad humana relacionada con la evaluación del DMEM D6C1, D6C2 y D6C4.
- Explorar las metodologías cuantitativas para el análisis de las presiones acumulativas.



3. Material y métodos

Para este proyecto se ha seleccionado una zona central del Cantábrico, situada frente a la costa asturiana. Esta zona incluye el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) del sistema de cañones de Avilés (LIC ESZZ12003), la Zona Especial de Conservación (ZEC) de El Cachucho y la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) de cabo de Peñas (Figura 61). Estas zonas son de gran relevancia ya que su abrupta topografía permite un aporte constante de nutrientes y el asentamiento de especies formadoras de hábitat como corales de profundidad y esponjas, albergando así una gran diversidad de especies (García-Alegre *et al.*, 2014; Ríos *et al.*, 2022; Rodríguez-Basalo *et al.*, 2021).

La Figura 60 muestra la zona de estudio y la ubicación de los componentes mencionados, así como las líneas batimétricas que dibujan la topografía del fondo marino.

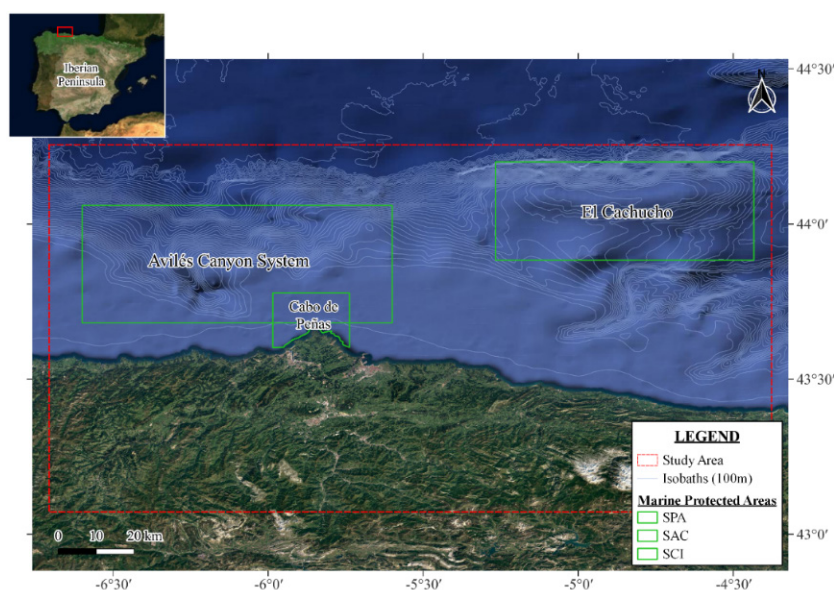


Figura 60. Mapa de la zona de estudio (Mar Cantábrico Central) incluyendo el LIC Sistema Cañón de Avilés y las AMPs encontradas en la zona; SAC El Cachucho y ZEPA Cabo de Peñas. Las isobatas están representadas cada 100 metros.

3.1. Bases de datos

La información de las diferentes actividades en la zona de estudio se ha recogido de diferentes fuentes en base al conjunto de actividades que actualmente ejercen presión en la demarcación nortlántica según el Grupo de Estrategia Marina (MITERD, 2019).

De todos ellos, la plataforma de la Red Europea de Observación y Datos Marinos (EMODnet) es uno de los recursos de datos más potentes, y junto con fuentes nacionales como el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Instituto Español de Oceanografía (IEO) se han utilizado para construir la base de datos utilizada para el presente estudio (Tabla 42).



Tabla 42. Lista de las actividades que tienen lugar en la zona de estudio, capa y tipo de datos y recurso donde se obtuvieron. ACe: Sitios de acuicultura. ACf: Acuicultura futura. ACm: Acuicultura Molusc. MA: Áreas militares. AR: Arrecife artificial. C: Cables. DP: Densidad de población. D: Puntos de dragado. RE: Energías renovables. Co: Colapso. OG: Petróleo y Gas. F: Probabilidad de anclaje. P: Puertos. DD: Eliminación de dragas. VD: Densidad de buques. OTB: Redes de arrastre de fondo. LLS: Palangres fijos. GNS: Redes de enmalle de fondo (ancladas). PTB: Redes de arrastre de fondo en pareja. CEDEX: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. EMODnet: Red Europea de Observación y Datos Marinos. INE: Instituto Nacional de Estadística. IEO: Instituto Español de Oceanografía.

Activity	Layer type	Data type	Resource
ACe	Polygon	Area of aquaculture sites (km ²)	CEDEX
ACf	Polygon	Area of possible use for aquaculture in the future (km ²)	CEDEX
ACm	Polygon	Area of mollusc production sites (km ²)	CEDEX
MA	Polygon	Area of military activities (km ²)	EMODnet
AR	Polygon	Area occupied by artificial reefs (km ²)	CEDEX
C	Polylines	Position of the cable route (km)	CEDEX EMODnet
DP	Polygon	Inhabitants per square kilometer (population/km ²)	CEDEX INE
D	Point	Location of dredge points (location by coordinates)	EMODnet
RE	Point	Area of possible renewable energies location (location by coordinates)	EMODnet
Co	Point	Location of collapses such as boats (location by coordinates)	CEDEX
OG	Point /Polygon	Location and area of oil and gas extraction (location by coordinates)	EMODnet
F	Polygon	Location of commercial anchoring probability calculated by AIS (km ²)	CEDEX
P	Points	Location of ports (location by coordinates)	EMODnet
DD	Points	Location of dredge disposal points (location by coordinates or km ²)	CEDEX EMODnet
VD	Raster	Hours per square kilometer per month (hour/km ² /month)	EMODnet
Fishery	OTB*	Average working hours 2019 (hour/km ²)	CEDEX IEO
	LLS*		
	GNS*		
	PTB*		

La información de las actividades se ha recopilado en formato shapefile (.shp) en la mayoría de los casos, y estos archivos pueden ser de diferentes tipos: polígono, polilínea o punto. La densidad del tráfico marítimo se ha obtenido en formato ráster. Una vez compiladas todas las capas, se ha procedido a la representación de todas las actividades que se desarrollan en la zona de estudio.

Una vez recopiladas las actividades que se desarrollan en la zona seleccionada, se realizó una revisión bibliográfica para conocer las presiones ejercidas por cada una de las actividades, así como para determinar si las presiones generadas por estas actividades tenían una zona de afección más allá del impacto local, y así poder incluirlo en el análisis. En este punto es necesario comentar la diferencia entre actividad y presión:



- **Actividad:** son las actividades humanas necesarias para satisfacer las necesidades de nuestra sociedad. Una actividad puede causar diferentes presiones con diferentes escalas de impacto (ICES, 2019b).
- **Presión:** se describe como el mecanismo por el cual una actividad tiene un efecto sobre el ecosistema, real o potencial. Una presión puede ser causada por diferentes actividades (ICES, 2019b).

Con toda esta información, fue posible elaborar una matriz de interacción actividad-presión con el área de influencia de cada actividad, teniendo en cuenta las presiones que puede provocar.

La Figura 61 muestra la distribución de los hábitats en el área de estudio, y la distribución del área y el rango de profundidad de cada uno de los hábitats utilizados se enumeran en la Tabla 43.

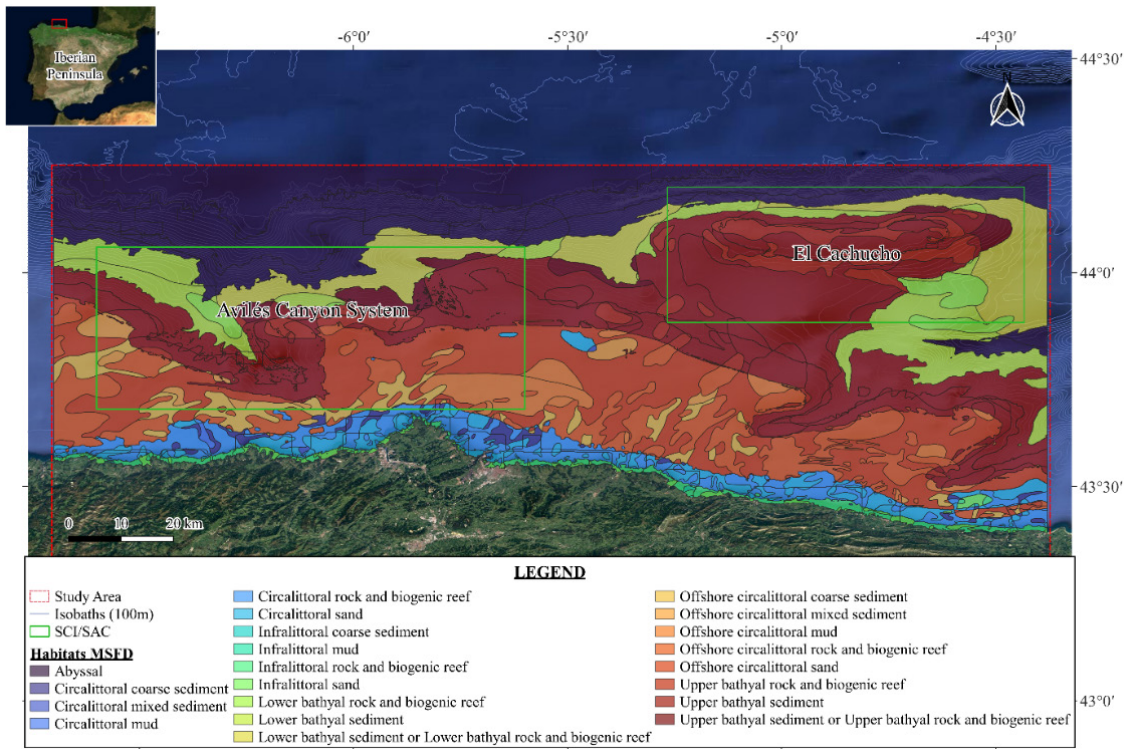


Figura 61. Hábitats de la zona de estudio según el MSFD. La figura incluye el LIC Sistema del Cañón de Avilés y el LIC El Cachucho. Las isobatas están representadas cada 100 metros. Recurso: Elaboración propia con datos de EMODnet (2021).



Tabla 43. Lista de los hábitats generales de la DMEM en la zona de estudio, mostrando para cada hábitat el número de c-square (Csq) y el área total (km²) cubierta, la profundidad media y el error estándar (se), y el rango de profundidad (min y max).

BHT	BHT	Csq	Area	Depth (m)			
	(acron)	(n)	(km ²)	mean	se	max	min
Abyssal	Abyss	3680	3264,82	4441.7	7.3	5365	2152
Circalittoral coarse sediment	CirCs	118	105,66	58.7	3.5	77	30
Circalittoral mixed sediment	CirMs	4	3,58	34.3	7.8	76	11
Circalittoral mud	CirMu	12	10,75	48.9	5.9	95	19
Circalittoral rock and biogenic reef	CirRo	674	603,82	49.3	1.7	95	6
Circalittoral sand	CirSa	458	410,34	48.1	2.2	97	3
Infralittoral coarse sediment	InfCs	1	0,90	7	NA	7	7
Infralittoral mud	InfMu	4	3,59	0.3	8.6	11	26
Infralittoral rock and biogenic reef	InfRo	183	164,10	3.3	4.7	29	64
Infralittoral sand	InfSa	92	82,49	15.7	1.5	23	3
Lower bathyal rock and biogenic reef	LBatRo	220	195,93	1663.5	50.2	2214	1219
Lower bathyal sediment	LBatSed	1079	960,79	1595.2	24.9	2370	988
Lower bathyal sediment or Lower bathyal rock and biogenic reef	LBatSed/Ro	1090	968,95	1822	9.2	2475	1192
Unidentified	Unidentified	2	1,79	132.5	24.6	177	68
Offshore circalittoral coarse sediment	OfCirCs	410	366,59	112.8	3	164	57
Offshore circalittoral mixed sediment	OfCirMs	151	134,74	146.8	5.3	200	81
Offshore circalittoral mud	OfCirMu	366	327,10	140.7	2.1	200	60
Offshore circalittoral rock and biogenic reef	OfCirRo	1262	1128,77	119.2	2.5	191	74
Offshore circalittoral sand	OfCirSa	2167	1936,76	141.7	1.7	202	62
Upper bathyal rock and biogenic reef	UBatRo	659	586,39	644.4	33.1	1246	164
Upper bathyal sediment	UBatSed	4099	3653,33	603.1	12.6	1292	156
Upper bathyal sediment or Upper bathyal rock and biogenic reef	UBatSed/Ro	260	231,24	1026.5	13.3	1336	465

En este estudio y para esta primera aproximación, sólo se han analizado las presiones que tienen contacto con el fondo marino (D6C1 y D6C2), ya que son las principales impulsoras del impacto y están directamente relacionadas con el impacto del fondo marino (ICES, 2019b).



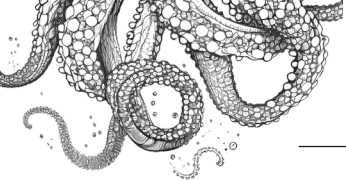
3.2. Análisis de datos

Para el análisis y la gestión de los datos se utilizó el software R v.4.2.0, para el que se emplearon los paquetes ráster, sf, sp, dplyr, classInt, rgdal, vmstools, tidyverse y lwgeom, así como un script modificado de la función Csquare del paquete VMSTOOLS. Para el análisis espacial, toda la información se incluyó en un c-square de 0,015°. Con los datos ya preparados y la cuadrícula creada, se unieron todas las actividades en un marco de datos. A partir de este marco de datos se obtuvieron los siguientes resultados, incluyendo el número de c-squares afectados y la superficie en km² afectada. Se calcularon los siguientes parámetros:

- Superficie total del fondo marino (km²) perdida y/o perturbada.
- Superficie total afectada (km²) por el total y por cada actividad, respectivamente.
- Superficie total (km²) afectada por dos actividades diferentes superpuestas al mismo tiempo.
- Superficie total (km²) afectada por las presiones acumuladas (1, 2, 3-4 y ≥ 5 presiones).
- Número total de c-squares, superficie total (km²) y porcentaje total (número de c-squares afectados/número total de c-squares del hábitat) afectados por tipo de BHT.
- Número de hábitats afectados por el porcentaje de afectación de la presión.

En el análisis del hábitat, no se han tenido en cuenta las c-squares identificadas como No identificadas.

Con el fin de adoptar el principio de precaución, todos los cálculos y representaciones espaciales de las áreas se realizaron considerando el área donde la actividad ejerce la presión y el área de amortiguamiento obtenida de la literatura. Las actividades humanas ejercen presiones que tienen efectos que pueden conducir a impactos sobre los receptores. Siguiendo a Elliott *et al.* (2020) este efecto puede ser aditivo, sinérgico, antagónico (compensatorio) o enmascarador; sin embargo, en este estudio sólo consideramos la adición, también cuando calculamos las actividades que generan pérdida de hábitat.



4. Resultados

4.1. Distribución de las actividades humanas

En total se identificaron y describieron 17 actividades para toda la demarcación noratlántica, de las cuales 15 se localizaron también en la zona de estudio (el Cantábrico central). La Figura 62 muestra la distribución espacial de las actividades en toda la demarcación, donde se pueden identificar dos grupos de actividades: aquéllas con una localización más específica, como las infraestructuras portuarias o los arrecifes artificiales, y otras con una distribución más amplia (densidad de tráfico marítimo, pesca o zonas militares).

Los resultados mostraron que la mayor parte de esas actividades se produjeron a lo largo de la zona costera, mientras que la pesca es la presión más extendida a lo largo de las zonas más profundas de la plataforma continental y del talud. Los resultados también mostraron que una amplia zona del LIC Sistema Cañón de Avilés estaba afectada, con 5 actividades dentro del área protegida (cables, prospecciones, densidad de buques, área militar y pesca). Por el contrario, el número de actividades que ejercen presión dentro de la zona LIC de El Cachucho es menor (área militar y pesquería).

Cada actividad dará lugar a muchas presiones, por ello, en este estudio, para cada una de estas actividades, se han identificado las presiones que pueden generar, así como su área de influencia (Tabla 44). De acuerdo con los estudios anteriores, se observa que todas las actividades generan más de una presión en el espacio y en el tiempo, pero son la extracción de material de dragado y la acuicultura las actividades que generan un mayor número de presiones sobre el medio ambiente (Tabla 44).

El área de influencia varía mucho según el tipo de actividad y presión. Las presiones biológicas o las que introducen sustancias en el sistema afectan a las mayores distancias (hasta 100 km) (por ejemplo, la acuicultura y el transporte marítimo), mientras que el impacto potencial de las actividades que generan presiones físicas se limita a un impacto local o a unos pocos kilómetros (1-5 km) (por ejemplo, cables y derrumbes).

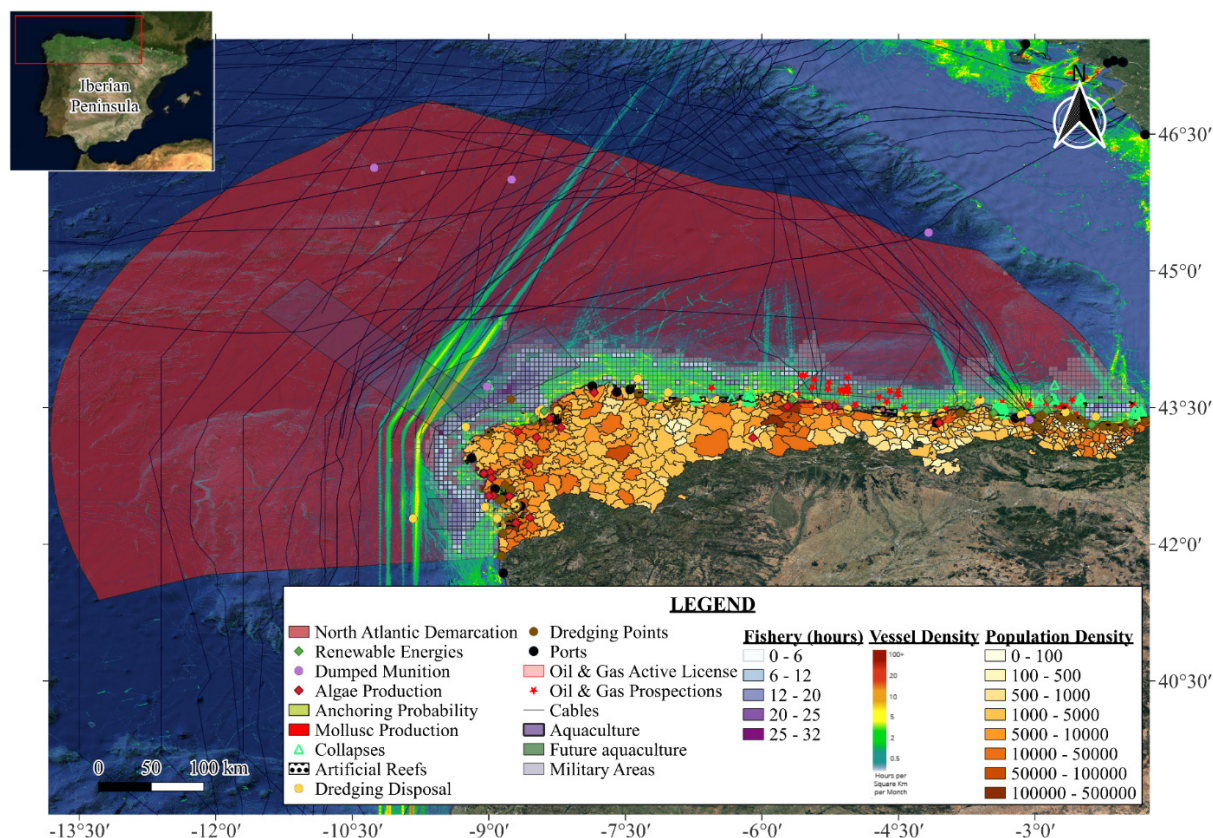
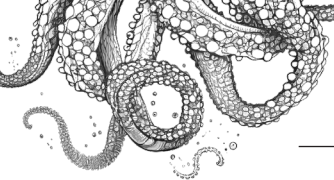


Figura 62. Recopilación de actividades que ejercen presión en la demarcación noratlántica.

Es necesario comentar, que otros recursos como Bevilacqua et al., (2018), Holon et al., (2015) o Andersen et al., (2020) dan una distancia de influencia generalizada, asociando un solo valor para todas las presiones relacionadas con una actividad.

De todas las actividades analizadas, 11 de ellas ejercen una presión física directa sobre los fondos marinos, causando pérdidas o perturbaciones. Estas actividades humanas se muestran en la Figura 63 se describen en la Tabla 44. La mayoría de las presiones físicas ejercen un efecto local o de 1 kilómetro alrededor de su punto de ocurrencia.

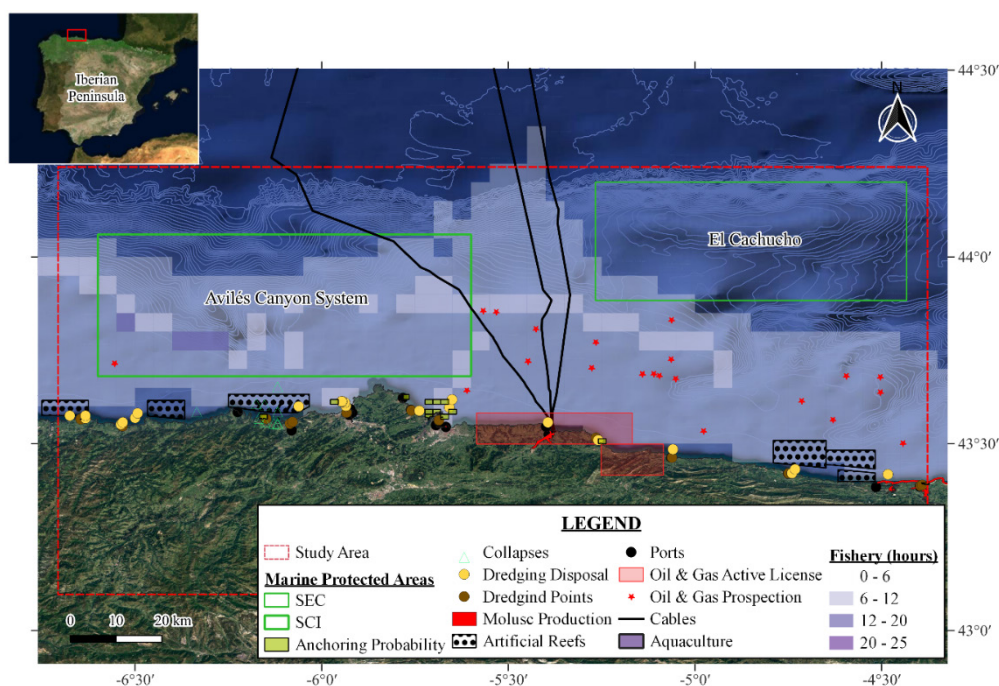
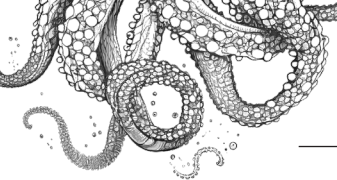


Figura 63. Actividades humanas que causan daños físicos en la zona de estudio.

Tabla 44. Matriz de interacción actividad-presión y su distancia de influencia en la zona de estudio. Verde: aquellas actividades-presiones que interactúan.

Pressures/Activities	Infrastructures (ports, docks, etc.)	Prospections	Renewable Energies	Dredging (extraction points)	Dumping	Cables	Military Areas	Artificial Reef and other structures (dumped munition and collapse)	Aquaculture establishment	Shellfish Aquaculture	Future Aquaculture	Maritime Transport	Anchoring	Population Density (infrastructures)	Fisheries (Bottom & Pelagic)	Resource
Physics																
Habitat disturbance		Local	Local	1 km	1 km	Local	1 km	1 km	5 km	Local	5 km	1 km	Local	Local	Local	a, c, d, e, f, g, h, i
Habitat loss	Local	Local	Local	1 km	1 km	Local		Local	Local	Local	Local		Local			a, c, d, e, g, h
Increase of turbidity	1 km	1 km	Local	1 km	1 km	Local			5 km		5 km	1 km	Local	Local	Local	d, e, f, g, h
Changes to hydrological conditions	1 km	1 km	1 km	1 km	1 km	1 km		1 km						Local		b, c, d, e, f, g
Organic and inorganic substances																
Nutrient/Organic enrichment				1 km	1 km				1 km	5 km	1 km			24 km	1 km	b, c, d, e, f, g, i
Contamination	5 km	5 km			10 km	1 km	Local	1 km	3 km	1 km	3 km	20 km		5 km		c, d, e, f, g, h, i
Input of litter						20 km		20 km	20 km	20 km	20 km	100 km	1 km	Local	Local	b, c, d, e, f, g, i
Energy																
Antropogenic sound	5 km	20 km	20 km		20 km	20 km	10 km	20 km	20 km	20 km	20 km	14 km			1 km	b, c, d, e, f, g, h, i
Other energetic forms			Local			Local		Local								c, d, e, g, h
Biological																
Patogens						50 km			75 km	20 km	75 km					b, c, d, e, f, g, i
Input or spread of non-indigenous species	5 km	50 km							50 km	100 km	50 km	50 km				b, c, d, e, f, g
Species perturbation		10 km	10 km			10 km			10 km	10 km	10 km				Local	c, d, e, f, g, h, i
Community perturbation									50 km	50 km	50 km					c, d, e, f, g, i
Resource	3, 4	2, 3	1, 2, 3, 6	3, 4	1, 2, 3	1, 2, 3	3	2, 3	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	3, 4	3	3, 4, 5	3	
Interaction activity-pressure:							Influence distance:							Italic letters : Personal approach		
a) ICES, 2019a							1. Hammar et al., 2020									
b) EC, 2008							2. Fernandes et al., 2020									
c) MITERD, 2019a							3. Anderson et al., 2013									
d) Oosterbaan et al., 2009							4. Ban et al., 2010									
e) Anderson et al., 2013							5. Batista et al., 2014									
f) Ban et al., 2010							6. Fernandes et al., 2021									
g) Fernandes et al., 2020																
h) Hammar et al., 2020																
i) Babosa et al., 2018																



4.2. Distribución de las actividades que causan la pérdida y/o perturbación del fondo marino y su superposición con los hábitats (BHT)

De los 15.735,3 km² de extensión del área de estudio, un total de 6.557 km² están afectados por 11 actividades humanas diferentes. De esta área, un total de 1.617 km² presentan pérdidas (10 % del área total), mientras que más de 6.556 km² sufren perturbaciones (42 % del área total) (Figura 64 y Figura 65). Las acciones de pérdida del lecho marino se concentraron principalmente en la zona infralitoral (por debajo de ≈30 m de profundidad), causadas por todas las actividades excepto la pesca (es decir, prospecciones, cables, arrecifes artificiales o acuicultura), mientras que las zonas perturbadas del lecho marino se distribuyeron ampliamente desde el infralitoral hasta grandes zonas de la plataforma continental y el talud (entre 30 y 400 m de profundidad). Los resultados también mostraron que el LIC del Sistema del Cañón de Avilés estaba afectado, con un 29 % del área total perturbada.

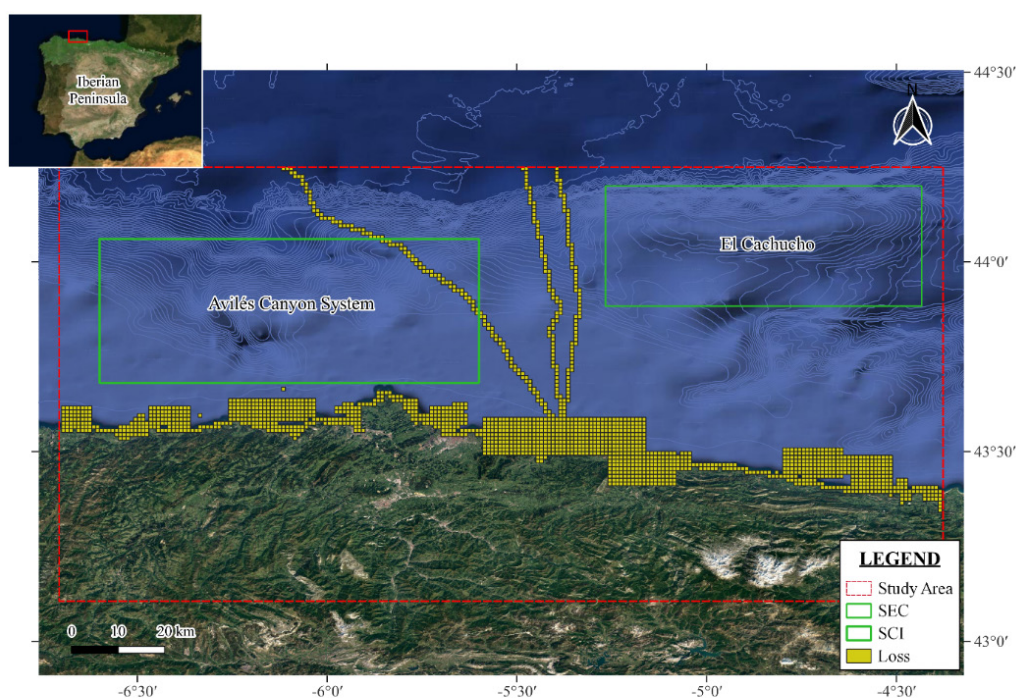


Figura 64. Extensión y distribución de la zona de pérdidas (km²) en la zona de estudio.

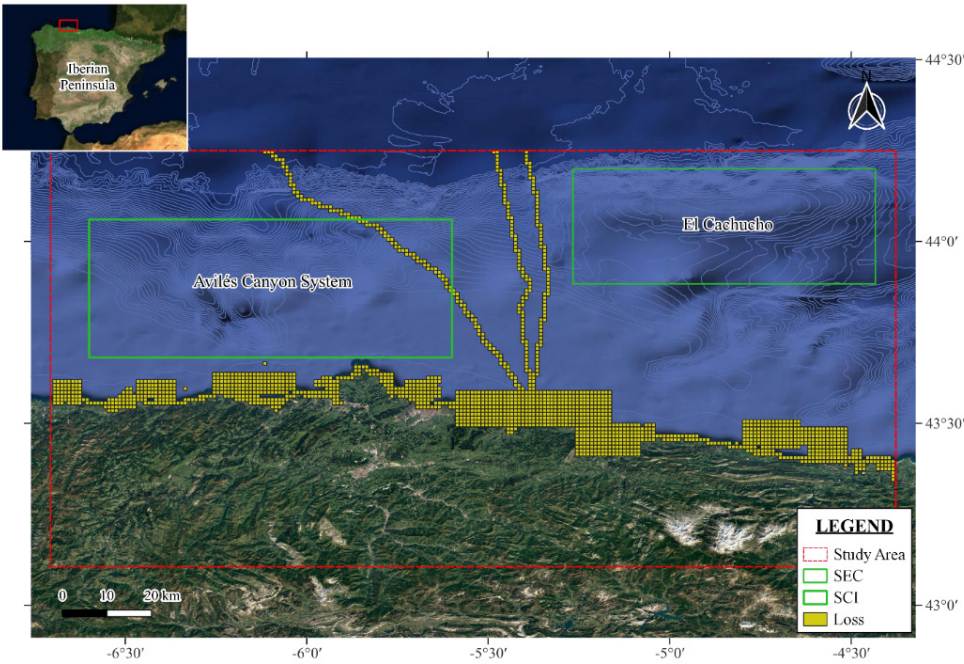
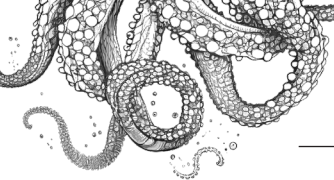


Figura 65. Extensión y distribución de la zona de perturbación (km²) en la zona de estudio.

Los resultados mostraron que las actividades humanas que afectan a una mayor superficie son las relacionadas con la pesca (arrastre de fondo en pareja, palangre de fondo, redes de enmalle de fondo y arrastre de nutria de fondo), con valores entre 1.222,98 km² y 3.129,75 km², seguidas de los arrecifes artificiales (678,56 km²) y las prospecciones de petróleo y gas (521,84 km²). Las actividades de acuicultura mostraron la menor superficie de distribución, con sólo 5,39 km² (Figura 66).

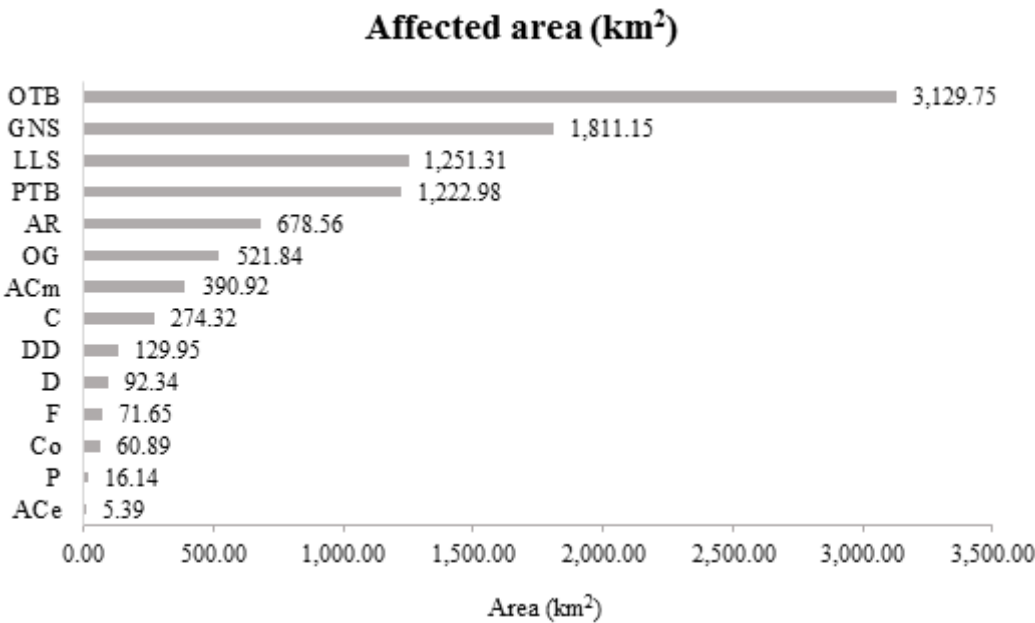


Figura 66. Superficie afectada (km²) por actividades. ACe: Establecimiento de acuicultura. P:Puertos. Co: Colapso. F: Probabilidad de anclaje. D: Puntos de dragado. DD: Eliminación de dragado. ACm: Acuicultura de moluscos. OG: Puntos de extracción de petróleo y gas. AR: Arrecifes artificiales. PTB: Red de arrastre de fondo en pareja. LLS: Palangres fijos. GNS: Redes de enmalle caladas. OTB: Red de arrastre de fondo con puertas.



El porcentaje total de superficie afectada (perturbada y perdida) por tipo de hábitat (BHT) se muestra en la Tabla 45. Los resultados mostraron que los hábitats infralitorales (InfMu, InfSa e InfCs) son los que tienen las áreas más afectadas, con prácticamente el 100 % de sus hábitats afectados por una presión. Los fangos circalitorales (CirMu) también mostraron el 100 % de su superficie de fondo marino afectada. Después de estos hábitats, los fondos sedimentarios blandos son los más afectados, mostrando el fango circalitoral (OfCirMu) y el sedimento grueso circalitoral (CirCS) el 83,88 % y el 77,9 % del área afectada, respectivamente. Obsérvese que los hábitats de sustrato duro, como la roca y el arrecife biogénico infralitoral (InfRo), la roca y el arrecife biogénico circalitoral (CirRo) y la roca y el arrecife biogénico circalitoral de alta mar (OfCirRo), mostraron más del 70 % de su superficie total afectada (Tabla 45). Las zonas más profundas del fondo marino (por debajo de los 600 m de profundidad) mostraron la menor superficie afectada, que osciló entre el 18 y el 48 % a lo largo del batial superior y entre el 2 y el 7 % a lo largo de los hábitats del batial inferior.

Tabla 45. Tabla que muestra el número de cuadrículas afectadas por tipo de hábitat (BHT), así como la superficie afectada (km² y %). Para el % de superficie de hábitat afectada se ha establecido una escala de colores; de rojo a verde para mostrar la gradación de mayor a menor afectación. Los BHT están organizados por distancia a la costa, de más cercano a más lejano, y por sensibilidad de la comunidad, de menor a mayor.

BHT	Number of affected squares	Affected area (km ²)	% Affected
Infralittoral mud	4	3,59	100,00%
Infralittoral sand	91	80,70	98,91%
Infralittoral coarse sediment	1	0,90	100,00%
Infralittoral rock and biogenic reef	158	138,97	86,34%
Circalittoral mud	12	10,75	100,00%
Circalittoral sand	342	303,77	74,67%
Circalittoral mixed sediment	3	2,68	75,00%
Circalittoral coarse sediment	92	80,60	77,97%
Circalittoral rock and biogenic reef	478	420,18	70,92%
Offshore circalittoral mud	307	269,03	83,88%
Offshore circalittoral sand	1529	1323,61	70,56%
Offshore circalittoral mixed sediment	108	96,38	71,52%
Offshore circalittoral coarse sediment	302	267,35	73,66%
Offshore circalittoral rock and biogenic reef	903	779,87	71,55%
Upper bathyal sediment	2004	1699,06	48,89%
Upper bathyal sediment or Upper bathyal rock and biogenic reef	47	41,84	18,08%
Upper bathyal rock and biogenic reef	219	189,95	33,23%
Lower bathyal sediment	75	66,83	6,95%
Lower bathyal sediment or Lower bathyal rock and biogenic reef	55	47,99	5,05%
Lower bathyal rock and biogenic reef	6	5,35	2,73%
Abyssal	72	62,97	1,96%

También se analizó el número de hábitats perturbados por diferentes porcentajes de afección. Como se muestra en la Figura 67, 14 de los hábitats estudiados mostraron más del 50 % de su área afectada por una presión humana, mientras que 7 hábitats tienen menos del 50 % de su área afectada. 5 de estos hábitats mostraron menos del 25 % de su área afectada, mientras que sólo dos tienen entre el 25 y el 50 % de su área de distribución afectada.

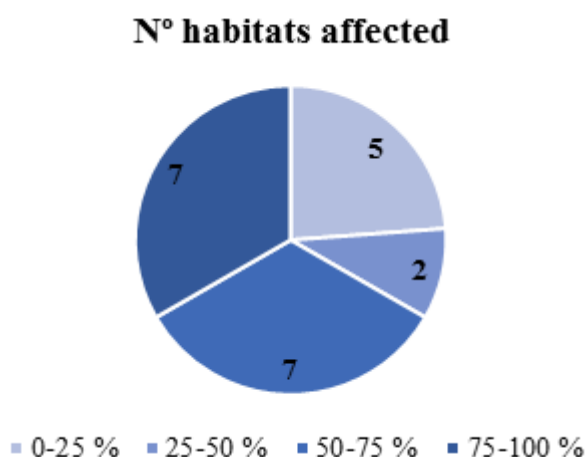


Figura 67. Número de hábitats en función del porcentaje de su superficie afectada por alguna presión. 0-25 % de su área afectada, 25-50 % de su área afectada, 50-75 % de su área afectada y 75-100 % de su área afectada.

Asimismo, se ha representado el número total de cuadrículas afectadas en función del porcentaje de hábitat afectado. Así, los que tienen más del 75 % de afectación constituyen un total de 561 c-squares, que junto con las 3.665 c-squares que ocupan los hábitats con un 50-75 % de afectación, representan más de la mitad de la superficie.

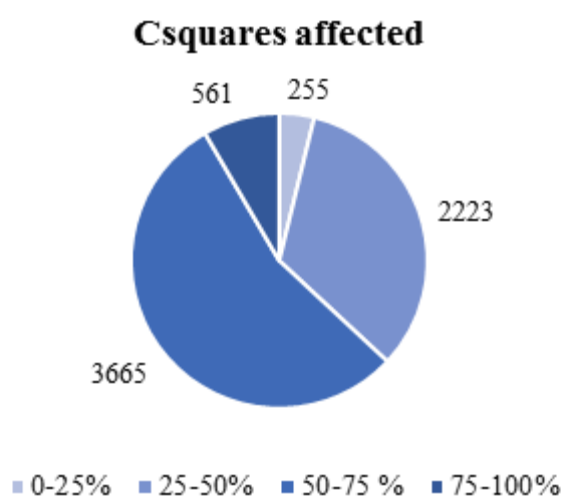


Figura 68. C-squares afectadas por porcentaje de afectación de la superficie total ocupada por los diferentes hábitats. 0-25 % de su superficie afectada, 25-50 % de su superficie afectada, 50-75 % de su superficie afectada y 75-100 % de su superficie afectada.

A continuación, se describe un análisis detallado de las diferentes actividades y su grado de afección por tipo de hábitat de los hábitats que sufren mayor presión (50-100 %) (Figura 69). Se puede observar que se produce una distribución diferente de la actividad en función de los hábitats; así la acuicultura de moluscos, los puntos de dragado, los puertos y las prospecciones ejercen presión principalmente en el infralitoral (97 %, 90 %, 100 % y 74 % respectivamente), mientras que los cables, las redes de enmalle fijas, los palangres fijos, las redes de arrastre de fondo en pareja y las redes de arrastre de fondo de nutria aparecen mayoritariamente en el circalitoral de alta mar (70 %, 55 %, 56 %, 78 % y 58 % respectivamente) y el colapso y la probabilidad de fondeo en el circalitoral (90 % y 70 % respecti-



vamente). Cabe destacar que los arrecifes artificiales y los vertederos de dragado se distribuyen de forma similar en el infralitoral (44 % y 50 %) o en el circalitoral (50 % y 50 %).

Además, la Figura 69 muestra el porcentaje de hábitat que está afectado por cada actividad (porcentaje detallado dentro de los gráficos). InfSa e InfRo, mostraron la mayor parte de la superficie afectada por la actividad de acuicultura de moluscos (ACm) (57 % y 66 % respectivamente), seguida de los arrecifes artificiales (22 % y 19 %) y las prospecciones de petróleo y gas (15 % y 22 %). Las actividades relacionadas con el petróleo y el gas (OG) y los arrecifes artificiales (AR) también mostraron una amplia extensión a lo largo de los hábitats infralitorales, ocupando respectivamente el 21 % y el 20 % de estos hábitats. Los puntos de dragado (D) y el vertido de dragas (DD) también mostraron un área de perturbación relevante en las zonas InfSa e InfRo.

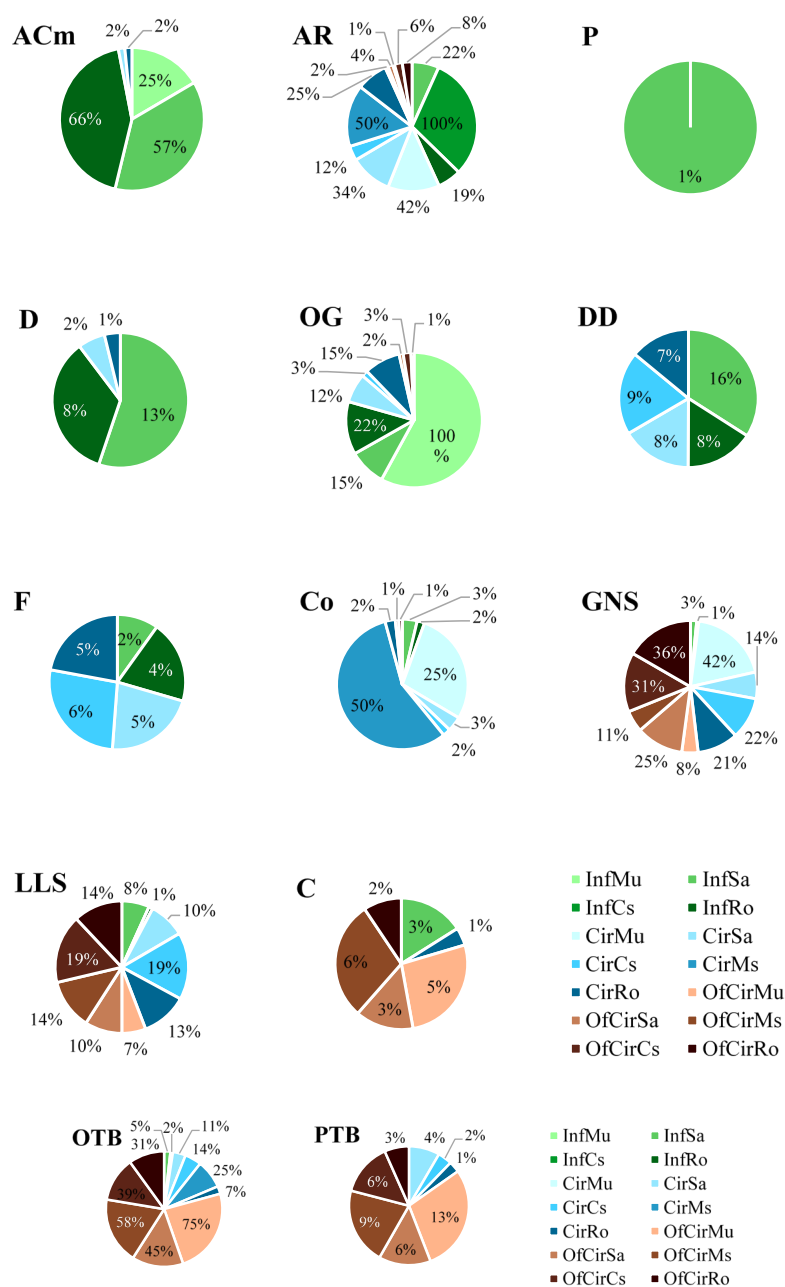
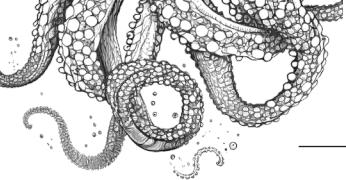


Figura 69. Porcentaje (%) del tipo de hábitat afectado por la actividad. El porcentaje (%) dentro de los gráficos muestra el porcentaje de cada hábitat afectado por esa actividad. ACm: Acuicultura de moluscos. AR: Arrecife artificial. C: Cables. Co: Colapso. D: Puntos de dragado. DD: Eliminación de dragado. F: Probabilidad de anclaje. P: Puertos. OG: Petróleo y Gas. GNS: Redes de enmalle de fondeo. LLS: Palangres fijos. PTB: Redes de arrastre de pareja. OTB: Redes de arrastre de puertas.



La zona circalitoral (entre 35 y 60 m de profundidad), similar a la zona infralitoral, CirSa, CirRo, junto con CirCs, son los hábitats con mayor solapamiento de actividades (Figura 70). La zona circalitoral se ve afectada principalmente por los arrecifes artificiales (AR) y los diferentes tipos de pesca. Los AR afectan entre un 12 % y un 50 %, los OTB entre un 7 % y un 25 %, los GNS entre un 14 % y un 42 % y los LLS entre un 10 % y un 19 %. La extensión de las actividades de petróleo y gas (OG) también se solapa con los hábitats CirSa y CirRo, con un 12 % y un 15 % respectivamente. También los vertidos de dragado (DD) están presentes en los hábitats CirCs.

En el caso de los hábitats circalitorales de alta mar, el número de actividades que afectan a cada tipo de hábitat es también elevado (Figura 70). En estas profundidades (112-645 m de profundidad) la pesca es la actividad más representada, siendo siempre la actividad más relevante, afectando a la mayor superficie del fondo marino, concretamente el OTB es la actividad pesquera que afecta a la mayor superficie, entre el 31 % y el 75 %. Después de esto, en la mayoría de los hábitats es el GNS el arte de pesca que afecta a la segunda área más grande (entre el 8 % y el 36 %), mientras que el LLS y el PTB afectan a las áreas más pequeñas.



4.3. Análisis de las presiones acumuladas

Para analizar las presiones con más detalle, la Tabla 46 muestra la matriz de interacción entre actividades, mostrando qué actividades tienen una mayor área de solapamiento. Los resultados mostraron que las cuatro diferentes pesquerías de fondo analizadas (es decir, GNS, PTB, OTB y LLS) tienen el mayor solapamiento entre ellas, con valores entre 173,92 km² y 920,58 km². Atendiendo a las demás actividades, cabe destacar el moderado solapamiento entre las prospecciones de petróleo y gas y la acuicultura de moluscos (81,59 km²). En cuanto a la actividad pesquera que se desarrolla en el mismo espacio que otras actividades, las redes de arrastre de fondo interactúan con los cables 99,07 km², mientras que las redes de enmalle fijas se solapan con los arrecifes artificiales y las prospecciones de petróleo y gas en 61,84 km² y 65,41 km², respectivamente.

A pesar de que la pesca tiene la mayor superficie de afección dentro del área de estudio, no muestra solapamiento con la mayoría de las actividades que ejercen presión. Además, la acuicultura, una de las actividades con menor ocupación, sólo coincide en el espacio con los sitios de acuicultura de moluscos y de dragado.

Tabla 46. Matriz de interacción entre actividades por superficie (km²). De verde a rojo para representar de menor a mayor superficie de interacción.

	Aquaculture Sites (ACe)	Molusc Aquaculture (ACm)	Artificial Reef (AR)	Cables (C)	Dredge Points (D)	Collapse (Co)	Oil & Gas (OG)	Anchoring Probability (F)	Ports (P)	Dredge Disposal (DD)	Bottom Otter Trawls (OTB)	Set Longlines (LLS)	Set gillnets (anchored) (GNS)	Bottom Pair Trawls (PTB)
Aquaculture Sites (ACe)														
Molusc Aquaculture (ACm)	5,39													
Artificial Reef (AR)	0	79,80												
Cables (C)	0	4,48	0											
Dredge Points (D)	2,69	59,17	12,54	0										
Collapse (Co)	0	15,23	42,99	0	7,17									
Oil & Gas (OG)	0	81,59	0	11,65	8,07	0								
Anchoring Probability (F)	0	24,19	3,58	0	14,34	5,38	7,17							
Ports (P)	0	13,44	1,79	0	8,07	0,90	1,79	1,79						
Dredge Disposal (DD)	0	40,34	34,95	3,58	29,59	0	15,24	15,23	3,59					
Bottom Otter Trawls (OTB)	0	0,90	19,74	99,07	0	0	18,81	8,95	0	4,48				
Set Longlines (LLS)	0	0	78,88	8,03	0	6,26	39,42	4,48	0	4,48	419,95			
Set gillnets (anchored) (GNS)	0	1,79	98,56	14,32	0	1,79	65,41	5,37	0	3,58	498,51	427,39		
Bottom Pair Trawls (PTB)	0	0,90	0	32,99	0,90	0	0	4,48	0	4,48	920,58	173,92	175,74	

Los resultados del análisis de las presiones acumuladas mostraron que la mayor parte del área total de estudio está afectada por una sola presión ejercida por las actividades (ya sea pérdida o perturbación), concretamente 3.031,5 km² (20 % del área total de estudio), mientras que 2.567,3 km² están afectados por 2 presiones (17 %), y que 872,2 km² (6 %) están afectados por 3 o 4 presiones (Figura 70). Por último, un total de 86 km² (1 %) están afectados por 5 o más presiones, llegando a acumularse hasta 10 presiones en una misma c-square.

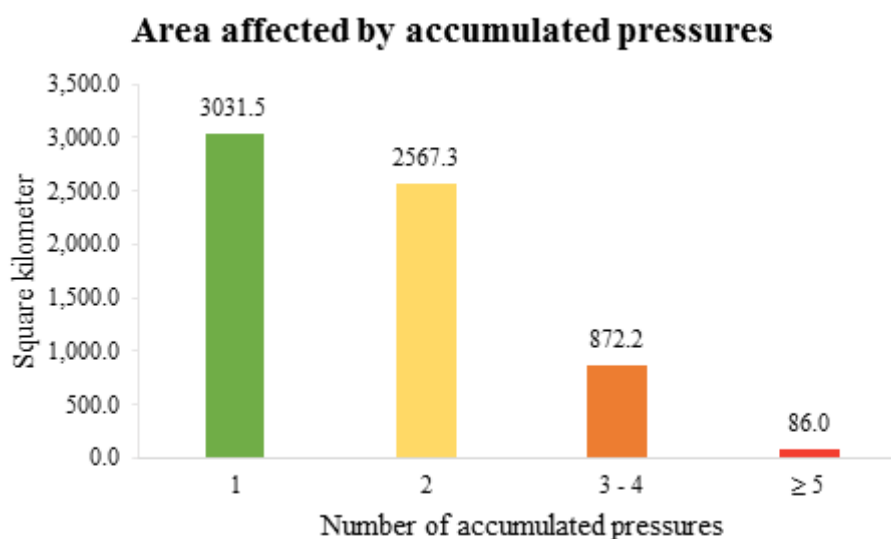
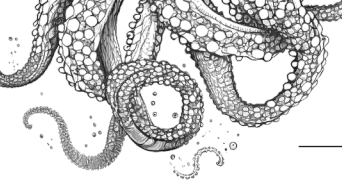


Figura 70. Superficie (km²) afectada en función del número de presiones acumuladas. Los colores de las barras indican: Verde, área afectada por una presión; Amarillo, área afectada por dos presiones; Naranja, área afectada por tres o cuatro presiones; y Rojo, área afectada por cinco o más presiones.

La Figura 70 muestra la distribución de las presiones acumuladas analizadas en el espacio. La mayor acumulación de presiones se produce en las zonas costeras, donde se encontró el mayor número de c-squares con 2, 3-4 y ≥ 5 . Los resultados también mostraron la presencia de 2 y 3-4 presiones acumuladas a lo largo del talud continental (200-400 m de profundidad), mientras que a lo largo de la plataforma continental (50-200 m de profundidad) la mayoría de las c-squares estaban ocupadas por 1 presión. Es importante mencionar que el Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) del Sistema de Cañones de Avilés está altamente afectado con un total de 4 presiones superpuestas en el espacio, mientras que en el interior de la Zona Especial de Conservación de El Cachucho, las presiones se limitaron a una pequeña área, estando afectadas únicamente por una presión puntual en su límite sur.

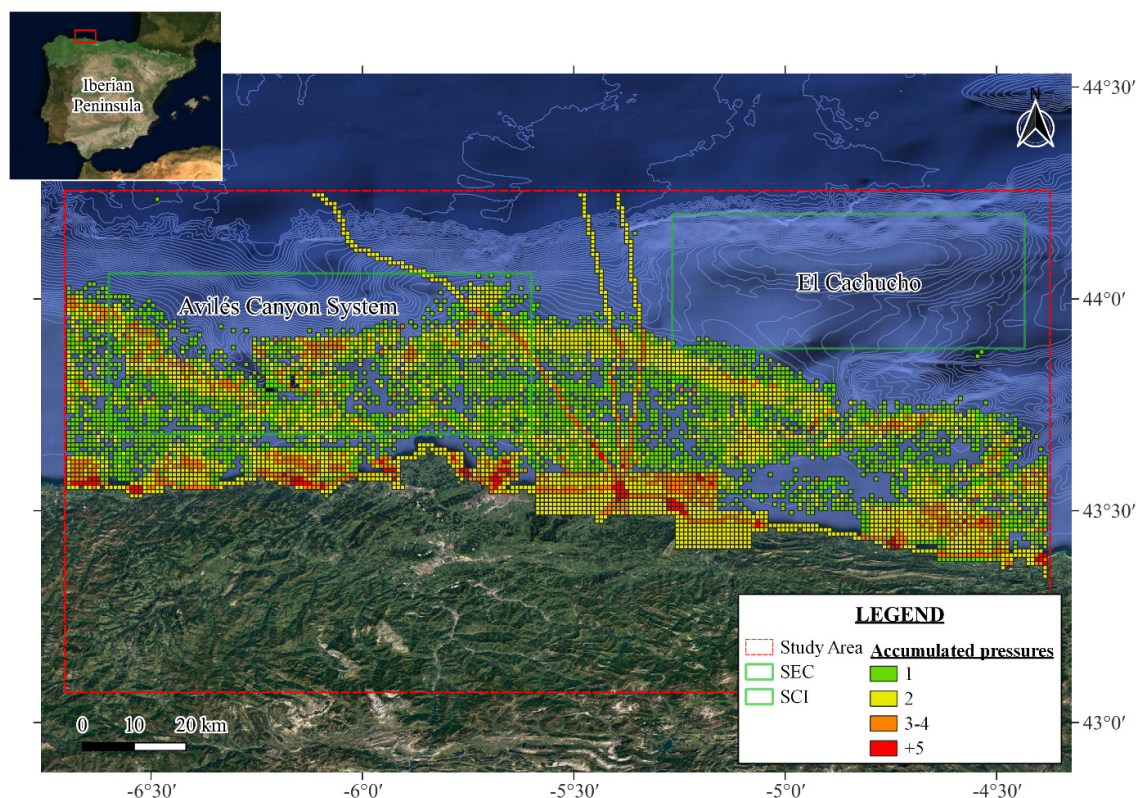
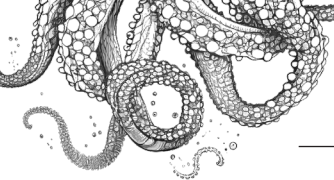


Figura 70. Mapa de presiones acumuladas. Los colores indican: Verde, área afectada por una presión; Amarillo, área afectada por dos presiones; Naranja, área afectada por tres o cuatro presiones; y Rojo, área afectada por cinco o más presiones.

También se analizaron las presiones acumuladas en función de los hábitats afectados (Figura 72). Al igual que en el apartado anterior, se analizaron los hábitats infralitoral, circalitoral y circalitoral de alta mar, de los cuales todos los tipos de hábitats se vieron afectados.

Encontramos diferentes patrones de presiones acumuladas en función de los hábitats. Los hábitats infralitorales (0 a 15 m de profundidad) mostraron la mayor superficie afectada al tener 2 presiones al mismo tiempo (0,9 a 58,29 km²), seguidos de aquellas c-squares donde se acumularon 3-4 presiones (0,9 a 60,07 km²). InfSa e InfRo presentan la mayor acumulación de presiones, con un 15 % y un 10 % de la superficie del hábitat afectada por 5 o más presiones (Figura 72), mientras que el hábitat circalitoral de alta mar (entre 113 y 644 m de profundidad) tiene una gran superficie afectada (2.814,9 km²) pero por menos presiones. Aquí la mayor acumulación se produce de nuevo en la OfCirSa y la OfCirRo, con 4,48 y 2,69 km² respectivamente afectados por 5 o más presiones. Entre los dos hábitats anteriores descritos se encuentra el circalitoral, que mostró una dinámica intermedia (Figura 72). La mayor superficie está afectada por 2-4 presiones, ocupando 543,87 km² de 830,52 km² (65 %), seguida por la afección de una presión (32 %) y apenas afectada por 5 o más (3 %).

Es importante destacar la gran acumulación de presiones en los hábitats rocosos en todo el rango de profundidad analizado (26,89 km²), concretamente el 59 % del área total afectada por 5 o más presiones, tanto en zonas someras (0-15 m de profundidad) como en zonas profundas (hasta 644 m de profundidad). Del mismo modo, los hábitats arenosos tienen 27,79 km² afectados por 5 o más presiones (61 %).

Nuestros resultados mostraron que el Cantábrico central está altamente impactado. El Cantábrico central tiene 6.556,13 km² de superficie perturbada y 1.617,18 km² de superficie perdida, representando respectivamente el 42 % y el 10 % de la superficie total estudiada, estando casi la mitad del



área de estudio afectada por 1 presión. Del mismo modo, estudios realizados en otras zonas, como Inglaterra o Canadá, mostraron alrededor de la mitad del área impactada (Ban *et al.*, 2010; Foden *et al.*, 2010). La pérdida de hábitat, aquellas áreas que implican cambios permanentes en el fondo marino, se encontró predominantemente en la zona costera, mientras que las áreas perturbadas también estaban presentes en aguas con rangos de batimetrías más altos (100 a 1000 m de profundidad). Foden *et al.* (2011) mostraron de forma similar para las aguas del Reino Unido, que la zona afectada por la alteración del lecho marino es mayor que aquella en la que se produce la pérdida del lecho marino.

Además, encontramos un alto solapamiento entre las diferentes actividades pesqueras, que se produce principalmente sobre los hábitats sedimentarios. Ya Andersen *et al.* (2020) mostraron la importancia de la pesca en el mar del Norte y el mar Báltico, donde una gran parte de sus pesquerías de fondo contribuyeron al impacto de los fondos marinos en comparación con otros factores que los afectan (alrededor del 10 %). En el mar Mediterráneo, la pesca es también la presión más impactante, así como en la costa portuguesa, donde es una de las presiones más significativas, con valores de extensión del 10 % al 64 % de la superficie afectada por la pesca (Batista *et al.*, 2014; Micheli *et al.*, 2013). Las redes de arrastre de fondo a la pareja (PTB) y las redes de arrastre de fondo a la nutria (OTB) son las actividades con mayor superficie afectada solapada (920,58 km²), estando estos resultados en concordancia con estudios previos realizados en el Cantábrico (Punzón *et al.*, 2016). Las artes estáticas, a pesar de la superposición entre actividades y las presiones físicas que ejercen, especialmente con otras artes de pesca, muestran que la mayor parte de la superficie del Cantábrico central está afectada por una única presión (3.031,5 km²; 20 %). Sin embargo, una proporción similar del área se ve influenciada por la acumulación de dos presiones, que afectan a 2.567,3 km² (17 %) de la superficie. Foden *et al.* (2011) en Inglaterra muestran que, del área total afectada por presiones, una pequeña fracción (< 0,1 %) es presionada por 2 a 4 al mismo tiempo, en contraste con la dinámica del presente trabajo. La acumulación de presiones observada puede deberse al solapamiento espacial de los diferentes artes de pesca en las zonas más profundas, mientras que en las zonas costeras el solapamiento podría estar causado por una diversidad de actividades que afectan al fondo marino (es decir, anclajes, acuicultura, puertos, dragados, etc.). Luego, a medida que aumenta la batimetría, se produce una sucesión de actividades generadoras de impacto, desde una mayor presencia de actividades con una distribución más limitada, como la acuicultura, los puntos de dragado, las prospecciones de petróleo y gas o los arrecifes artificiales, hasta los diferentes artes de pesca. De forma similar, Kenny *et al.* (2018) mostraron esta distribución para las actividades y sus presiones asociadas para el mar del Norte.

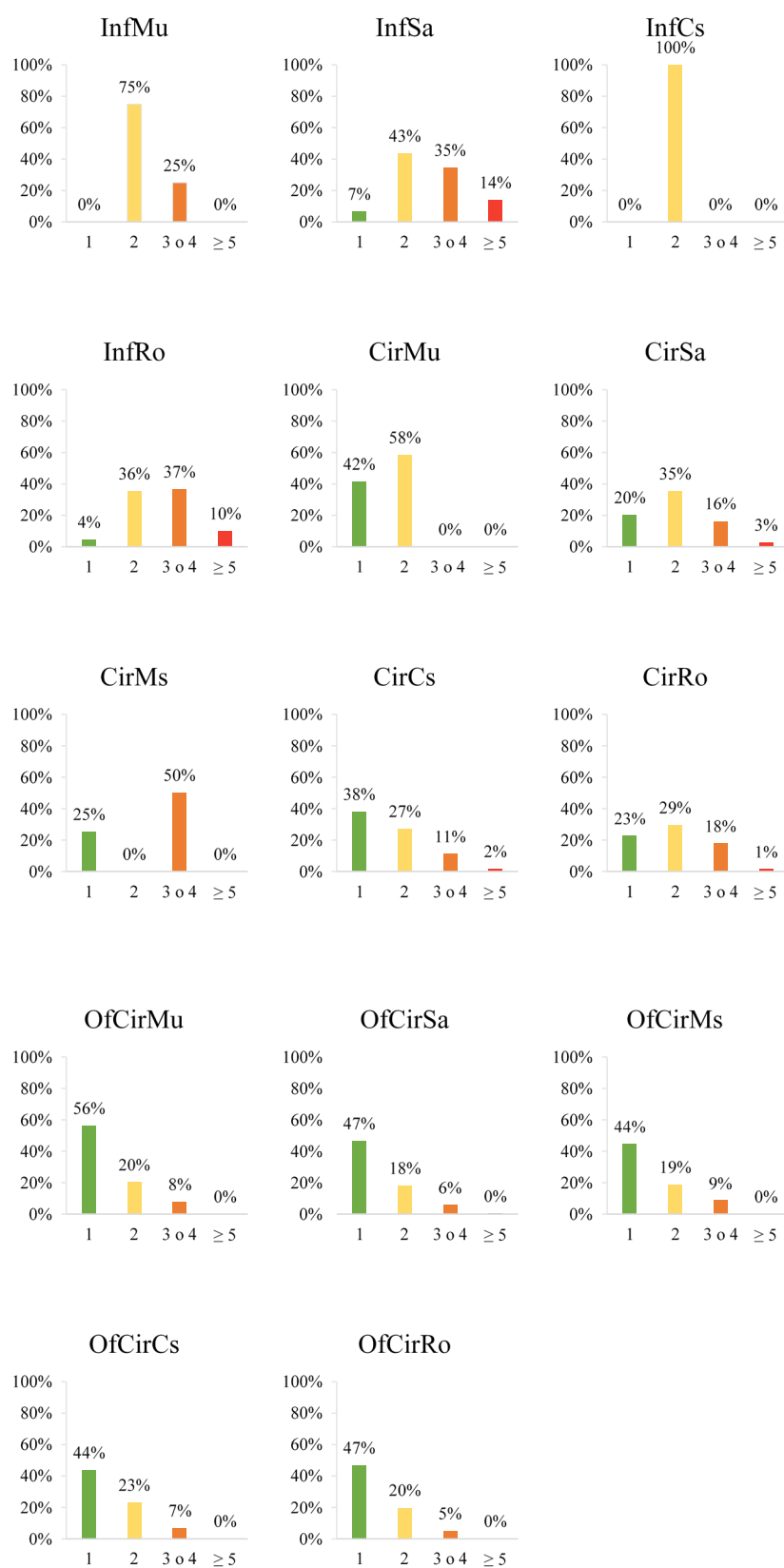
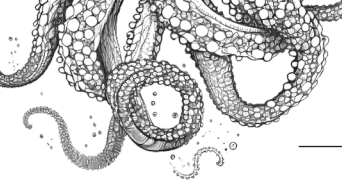


Figura 72. Porcentaje (%) de BHT afectados por diferente número de presiones acumuladas. El porcentaje se ha calculado respecto a la superficie total de cada hábitat. Verde: aquellas cuadrículas en las que se produce una presión. Amarillo: aquellas cuadrículas en las que se producen dos presiones. Naranja: aquellas casillas en las que se producen tres o cuatro presiones. Rojo: aquellas casillas en las que se producen cinco o más presiones.



5. Referencias

- Andersen J.H, Al-Hamdani, Z., Harvey, E.T., Kallenbach, E., Murray, C. & Stock, A. (2020). Relative impacts of multiple human stressors in estuaries and coastal waters in the North Sea-Baltic Sea transition zone. *Science of the Total Environment*, 704: 135316.
- Andersen, J.H., Stock, A., Mannerla, M., Heinänen, S. & Vinther, M.M. (2013). Human uses, pressures and impacts in the eastern North Sea. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environmental and Energy. Technical Report from DCE- Danish Centre for Environmental and Energy, 18: 136 pp.
- Ban, N. C., Hussein, M. A. & Jeff, A.A. (2010). Cumulative impact mapping: Advances, relevance and limitations to marine management and conservation, using Canada's Pacific waters as a case study. *Marine Policy*, 34: 876-886.
- Ban, N.C. & Alder, J. (2007). How wild is the ocean? Assessing the intensity of anthropogenic marine activities in British Columbia, Canada. *Aquatic Conservation*, 18(1): 55-85.
- Barbosa, A., Martín, B., Iglesias-Campos, A., Torres, J.A., Barbière, J., Hermoso, Virgilio, Domisch, S., Langhans, S.D., Martínez-López, J., García-Padilla, M. Gil-Jiménez, Y., Delacámara, G., Teixeira, H., Lillebø, A. & Nogueira, A. (2018). Case Study 2 Report: The Intercontinental Biosphere Reserve of the Mediterranean: Andalusia (Spain) – Morocco. *Aquacross*, D9,2: 53 pp.
- Batista, M.I., Henriques, S., País, M.P. & Cabral, H.N. (2014). Assessment of cumulative human pressures on a coastal area: Integrating information for MPA planning and management. *Ocean & Coastal Management* 102: 248-257.
- Bellman, M. A., Heppell, S. A., & Goldfinger, C. (2005). Evaluation of a US west coast groundfish habitat conservation regulation via analysis of spatial and temporal patterns of trawl fishing effort. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 2886-2900.
- Bevilacqua, S., Guarnieri, G., Farella, G., Terlizzi, A. & Fraschetti, S. (2018). A regional assessment of cumulative impact mapping on Mediterranean coralligenous outcrops. *Nature. Scientific reports* 8: 1757.
- Borgwardt, F., Robinson, L., Trauner, D., Teixeira, H., Nogueira, A.J.A., Lillebø, A.I., Piet, G., Kuemmerlen, M., O'Higgins, T., McDonald, H., Arevalo-Torres, J., Barbosa, A.L., Iglesias-Campos, A., Hein, T. & Culhane, F. (2019). Exploring variability in environmental impact risk from human activities across aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 652: 1396-1408
- Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) & Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). (2021). Planes de Ordenación del Espacio Marítimo. III. Diagnóstico. Los sectores marítimos: situación actual y previsiones de desarrollo futuro o potencial. A. Demarcación Marina Noratlántica. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), 412 pp.
- Coordinating Working Party on Fishery Statistics (CWP). (2016). INTERNATIONAL STANDARD STATISTICAL CLASSIFICATION OF FISHING GEAR (ISSCFG). Coordinating Working Party on Fishery Statistics (CWP) Secretariat. Food Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2 pp.
- Dailianis, T., Smith, C.J., Papadopoulou, N., Gerovasileiou, V., Sevastou, K., Bekkby, T., Bilan, M., Billett, D., Boström, C., Carreiro-Silva, M., Danovaro, R., Fraschetti, S., Gagnon, K., Gambi, C., Grehan, A., Kipson, S., Kotta, J., McOwen, C.J., Morato, T., Ojaveer, H., Pham, C.K. & Scrimgeour, R. (2018). Human activities and resultant pressures on key European marine habitats: An analysis of mapped resources. *Marine Policy*, 98: 1-10.
- De la Torriente, A. Aguilar, R., González-Irusta, J.M., Blanco, M & Serrano, A. (2020). Habitat forming species explain taxonomic and functional diversities in a Mediterranean seamount. *Ecological Indicators*, 118: 106747.



De la Torriente, D.A., González-Irusta, J.M., Serrano, A., Aguilar, R. Sánchez, F., Blanco, M. & Punzón, A. (2022). Spatial assessment of benthic habitats vulnerability to bottom fishing in a Mediterranean seamount. *Marine Policy*, 135: 104850.

Depellegrin, D., Menegon, S., Farella, G., Ghezzi, M., Gissi, E., Sarreta, A., Venier, C. & Barbanti, A. (2017). Multi-objective spatial tools to inform maritime spatial planning in the Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, 609: 1627-1639.

Deter, J., Descamp, P., Ballesta, L., Boissery, P. & Holon, F. (2012). A preliminary study toward an index based on coralligenous assemblages for the ecological status assessment of Mediterranean French coastal waters. *Ecological Indicators*, 20: 345-352.

Eastwood, P.D., Mills, C.M., Aldridge, J.N., Houghton, C.A. & Rogers, S.I. (2007). Human activities in UK offshore waters: an assessment of direct, physical pressure on the seabed. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 453-463.

Eigaard, O.R., Bastardie, F., Hintzen, N.T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R., Dinesen, G.E., Egekvist, J., Fock, H.O., Geitner, k., Gerritsen, H.D., Marín-González, M., Jonsson, P., kavadas, S., Laffargue, P., Lundy, M., Gonzalez-Mirelis, G., Nielsen, J.R., Papadopoulou, N., Posen, P.E., Pulcinella, J., Russo, T., Sala, A., Silva, C., Smith, C., Vanelslender, B. & Rijnsorp, A.D. (2017). The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science*, 74(3): 847-865.

Elliott, M., Borja, A. & Cormier, R. (2020). Activity-footprints and effects-footprints – Walking the pathway to determining and managing human impacts in the sea. *Marine Pollution Bulletin*, 155: 111201.

Elliott, M., Borja, A. & Cormier, R. (2020). Activity-footprints, pressures-footprints and effect-footprints – Walking the pathway to determining and mapping human impacts in the sea. *Marine Pollution Bulletin*, 155: 111201.

Elliott, M., Boyes, S.J., Barnard, S. & Borja, A. (2018). Using best expert judgement to harmonise marine environmental status assessment and maritime spatial planning. *Marine Pollution Bulletin*, 133: 367-377.

European Commission (EC). (2008). 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 (Directiva Marco sobre la Estrategia Marina). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 164: 19-40.

European Commission (EC). (2017a). Decisión (UE) 2017/845 de la Comisión de 17 de mayo de 2017 por la que se modifica la Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a las listas indicativas de elementos que deben tomarse en consideración a la hora de elaborar estrategias marinas. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L125: 27-33

European Commission. (2017b). 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. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 125: 27-33.

European Marine Observation and Data Network (EMODnet). (11 Nov 2021). Official Release of EUSeaMap 2021. Retrieved on 05 July, 2022, from: <https://www.emodnet-seabedhabitats.eu/news/official-release-of-euseamap-2021/>

Evans, D., Aish, A., Boon, A., Condé, S., Connor, D., Gelabert, E. Michez, N., Parry, M., Richard, D., Salvati, E. & Tunesi, L. (2016). Revising the marine section of the EUNIS Habitat classification. European Topic Centre on Biological Diversity, A/2016: 8pp.

Fernandes, M.L., Esteves, T.C., Oliveira, E.R. & Alves, F.L. (2017). How does the cumulative impacts approach support maritime spatial planning? *Ecological Indicators*, 73: 189-202.



- Fernandes, M.L., Quintela, A. & Alves, F.L. (2018). Identifying conservation priority areas to inform maritime spatial planning: A new approach. *Science of the Total Environment*, 639: 1088-1098.
- Fernandes, M.L., Quintela, A., Cervera-Núñez, C., Campillos-Llanos, M., Sousa, L.P., Casimiro, D., Matías, J.O., Simão, A.P., Gómez-Ballesteros, M. & Alves, F.L. (2021). D2,3 Transboundary Impact Assessment in the north-western Iberian Peninsula. SIMAtlantic project, 27pp.
- Fernandes, M.L., Sousa, L.P., Quintela, A., Marques, M., Reis, J., Simão A.P., Castro, A.T., Marques J.M. & Alves F.L. (2020). Mapping the future: Pressures and impacts in the Portuguese maritime spatial planning. *Science of the Total Environment* 715: 136863.
- Ferrà, C., Tassetti, A.N., Grati, F., Pellini, G., Polidori, P., Scarcella, G. & Fabi, G. (2017). Mapping change in bottom trawling activities in the Mediterranean Sea through AIS data. *Marine Policy* 94: 275-281.
- Fisheries Research and Development Corporation (FRDC). (S.f.). Hook and line. Retrieved on September 02, 2022, from: <https://fish.gov.au/fishing-methods/hook-and-line>.
- Foden, J., Rogers, S.I. & Jones A.P. (2011). Human pressures on Uk seabed habitats: a cumulative impact assessment. *Marine Ecology Progress Series*, 428: 33-47.
- Foden, J., Rogers, S.I. & Jones, A.P. (2010). Recovery of Uk seabed habitats from benthic fishing an aggregate extraction – towards a cumulative impact assessment. *Marine Ecology. Progress Series* 411: 259-270.
- Foley, M.M., Halpern, B.S., Micheli, F., Armsbya, M.H., Caldwell, M.R., Crain, C.M., Prahler, E., Rohr, N., Sivas, D., Beck, M.W., Carr, M.H., Crowder, L.B., Duffy, J.E., Hacker, S.D., McLeod, k.L., Palumbi, S.R., Petersonk, C.H., Regan, H.M., Ruckelshaus, M.H., Sandifer, P.A. & Steneck, R.S. (2010). Guiding ecological principles for marine spatial planning. *Marine Policy* 34(5): 955-966.
- Frazão-Santos, C., Agardy, T., Andrade, F., Crowder, L.B., Ehler, C.N. & Orbach, M.k. (2021). Major challenges in developing marine spatial planning. *Marine Policy* 132: 103248.
- García-Alegre, A., Sánchez, F., Gómez-Ballesteros, M., Hinz, H., Serrano, A. & Parra, S. (2014). Modelling and mapping the local distribution of representative species on the Le Danois Bank, El Cachucho Marine Protected Area (Cantabrian Sea). *Deep Sea Research II*, 106: 151-164.
- Giakoumi, S., Sini, M., Gerovasileiou, V. Mazor, T., Beher, J. Possingham, H.P., Abdulla, A., Çinar, M.E., Dendrinis, P., Gucu, A.C., karamanlidis, A.A., Rodic, P., Panayotidis, P., Taskin, E., Jaklin, A., Voultsiadou, E., Webster, C., Zenetos, A. & katsanevakis, S. (2013). Ecoregion-Based Conservation Planning in the Mediterranean: Dealing with Large-Scale Heterogeneity. *PLoS ONE*, 8(10): e76449.
- Giménez-Casaldueiro, F., Gomáriz-Castillo, F., Canales, R. & Calvín J.C. (2018). Identifying the Conservation State of Marine Rocky Habitats along the Western Mediterranean Using Focal Species. *Journal of Coastal Research*, 34(5): 1176-1187.
- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P. & Boissery, P. (2009). Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as requires by the Water Framework Directive using the Posidonia oceanica Rapid Easy Index: PREI. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1727-1733.
- 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.
- Grieve, C., Brady, D.C. & Polet, H. (2014). Review of habitat dependent impacts of mobile and static fishing gears that interact with the seabed. *Marine Stewardship Council Science Series*, 2: 18-88.



Halpern, B.S. & Fujita, R. (2013). Assumptions, challenges, and future directions in cumulative impact analysis. *Ecosphere*, 4(10): 1-11.

Halpern, B.S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, k.S., koenig, k., Longo, C., Stewart-Lowndes, J., Cotton-Rockwood, R., Selig, E.R., Seloke, k.A. & Walbridge, S. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications* 6: 7615.

Halpern, B.S., kappel, C.V., Selkoe, k.A., Micheli, F., Ebert, C.M., kontgis, C., Crain, C.M., Martone, R.G., Shearer, C. & Teck, S.J. (2009). Mapping cumulative human impacts to California Current marine ecosystems. *Conservation Letters*, 2: 138-148.

Halpern, B.S., Walbridge S, Selkoe kA, kappel C V., Micheli F, D'Agrosa C., Bruno, J.F., Casey, k.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D. Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R. & Watson, R. (2008). A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* 319 (5865): 948-952.

Hammar, L., Molander, S., Palsson, J., S. Crona, J., Carneiro, G, Johansson, T., Hume, D., kagesten, G., Mattsson, D., Törnqvist, O., Zillén, L., Mattsson, M., Bergström, U., Perry, D., Caldow, C. & Andersen, J.H. (2020). *Science of the Total Environment* 734: 139024.

Helsinki Commission (HELCOM) (2010a) Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003-2007: HELCOM Initial Holistic Assessment. *Baltic Sea Environment Proceedings*, 122: 63pp.

Helsinki Commission (HELCOM) (2010b). Towards a tool for quantifying the anthropogenic pressures and potential impacts in the Baltic Sea marine environment. A background document on the method, data preparation and testing of the Baltic Sea Pressure and Impact Indices. *Baltic Sea Environment Proceedings* 125: 69 pp.

Hintzen, N.T., Aarts, G., Poos, J.J., Van der Reijden, k.J. & Rijnsdorp, A.D. (2021). Quantifying habitat preference of bottom trawling gear. *ICES Journal of Marine Science*, 78(1): 172-184.

Holon F, Mouquet N, Boissery P, Bouchoucha M, Delaruelle G, Tribot A-S & Deter, J. (2015). Fine-Scale Cartography of Human Impacts along French Mediterranean Coasts: A Relevant Map for the Management of Marine Ecosystems. *PLoS ONE* 10(8): e0135473.

International Council for the Exploration of the Sea (ICES) (2019b). Workshop to evaluate and test operational assessment of human activities causing physical disturbance and loss to seabed habitats (MSFD D6 C1, C2 and C4) (WkBEDPRES2). *ICES Scientific Reports*, 1(69): 87pp.

International Council for the Exploration of the Sea (ICES). (2016). Report of the Workshop on guidance in how pressure maps of fishing intensity contribute to an assessment of the state of seabed habitats (WkFBI). *ICES Scientific Reports*, 46: 109 pp.

International Council for the Exploration of the Sea (ICES). (2018). Workshop on Scoping for Benthic Pressure Layers D6C2 – From Methods to Operational Data Products (WkBEDPRESS1). *ICES Scientific Reports*, 1(15): 37pp

International Council for the Exploration of the Sea (ICES). (2019a). Workshop on Scoping of Physical Pressure Layers Causing Loss of Benthic Habitats D6C1 – Methods to Operational Data Products (WkBEDLOSS). *ICES Scientific Reports*. 1(15): 49pp

Judd, A., Backhaus, T. & Goodsir, F. (2015). An effective set of principles for practical implementation of marine cumulative effects assessment. *Environmental Science Policy*, 54: 254-262.

kannen, A. (2014). Challenges for marine spatial planning in the context of multiple sea uses, policy arenas and actors based on experiences from the German North Sea. *Regional Environment Change*, 14: 2139-2150.



katsanevakis, S., Stelzenmüller, V., South, A., Sørensen, T.k., Jones, P.J.S., kerr, S., Badalamenti, F., Anagnostou, C., Breen, P., Chust, G., D'Anna, G., Duijn, M., Filatova, T., Fiorentino, F., Hulsman, H., Johnson, k., karageorgis, A.P., kröncke, I., Mirto, S., Pipitone, C., Portelli, S., Qiu, W., Reiss, H., Sakellariou, D., Salomidi, M., van Hoof, L., Vassilopoulou, V., Vega Fernández, T., Vöge, S., Weber, A., Zenetos, A. & Hofstede, R.T. (2011). Ecosystem-based marine spatial management: review of concepts, policies, tools, and critical issues. *Ocean Coastal Management*, 54: 807-820.

kellon, D. & Arvai, J. (2011). Five propositions for improving decision making about the environment in developing communities: insights from the decision sciences. *Journal of Environmental Management*, 92: 363-371.

kenny, A.J., Jenkins, C., Wood, D., Bolam, S.G., Mitchell, P., Scougal, C. & Judd, A. (2018). Assessing cumulative human activities, pressures, and impacts on North Sea benthic habitats using a biological traits approach. *ICES Journal of Marine Science*, 75(3): 1080-1092.

knights, A.M., koss, R.S. & Robinson, L.A. (2013). Identifying common pressure pathways from a complex network of human activities to support ecosystem-based management. *Ecological Applications*, 23: 755-765.

korpinen S., Meidinger M. & Laamanen M. (2013). Cumulative impacts on seabed habitats: An indicator for assessments of good environmental status. *Marine Pollution Bulletin*, 74: 311-319.

Larcombe, J. W. P., McLoughlin, k. J., & Tilzey, R. D. J. (2001). Trawl operations in the South East Fishery, Australia: spatial distribution and intensity. *Marine and Freshwater Research*, 52: 419-430.

Link, J.S., Brodziak, J.k.T., Edwards, S.F., Overholtz, W.J., Mountain, D., Jossi, J.W. & Fogarty, M.J. (2002). Marine ecosystem assessment in a fisheries management context. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1429-1440.

Micheli, F., Halpern, B.S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Fraschetti, S., Lewison, R., Nykjaer, L. & Rosenberg, A.A. (2013). Cumulative Human Impacts on Mediterranean and Black Sea Marine Ecosystems: Assessing Current Pressures and Opportunities. *PLoS ONE*, 8(12): e79889.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2019a). Parte II: Análisis de Presiones e Impactos. Estrategias Marinas de España (EsMarEs) de la Demarcación noratlántica, 20 pp.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2019b). Anexo Parte III: Fichas del Análisis Socioeconómico. Estrategias Marinas de España (EsMarEs) de la Demarcación noratlántica, 187 pp

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (03 de agosto de 2022). Estrategias Marinas. Madrid, España. Estrategias Marinas de España (EsMarEs). Retrieved on August 14, 2022, from: <https://www.MITERD.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategias-marinas/>

Möckel, S. (2017). The European ecological network "Natura 2000" and the appropriate assessment for projects and plans under Article 6(3) of the Habitats Directive. *Nature Conservation*, 23: 1-29.

Neslo, R., Micheli, F., kappel, C.V., Selkoe, k.A., Halpern, B.S. & Cooke, R.M. (2008). Modeling Stakeholder Preferences with Probabilistic Inversion: Application to Prioritizing Marine ecosystem. In Real-time and deliberative decision making. Vulnerabilities. Edited by Linkov, I., Ferguson E. & Magar, V.S. (Springer): 265-285. Amsterdam, The Netherlands.

Office of Protected Resources. (February 22, 2021). Fishing Gear: Gillnets. NOAA FISHERIES. Retrieved on September 02, 2022, from: <https://www.fisheries.noaa.gov/national/bycatch/fishing-gear-gillnets>.



Oosterbaan, L., Judd, A., Nixon, E., Lauwaert, B., Enserink, L., Karman, C., Svoboda, A., Vink, R., Degre, E., Langaas, A., Thomsen, F., Moffat, C., Ware, K., Connor, D., Vivian, C., Birchenough, A., Stelzenmuller, V., Kroeger, S., Wasserthal, R., Merck, T., Wenzel, C., Buceta, J., Marin-Cabezas, P., Snoeren, B., Mouat, J. & Thompson, S. (2009). Trend analysis of maritime human activities and their collective impact on the OSPAR maritime area. OSPAR Commission-Biodiversity Series, 443: 50 pp.

Piet, G.J., Tamis, J.E., Volwater, J., de Vries, P., van der Wal, J.T. & Jongbloed, R.H. (2021). A roadmap towards quantitative impact assessments: Every step of the way. *Science of Total Environment*, 784: 146847.

Pipitone, C., Badalamenti, F., D'Anna, G. & Patti, B. (2000). Fish biomass increase after a four-year trawl ban in the Gulf of Castellammare (NW Sicily, Mediterranean Sea). *Fisheries Research*, 48: 23-30.

Punzón, A., Arronte, J.C., Sánchez, F. & García-Alegre, A. (2016). Spatial characterization of the fisheries in the Avilés Canyon System (Cantabrian Sea, Spain). *Ciencias Marinas*, 42(4): 237-260.

Raicevich, S., Korpinen, S., Schoeder, A., Muller, H., Lancker, V.V., Vaz, S., Punzón, A., Sandman, A., Wijnhoven, S., Häubner, N., Connor, D., Jochen, K., Papadopoulou, N., Canals, M. and others (The Technical Group on seabed habitats and sea floor integrity-TGSeabed). (2022). Guidance to the assessment of the sea-floor integrity under the EU Marine Strategy Framework Directive v2-1. Communication and Information Resource Center for Administrations, Businesses and Citizens (CIRCABC), 132 pp.

Ravasio, P. (February 8, 2022). The True Cost: Tax Money x Sustainable Development: The Fishing Industry. SHIRAHIME. Retrieved on September 02, 2022, from: <https://shirahime.ch/2022/02/the-true-cost-tax-money-x-sustainable-development-the-fishing-industry/>

Rees, T. (2003). "C-Squares", a New Spatial Indexing System and its Applicability to the Description of Oceanographic Datasets. *Oceanography* 16 (1): 11-19.

Ríos, P., Altuna, A., Frutos, I., Manjón-Cabeza, E., García-Guillén, L., Macías-Ramírez, A., Ibarrola, T.P., Gofas, S., Taboada, S., Souto, J., Álvarez, F., Saiz-Salinas, J.I., Cárdenas, P., Rodríguez-Cabello, C., Lourido, A., Boza, C., Rodríguez-Basalo, A., Prado, E., Abad-Uribarren, A., Parra, S., Sánchez, F. & Cristobo, J. (2022). Avilés Canyon System: Increasing the benthic biodiversity knowledge. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 274: 107924.

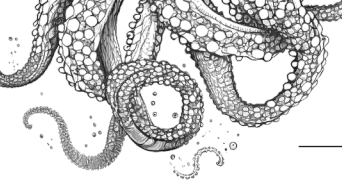
Rodríguez-Basalo, A., Prado, E., Sánchez, F., Ríos, P., Gómez-Ballesteros, M. & Cristobo, J. (2021). High Resolution Spatial Distribution for the Hexactinellid Sponges *Asconema setubalense* and *Pheronema carpenteri* in the Central Cantabrian Sea. *Frontiers in Marine Science*, 8(612761): 15pp.

Sánchez, F., Gómez-Ballesteros, M., González-Pola, C. & Punzón, A. (2014). Sistema de cañones submarinos de Avilés. Proyecto LIFE +INDEMARES. Editorial Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 112 pp.

Selkoe, K.A., Halpern, B.S., Ebert, C.M., Franklin, E.C., Selig, E.R., Casey, K.S., Bruno, J. & Toonen, R.J. (2009). A map of human impacts to a "pristine" coral reef ecosystem, the Papahānaumokuākea Marine National Monument. *Coral Reefs* 28(3): 635-650.

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., Elliott, 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.

Serrano, A., Rodríguez-Cabello, C., Sánchez, F., Velasco, F., Olaso, I. & Punzón, A. (2011). Effects of anti-trawling artificial reefs on ecological indicators of inner shelf fish and invertebrate communities in the Cantabrian Sea (southern Bay of Biscay). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(3): 623-633.



Stelzenmüller, V. Rogers, S.I. & Mills, C.M. (2008). Spatio-temporal patterns of fishing pressure on UK marine landscapes, and their implications for spatial planning and management. *ICES Journal of Marine Science*, 65(6): 1081-1091.

Stelzenmüller, V., Lee, J., South, a & Rogers, S.I. (2010). Quantifying cumulative impacts of human pressures on the marine environment: a geospatial modelling framework. *Marine Ecology Progress Series*, 398: 19-32.

Teck, S.J., Halpern, B.S., kappel, C.V., Micheli, F., Selkoe, k.A., Crain, C.M., Martone, R., Shearer, C., Arvai, J., Fischhoff, B., Murray, G., Neslo, R. & Cooke, R. (2010). Using expert judgment to estimate marine ecosystem vulnerability in the California Current. *Ecological Applications*, 20(5): 1402-1416.

Templado, J., Capa, M., Gualart, J. & Luque, A. (2009). 1170 Arrecifes. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 142 pp.

Vasquez, M., Allen, H., Manca, E., Castle, L., Lillis, H., Agnesi, S., Al Hamdani, Z., Annunziatellis, A., Askew, N., Bekkby, T., Bentes, L., Doncheva, V., Drakopoulou, V., Duncan, G., Gonçalves, J., Inghilesi, R., Laamanen, L., Loukaidi, V., Martin, S., McGrath, F., Mo, G., Monteiro, P., Muresan, M. Nikolova, C., O'keeffe, E., Pesch, R., Populus, J., Punder, J., Ridgeway, A., Sakellariou, D., Teaca, A., Tempera, F., Todorova, V., Tunesi, L. & Virtanen, E. (2021). EUSeaMap 2021, A European broad-scale seabed habitat map. Thechnical Report. EMODnet Thematic Lot n° 2 – Seabed Habitats: 25 pp.

Victorero, L., Robert, k., Robinson, L.F., Taylor, M.L. & Huvenne, V.A.I. (2018). Species replacement dominates megabenthos beta diversity in a remote seamount setting. *Scientific Reports* 8: 4152.

Willstead, E., Gill, A.B., Birchenough, S.N.R. & Jude, S. (2017). Assessing the cumulative environmental effects of marine renewable energy developments: establishing common ground. *Science of the Total Environment*, 577: 19-32.

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos