

LIFE IP INTEMARES

Informe del diagnóstico del impacto de la actividad pesquera profesional en los hábitats bentónicos del LIC – ESZZ12003 “Sistema de Cañones Submarinos de Avilés”

2 de diciembre de 2022



ÍNDICE

1	Resumen Ejecutivo.	5
2	Introducción y objetivos.	9
2.1	Diseño conceptual.	9
2.2	Descripción general del área de estudio.	11
2.2.1	Comunidades biológicas y pesquerías.	13
2.3	Objetivos.	14
2.4	Generales.	14
2.5	Específicos.	15
3	Material y métodos.	16
3.1	Formatos espaciales.	16
3.2	Actividad Pesquera.	16
3.2.1	Caracterización de las pesquerías.	16
3.2.2	Distribución espacial de las pesquerías.	17
3.3	Muestreo.	20
3.3.1	Zona de estudio.	20
3.3.2	Campaña INTEMARES A4 Cañón de Avilés 2018 (CANNAVIS18).	22
3.3.3	Campaña INTEMARES A4 Cañón Avilés 0819 (CABEFAF19).	31
3.4	Análisis de resultados.	44
3.4.1	Muestreo para cálculo de índices (densidad, diversidad y sensibilidad).	44
3.4.2	Diagnóstico del impacto a corto plazo del arte de rasco (experimento BACI).	44
3.4.3	Índices e Indicadores.	45
3.4.4	Análisis de los efectos combinados de la presión y las variables ambientales en la calidad de los hábitats bentónicos rocosos.	50
3.4.5	Evaluación de la perturbación o vulnerabilidad.	51
4	Resultados.	55
4.1	Distribución del hábitat objeto de estudio.	55
4.2	Presión pesquera.	58
4.2.1	Caracterización de la actividad pesquera.	58
4.2.2	Distribución espacial de la actividad pesquera demersal.	75
4.3	Interacción de la presión pesquera con los hábitats bentónicos.	85
4.4	Efecto de la presión pesquera sobre las densidades de las principales especies estructurantes y grupos taxonómicos.	88
4.4.1	Palangre de fondo.	88
4.4.2	Enmalle.	91
4.4.3	Arrastre.	93
4.5	Relación entre la presión pesquera y la distribución de basuras.	94
4.6	Efecto de la presión pesquera sobre la diversidad.	97
4.6.1	Palangre de fondo.	97
4.6.2	Enmalle.	97
4.6.3	Arrastre de fondo.	98
4.7	Diagnóstico del impacto del rasco sobre los hábitats bentónicos a corto plazo.	99
4.7.1	Evaluación de la distribución espacial del rasco y comportamiento del rasco en el fondo.	99
4.7.2	Cambios en la densidad de especies antes y después del impacto controlado.	103
4.7.3	Relación entre las capturas y lo observado en las inspecciones con ROV.	105
4.7.4	Área afectada por el calado del arte de rasco.	107

4.8	Efecto combinado de la presión y las variables ambientales en la calidad de los hábitats bentónicos rocosos.	111
4.9	Sensibilidad de los hábitats a la presión pesquera.	112
4.9.1	Sensibilidad al palangre de fondo.	112
4.9.2	Sensibilidad al enmalle.	114
4.9.3	Sensibilidad al arrastre de fondo.	115
4.10	Evaluación de la perturbación o vulnerabilidad de los hábitats.	116
4.10.1	Sensibilidad de los hábitats.	117
4.10.2	Presión pesquera.	118
4.10.3	Perturbación o vulnerabilidad de los hábitats.	121
5	Otros estudios.	130
5.1	El proyecto IMPALHA: Mejora en el conocimiento del impacto del palangre en los hábitats bentónicos.	130
5.1.1	La segunda Fase del Proyecto IMPALHA (2023-2026).	132
1.1	Análisis de otras presiones físicas en el área de influencia del LIC de Sistema de Cañones e Avilés.	134
5.1.2	Introducción.	134
5.1.3	Objetivos.	137
5.1.4	Material y métodos.	137
5.1.5	Resultados.	142
6	Conclusiones y recomendaciones para la mejora en el seguimiento y la gestión del LIC del Sistema de Cañones de Avilés.	157
6.1	Estimación del esfuerzo y del impacto.	157
6.2	Diseño de muestreo.	158
6.3	Índices.	158
6.4	Respuesta al impacto de la actividad pesquera.	159
6.5	Efectos a corto plazo del impacto del enmalle de fondo (experimento BACI).	160
6.6	Sensibilidad al impacto.	161
6.7	Exposición a la presión pesquera.	162
6.8	Vulnerabilidad.	163
6.9	Riesgos.	164
6.10	Gestión.	165
7	Referencias.	168
Anexo 1.	Tablas de densidades de especie por m² y nivel de presión por arte de pesca	175
Anexo 2.	Sensibilidad por especie e índice.	180

Autores/as del informe: Antonio Punzón, José Manuel González-Irusta, Ulla Fernández-Arcaya, Patricia Verísimo, Augusto Rodríguez, José Rodríguez, Ana de la Torre, Alberto Serrano, Daniel Cano, Julia Polo, Marian Blanco, Marta Sáinz Barriain, Marta Ruíz Sobrón, Elvira Ceballos, María Huerta, Verónica Duque, Ángela Márquez Reyes, Elena Prado, María Gómez-Ballester y Francisco Sánchez.

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

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

1 Resumen Ejecutivo.

En el LIC del Sistema de Cañones de Avilés se desarrollan importantes actividades pesqueras demersales que interaccionan con los hábitats bentónicos, principalmente enmalle, palangre y arrastre. Gracias al desarrollo de los sistemas de Seguimientos de Buques (p.ej. VMS) y a la información recopilada de los cuadernos de pesca se han podido cartografiar con cierta precisión estas actividades pesqueras. Esto ha permitido conocer el grado de exposición de cada hábitat bentónico a cada tipo de presión pesquera. Esta evaluación espacial de la exposición a la presión era la principal herramienta para establecer zonas de protección o de gestión en un Área Marina Protegida (AMP). Pero esta exposición no es suficiente para determinar si un hábitat esté impactado o no, para ello es necesario evaluar cómo cambia la calidad/estado del hábitat en función de los niveles de presión y si todos los hábitats bentónicos responden de la misma forma a la interacción con la actividad pesquera. En el presente trabajo se analiza como los hábitats bentónicos del LIC del Sistema de Cañones de Avilés están afectados por la presión pesquera de las pesquerías de palangre de fondo, de enmalle de fondo y de arrastre de pareja y con puertas.

Para evaluar los efectos de las pesquerías demersales en los hábitats bentónicos del LIC se han llevado a cabo dos campañas de investigación. La primera tuvo por objeto analizar la calidad de los hábitats bentónicos en función de los niveles de presión. Para ello, por un lado se analizó el efecto de pesquerías de artes fijos (palangre y enmalle) sobre el hábitat bentónico Roca Circalitoral caracterizado por la presencia de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*. Por otro lado se analizó la interacción del arrastre de fondo sobre los hábitats de Arenas Gruesas Circalitorales con *Gracilechinus acutus* y Arenas Finas Circalitorales con *Munida sarsi*. En la segunda campaña se analizó el impacto y comportamiento del arte de pesca del enmalle dirigido a *Lophius* spp. (rasco) siguiendo una metodología BACI (*Before/After- Control Impact*), en la que participó un barco de pesca profesional para realizar el impacto controlado. Además, se balizaron los aparejos de pesca para cuantificar el área afectada por el arte cuando está fijo en el fondo. Para los análisis del impacto se han utilizado índices de densidad, diversidad y sensibilidad. La sensibilidad a las presiones se evaluó utilizando las características biológicas de las especies formadoras del hábitat. Con esta información pudimos obtener la sensibilidad a cada tipo de presión pesquera, que junto con los niveles de presión nos permitió cuantificar y cartografiar la vulnerabilidad de cada hábitat bentónico a cada tipo de presión.

Tanto en el caso del enmalle como en el del arrastre las densidades de las principales especies y los índices de diversidad disminuyeron con el aumento de la presión pesquera. En el caso del palangre se observa una disminución acusada en el número de especies de mayor tamaño y más frágiles en las zonas donde se ejerce una mayor presión, mientras que no se observó una relación clara entre los valores de diversidad y aumento del esfuerzo en el palangre. Además, el cálculo de índices de sensibilidad (índice BESITO) de las especies que componen los hábitats, mostró que las especies más sensibles disminuyen su abundancia ante el aumento de la presión pesquera del enmalle y del arrastre. En el caso del palangre, la respuesta de los índices de sensibilidad es mucho menos acusada. Este efecto diferencial del enmalle respecto al palangre se debe probablemente entre otras razones a que mientras el arte está fijo en el fondo se puede desplazar hasta 30 metros, y otros 30 metros al ser virado. Esto provoca un efecto de arrastre sobre el fondo, que provoca capturas y daños de las especies bentónicas formadoras de hábitats. Es necesario, una vez evaluado como trabaja este aparejo de pesca, poner en práctica experiencias de mitigación del impacto, como por ejemplo intentar que trabaje verticalmente o reducir su capacidad de arrastre.

Por último, también se calculó el nivel de perturbación/vulnerabilidad de los hábitats, en base a la sensibilidad de las especies estructurantes que lo componen y el nivel de presión al que están expuestos. En el caso del palangre y el enmalle la mayor parte de la superficie de hábitat bentónico analizada no está sometida a ningún tipo de presión. Y para ambos aparejos los hábitats sólo tienen altos niveles de perturbación/vulnerabilidad en un área pequeña de los hábitats bentónicos. En el caso del palangre el hábitat más vulnerable es el de Roca batial con grandes esponjas hexactinélidas (*Asconema setubalense*) y Roca batial con agregaciones de esponjas. En el caso del enmalle son los hábitats de Roca batial con grandes esponjas hexactinélidas (*Asconema setubalense*), Roca batial con agregaciones de esponjas y Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, siendo este último el que más área ocupa y donde se encuentra la zona más extensa con hábitats de elevada vulnerabilidad. Respecto al arrastre, más del 50% del área estudiada está expuesta a esta presión, y más de un 8% del área está sometida a niveles de perturbación altos o muy altos. Los hábitats bentónicos más vulnerables, teniendo en cuenta el área que ocupan, son los hábitats bentónicos sedimentarios: Arenas finas batiales con *Ophiura ophiura*; Arenas finas batiales con *Actinauge richardi*; y Arenas gruesas circalitorales con *Gracilechinus acutus*.

Executive Summary

In the Cañones de Avilés SCI, there are important demersal fishing activities that interact with benthic habitats, mainly gillnetting, longlining and trawling. With the development of Vessel

Monitoring Systems (e.g. VMS) and information from logbooks, it has been possible to map these fishing activities with precision. This has provided information on the degree of exposure of each benthic habitat to each type of fishing pressure. This spatial assessment of exposure to pressure was the main tool for establishing protection or management zones in an MPA. However, this exposure is not enough to determine whether a habitat is impacted or not, it is necessary to assess how the habitat changes depending on the levels of pressure and whether all benthic habitats respond in the same way to the interaction with fishing activity. This report analyses how the benthic habitats of the SCI of the Cañones de Avilés system are affected by fishing pressure from bottom longline, bottom gillnet and pair and otter trawl fisheries.

In order to assess the effects of demersal fisheries on the benthic habitats of the SCI, two research surveys have been carried out. The first aimed to analyse the quality of benthic habitats as a function of pressure levels. The interactions analysed in this survey were: static gear fisheries (longline and gillnet) and the benthic habitat Circalittoral Rock with *Dendrophyllia cornigera* and *Phakellia ventilabrum*; and for bottom trawling, the interaction with the habitats of Circalittoral Coarse Sands with *Gracilechinus acutus* and Circalittoral Fine Sands with *Munida sarsi* was analysed. In the second survey, a BACI (*Before-After Control Impact*) methodology was used to analyse the impact and behaviour of gillnet gear targeting *Lophius* spp. (rasco), with the participation of a professional fishing boat to carry out the controlled impact. In addition, fishing gear was buoyed to quantify the area affected by the gear when fixed on the bottom. Density, diversity and sensitivity indices were used for impact analysis. Sensitivity to pressures was assessed using the biological characteristics of the habitat-forming species. With this information we were able to obtain the sensitivity to each type of fishing pressure, which together with the pressure levels allowed us to quantify and map the vulnerability of each benthic habitat to each type of pressure.

In the case of both gillnetting and trawling, the densities of the main species and diversity indices decreased with increasing fishing pressure. In the case of longlining, there was a marked decrease in the number of larger and more fragile species in areas where fishing pressure was higher, while no clear relationship was observed between diversity values and increased effort in longlining. In addition, the calculation of sensitivity indices (BESITO index) of the species that make up the habitats showed that the most sensitive species decrease in abundance in the face of increased fishing pressure from gillnetting and trawling. In the case of longline, the response of the sensitivity indices is much less pronounced. This differential effect of gillnetting compared to longlining is probably due, among other reasons, to the fact that while the gear is fixed on the bottom it can move up to 30 metres, and a further 30

metres when hauled. This causes a dragging effect on the bottom, resulting in catches and damage to habitat-forming benthic species. It is necessary, once it has been assessed how this fishing gear works, to implement impact mitigation experiments, such as trying to make it work vertically or reducing its trawling capacity.

Finally, the level of disturbance/vulnerability of the habitats was also calculated, based on the sensitivity of the component structuring species and the level of pressure to which they are exposed. For longline and gillnetting most of the benthic habitat area analyzed is not under any pressure. And for both gears the habitats only have high levels of vulnerability in a small area of benthic habitats. In the case of longlining the most vulnerable habitat is Bathyal Rock with large hexactinellid sponges (*Asconema setubalense*) and Bathyal Rock with sponge aggregations. In the case of gillnets, these are the habitats of Bathyal Rock with large hexactinellid sponges (*Asconema setubalense*), Bathyal Rock with sponge aggregations and Circumlittoral Rock with *Dendrophyllia cornigera* and *Phakellia ventilabrum*. The latter is the one that occupies the largest area and where the largest zone of high vulnerabilities is located. With regard to trawling, more than 50% of the area studied is exposed to pressure, and more than 8% of the area is subject to high or very high levels of disturbance. The most vulnerable benthic habitats, considering the area they occupy, are the sedimentary benthic habitats: Fine bathyal sands with *Ophiura ophiura*; Fine bathyal sands with *Actinauge richardi*; and Circallittoral coarse sands with *Gracilechinus acutus*.

2 Introducción y objetivos.

El objetivo de la acción A4 “Diagnóstico del impacto de las actividades humanas y del cambio climático sobre la RN 2000 marina y propuestas para controlar, eliminar o mitigar sus efectos” es la elaboración de un diagnóstico del impacto que generan las actividades humanas en los hábitats y especies de la RN 2000 marina y generación de propuestas de medidas para controlar, eliminar o mitigar sus efectos. Además, se analizará la vulnerabilidad de los hábitats y especies al cambio climático y de las actividades económicas que de ellos dependen para proponer medidas de adaptación. Dentro de la Acción A4, el Centro Nacional Instituto Español de Oceanografía es responsable de la Acción denominada A 4.1 con el objetivo de diagnosticar el impacto de la pesca profesional sobre los hábitats bentónicos RN2000.

Bajo la premisa de que la coexistencia espacio-temporal entre la presión pesquera y el hábitat bentónico RN2000 implica una afección del hábitat, en la presente acción se han diseñado experimentos para evaluar y cuantificar el impacto de los aparejos demersales sobre estos hábitats. Dado que el número de combinaciones entre zonas candidatas a ser futuras Áreas Marinas Protegidas, hábitats bentónicos y artes de pesca demersal es muy grande, se seleccionaron solo unos casos de estudio que proporcionaran la información suficiente para trasladar las conclusiones a otros espacios y/o combinaciones de artes de pesca y hábitats bentónicos sin hacer estudios experimentales.

2.1 Diseño conceptual.

El riesgo de que una actividad humana cause un impacto depende de 3 componentes: la vulnerabilidad, la exposición y las amenazas (Ilustración 1). La vulnerabilidad de una especie o hábitat viene determinada por la coincidencia espacio-temporal con la presión humana. Esta vulnerabilidad puede verse alterada por amenazas que cambien la relación entre la especie y/o hábitat y la presión. Por ejemplo, un cambio legislativo puede provocar un desplazamiento de la actividad pesquera hacia otro espacio donde no estaba y por lo tanto un hábitat que no estaba expuesto pase a estarlo; o que un cambio en las condiciones ambientales (como pueden ser los asociados al Cambio Climático) incremente la sensibilidad del hábitat o la especie a la presión.

En este estudio partimos de la hipótesis de que la coexistencia espacial entre una actividad pesquera y un hábitat bentónico causa un impacto en el hábitat que lo degrada. Tener esta hipótesis de inicio y no la contraria, nos obliga a demostrar que ese impacto existe, y si existe

habría que saber en qué condiciones ocurre y cuantificarlo. En la Ilustración 2 se representa el diseño conceptual en el que se han apoyado los diseños experimentales para estudiar el impacto de los artes de pesca de fondo sobre los hábitats. Para poder identificar el impacto, el primer paso será conocer la distribución espacial de la presión pesquera y el hábitat bentónico, e identificar de ese modo si el hábitat está expuesto y si es sensible a la presión. Entendemos como sensibilidad el grado en el que un hábitat se ve afectado de forma negativa o positiva por una presión concreta. Normalmente se utilizan índices de sensibilidad contruidos en base a una o varias características del hábitat, especie o población en relación a los distintos niveles de presión. Analizando esta información, se construye un indicador que permite decir, en este caso, a partir de qué nivel de presión pesquera (esfuerzo o similares) el hábitat está adversamente afectado. Esto permite obtener el impacto potencial, que puede disminuir o amortiguarse aplicando estrategias de mitigación o de adaptación, por ejemplo, modificando los aparejos de pesca para reducir el impacto. Este proceso permite conocer la vulnerabilidad que junto con el grado de exposición permite determinar el Riesgo al que se ve sometido un hábitat bentónico en una zona concreta.



Ilustración 1. Esquema sobre la evaluación del Riesgo modificado a partir del esquema del IPCC (2014) para la evaluación del Riesgo ante el Cambio Climático. En el presente estudio el Riesgo se concibe como el producto de la interacción de los peligros vinculados a la pesca con la vulnerabilidad y la exposición de los hábitats bentónicos.

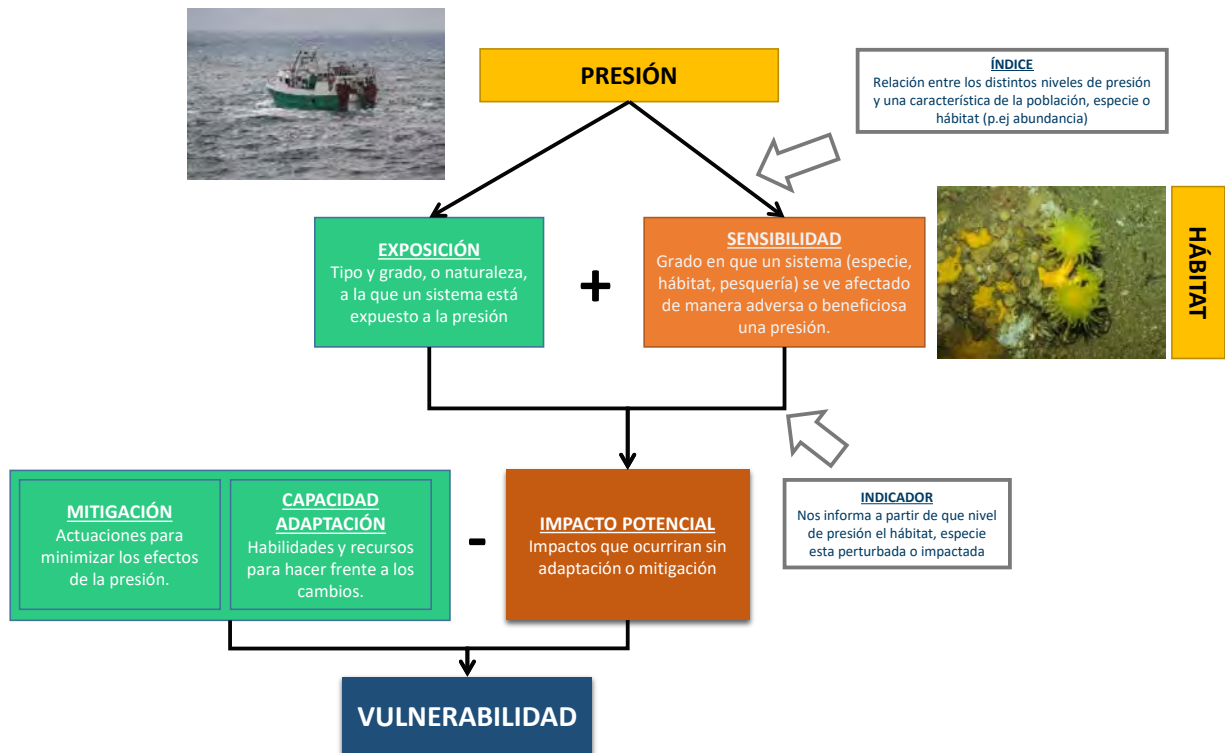


Ilustración 2. Diseño conceptual del desarrollo de la acción.

Siguiendo este esquema, en el presente trabajo a partir de la información del proyecto LIFE INDEMARES se seleccionaron los posibles casos de estudio en la zona del LIC de sistema de Cañones de Avilés (Sánchez et al., 2014; Punzón et al, 2016), y se han diseñado dos campañas que nos permitirán identificar la vulnerabilidad de alguno de los hábitats a las presiones pesqueras presentes en la zona.

2.2 Descripción general del área de estudio.

El Sistema de Cañones Submarinos de Avilés se localiza en el margen continental del norte de la península ibérica, frente a la costa occidental de Asturias, concretamente entre las localidades de Luarca y Gijón. Actualmente se están finalizando los estudios sobre sus hábitats bentónicos y la diagnosis de los efectos de la pesca demersal sobre los mismos. Una caracterización ambiental, geomorfológica, ecológica y de las presiones antrópicas se pueden leer en: Sánchez et al. (2014); Gómez-Ballesteros, et al., (2014); Punzón et al. (2016); Modica et al. (2022); Rodríguez-Basalo et al. (2022).

Es una zona estructuralmente muy compleja en donde la plataforma continental del mar Cantábrico se encuentra profundamente modificada por la acción de la tectónica compresiva, presentando importantes elementos geomorfológicos. Entre estos destacan tres grandes cañones submarinos (Avilés, El Corbiro y La Gaviera), junto con sus cañones tributarios, una plataforma marginal (Canto Nuevo) y un alto estructural rocoso masivo (Agudo de Fuera). El

complejo sistema de cañones se extiende desde la plataforma continental hasta la llanura abisal y es controlado por el régimen tectónico de la zona (Figura 1). La plataforma continental, de borde muy irregular, tiene una anchura variable entre 12 y 40 km y presenta numerosos afloramientos rocosos y escaso recubrimiento sedimentario. Los sedimentos de origen continental, procedentes de los ríos asturianos de Narcea y Nalón, son transportados por las corrientes marinas a través del sistema de cañones hasta llegar a la llanura abisal, recorriendo en ocasiones hasta más de 90 km. En el talud continental se distinguen un talud superior (entre los 200 y 2000 m de profundidad) y un talud inferior de fuerte pendiente que finaliza de forma nítida a 4700 m en la llanura abisal del Golfo de Vizcaya. El cañón de Avilés comienza a 128 m de profundidad, a tan solo 12 km de la costa, y tiene aproximadamente 75 km de longitud, con un perfil en forma de V y un fondo fundamentalmente sedimentario. En su cabecera presenta tres cambios bruscos de dirección (falla de Ventaniella) y su desembocadura a 4700 m es común para los tres cañones presentes en la zona.

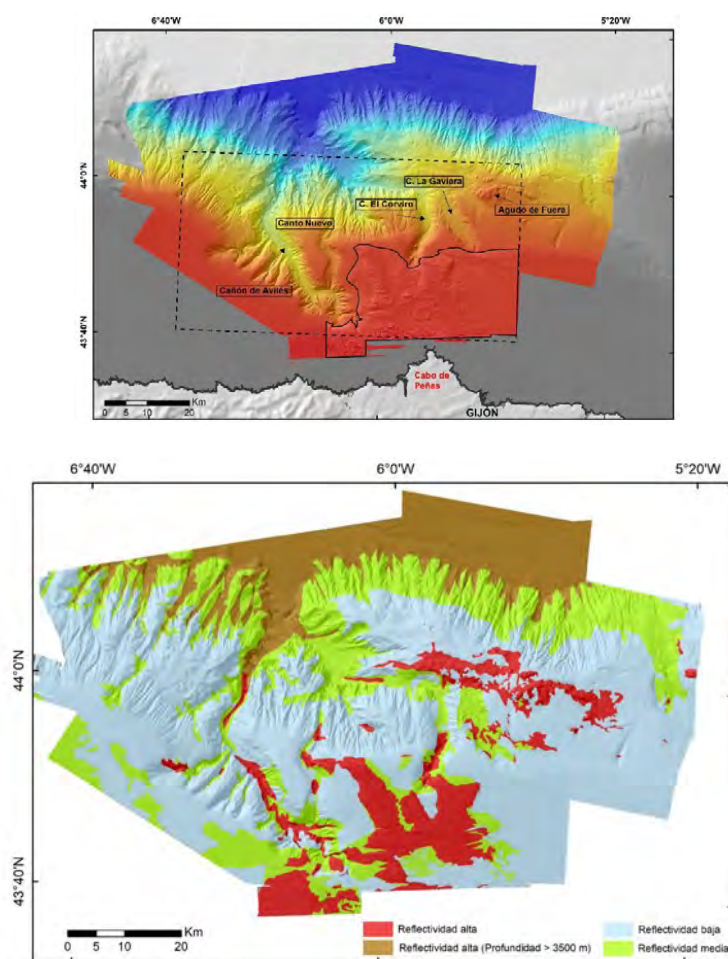


Figura 1. Modelo digital del terreno de la zona de estudio donde se muestran los límites del LIC (línea discontinua), la localización de las principales estructuras, así como la zona de plataforma, a una resolución de mayor detalle y que aparece delimitada perimetralmente (arriba) (modificado de Gómez-

Ballesteros, et al., 2014); y mapa de intensidad de reflectividad que muestran los distintos tipos de fondo (abajo), pudiendo interpretar la reflectividad alta como la media como fondo mixto o sustrato rocoso recubierto por sedimento y la reflectividad baja como sustrato sedimentario (Arrese et al., 2022).

2.2.1 Comunidades biológicas y pesquerías.

Las comunidades biológicas presentes en el Sistema de Cañones Submarino de Avilés responden a las características de un ecosistema de aguas templadas con elevada producción biológica. Las diferentes características fisiográficas y geomorfológicas definen una gran variabilidad medioambiental capaz de dar cabida a una gran biodiversidad de especies. La alta productividad biológica asociada al sistema de cañones de Avilés es responsable de la existencia de una abundante y variada flota pesquera en la zona. Cabe destacar en el Sistema de cañones de Avilés la presencia del hábitat “1170 Arrecifes” de la Directiva Hábitats que predomina en la cabecera del cañón de Avilés y particularmente en el cañón de La Gavieta, siendo esencial para el desarrollo de las poblaciones de muchas especies, algunas de ellas de gran importancia comercial para las pesquerías de anzuelo de fondo, como veremos más adelante, como la merluza (*Merluccius merluccius*).

Es una zona con una actividad pesquera muy intensa, y que hasta la entrada en la UE estuvo en continuo crecimiento (Punzón et al., 2020). En la zona de estudio se trabaja fundamentalmente con 4 tipos de pesca demersal (Puente, 1993; Punzón et al., 2000; Castro et al., 2010; Punzón et al., 2010; Punzón et al., 2011) (Ilustración 3): La de arrastre, en la que se desarrollan dos modalidades, la pesca de arrastre con puertas y a la pareja; la de enmalle, en el que se utilizan principalmente las artes de pesca de volanta, beta, rasco y trasmallo; anzuelos, en la que podemos destacar el pincho y el palangre de fondo; y las nasas o trampas. En la zona existen diversas estrategias de pesca. Por un lado, el característico de las pesquerías mixtas, entre las que se incluyen las desarrolladas por los diferentes tipos de arrastre y una parte importante de las que utilizan aparejos de enmalle. Generalmente operan con el mismo aparejo a lo largo de todo el año, siendo excepcional cuando abandonan su actividad para cambiar de aparejo y/o especie objetivo. Esto último puede ocurrir con las embarcaciones que trabajan con enmalle y que pueden alternar con pesquerías pelágicas estacionales como son la de curricán para la pesca del atún blanco (*Thunnus alalunga*), o la línea de mano dirigida a la caballa (*Scomber scombrus*). Por otro las que tradicionalmente se ha atribuido a la utilización de aparejos selectivos, y que preferimos denominar como dirigidas (en la mayoría de los casos aparejos de anzuelo y trampas). Son aquellas que a lo largo del año van cambiando las especies objetivo en función de la estacionalidad de éstas, y que suelen alternar también con las dos pesquerías pelágicas

indicadas anteriormente. En el presente trabajo solamente vamos a tratar las pesquerías de palangre de fondo, las de enmalle (principalmente las de rasco) y las de arrastre.

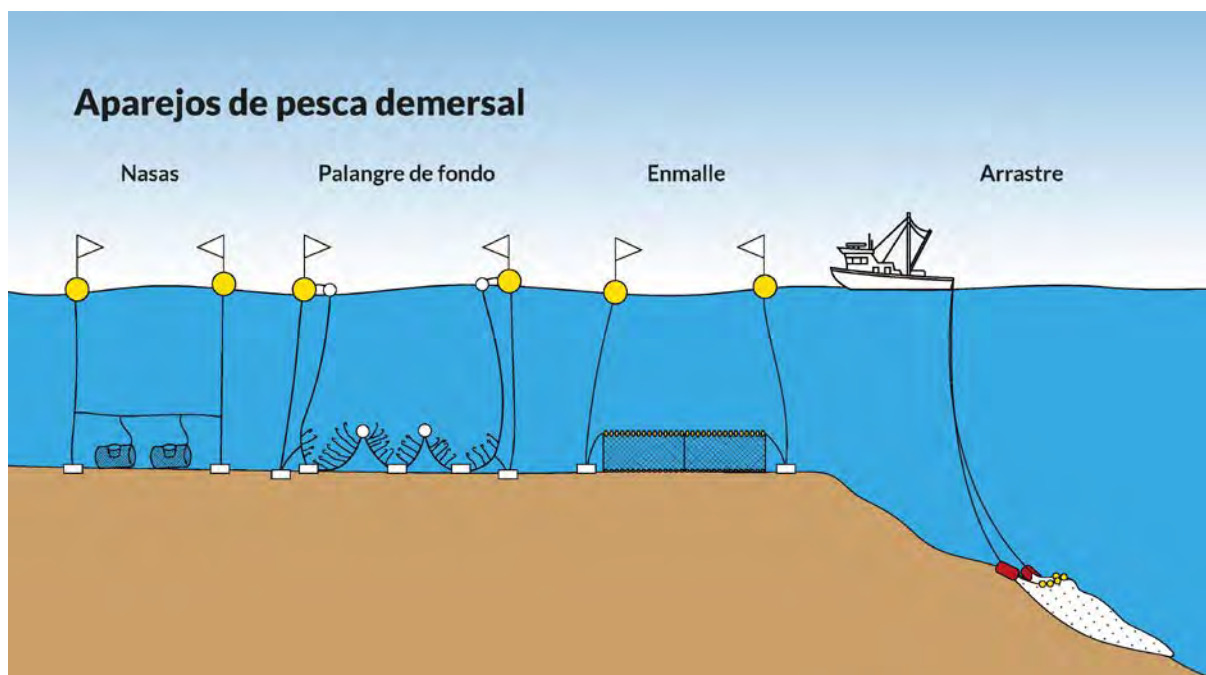


Ilustración 3. Principales tipos de aparejos de pesca demersal en la zona de estudio.

2.3 Objetivos.

La existencia de solapamiento entre la actividad pesquera de fondo y los hábitats bentónicos no implica un impacto sobre el mismo, por lo tanto, el objetivo es el diagnóstico del impacto de la actividad pesquera de fondo sobre los hábitats bentónicos de la RN2000. En el presente estudio se prestará especial atención al impacto del enmalle de fondo por identificarse solapamiento entre esta actividad y hábitats bentónicos de roca.

2.4 Generales.

- Análisis del impacto del enmalle y palangre de fondo sobre los hábitats bentónicos de fondo duro RN2000 y del arrastre de fondo sobre los hábitats bentónicos sedimentarios.
- Análisis de los efectos de la actividad pesquera demersal en la biodiversidad de los hábitats bentónicos.
- Análisis de la sensibilidad de los hábitats bentónicos a la presión pesquera demersal.
- Análisis de la ocupación de los hábitats bentónicos por los distintos niveles de presión pesquera.

- Análisis de la vulnerabilidad de los hábitats bentónicos a la presión de la actividad pesquera demersal.

2.5 Específicos.

- Caracterización espacio-temporal con VMS de la actividad pesquera de fondo en el Sistema de Cañones de Avilés.
- Relación entre la actividad pesquera y las basuras y artes de pesca perdidas.
- Análisis de la interacción entre el enmalle dirigido a rape (rasco) sobre los hábitats bentónicos de fondo rocoso y sus efectos a corto plazo sobre la densidad de especies.

3 Material y métodos.

3.1 Formatos espaciales.

Para la distribución espacial de la actividad pesquera y su relación con las variables ambientales, principalmente tipos de hábitats, se ha utilizado un estándar de grid denominado “c-squares” (en inglés, *Concise Spatial Query And Representation System*) (<http://www.marine.csiro.au/csquares/>) (Rees, 2003). Tiene como principales ventajas: es un método internacionalmente aceptado para el estudio de las pesquerías; es muy fácil de utilizar para almacenar información e intercambiarla; es un sistema anidado de celdas, todas ellas codificadas; válido para cualquier parte del mundo. Su mayor debilidad es que el tamaño de la celda viene determinado en grados, por lo que las celdas tienen distinta área en función de la latitud. Por esto la mayoría de los resultados en el presente trabajo vienen expresados por km². El tamaño de grid escogido para los análisis es de 0,01°, que en la zona de estudio equivale aproximadamente a 0.874 km².

3.2 Actividad Pesquera.

Las pesquerías de fondo en la zona del LIC de Sistema de Cañones de Avilés son las de arrastre (arrastre con puertas y pareja), enmalle (volanta y rasco) y palangre de fondo. Para la caracterización de las pesquerías se ha utilizado el arte de pesca al que están asignadas las capturas de los libros de pesca: enmalle (GNS); palangre de fondo (LLS); arrastre con puertas (OTB); y arrastre a la pareja (PTB). Para el estudio de impacto se han utilizado:

- Arrastre: la distribución espacial total del arrastre (PTB y OTB), ya que comparten caladeros.
- Enmalle: la distribución total del enmalle, aunque la zona donde se han realizado todas las experiencias es un caladero de rasco (enmalle de fondo dirigido a rape), y en una de los experimentos se utilizó este arte de pesca.
- Palangre de fondo: la distribución total del palangre de fondo.

3.2.1 Caracterización de las pesquerías.

La actividad pesquera en la zona es importante y diversa, operando flotas dedicadas a especies pelágicas y demersales que faenan principalmente con aparejos de cerco, artes de anzuelo, enmalles y arrastre de fondo, constituyendo un buen ejemplo de las diversas modalidades que operan en el Caladero Nacional del Cantábrico y Noroeste.

El principal objetivo de este estudio es identificar las actividades pesqueras que puedan interaccionar espacialmente con hábitats bentónicos, de forma que se omiten en este trabajo las pesquerías que utilizan aparejos que no actúan sobre el fondo, como son las actividades pesqueras de cerco, palangres de superficie dirigidos a la captura de túnidos, líneas de mano destinadas a especies de comportamiento pelágico, curricanes o caceas y cebo vivo.

Además, dada la baja capacidad de incidencia de aquellas actividades con presencia limitada en la zona, se omiten de la caracterización otras actividades demersales, como las líneas de mano dirigidas a merluza, las nasas y los trasmallos.

De esta forma, el presente trabajo se centra en las actividades de palangre de fondo, enmalles y arrastre de fondo, donde cabe diferenciar el arrastre de con fondos con puertas y el arrastre a la pareja.

3.2.1.1 Ámbito temporal del estudio.

Para esta caracterización se han utilizado datos de los años 2009 a 2020. En los análisis se presentan, por un lado, resultados medios referentes al trienio 2018-2020 y, por otro, se discute la evolución temporal de las actividades pesqueras a lo largo de toda la serie desde 2009. El uso de datos medios del trienio 2018-2020 permite proveer una visión menos dependiente de variaciones puntuales y, por tanto, más fidedigna. Particularmente, y si bien esta metodología es una práctica común, destacar que 2020, como último año de la serie, fue de hecho un año anómalo. Aunque la COVID-19 no afecta al pescado, la actividad pesquera se vio afectada indirectamente por la pandemia debido a factores como cambios en la demanda de los consumidores, el acceso a los mercados o problemas logísticos con el transporte.

3.2.1.2 Ámbito espacial del estudio.

Espacialmente, los análisis se han efectuado a partir de la información registrada en los libros de pesca y asignada a los rectángulos estadísticos de ICES que cubren el sistema de cañones de Avilés y zonas aledañas (16E3 y 16E4).

3.2.2 Distribución espacial de las pesquerías.

La distribución espacial del esfuerzo de la flota industrial se ha analizado utilizando la información de los libros de pesca y de los VMS entre 2009 y 2020. Los libros de pesca se utilizaron para la asignación de artes de pesca y pesquerías (previamente identificadas) a la información procedente de los VMS (Ilustración 4). La información de libros de pesca corresponde al periodo 2009-2020 para todo el mar Cantábrico (VIIIc ICES Division), y fueron utilizados para la identificación de artes de pesca y tácticas pesqueras. Se considera táctica

pesquera a la combinación del arte de pesca y la especie o especies objetivo de un grupo determinado de flota o marea. La información de los VMS es para el periodo 2006-2010 y únicamente se usaron los datos correspondientes a la zona de estudio. Estos datos se utilizaron para el análisis espacial de la actividad pesquera identificada previamente mediante los libros de pesca. VMS y libros de pesca han sido facilitados por "Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medioambiente" (MAPA).

Para la identificación de las pesquerías con los libros de pesca se han utilizado datos a una mayor escala espacial y temporal para identificar correctamente las tácticas pesqueras con poca presencia en el área de estudio. La metodología utilizada para la identificación de tácticas pesqueras e identificar las pesquerías de rasco, palangre dirigida a merluza y arrastre se puede ver en Punzón et al. (2010 y 2016).

Respecto a los VMS, este dispositivo de localización envía vía satélite cada dos horas una señal (ping) y queda registrado el código del barco emisor, fecha, hora, la posición (latitud y longitud), velocidad en nudos, rumbo y si el barco está realizando operaciones de pesca o no. La información de si está pescando o no se gestiona desde el barco, siendo en la mayoría de las ocasiones incorrecta, por lo que no puede ser utilizado.

Son muchos los filtros y tipos de procesado que se han realizado para eliminar aquellas señales no asociadas a actividad pesquera (Lee et al., 2010; Hintzen et al., 2010). En nuestro caso hemos realizado el siguiente procesado:

1. a cada señal se le asoció el tiempo transcurrido entre ella y la siguiente, y la distancia euclídea entre ambas señales.
2. se identificó el comienzo y la finalización de las mareas, cuando el tiempo transcurrido entre señales sucesivas era mayor a 4 horas.
3. se calculó la velocidad media de la embarcación entre señales (pings) sucesivas.
4. se eliminaron todas aquellas embarcaciones de las que haya menos de 10 señales a lo largo de un año.
5. se eliminan todas aquellas señales que estén a menos de tres millas del puerto pesquero más cercano.
6. a cada señal que coincida con una marea de los libros de pesca (en función del código del buque y la fecha de captura) se le asignó un arte de pesca y una táctica pesquera.
7. en función de la distribución de frecuencias de velocidades medias se definió un rango de trabajo para cada arte de pesca y todas aquellas señales con velocidades

fuera de rango se eliminaron: en el caso del rasco y el palangre entre 0.01 y 2.1 knts, el arrastre con puertas entre 2.25 y 4.25 knts, y el arrastre a la pareja entre 1.5 y 2.5 knts.

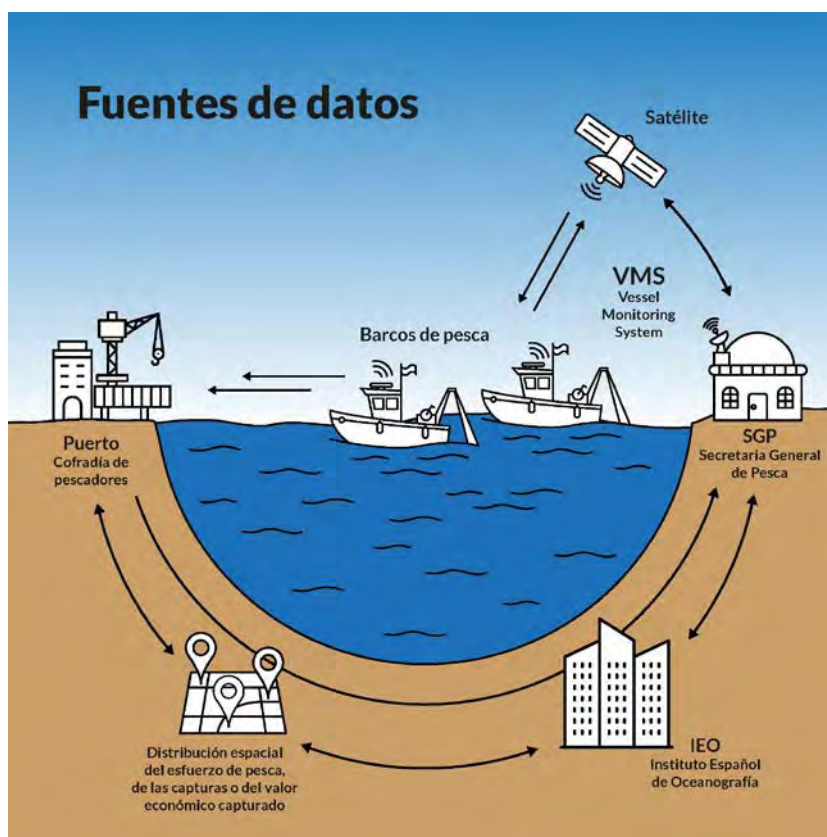


Ilustración 4. Principales fuentes de información pesquera utilizada en el análisis espacial de la actividad pesquera.

En el caso del arrastre además se obtuvo el área barrida. Para obtener la distribución espacial del área de barrido se identificaron los lances por marea, y se interpolaron las señales del VMS para obtener la pista de pesca de cada de pesca de cada lance utilizando la interpolación *spline cubic-hermet* (Hintzen et al., 2010). La actividad de pesca con arrastre se procesó toda en conjunto (arrastre con puertas y arrastre a la pareja), asignando una abertura horizontal del aparejo arrastre con puertas de 20 m y de 60 m para el arrastre a la pareja. El área media anual de barrido de cada celda (km^2) se convirtió en el número de veces que se arrastró cada celda dividiendo el área de barrido media anual por el área de la celda ($\text{c-square de } 0.01^\circ$).

Dado que las Campañas de investigación se realizaron en 2018 y 2019 para el estudio de los efectos de la presión pesquera en los hábitats bentónicos se ha utilizado el periodo 2009 a 2017.

3.3 Muestreo.

Se han realizado dos campañas de investigación (Ilustración 5):

- CANAVIS18 (del 29 al 15 de agosto de 2018): utilizando los gradientes de presión de las tres principales actividades pesqueras en la zona pesquera se realizó un estudio de los efectos sobre los hábitats bentónicos.
- CABEFAF19 (del 31 de julio al 14 de agosto de 2019). Experimento BACI (*Before-After Control Impact*) para el arte de pesca de rasco, red de enmalle de fondo dirigido a rape (*Lophius* spp.).

Ambas campañas se realizaron en la misma zona de estudio. En la Ilustración 5 se puede ver un esquema de los dos tipos de diseño experimental para el análisis del impacto de la pesca en los hábitats bentónicos RN2000.

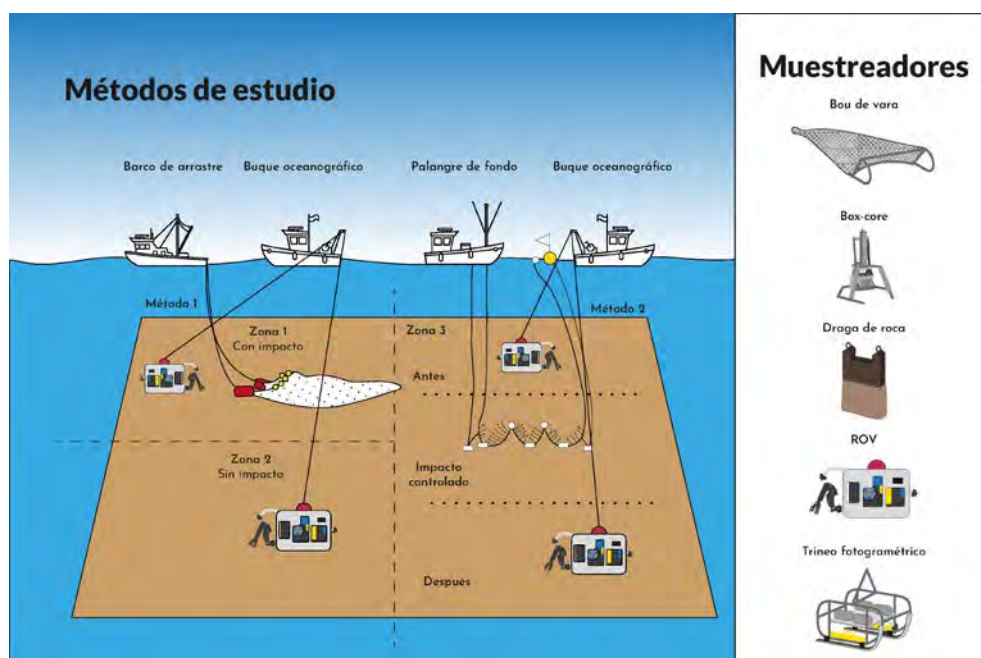


Ilustración 5. Muestreadores y diseños experimentales para el análisis de los efectos de la pesca sobre los hábitats bentónicos: Método 1 (CANNAVIS18), muestreo en zonas con y sin impacto; Método 2 (CABEFAF19), muestreo antes y después de ejercer un impacto controlado.

3.3.1 Zona de estudio.

La zona de estudio (Figura 2) fue seleccionada en base a la información disponible del proyecto INDEMARES de presencia de hábitats RN2000, principalmente el formado por *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum* (hábitat 1170 Arrecifes) (Foto 1) y la distribución de las pesquerías. Al no disponer de la cartografía de los hábitats mencionados, se utilizó como criterio principal las características ambientales asociadas a la geomorfología y la batimetría, y la actividad pesquera. Además, de los hábitats 1170 de la zona de estudio,

se han analizado los hábitats sobre fondos sedimentarios. Este estudio se ha realizado ya que los resultados de la acción y en concreto de este caso de estudio, van a servir para asesorar en la realización de todos los planes de gestión participativos de los LICs INDEMARES previstos en el proyecto INTEMARES.

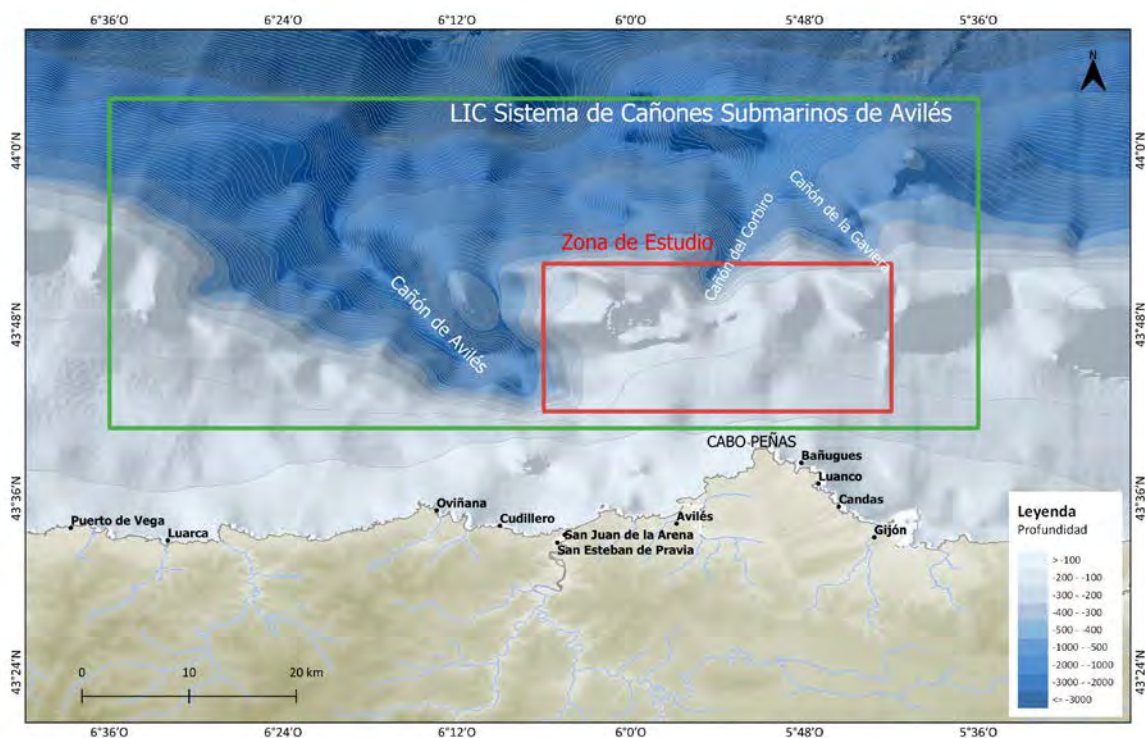


Figura 2. Área de estudio (rectángulo rojo) dentro del LIC sistema de Cañones Submarinos de Avilés (rectángulo verde).

El área de estudio está en la plataforma continental frente al Cabo de Peñas entre los 100 y los 250 metros de profundidad, en el suroeste del LIC del Sistema de Cañones Submarinos de Avilés (Figura 3). El área de estudio (cuadrado rojo) se caracteriza por una superficie rocosa central, rodeada de sustrato sedimentario formado por arenas circalitorales de plataforma externa principalmente y a partir de los 200 metros de arenas batiales de plataforma externa. Los muestreos para el análisis de los impactos del enmalle (rasco) y el palangre se realizaron en la superficie rocosa central, mientras que los dirigidos al estudio del impacto del arrastre se situaron en el hábitat sedimentario que rodea esta superficie rocosa central. La selección de sitios de muestreo se realizó teniendo en cuenta la batimetría y el tipo de fondo, de forma que entre sitios de muestreo para evaluar el impacto del mismo arte no hubiera mucha diferencia.



Foto 1. Ejemplares de *Dendrophyllia cornigera* (izquierda) y *Phakellia ventilabrum* (derecha).

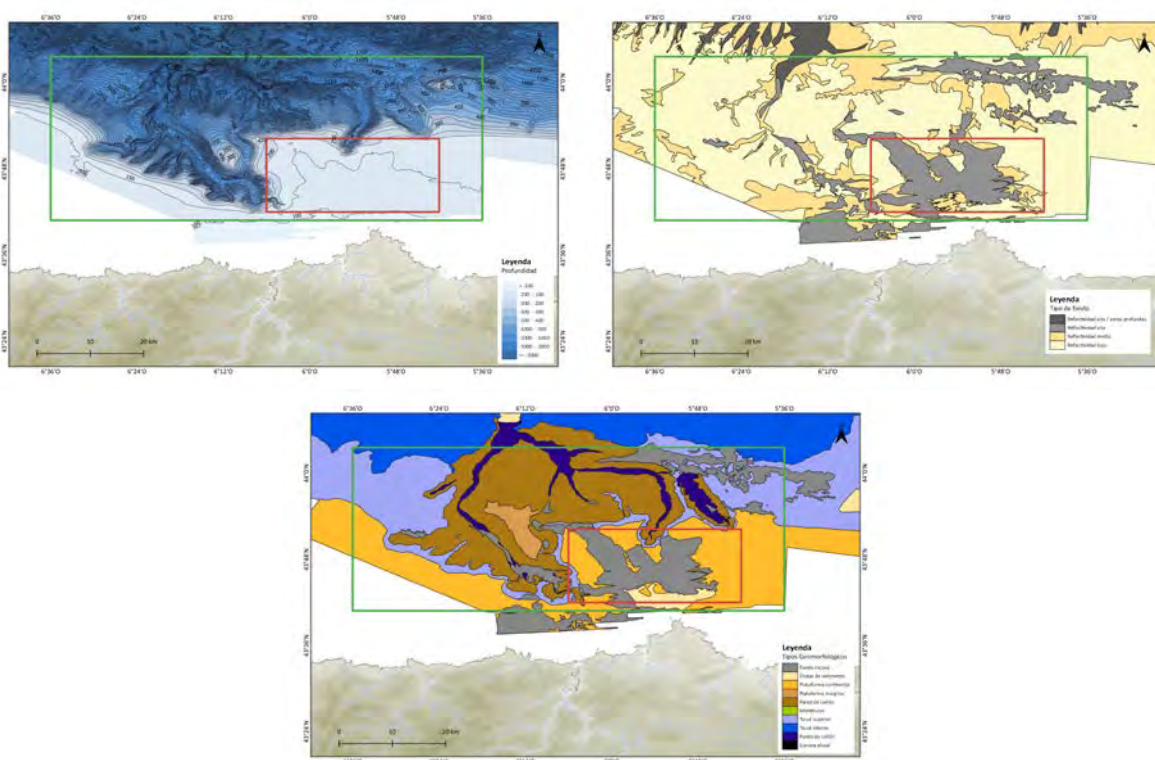


Figura 3. Batimetría de alta resolución (arriba izquierda), tipos de fondo (arriba derecha) y tipos geomorfológicos (abajo) en la zona de estudio.

3.3.2 Campaña INTEMARES A4 Cañón de Avilés 2018 (CANNAVIS18).

3.3.2.1 Objetivos específicos de la campaña.

El objetivo de la campaña INTEMARES A4 Cañón de Avilés es la evaluación por métodos directos del efecto de la presión pesquera ejercida fundamentalmente por artes fijas de fondo sobre la distribución y calidad de los hábitats bentónicos RN2000, teniendo como objetivos secundarios la recogida de información para analizar:

- Efecto de la pesca en las comunidades y hábitats bentónicas.

- Efecto de la pesca en las comunidades infaunales.
- Evaluación de la relación entre los artes perdidos (pesca fantasma) y los distintos niveles de esfuerzo.
- Mejora de los índices de vulnerabilidad de las especies bentónicas al arrastre.
- Mejorar y/o crear índice de vulnerabilidad de las especies bentónicas al palangre o al enmalle.
- Obtener los indicadores de presión sobre los hábitats estudiados.

3.3.2.2 Diseño de la Campaña.

La campaña se realizó entre el 29 de julio y el 15 de agosto de 2018. En función del tipo de fondo y del arte de pesca se han empleado distintos tipos de muestreador. Con el objeto de compatibilizar los distintos métodos de muestreo la campaña se dividió en dos partes:

- Parte I (29 de julio al 8 de agosto): Dirigido al diagnóstico del impacto generado sobre actividades pesqueras que actúan sobre fondos rocosos. Como muestreadores se utilizaron el trineo fotogramétrico Politolana y la draga de roca (Foto 2).
- Parte II (9 de agosto al 15 de agosto): Dirigido al diagnóstico del impacto generado sobre actividades pesqueras que actúan sobre fondos sedimentarios. Como muestreadores se utilizaron la draga Box-Corer y el patín epibentónico (Foto 3).

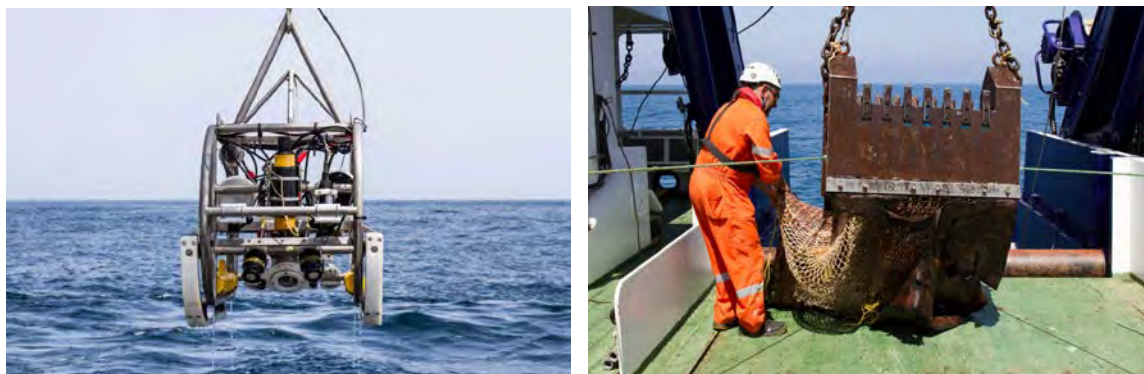


Foto 2. Muestreadores utilizados en la primera parte de la campaña: Trineo fotogramétrico Politolana (izquierda) y draga de roca (derecha).

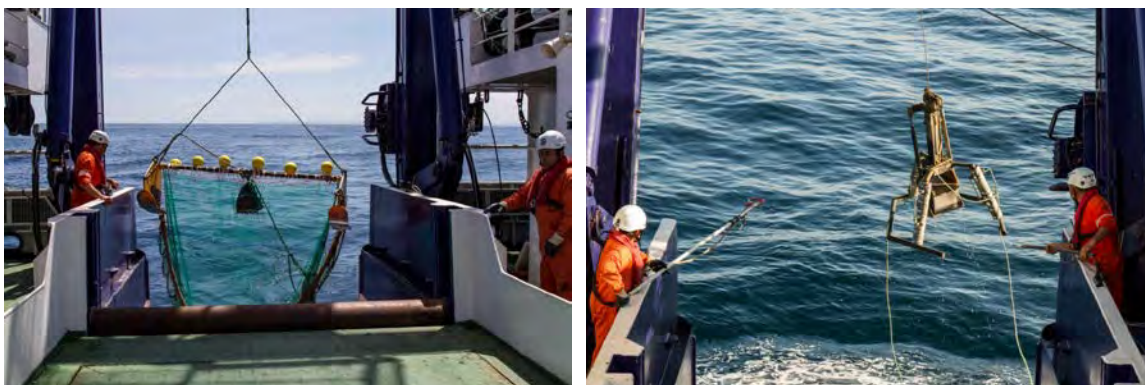


Foto 3. Muestreadores utilizados en la segunda parte de la campaña: patín epibentónico (beam trawl) (izquierda) y draga Box-Core (derecha).

Estimación y distribución del esfuerzo pesquero.

En la zona de estudio principalmente tienen lugar tres pesquerías que entran en contacto con el fondo y que fueron objeto de estudio durante la campaña (Foto 4), la de enmalle, que en la zona de estudio es la de enmalle de fondo dirigido al *Lophius* spp. (rasco), palangre de fondo, arrastre con puertas y arrastre a la pareja.



Foto 4. Barcos tipo y aparejo en el caso del rasco que usan los artes de pesca demersal que fueron objeto de estudio durante la Campaña CANAVIS 18 (de arriba abajo y de izquierda a derecha): enmalle (rasco, enmalle dirigido a rape), palangre de fondo, arrastre con puertas y arrastre a la pareja.

Para el diseño de la campaña hemos utilizado el tiempo medio relativo de pesca (horas por kilómetro cuadrado) entre 2009 y 2017 como unidad de esfuerzo. En la Figura 4 se muestra la distribución espacial del esfuerzo relativo para estas actividades pesqueras.

Además, para todo el arrastre junto (arrastre con puertas y arrastre a la pareja) y para el periodo 2009-2017 se calculó el área barrida. El mapa final fue el valor medio para los 9 años).

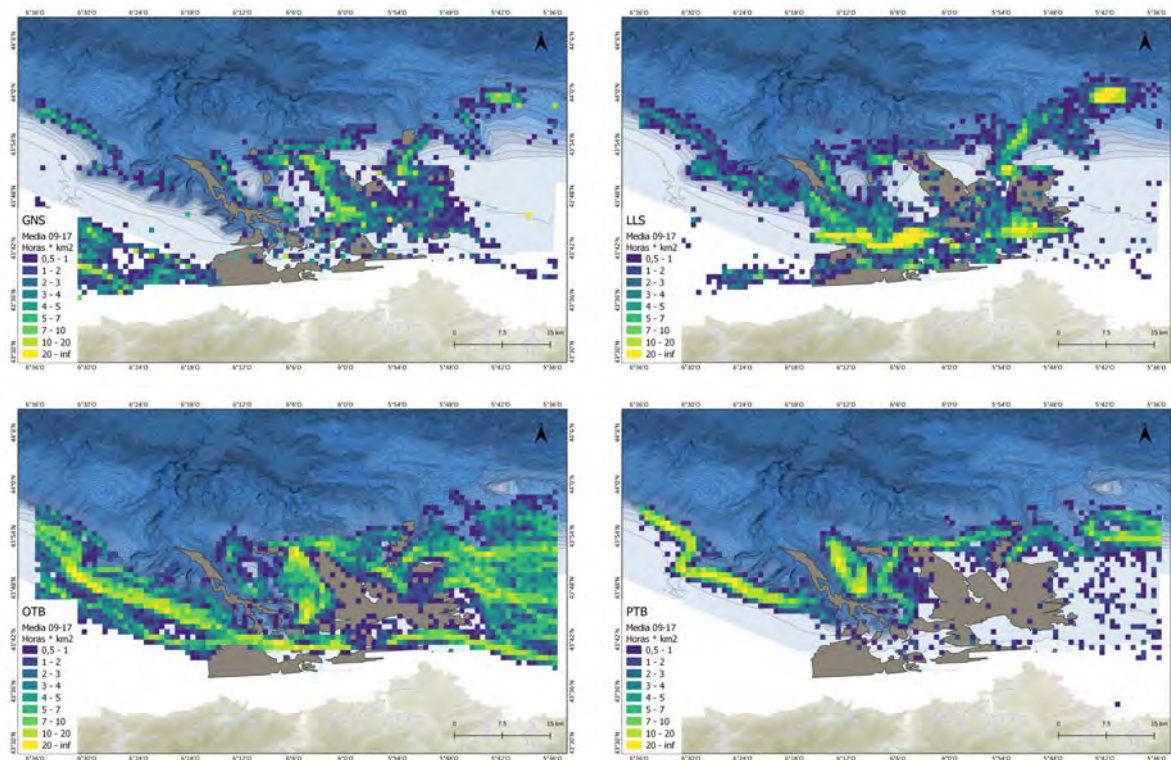


Figura 4. Distribución espacial del esfuerzo relativo (horas por km²) medio entre 2009 y 2017 del (de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha): enmalle; palangre de fondo; arrastre con puertas; y arrastre a la pareja.

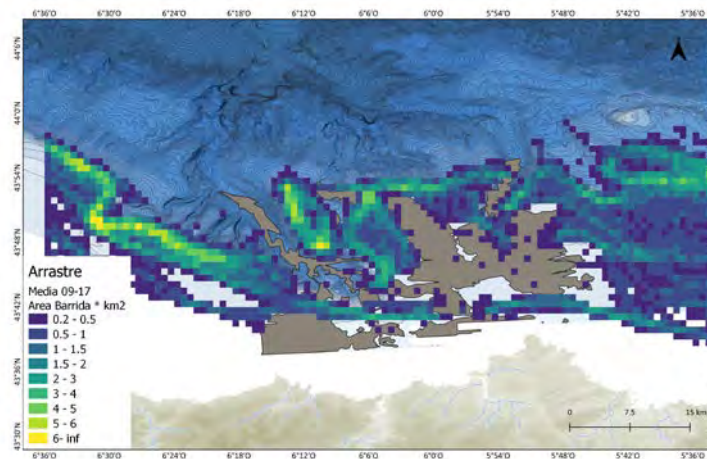


Figura 5. Distribución espacial del esfuerzo (área barrida respecto por km²) de arrastre (arrastre con puertas y arrastre a la pareja).

Estaciones de muestreo y lances.

Para la selección de las zonas de estudio se tuvieron en cuenta el esfuerzo pesquero (presión), el tipo de fondo y las características ambientales. En la zona de estudio los artes fijos (palangre y rasco) operan principalmente sobre sustrato rocoso o en la frontera con el sustrato sedimentario, mientras que los artes móviles (arrastres) operan exclusivamente sobre sustrato sedimentario. En el caso del muestreo para el diagnóstico de los efectos de los artes fijos se ha usado el resultado del isocluster obtenido a partir del modelo de elevación y capas derivadas (bpi, pendiente, etc.), con el objeto de seleccionar zonas ambientalmente similares (Figura 6), para lo que se identificaron 6 tipos de fondos.

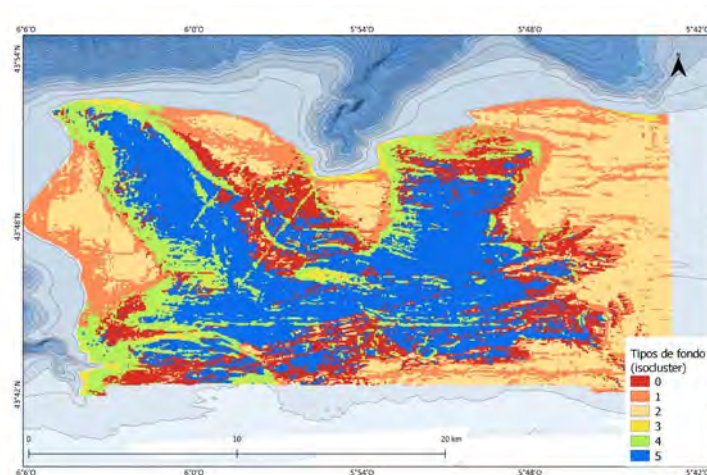


Figura 6. Resultado del Isocluster.

En el caso de los artes fijos en función de si se trataba de enmalle (rasco) o de palangre se definieron dos parejas de estaciones para cada uno de ellos, estando formadas cada pareja

de estaciones por una estación con un nivel de esfuerzo alto y otra con esfuerzo muy bajo o nulo, intentando que las dos estaciones de cada pareja fueran ambientalmente muy similares. Además, hay que tener en cuenta, que se consideró la tendencia del esfuerzo, por lo que tanto en rasco como en palangre de fondo en una de las parejas de estaciones el esfuerzo tenía una tendencia descendente. Así, las estaciones en función del tipo de arte y esfuerzo fueron (Figura 7):

1. Rasco:

- a. Pareja Estaciones 1: Estaciones 1 (esfuerzo alto) y 2 (esfuerzo bajo o nulo).
- b. Pareja Estaciones 2: Estaciones 3 (esfuerzo alto tendencia disminuir) y 4 (esfuerzo bajo o nulo).

2. Palangre de fondo:

- a. Pareja Estaciones 3: Estaciones 5 (esfuerzo alto) y 6 (esfuerzo bajo o nulo).
- b. Pareja Estaciones 4: Estaciones 7 (esfuerzo alto tendencia disminuir) y 8 (esfuerzo bajo o nulo).

Para el arrastre en la zona de estudio, de los 5 (0-4) niveles de esfuerzo posibles, solamente están presentes los cuatro primeros, no existiendo ninguna celda con un nivel de esfuerzo máximo o 4 (Figura 5). Las estaciones en función del nivel de esfuerzo fueron (Figura 7):

- 1. Nivel de esfuerzo 0: Estaciones 9 y 11.
- 2. Nivel de esfuerzo 1: Estaciones 12 y 13.
- 3. Nivel de esfuerzo 2: Estaciones 14 y 17.
- 4. Nivel de esfuerzo 3: Estaciones 15 y 16.

Además, se hicieron muestreos en la estación 10, que, aunque está en una celda con un nivel de esfuerzo de arrastre 2, en realidad el esfuerzo atendiendo a la huella pesquera a menor escala es nulo. Esta estación se escogió porque se trataba de una zona sedimentaria rodeada de zonas rocosas, y con muchas probabilidades de tratarse de una zona donde nunca se hubiera trabajado con arte de arrastre.

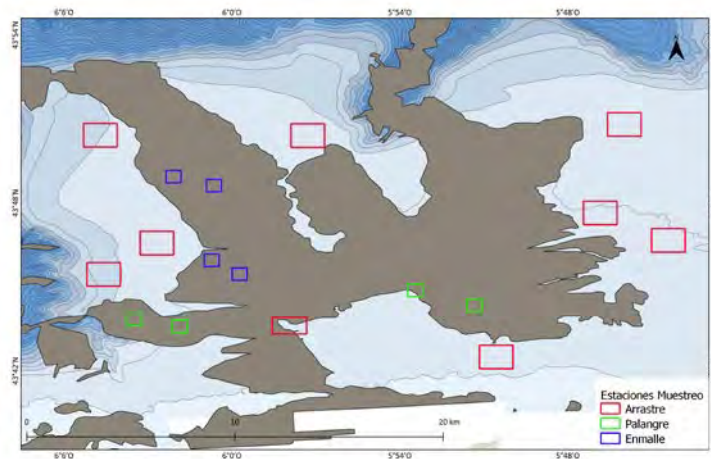


Figura 7. Distribución espacial de las estaciones de muestreo: en verde las estaciones para el estudio del impacto del palangre de fondo, en azul las del enmalle (rasco) y en rojo las estaciones usadas para evaluar el impacto del arrastre.

En la Tabla 1 y Figura 8 se representan los muestreos realizados durante la fase I de muestreo. En el código de muestra, el primer número hace referencia al tipo de muestreador: 1, trineo fotogramétrico; 2, draga de roca; 3, patín epibentónico; y 4 box-corer. Durante la fase I hubo 2 días donde no se pudo trabajar con el trineo fotogramétrico por condiciones climatológicas adversas. Durante la fase I solo hubo un lance nulo (2_2). Se hicieron tres muestreos especiales: un muestreo (1_25) en la estación 10 con trineo fotogramétrico en zona sedimentaria teóricamente prístina; un muestreo (1_26) para hacer un estudio mediante técnicas de alta resolución con el trineo fotogramétrico, que en realidad estuvo compuesto de cuatro líneas de muestreo (ver apartado muestreo trineo fotogramétrico); y un muestreo con draga de roca (2_4) de apoyo taxonómico al trineo fotogramétrico, para la identificación de las especies de ofiuras presentes en la zona.

En la Tabla 2 y en la Figura 8 se representan los muestreos realizados durante la fase II de la campaña. Solamente hubo tres muestreos nulos, y todos con el patín epibentónico. Se hicieron 5 lances especiales: 2 muestreos con patín epibentónico (3_27 y 3_28) en la estación 10 en zona sedimentaria teóricamente prístina; y en la misma estación 2 muestreos con box-corer (4_18 y 4_19); y un muestreo con box-corer (4_01) para poner a punto el muestreador.

Tabla 1. Muestreos realizados en la fase I de la campaña (Validez (VAL): 0, nulo; 1, válido; 2, especial).

MUESTRA	ESTACIÓN	FECHA	MUESTREADOR	VALIDEZ	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDAD	ARTE PESCA	PRESION	PRESION CUALITATIVA
1_1	Estacion 1	31/07/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.81591667	-6.036	142.5	rasco		rasco_1_estable
1_2	Estacion 1	31/07/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.81333333	-6.034666667	144	rasco		rasco_1_estable
1_3	Estacion 1	31/07/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.81791667	-6.034916667	145.5	rasco		rasco_1_estable
1_4	Estacion 2	03/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.81016667	-6.013	141	rasco		rasco_0_estable
1_5	Estacion 2	03/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.81058333	-6.010416667	140.5	rasco		rasco_0_estable
1_6	Estacion 2	03/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.81016667	-6.007416667	138.5	rasco		rasco_0_estable
1_7	Estacion 4	03/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.75916667	-5.995	129	rasco		rasco_0_descenso
1_8	Estacion 4	04/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.75591667	-5.995083333	126.5	rasco		rasco_0_descenso
1_9	Estacion 4	04/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.76	-5.995833333	133	rasco		rasco_0_descenso
1_10	Estacion 3	04/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.76575	-6.012166667	147	rasco		rasco_1_descenso
1_11	Estacion 3	04/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.76675	-6.014916667	151	rasco		rasco_1_descenso
1_12	Estacion 3	04/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.76725	-6.010666667	146.5	rasco		rasco_1_descenso
1_13	Estacion 5	05/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.73041667	-6.05975	179.5	palangre_fondo		palangre_1_estable
1_14	Estacion 5	05/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.72825	-6.06	184.5	palangre_fondo		palangre_1_estable
1_15	Estacion 5	05/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.73025	-6.057083333	175.5	palangre_fondo		palangre_1_estable
1_16	Estacion 6	05/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.72791667	-6.030833333	176	palangre_fondo		palangre_0_estable
1_17	Estacion 6	05/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.72558333	-6.030583333	176	palangre_fondo		palangre_0_estable
1_18	Estacion 7	06/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.74	-5.856583333	124	palangre_fondo		palangre_0_descenso
1_19	Estacion 7	06/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.74025	-5.85375	124	palangre_fondo		palangre_0_descenso
1_20	Estacion 7	06/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.73758333	-5.857416667	124	palangre_fondo		palangre_0_descenso
1_21	Estacion 6	06/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.72641667	-6.030416667	138	palangre_fondo		palangre_0_estable
1_22	Estacion 8	07/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.74708333	-5.8905	125.5	palangre_fondo		palangre_1_descenso
1_23	Estacion 8	07/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.74925	-5.892	127	palangre_fondo		palangre_1_descenso
1_24	Estacion 8	07/08/1918	trineo_fotogrametrico	1	43.74608333	-5.889833333	126	palangre_fondo		palangre_1_descenso
1_25	Estacion 10	07/08/1918	trineo_fotogrametrico	2	43.72383333	-5.966333333	127	especial_sedimentario		especial_sedimentario
1_26	Estacion especial fot. 3D	08/08/1918	trineo_fotogrametrico	2	43.74583333	-5.886916667	122	especial_roca_pristino		especial fot. 3D
2_1	Estacion 1	31/07/1918	draga_roca	1	43.816	-6.033916667	143	rasco		rasco_1_estable
2_2	Estacion 2	01/08/1918	draga_roca	0	43.82	-6.011833333	142.5	rasco		rasco_0_estable
2_3	Estacion 2	01/08/1918	draga_roca	1	43.81141667	-6.008416667	139.5	rasco		rasco_0_estable
2_4	Estacion especial	02/08/1918	draga_roca	2	43.77441667	-5.92875	128.5	especial_roca_pristino		especial_ofiuras
2_5	Estacion 2	03/08/1918	draga_roca	1	43.80825	-6.014083333	140.5	rasco		rasco_0_estable
2_6	Estacion 2	03/08/1918	draga_roca	1	43.80908333	-6.007833333	138	rasco		rasco_0_estable
2_7	Estacion 2	03/08/1918	draga_roca	1	43.80941667	-6.007666667	138	rasco		rasco_0_estable
2_8	Estacion 4	04/08/1918	draga_roca	1	43.7595	-5.993833333	129	rasco		rasco_0_descenso
2_9	Estacion 3	05/08/1918	draga_roca	1	43.76775	-6.008	149	rasco		rasco_1_descenso
2_10	Estacion 5	05/08/1918	draga_roca	1	43.729	-6.060583333	183	palangre_fondo		palangre_1_estable
2_11	Estacion 7	06/08/1918	draga_roca	1	43.73983333	-5.85625	126.5	palangre_fondo		palangre_0_descenso
2_12	Estacion 6	06/08/1918	draga_roca	1	43.72775	-6.029666667	136.5	palangre_fondo		palangre_0_estable
2_13	Estacion 8	07/08/1918	draga_roca	1	43.74933333	-5.893	128.5	palangre_fondo		palangre_1_descenso

Tabla 2. Muestreos realizados en la fase II de la campaña (Validez: 0, nulo; 1, válido; 2, especial).

MUESTRA	ESTACIÓN	FECHA	MUESTREADOR	VALIDEZ	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDAD	ARTE PESCA	PRESION	PRESION CUALITATIVA
3_1	Estacion 9	09/08/1918	bou de vara	1	43.83341667	-5.943	172.5	arrastre		arrastre_0
3_2	Estacion 9	09/08/1910	bou de vara	1	43.83616667	-5.963	176	arrastre		arrastre_0
3_3	Estacion 15	09/08/1910	bou de vara	1	43.79633333	-5.76166667	152	arrastre		arrastre_3
3_4	Estacion 11	09/08/1918	bou de vara	0	43.79541667	-5.77958333	154	arrastre		arrastre_0
3_5	Estacion 11	10/08/1918	bou de vara	1	43.80058333	-5.779	152.5	arrastre		arrastre_0
3_6	Estacion 12	10/08/1918	bou de vara	1	43.77866667	-6.04716667	179	arrastre		arrastre_1
3_7	Estacion 12	10/08/1918	bou de vara	1	43.77291667	-6.04508333	180.5	arrastre		arrastre_1
3_8	Estacion 12	10/08/1918	bou de vara	1	43.78	-6.04866667	181	arrastre		arrastre_1
3_9	Estacion 13	10/08/1918	bou de vara	1	43.70883333	-5.83825	115	arrastre		arrastre_1
3_10	Estacion 13	10/08/1918	bou de vara	1	43.70933333	-5.83383333	115	arrastre		arrastre_1
3_11	Estacion 14	13/08/1918	bou de vara	1	43.85216667	-5.75825	186.5	arrastre		arrastre_2
3_12	Estacion 14	13/08/1918	bou de vara	1	43.84741667	-5.76633333	184	arrastre		arrastre_2
3_13	Estacion 15	13/08/1918	bou de vara	1	43.77933333	-5.73891667	147	arrastre		arrastre_3
3_14	Estacion 15	13/08/1918	bou de vara	1	43.77833333	-5.72858333	149	arrastre		arrastre_3
3_15	Estacion 16	13/08/1918	bou de vara	1	43.75808333	-6.07575	224.5	arrastre		arrastre_3
3_16	Estacion 16	13/08/1918	bou de vara	0	43.7565	-6.07458333	224.5	arrastre		arrastre_3
3_17	Estacion 17	14/08/1918	bou de vara	1	43.84141667	-6.07616667	203.5	arrastre		arrastre_2
3_18	Estacion 17	14/08/1918	bou de vara	1	43.83858333	-6.07416667	204	arrastre		arrastre_2
3_19	Estacion 17	14/08/1918	bou de vara	1	43.83875	-6.08158333	206	arrastre		arrastre_2
3_20	Estacion 16	14/08/1918	bou de vara	1	43.75125	-6.0785	240	arrastre		arrastre_3
3_21	Estacion 12	14/08/1918	bou de vara	1	43.77816667	-6.05033333	179	arrastre		arrastre_1
3_22	Estacion 9	14/08/1918	bou de vara	1	43.83525	-5.95866667	172	arrastre		arrastre_0
3_23	Estacion 14	14/08/1918	bou de vara	1	43.84925	-5.75683333	184	arrastre		arrastre_2
3_24	Estacion 11	14/08/1918	bou de vara	0	43.79583333	-5.77816667	148.5	arrastre		arrastre_0
3_25	Estacion 15	15/08/1918	bou de vara	1	43.77833333	-5.73216667	152	arrastre		arrastre_3
3_26	Estacion 13	15/08/1918	bou de vara	1	43.70933333	-5.83908333	115	arrastre		arrastre_1
3_27	Estacion 10	15/08/1918	bou de vara	2	43.72791667	-5.96183333	126.5	especial_sedimentario		especial_sedimentario
3_28	Estacion 10	15/08/1918	bou de vara	2	43.72833333	-5.97033333	127.5	especial_sedimentario		especial_sedimentario
4_1	Estacion prueba box-core	08/08/1918	box_corer	2	43.66716667	-5.669	97	especial_prueba		especial_prueba
4_2	Estacion 13	11/08/1918	box_corer	1	43.70616667	-5.82983333	112	arrastre		arrastre_1
4_3	Estacion 13	11/08/1918	box_corer	1	43.7095	-5.84383333	113	arrastre		arrastre_1
4_4	Estacion 12	11/08/1918	box_corer	1	43.7715	-6.04083333	174	arrastre		arrastre_1
4_5	Estacion 12	11/08/1918	box_corer	1	43.78233333	-6.05233333	183	arrastre		arrastre_1
4_6	Estacion 9	11/08/1918	box_corer	1	43.83616667	-5.96883333	176	arrastre		arrastre_0
4_7	Estacion 9	11/08/1918	box_corer	1	43.83416667	-5.93883333	174	arrastre		arrastre_0
4_8	Estacion 11	11/08/1918	box_corer	1	43.80066667	-5.78466667	146	arrastre		arrastre_0
4_9	Estacion 15	11/08/1918	box_corer	1	43.79666667	-5.75733333	155	arrastre		arrastre_3
4_10	Estacion 14	12/08/1918	box_corer	1	43.85233333	-5.7465	185	arrastre		arrastre_2
4_11	Estacion 14	12/08/1918	box_corer	1	43.848	-5.76416667	185	arrastre		arrastre_2
4_12	Estacion 15	12/08/1918	box_corer	1	43.77883333	-5.736	148	arrastre		arrastre_3
4_13	Estacion 15	12/08/1918	box_corer	1	43.77833333	-5.74433333	147	arrastre		arrastre_3
4_14	Estacion 16	12/08/1918	box_corer	1	43.75266667	-6.07266667	221	arrastre		arrastre_3
4_15	Estacion 16	12/08/1918	box_corer	1	43.7615	-6.07433333	216	arrastre		arrastre_3
4_16	Estacion 17	12/08/1918	box_corer	1	43.83566667	-6.07266667	195	arrastre		arrastre_2
4_17	Estacion 17	12/08/1918	box_corer	1	43.84566667	-6.07916667	206	arrastre		arrastre_2
4_18	Estacion 10	12/08/1918	box_corer	2	43.72866667	-5.96966667	129	especial_sedimentario		especial_sedimentario
4_19	Estacion 10	12/08/1918	box_corer	2	43.7255	-5.96616667	129	especial_sedimentario		especial_sedimentario

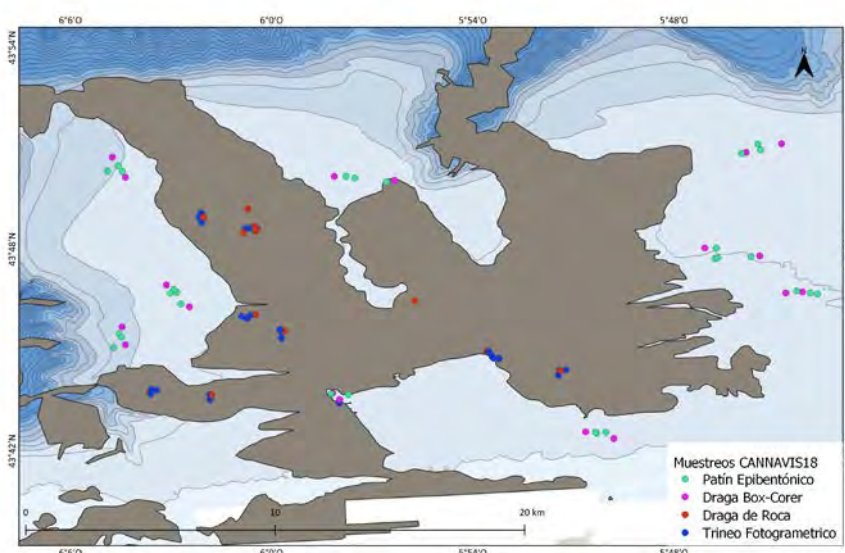


Figura 8. Distribución espacial de los muestreos por tipo de muestreador (de arriba hacia abajo): trineo fotogramétrico, draga de roca, patín epibentónico y box-corer.

3.3.2.3 Reprocesado del muestreo para la evaluación de los efectos de la presión pesquera

Palangre y enmalle de fondo.

El muestreo realizado durante la campaña fue diseñado para hacer una evaluación del impacto en relación a su presencia o ausencia en zonas muy próximas. Al realizar el muestreo con fotogrametría nos permite reprocesar el muestreo con el objeto de tener más muestras en relación a un gradiente de presión pesquera en continuo. Para ello cada foto se asignó al esfuerzo medio entre 2009 y 2017 en horas por km² a un nivel de presión pesquera calculado a un tamaño de grid (c-square) de 0.01° (aproximadamente 1 km²), y cada foto fue asignada a una celda de un grid de 0.001° (aproximadamente 100 m²). Siendo todas las fotos asignadas a una celda de 0.001° una muestra. Para que una muestra se diera por válida al menos tenía que haber 10 fotos (cada foto cubre un área aproximada de 1.83 m²), es decir un área equivalente a 18.3 m². Además, se eliminaron aquellas muestras (2) en las que solo había un ejemplar, ya que eran zonas de arena y por lo tanto no equivalentes ambientalmente al resto de los muestreos.

Arrastre.

El diseño de muestreo se realizó en función de la información disponible en 2017. Tanto la calidad de la información como las metodologías para obtener la distribución espacial del esfuerzo (área barrida) han mejorado, por lo que las muestras han sido reasignadas al esfuerzo medio entre 2009 y 2017 con un tamaño de grid (c-square) de 0.001°.

3.3.3 Campaña INTEMARES A4 Cañón Avilés 0819 (CABEFAF19).

Esta campaña tiene por objetivo determinar cómo se produce el impacto, analizar los efectos sobre el fondo de la red de enmalle dirigida a rape (rasco) y ver cuál es el área afectada por un arte de enmalle de estas características. Con este fin se ha diseñado un experimento BACI (*Befor-After Control Impact*) para evaluar y caracterizar la interacción de la red de pesca con los fondos y hábitats bentónicos de la zona de estudio. Para la realización de este experimento se necesita un barco profesional de pesca con experiencia en este arte de pesca. Para ello se ha contado con la colaboración de la Federación de Cofradías de Pescadores del Principado de Asturias que nos ha puesto en contacto con la flota asturiana susceptible de participar en este experimento. El estado de los fondos y hábitats bentónicos previo y posterior al impacto serán evaluados con el ROV LIROPUS del IEO (Foto 5).

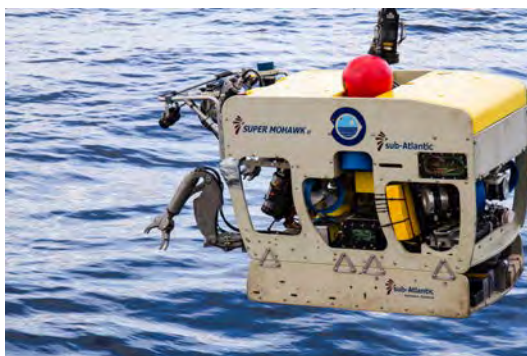


Foto 5. ROV LIROPUS del CN IEO.

3.3.3.1 Objetivos.

El objetivo de la campaña de investigación fue analizar el impacto del enmalle dirigido a rape (rasco) sobre el fondo, las especies y los hábitats mediante una simulación de pesca real con un barco de pesca comercial.

Los objetivos concretos de la campaña son:

- Caracterizar y cuantificar la interacción física del arte de pesca y de cada uno de sus elementos con el fondo, las especies y los hábitats.
- Estimar el área barrida por este tipo de aparejos y sus efectos en el área de influencia del mismo.
- Caracterizar y cuantificar los efectos físicos del arte sobre los fondos, las especies y los hábitats.
- Caracterizar el *by-catch* y las basuras de los lances realizados con el pesquero comercial.

3.3.3.2 Material y métodos.

El estudio se basa en un experimento BACI, es decir, una evaluación del estado de los hábitats antes y después de ejercer un impacto controlado con un arte de pesca. Para la realización de las experiencias se seleccionaron tres estaciones de muestreo situadas fuera de la zona de veda para rasco (Figura 9). Estas estaciones se seleccionaron en base a los siguientes criterios: existencia de esfuerzo pesquero e intensidad del mismo (Figura 4) (Punzón et al. 2016), que fueran zonas susceptibles de tener hábitat 1170, y que fueran buenos candidatos para utilizar un aparejo de Rasco. Las características de las estaciones en función a estos criterios son:

- Estación 1: Zona sin esfuerzo pesquero. Fondo Rocos. La profundidad aumenta desde el este al oeste, desde los 100 metros a los 140 m.

- Estación 2: Zona con esfuerzo pesquero, aunque no es impactada desde hace al menos 4 años. Fondo Rocoso. La profundidad es estable en toda la estación, aproximadamente 150 m.
- Estación 3: Zona con esfuerzo pesquero. Fondo Rocoso. La profundidad es estable en toda la estación, aproximadamente 150 m.

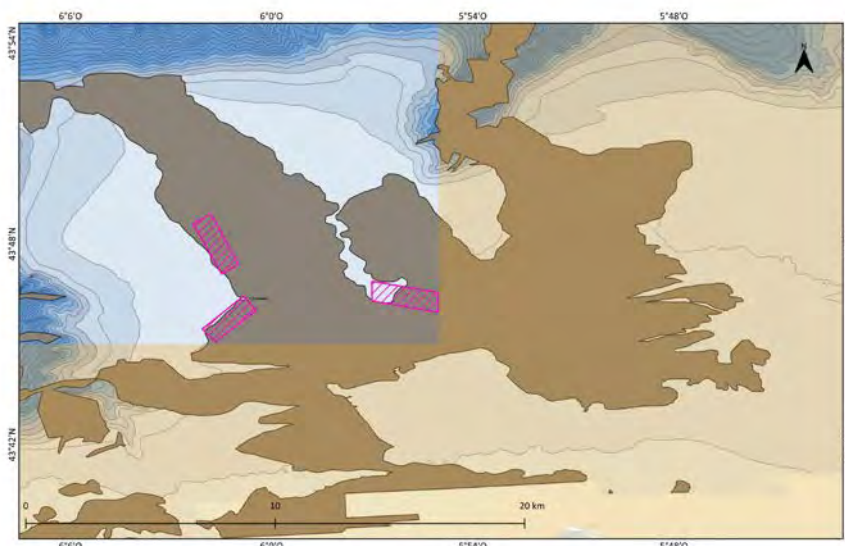


Figura 9. Estaciones de muestreo (rectángulos rosas) y zonas de veda al rasco (naranja).

Diagnosis del impacto a corto plazo del arte de rasco (experimento BACI).

Para realizar el experimento BACI, En cada una de las tres estaciones se dispusieron cuatro bloques de 3 transectos cada uno sobre la línea teórica sobre la que se va a largar el aparejo de pesca. Cada bloque se dispuso en el centro o a ambos lados de la línea teórica de donde se iba a largar el aparejo como se puede ver en la (Figura 10).

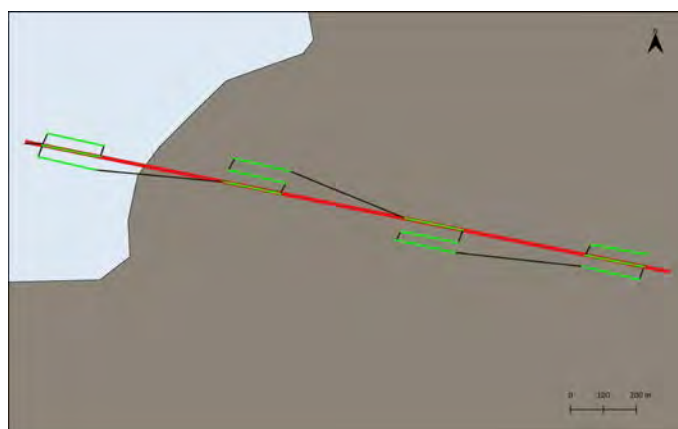


Figura 10. Esquema de muestreo. En rojo la línea teórica sobre la que se va a disponer el aparejo de pesca, en negro y verde la navegación teórica que debería seguir el ROV y en verde los transectos que se consideran de muestreo.

Cada uno de los transectos de video tuvo una duración de 20 minutos, a una velocidad media de navegación de 0.2-0.3 knts y a una altura entre 1 y 2 m en función del tipo de fondo y la inclinación. La nomenclatura de cada uno de los transectos es:

Nº Estación_Letra Bloque_Nº transecto en el Bloque

Siendo la letra de cada uno de los bloques de A D, empezando a nombrarlos desde el Oeste, y el número de transecto dentro de cada bloque de 1 a 3 empezando a numerarlos siempre desde el Norte. Así, el transecto 3-C-2 sería el transecto de la estación 3 del tercer bloque contando desde el oeste y el segundo transecto de ese bloque contando desde el norte. La nomenclatura se mantuvo en el muestreo de antes y después de los eventos de pesca. La distancia entre transectos del mismo bloque era de 50 m y la distancia entre bloques era de 400 m aproximadamente.

En la Tabla 1 se puede ver las estaciones y bloques de transectos muestreados. Se empezaron a realizar los trabajos con ROV el día 3 de agosto en la estación 2. Por problemas técnicos solo se pudieron hacer los transectos del bloque A. El resto de bloques de esta estación se completaron el día 6 coincidiendo con el inicio del trabajo del barco de pesca con rasco. Debido a que las condiciones climatológicas no eran las adecuadas, por velocidad de viento y ola, desde el día 9 a mediodía al 12 de agosto por la mañana se estuvo de arribada en Gijón (Tabla 3 y Foto 6). En el caso de los muestreos de la estación 1, hubo problemas con las corrientes al realizar los transectos del bloque C que impidieron realizar los muestreos de la forma prevista. Se modificó el diseño para realizar los muestreos siempre rumbo al SW.

Tabla 3. Bitácora de los principales trabajos realizados durante la campaña. En las columnas de los Transectos (ROV) se indican los bloques muestreados antes y después de los eventos de pesca. En las columnas de Rasco, se indican las viradas y largadas de cada uno de los rascos, el primer número indica la estación y el segundo número el número correlativo de rasco largado en esa estación, entre paréntesis con una B se indican si estaban balizados y el número de balizas. En la columna Exploración se indican los lances explorados con ROV.

Fecha		Estación		ROV		Rasco (Nº Balizas)		Observaciones	
				Transectos		Exploracion	Largada		Virada
				Before	After				
2020_08_03	1						Problemas técnicos ROV. Se trabajó parcialmente		
	2	A							
	3								
2020_08_04	1								
	2								
	3	A-B-C-D							
2020_08_05	1	A-B-C ¹ -D					C ¹ : Problemas con corrientes, se cambió de estrategia		
	2								
	3								
2020_08_06	1				1_1		2-1(B3) ² : Lance nulo. Largado fuera polígono muestreo		
	2	B-C-D			2-1 (B3) ²	2-1 (B3) ²			
	3				2-2 (B3) 3-1				
2020_08_07*	1						2-3 (B3): al largar derivó casi 100 m 3-1: Sin datos de virada (obenidos de AIS)		
	2			2_2 (B3)	2-3 (B3)	2-2 (B3)			
	3				3-2 (B1)	3-1			
2020_08_08	1		B-C ¹ -D			1_1	C ¹ : Problemas con corrientes día 5 de agosto, se cambió de estrategia		
	2				2-4 (B3)	2-3 (B3)			
	3			3_2 (B1)	3-3	3-2 (B1)			
2020_08_09**	1								
	2				2-5	2-4 (B3)			
	3								
2020_08_10**	1								
	2					2-5			
	3					3-3			
2020_08_11**	1								
	2								
	3								
2020_08_12**	1								
	2		B-C-D						
	3								
2020_08_13	1								
	2								
	3		A-B-C-D						

*.- No hay datos seguimiento GPS muestreador

**.- No se pudo trabajar total o parcialmente con el ROV por mal tiempo (arribada en Gijón)



Foto 6. Barco de pesca “El Diana” trabajando en mitad del temporal en la Estación 2 el día 9.

Visionado video en directo.

El equipo de visionado estaba formado por un coordinador científico, una responsable de la información, una responsable de la toma de imágenes con la cámara de fotos y 2 o 3 científicos de apoyo. El objetivo de usar la cámara de fotos con la que está equipado el ROV era hacer una colección de especies y morfotipos que fueran de ayuda en el visionado posterior de los videos en el laboratorio. La calidad de las imágenes con el ROV en movimiento no permitió hacer una buena colección de fotografías.

Durante el transecto se hizo el visionado en directo de la grabación, identificándose las especies al nivel taxonómico más bajo posible, los morfotipos previamente acordados, basuras (residuos y restos de aparejos de pesca) y los tipos de fondo. El minutado se realizó al segundo. Si durante el visionado se encontraban altas densidades de especies (p.ej. *Leptometra celtica*, *Phakelia* spp.) una persona se encargaba de estimar densidades de esa especie cada 10 sg mientras se seguía identificando el resto de especies. Esto se pudo hacer en ocasiones con tres especies a la vez, encargándose cada científico de una especie. Además, se grabaron y posicionaron todas las transiciones entre transectos, aunque no se hizo el visionado del video en directo. En el caso de los poríferos, además de aquellas especies que se pudieron identificar, se tuvo en cuenta si eran erguidas o tapizantes.



Foto 7. Visionado de los videos en directo. En la fotografía se puede observar a 5 de los 6 científicos encargados de realizar el visionado en directo y al responsable de la navegación del ROV (survey).

Testado de la precisión del impacto.

Con esta experiencia se quiere validar que la zona ha sido impactada con el arte de rasco. En cada una de las estaciones a principio y al final del recorrido programado por el ROV y a unos 50 m aproximadamente de cada uno de las posiciones teóricas de inicio y final del aparejo de pesca se depositó un grillete pintado de amarillo antes de realizar las pescas. Cada grillete tiene unas dimensiones de 23x10 cm. La existencia de impacto se validará mediante la valoración del estado de conservación de la pintura del grillete y de la zona próxima a él, donde se tiene la seguridad que se ha pasado con el ROV antes y después del impacto con el arte de rasco. No se ofrecen resultados de los grilletes, ya que una vez recogidos no se pudo observar ninguna marca que pudiera interpretarse que hubiera sido dañado por el aparejo de pesca.

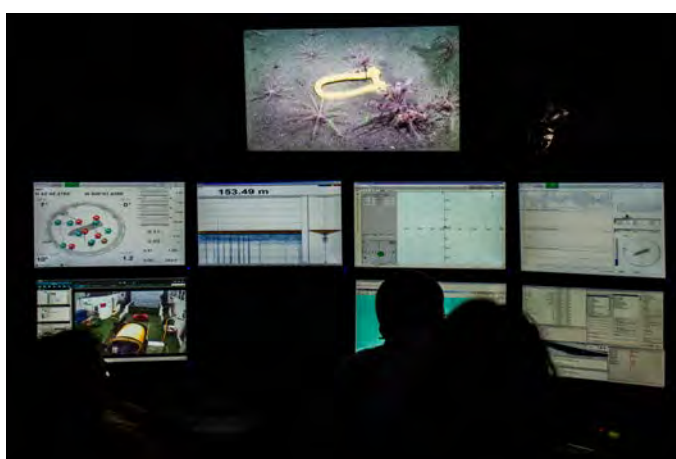


Foto 8. Grillete utilizado en el testado de precisión del impacto.

Impacto Controlado.

Para la experiencia de pesca profesional con arte de rasco se alquiló el barco "El Diana" (Foto 9 y Tabla 4). Este barco fue escogido después de un concurso público por tener como actividad pesquera principal la pesca con rasco (enmalle) y conocer la zona donde se iba a realizar el estudio. Las características técnicas de la embarcación se pueden ver en la Tabla 4.



Foto 9. Barco "El Diana" con toda la tripulación en el costado del barco.

Tabla 4. Características técnicas del barco "El Diana".

EL DIANA	
CODIGO_BUQUE	24937
NOMBRE_BUQUE	EL DIANA
MATRICULA	GI-1
FOLIO	2-00
DISTINTIVO	EA5262
LISTA	3
CENSO_POR_MODALIDAD	RASCO EN CANTABRICO NW
ESTADO	ALTA DEFINITIVA
FECHA_ALTA_CENSO	24/05/2001
FECHA_SITUACION	10/04/2002
FECHA_ENTRADA_SERVICIO	16/05/2001
PUERTO_BASE	BUSTIO
AUTONOMIA_PUERTO_BASE	PRINCIPADO DE ASTURIAS
ARQUEO_TRB	19.97999954
ARQUEO_GT	23
ESLORA_TOTAL	15.5
ESLORA_PP	12.75
POTENCIA	145
TIPO_CASCO	ACERO

Se define como rasco cada uno de los paños o redes que forman una línea de redes. Cada "rasco" o paño de red tiene una longitud de 50 metros y una altura de 3.6 metros (Ilustración 1). En cada una de las estaciones se largó una línea de 40 rascos. En total se largó una línea

aproximada de 2000 m de longitud en cada estación. A diferencia de otros rascos utilizados en otras zonas, el empleado en la zona de estudio carece de flotación en la parte superior.

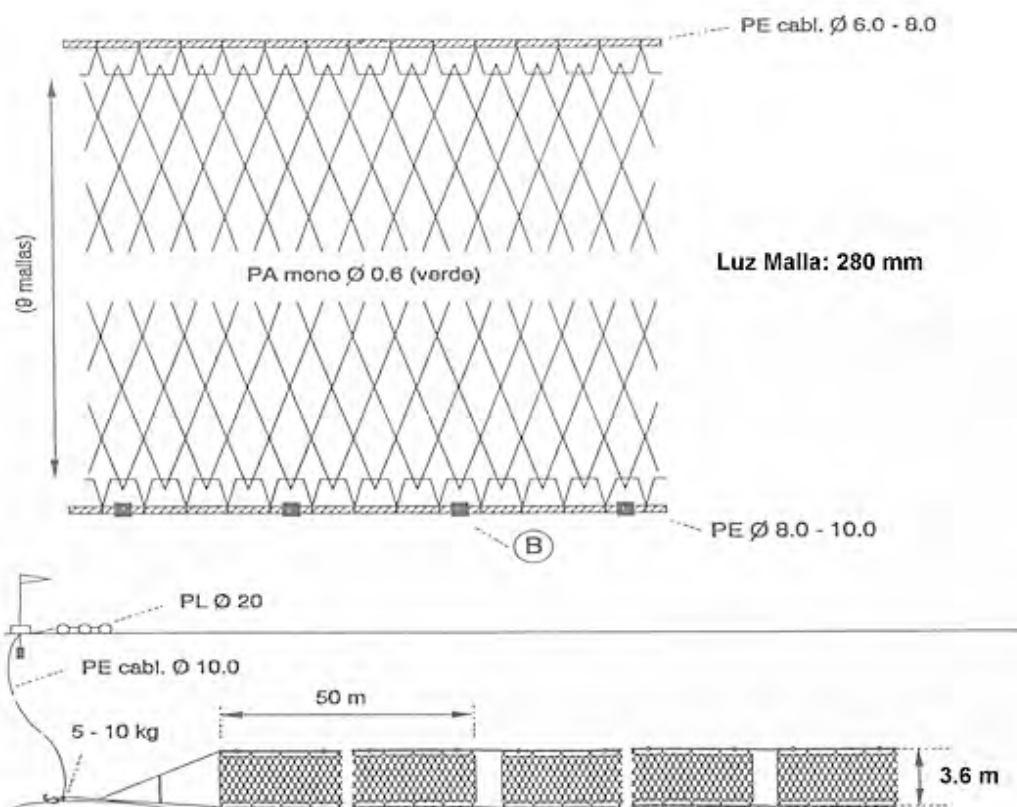


Ilustración 6. Esquema del aparejo de rasco utilizado en el experimento.

Muestreo de pescas experimentales.

El muestreo a bordo del Barco “El Diana” se realizó a cargo del coordinador de muestreo. De cada operación de pesca se recogió: posición y hora de largada y virada; número de rascos largados en cada línea y características de los paños; identificación taxonómica, número, peso y talla de todas las especies capturadas; y fotografías de casi todas las capturas realizadas (Foto 10). Además, mientras el barco estaba en la mar se registró con un GPS portátil todos los movimientos de la embarcación mientras estaba trabajando.

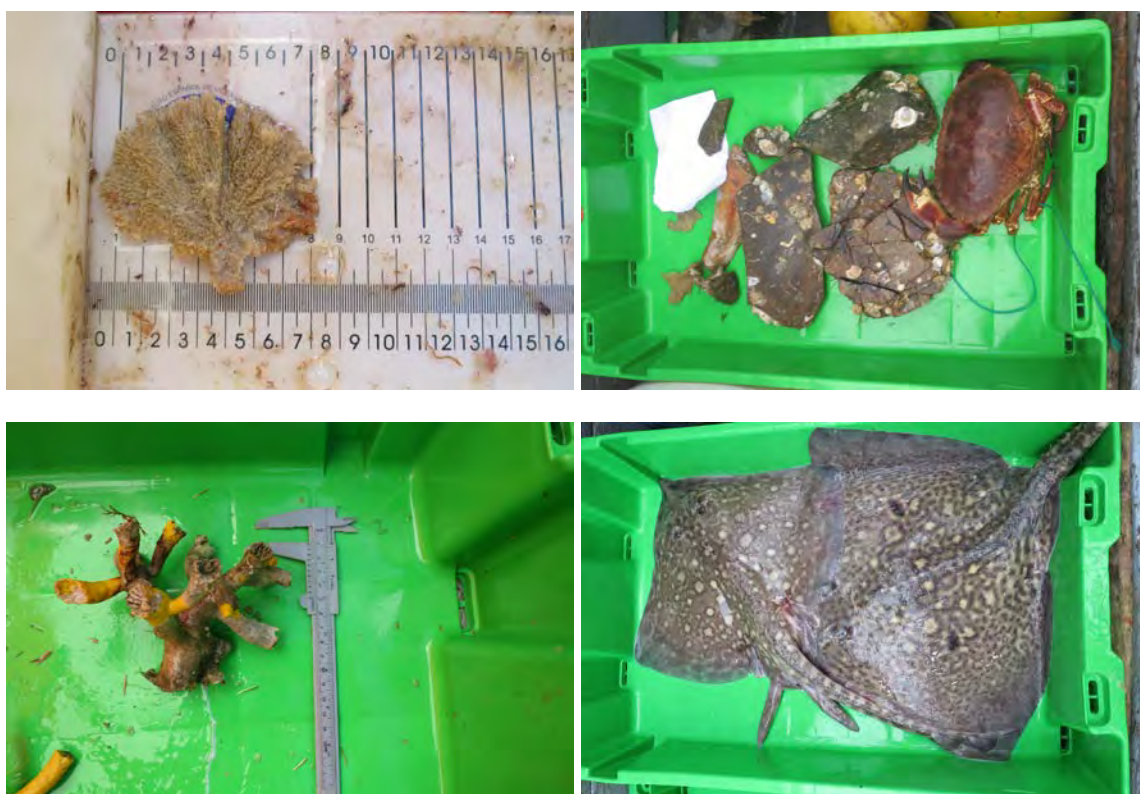


Foto 10. Imágenes de algunos de los ejemplares capturados y de la toma de datos de tallas: De arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: *Phakellia* spp.; *Stichopus regalis* y *Cancer pagurus*; *Dendrophyllia cornigera*; y *Raja clavata*.

En total se realizaron 9 operaciones de pesca. Las fechas de largadas y viradas de los aparejos por estación de muestreo se pueden ver en la Tabla 1. En la Figura 11 se pueden ver las posiciones de largada y virada de todas las operaciones de pesca. A excepción del primer muestreo con rasco de la estación 2 (2_1), en el resto de muestreos el aparejo al menos estuvo fijo en el fondo 24h. En el primer muestreo de la estación 2 (2_1) hubo un problema en el posicionamiento y se largó fuera del área de muestreo predefinida. El aparejo se viró una vez se comprobó el error y se largó el segundo aparejo de la estación 2. Por estaciones, en la estación 1 solo se hizo una operación de pesca (48 horas calado), en la estación 2 se hicieron 5 operaciones de pesca (una nula) y en la 3 se realizaron 3 operaciones.

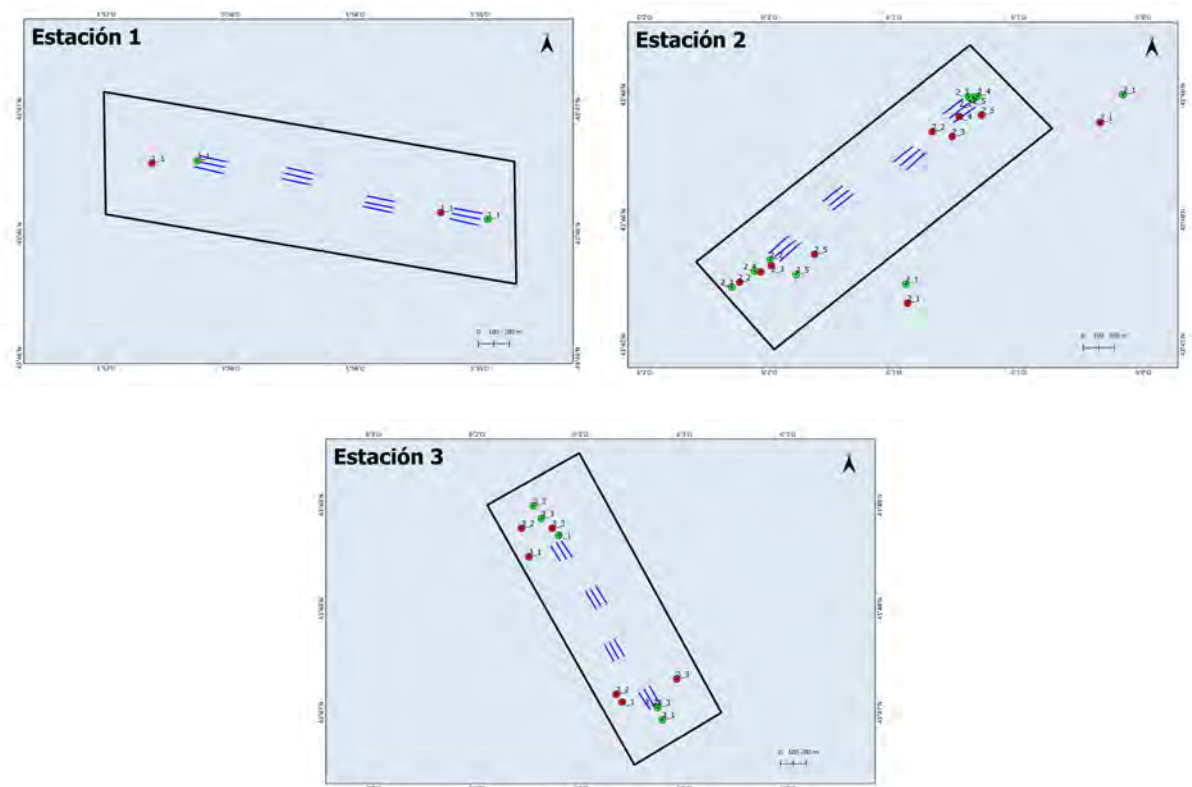


Figura 11. Posiciones de largadas (verde) y virada (rojo) de las operaciones de pesca en las tres estaciones. Las líneas azules muestran los tracks realizados por el ROV.

Monitorización arte de pesca.

Monitorización del arte de pesca con balizas.

Para analizar los desplazamientos del aparejo de pesca mientras estaba calado en el fondo y los movimientos cuando era largado o virado se balizaron con Balizas de Posicionamiento Acústico HIPAP (Foto 7). Dado que estas se iban a amarrar al aparejo de pesca, a cada baliza se le hizo una protección y se le puso una flotación en la parte superior para que se mantuviera en posición vertical. Antes de ser utilizadas en el experimento todas las balizas fueron sometidas a un test de carga y de transmisión, con el fin de comprobar el tiempo que podían estar transmitiendo cada una de ellas antes de ser recargadas (Foto 7). En la Tabla 1 se puede ver las operaciones de pesca que fueron monitorizadas con balizas.

Se balizaron con 3 balizas las operaciones de pesca en la estación 2 y con 1 baliza las operaciones de pesca en la estación 3. En el caso de que se usaran 3 balizas se colocaron en la cabecera, al 25% de la longitud de la línea de rascos y al 50% de la longitud de la línea de rascos. En el caso de que se usara una baliza se colocó en la mitad de línea de rascos. Para la recepción de la señal el barco debe estar posicionado encima del aparejo, por lo que la recepción de datos se interrumpía cuando estábamos haciendo operaciones distintas al

monitoreo con el ROV del aparejo en directo o la dedicada a la recepción de los datos de las balizas (noches).

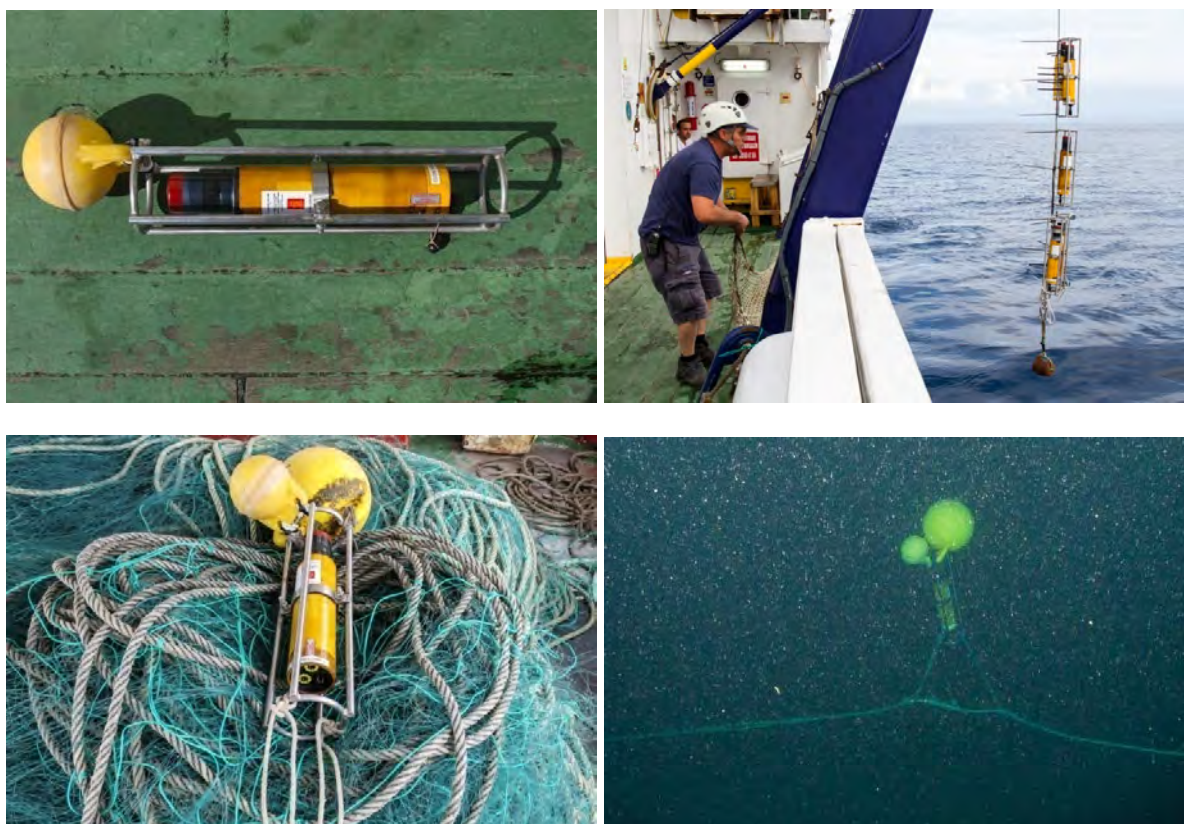


Foto 7. Baliza de Posicionamiento Acústico HIPAP (arriba y derecha); prueba de carga y transmisión de las balizas usadas en el experimento (arriba e izquierda); baliza amarrada al aparejo (abajo e izquierda); y baliza transmitiendo debajo del agua (abajo y derecha).

Seguimiento arte de pesca en directo con ROV.

Con el objetivo de analizar la forma de trabajar y la interacción del arte de pesca con el fondo, se hizo un seguimiento en directo del aparejo mientras estaba fondeado con el ROV. Utilizando las balizas para localizar la línea de rascos, el ROV navegó perpendicular a la línea de rascos y una vez localizada se recorrió la línea de rascos. Además, el track del ROV se utilizará para analizar la diferencia entre las posiciones de virada y largada del barco, y la posición real del arte de pesca.

Monitorización del barco de pesca.

El análisis espacial de los artes fijos se realizó con los VMS. Uno de los problemas es que la frecuencia de pings es muy baja, una señal cada dos horas. Esto dificulta la estimación del esfuerzo de los artes fijos, especialmente el enmalle que puede estar calado más de 24 horas, que están trabajando sin la presencia de la embarcación. Con el objeto de poder

desarrollar en un futuro un algoritmo que nos permita realizar esa estimación se monitorizó el barco de pesca con distintos dispositivos:

- GPS: El coordinador disponía de un GPS portátil durante las operaciones de pesca.
- VMS y Libros de pesca: Se recuperó la información del barco de pesca durante los días de muestreo.
- AIS (*Automatic Identification System*): Este es un dispositivo de seguridad que emite una frecuencia mucho más alta que los VMS. En este caso hemos usado una frecuencia de 5 minutos. Esto nos permitirá hacer un seguimiento en continuo del barco por un dispositivo independiente.

Cálculo del área barrida.

Para la estimación del área barrida por el ROV para el cálculo de las densidades por m², se estimó el ancho medio de visualización del video y la distancia recorrida por el ROV durante el muestreo. Para el cálculo del ancho medio de visualización del video se usaron los punteros laser (separados 10 cm) y se escogió el valor mediano calculado de 50 frames seleccionados al azar de todos los muestreos. El ancho mediano del área de visualización fue de 1,766 m.

Para el cálculo de la distancia recorrida se usaron los datos de la baliza del ROV. Los datos procedentes de las balizas, tanto las del ROV como las que sirvieron para monitorear el arte de pesca, genera datos no válidos en función de interferencias, carga, comunicación y distancia entre el barco y la baliza, además otros factores no controlados. Por lo que es necesario filtrar los datos para eliminar la información errónea. El filtrado se hizo mediante un procesado semiautomático. En una primera fase se calcularon las densidades kernel con la densidad de puntos, lo que nos permitió asignar una probabilidad a cada punto. Una vez marcados los puntos con poca probabilidad, se hicieron gráficos dinámicos de cada muestreo que nos permitía marcar los puntos erróneos (con la ayuda de los previamente marcados que eran poco probables), y eliminarlos automáticamente. Una vez eliminados los puntos erróneos se calculó la distancia entre puntos para ponderarla por el ancho de visualización del video y obtener el área barrida en m² en cada muestreo.

3.4 Análisis de resultados.

3.4.1 Muestreo para cálculo de índices (densidad, diversidad y sensibilidad).

Las muestras utilizadas para el estudio de los efectos de la presión pesquera sobre los índices fueron:

- Rasco: Se combinaron los datos de densidad de la campaña CANNAVIS18 procedentes del trineo fotogramétrico (ver sección 3.3.2.2: *Reprocesado del muestreo para la evaluación de los efectos de la presión pesquera*) y CABEF19 procedentes del ROV. En el caso de las muestras de la campaña CABEF19 solo se utilizaron las muestras del “before” (antes de causar el impacto controlado), y se eliminaron los transectos pertenecientes a la estación 1 sección A (transectos “1A1”, “1A2” y “1A3”) ya que estaban situados en un arenal y por lo tanto no eran comparables ambientalmente al resto de muestras.
- Palangre: Se combinaron los datos de densidad de la campaña CANNAVIS18 procedentes del trineo fotogramétrico (ver sección 3.3.2.2: *Reprocesado del muestreo para la evaluación de los efectos de la presión pesquera*) y las muestras de la estación 1 de la campaña CABEF19 procedentes del ROV. Se seleccionó esta estación 1 ya que se identificó que no existía ningún tipo de presión, lo que permitió su uso tanto para el enmalle como para el palangre. En el caso de las muestras de la campaña CABEF19 solo se utilizaron las muestras del “before” (antes de causar el impacto controlado), y se eliminaron los transectos de la estación 1 pertenecientes a la sección A (transectos “1A1”, “1A2” y “1A3”) ya que estaban situados en un arenal y por lo tanto no eran comparables ambientalmente al resto de muestras.
- Arrastre. Se utilizaron todos los muestreos válidos procedentes de los muestreos de Beam Trawl de la campaña CANNAVIS18.

3.4.2 Diagnóstico del impacto a corto plazo del arte de rasco (experimento BACI).

Se han realizado 4 aproximaciones para analizar los efectos del enmalle a corto plazo:

1. Análisis del comportamiento del aparejo en el fondo mediante el análisis de las imágenes, y de las posiciones del ROV durante la exploración del aparejo y la posición de largada y virada del arte de pesca.
2. Comparación de las densidades por m² antes y después del impacto controlado.

3. Comparación de las densidades por m² obtenidas con el ROV con las observadas en las capturas del barco por estación.
4. Cuantificación del área afectada por el calado del arte de pesca.

3.4.3 Índices e Indicadores.

3.4.3.1 Presión Pesquera.

Como índices de presión pesquera se usó para el enmalle y el palangre de fondo se usó el tiempo de virada por km² (horas/km²), y en el caso del arrastre el sumatorio del área barrida de arrastre con puertas y el arrastre a la pareja juntos. En el caso del enmalle y el palangre, la unidad adecuada sería el tiempo de calado, pero con la información disponible no se han podido realizar dichos cálculos. En el caso del palangre podemos asumir que existe cierta proporcionalidad entre el tiempo de virada y el de calado, ya que nunca están calados más de 24 h, existiendo principalmente dos comportamientos de la flota: largar de madrugada y virar por la mañana; o largar al final de virar el aparejo y virarlo de nuevo a primera hora de la mañana. En el caso del enmalle, y principalmente el rasco, los tiempos de calado son muy diversos pudiendo estar más de 24 h.

Los niveles de presión utilizados para cada tipo de arte de pesca fueron:

- Palangre:
 - o Low: ≤ 8.82 Horas/km².
 - o Medium: $8.82 > y \leq 30.75$ Horas/km².
 - o High: > 30.75 Horas/km².
- Enmalle:
 - o Low: ≤ 6.57 Horas/km².
 - o Medium: $6.57 > y \leq 9$ Horas/km².
 - o High: > 9 Horas/km².
- Arrastre:
 - o Very Low: ≤ 0.5 Area Barrida /km².
 - o Low: $0.5 > y \leq 1$ Area Barrida /km².
 - o High: $1 > y \leq 1.5$ Area Barrida /km².
 - o Very High: > 1.5 Area Barrida /km².

3.4.3.2 Interacción de la presión pesquera con los hábitats bentónicos.

Para cuantificar el nivel de presión pesquera que se ejerce sobre cada uno de los hábitats se calcularon cuatro indicadores de presión (Tabla 5). Para el cálculo de los mismos se utilizaron los datos procesados a partir de VMS de arrastre con puertas (OTB), enmalle de fondo (GNS) y palangre de fondo (LLS). El uso de un promedio estabiliza la huella pesquera (ICES, 2021), por ello, se calculó el promedio de la intensidad pesquera del último sexenio (2016-2021), en SAR (área barrida / área de la celda) para el arte móvil (OTB) y en h/km² para los artes estáticos (LLS y GNS). Posteriormente los grids de esfuerzo generados, se solaparon con los mapas de hábitats, en formato shape para poder asignar al centroide de cada cuadrícula un hábitat. Como veremos después, en el caso de los análisis de vulnerabilidad/perturbación se partió de la capa de hábitats en formato raster con una resolución de 20 m, y a cada celda se le asignó la presión. Ésta diferencia en las aproximaciones generan diferencias en la estimación de áreas que no son significativas en cuanto a importancia relativa. Para el cálculo de los indicadores se adoptó un grid de 0.01° (~1.1 km²).

Tabla 5. Definición de los cuatro indicadores de presión desarrollados para cada uno de los hábitats identificados en el área de estudio.

	Indicador	Descripción
I-1	Intensidad de pesca	LLS y GNS: Promedio esfuerzo por hábitat (h/km ²)
		OTB: Promedio esfuerzo por hábitat (SAR)
I-2	Huella pesquera	Num. de c-square con pesca al menos una vez / total c-square
I-3	Agregación de la pesca	La proporción mínima de c-squares en el que se concentra el 90% del total de esfuerzo por
I-4	Zonas no pescadas	Zonas que no han sido pescadas de forma continuada

3.4.3.3 Densidad.

La densidad se calculó en número de individuos por m².

3.4.3.4 Diversidad.

Se ha analizado la diversidad de la comunidad epibentónica del Cañón de Avilés en fondos sometidos a distinto grado de explotación pesquera. En total se calcularon un total de seis índices de diversidad, que a continuación se detallan.

- Riqueza específica (S), cálculo del número total de especies.

- Índice de Margalef, índice de riqueza específica que incorpora el número total de individuos (N) (Margalef, 1958). Calculadas como:

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

- Índice de Shannon-Wiener, Integra la información de riqueza de especies y de su distribución (Shannon-Wiener, 1949). Calculadas como:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

- Índice de Equidad de Pielou, que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Pielou, 1966). Describe la relación entre la diversidad de Shannon-Wiener observada (H) y la máxima diversidad posible para la muestra considerada (S):

$$J = \frac{H}{\log S}$$

- Índice Simpson, probabilidad de que salgan dos individuos al azar de una comunidad infinita pertenecen a la misma especie (Simpson, 1949). Calculadas como:

$$1 - \lambda = \frac{\sum_{i=1}^S X_i (X_i - 1)}{(N(N - 1))}$$

- El índice ES(n), Se define como el número esperado de especies en una muestra reducida de n individuos (Hurlbert 1971). El índice ES(50) expresa el número de especies que se encontrarían en una muestra, si estuviera compuesta por solo 50 individuos al azar. Calculadas como:

$$ES20 = \sum_{i=1}^S 1 - \frac{(N - X_i)!(N - 10)!}{(N - X_i - 20)!(N!)}$$

3.4.3.5 Sensibilidad de los hábitats: BESITO.

Con el objeto de analizar la sensibilidad de los hábitats a la presión pesquera de palangre de fondo de enmalle y de arrastre se ha realizado un análisis preliminar de las comunidades bentónicas encontradas aplicando el *BEnthic Sensitivity Index to Trawling Operations* (BESITO) (González-Irusta et al., 2018). Este índice, clasifica las especies en función de la sensibilidad de las mismas a los artes de arrastre utilizando para ellos una serie de

"*Biological Traits*" (BTA) o características biológicas de las especies. Hasta la obtención de un índice específico para el palangre y el enmalle basado en los BTA, se ha aplicado o adaptado el desarrollado para el arrastre. Los análisis basados en estas características biológicas de las especies (BTAs por sus siglas en inglés) han adquirido una creciente importancia en el estudio de los impactos antrópicos (ejemplo: Tillin et al., 2006; De Juan et al., 2007; De Juan and Demestre, 2012) y son en la actualidad uno de los campos en desarrollo más prometedores en este tipo de estudios. En concreto, el índice BESITO utiliza 8 BTA distintos; Talla (BT1), longevidad (BT2), movilidad (BT3), fijación al sustrato (BT4), posición en el bentos (BT5), flexibilidad (BT6), fragilidad (BT7) y tipo de alimentación (BT8) (Tabla 6).

Tabla 6. Tabla modificada a partir de González-Irusta et al. (2018) en la que se muestran los 8 BTAs o características biológicas empleados en el índice BESITO así como el valor que las especies reciben en cada BTA en función de su tamaño, longevidad, etc.

Característica Biológica (BTA)		Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4
Talla	Los organismos grandes se ven más fácilmente afectados por la pesca de arrastre que los más pequeños, que pueden escapar a través de la red teniendo menos probabilidades de ser afectados	Small (<2 cm)	Medium (2–10 cm)	Medium large (10–50 cm)	Large (>50 cm)
Longevidad	Los organismos de larga vida tienen una menor capacidad de recuperación y suelen necesitar más tiempo para alcanzar la madurez sexual	<5 años	5-10 años	10-50 años	>50 años
Motilidad	Las especies móviles son más capaces de escapar de la pesca de arrastre y pueden colonizar las zonas de arrastre mediante la migración	Nadador	Rastrero	Escavador/Grietas/Rastrero ocasional	Sesile
Fijación	Las especies con una fijación permanente no pueden sobrevivir si se desacomplan, mientras que las especies con un apego temporal tienen una oportunidad	No sesil	—	Temporal	Permanente
Posición béntica	La exposición a las perturbaciones de la pesca de arrastre está muy influenciada por la posición bentónica. Las especies de madriguera están menos expuestas que las emergentes	Madriguera	—	Superficie	Erguido (<20cm)
Flexibilidad	Las especies sésiles con una gran flexibilidad son menos sensibles a la a la pesca de arrastre que las especies con poca flexibilidad.	Alta (>45º) o No Sesil	-	Baja (10-45º)	Ninguna (<10º)
Fragilidad	Las especies con un caparazón muy fuerte (por ejemplo, algunas especies de moluscos) son menos sensibles a los impactos físicos que especies con una concha muy frágil (por ejemplo, Echinus melo), que pueden sufrir daños mortales con una mayor probabilidad	Concha Dura, Vermiforme	Fuerte	Sin Protección	Concha Frágil
Hábitos Alimenticio	Los carroñeros o carroñeros oportunistas pueden depredar individuos muertos y heridos después de la pesca de arrastre, mientras que los animales filtradores suelen verse afectados negativamente por la pesca de arrastre (sedimentación)	Carroñeros	Predadores, Omnivoros	Depositivos	Filtradores

Estos BTA son combinados mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$BESITO = round\left(\frac{2xBT_1 + 3xBT_2 + BT_3 + BT_4 + BT_5 + BT_6 + 2xBT_7 + 2xBT_8}{6,6} - 2\right)$$

donde BT se refiere a cada *Biological Trait*.

Con el índice BESITO todas las especies pueden ser clasificadas en 5 niveles, incluyendo especies oportunistas (su abundancia aumenta con la presión, BESITO=1), tolerantes (su abundancia no se ve afectada por la presión, BESITO=2) y diferentes grados de especies sensibles (su abundancia disminuye con la presión BESITO=3,4 y 5). Dentro de las especies sensibles, el grado de sensibilidad aumenta con el valor del índice, siendo las especies con

un BESITO de 3 menos sensibles que las especies con un valor de 4 y estas a su vez más resilientes que las especies con un BESITO de 5, que son las especies de mayor sensibilidad al arrastre. Toda la información relacionada con este índice, así como una lista con más de 90 especies con los valores de los "traits" y su valor del BESITO puede ser consultada en la publicación del BESITO (González-Irusta et al., 2018).

En la actualidad no se dispone de un índice específico para el enmalle y para el palangre. En el caso del enmalle y a la vista de las respuestas obtenidas para cada uno de los BTA en el presente estudio se ha empleado el mismo que se ha utilizado para el arrastre. En el caso del palangre De la Torriente et al. (2022), y que en este mismo proyecto hemos usado para el LIC del Seco de los Olivos, selecciono 3 BTA (tamaño máximo, fijación y forma del cuerpo). La selección de estos traits se basó en el conocimiento general de los impactos del palangre en las comunidades epibentónicas (Parker y Bowden, 2010; Durán-Muñoz et al., 2011; Sampaio et al., 2012; Pham et al., 2014) y reflejan la resistencia de las especies a este arte de pesca, más que su capacidad de recuperación. En nuestro caso, y a la falta de tener un estudio específico hemos planteado dos escenarios:

- con 3 BTA (tamaño, longevidad y fragilidad) y 3 niveles de sensibilidad
- con 4 BTA (tamaño, fijación, longevidad y fragilidad) y 4 niveles de sensibilidad.

Esta decisión es relevante ya que, como veremos después, en función de los niveles de sensibilidad al combinarlos con los niveles de presión, podemos clasificar un hábitat como altamente perturbado o no, es decir que llegue al nivel 9 de perturbación o no (Figura 12). En el Anexo 3 se puede consultar los valores de sensibilidad asignados a cada especie por indicador, el BESITO y los índices para el palangre con 3 niveles (PALINDEX3) y con 4 niveles (PALINDEX4).

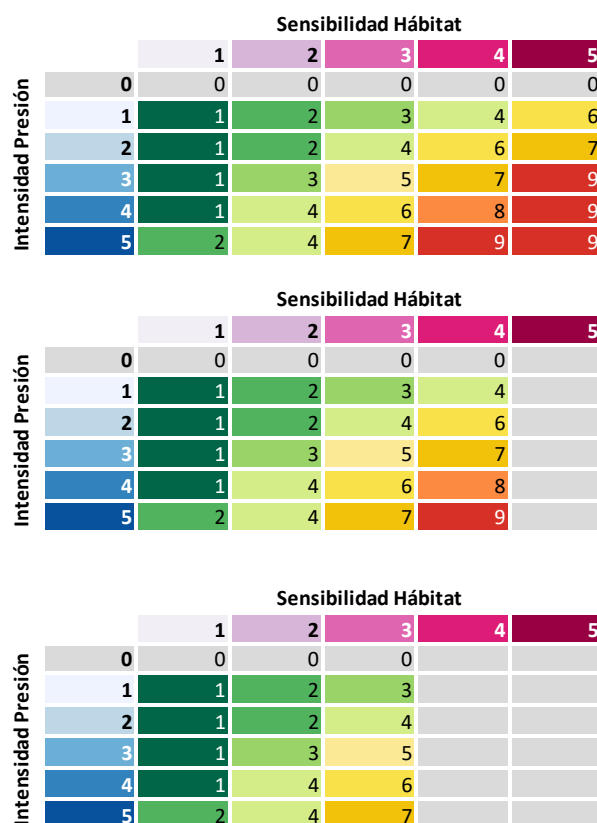


Figura 12. Niveles de perturbación en función de los niveles de sensibilidad.

Una vez finalizado el presente informe y con la información recogida en los casos de estudio del enmalle del Canal de Menorca y del palangre de fondo del Banco de la Concepción se va a construir un indicador específico, basado en la experiencia del BESITO, para el palangre de fondo y el enmalle.

3.4.4 Análisis de los efectos combinados de la presión y las variables ambientales en la calidad de los hábitats bentónicos rocosos.

Para el análisis combinado de las presiones y las variables ambientales sobre la calidad de los hábitats bentónicos rocosos se construyó una matriz por c-square ("muestra" o "sitio") y densidad total por nivel de BTA ("especie"). Para ver como se agrupaban las muestras se realizó un cluster jerárquico aglomerativo, empleando la distancia Euclídea como coeficiente de disimilaridad para la construcción de la matriz de entrada. Para la construcción de los conglomerados se empleó el encadenamiento medio (*Unweighted Pair-Group Average*, UPGMA), cuyo criterio de aglomeración es la distancia media entre conglomerados.

Para identificar el efecto de las variables ambientales y la presión pesquera, a cada muestra se le asigno utilizando el centroide del c-square la presión de palangre o enmalle, la reflectividad, la profundidad y la pendiente. Para ver su influencia se realizó un RDA. El RDA, como versión restringida del ACP, modela las variables de respuesta en función de las

variables explicativas y cuantifica sus asociaciones (Zuur, 2007). En este estudio sirvió para un doble propósito: asociar gráficamente el patrón de las muestras con las variables ambientales y de presión utilizadas, y analizar gráficamente la contribución de los niveles de BTA ("especies") a la ordenación de las muestras. Se seleccionó el ACD como el análisis multivariante restringido adecuado tras realizar un Análisis de Correspondencia Detrente (ACD) (Hill & Gauch, 1980). La función para ello se incluye en el paquete R "vegan". El DCA nos ayudó a determinar si el comportamiento de los datos de biomasa a lo largo de los años era lineal o unimodal. Para longitudes más cortas del eje de ordenación, o respuestas lineales, la bibliografía sugiere el ACP y el ADR como técnicas más apropiadas, en lugar de las aconsejadas en el caso de respuestas unimodales, el Análisis de Correspondencias (AC) y el Análisis de Correspondencias Restringido (ACR) (Leps & Smilauer, 1999).

3.4.5 Evaluación de la perturbación o vulnerabilidad.

La metodología que hemos utilizado para el análisis de la vulnerabilidad de los hábitats de la zona de estudio es la descrita por Elliot et al. (2018). Esta metodología en realidad está diseñada para obtener la perturbación del hábitat, pero combina la información que propusimos en el desarrollo conceptual inicial para conocer la vulnerabilidad a la que están sometido los hábitats bentónicos, basándonos en la sensibilidad del hábitat a una presión concreta y su grado de exposición. Para tener una evaluación del riesgo necesitaríamos tener una evaluación de las amenazas existentes, que en el presente trabajo no hemos realizado. A partir de ahora hablaremos de perturbación ya que es la denominación original, aunque lo podemos interpretar como hemos dicho como vulnerabilidad.

3.4.5.1 Presión pesquera.

Se ha calculado como presión la media entre los años 2019 y 2020 por c-square de 0.01°. Como índice de presión para el palangre y el enmalle se ha calculado el número de horas por km². Se han eliminado todos los datos con un valor inferior a 0.1 para evitar incorporar datos espurios. Para el arrastre se ha usado como índice de presión el área barrida en km². En este caso se ha aplicado un nuevo algoritmo para el cálculo del área barrida, ya que el anteriormente utilizado (Hintzen, et al., 2010) puede sobreestimar el impacto en áreas parcheadas con roca como las del presente estudio o las zonas menos profundas que no son accesibles legalmente a la pesca (<100m). En este caso se ha obtenido ponderando directamente el tiempo de arrastre por la velocidad media del arrastre y la abertura horizontal (20 m para el arrastre con puertas y 60 m para el arrastre a la pareja).

3.4.5.2 Sensibilidad de los hábitats.

El primer paso fue determinar la sensibilidad de cada hábitat a cada una de las presiones pesqueras. La sensibilidad a la pesca se calculó para cada hábitat se calculó como

$$Sensibilidad_{h1} = \frac{\sum D_i \times B_i}{\sum D_i}$$

donde D_i es la densidad de la especie i del hábitat $h1$, B_i es el valor de sensibilidad de la especie i a la presión pesquera. La sensibilidad de cada hábitat bentónico a cada presión pesquera se calculó como una combinación de la sensibilidad de todas las especies de megafauna epibentónica que componen el componente biológico de cada hábitat (Sánchez et al., 2022). También se calculó la sensibilidad utilizando sólo las especies formadoras de hábitat (HFS, del inglés habitat-forming species) o utilizando sólo las especies más sensibles de cada hábitat, ya que algunos autores han propuesto que la sensibilidad de los hábitats debería definirse considerando sólo las especies clave (especies estructurantes y/o indicadoras), cuya pérdida en la comunidad se esperaría que cambiara seriamente la naturaleza del hábitat y posiblemente su viabilidad (MacDonald et al., 1996), en lugar de todas las especies presentes en los hábitats. La sensibilidad de cada hábitat se asignó con la formula anterior usando solamente las especies estructurantes o en determinados casos el valor de la especie principal más sensible (Tabla 7).

Tabla 7. Índice de sensibilidad del hábitat a la pesca calculado en base al indicador BESITO para el arrastre y el enmalle y el índice adaptado del BESITO con 3 (PALINDEX3) y 4 niveles (PALINDEX4) para el palangre. Para su cálculo se han utilizado sólo las especies formadoras de hábitat o utilizando sólo las especies más sensibles de cada hábitat. Además, se incluye: el área ocupada por cada hábitat en la zona de estudio obtenido a partir de la capa raster original; el código utilizado en el informe INTEMARES de hábitats del Cañón de Avilés (Sánchez et al., 2022); y la abreviatura utilizada en algunas de las gráficas. En gris se indican sensibilidades que se asignaron usando las especies HFS o más sensibles.

Cod Hábitat	Abreviatura	Hábitat	Area (km2)	Arrastre/Enmalle	Palangre	
				BESITO	PALINDEX3	PALINDEX4
G4	AFB_AR	Arenas finas batiales con <i>Actinauge richardi</i>	304.0	3	1	1
G3	AFB_OO	Arenas finas batiales con <i>Ophiura ophiura</i>	23.5	2	1	1
G2	AFC_MS	Arenas finas circalitorales con <i>Munida sarsi</i>	663.4	1	1	1
G1	AGC_GA	Arenas gruesas circalitorales con <i>Gracilechinus acutus</i>	587.9	3	2	2
G5	AMFB_EC	Arenas muy finas batiales con erizos de cuero	711.5	2	1	1
GC6	ACP_CB	Arrecife de corales profundos (<i>Lophellia pertusa</i> y <i>Madrepora oculata</i>)	37.3	5	2	2
GC4	FB_AT	Fangos batiales con <i>Acanthogorgia</i> y <i>Thouarella</i>	1.0	5	2	3
GC3	FB_KS	Fangos batiales con <i>Kophobelemonn stelliferum</i>	28.9	4	2	3
G6	FB_PC	Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>	99.0	5	2	3
GC1	HB_PHCB	Fondos de <i>Phelliactis hertwigii</i> con corales	16.4	4	2	2
GC2	RB_POR	Roca batial con agregaciones de esponjas	5.2	5	2	3
GR2	RB_AS	Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (<i>Asconema setubalense</i>)	4.6	5	3	4
GR1	RC_DCPV	Roca circalitoral con <i>Dendrophyllia cornigera</i> y <i>Phakellia ventilabrum</i>	234.5	5	2	3

Los análisis se hicieron a partir de la capa raster de los hábitats a 20 m de resolución (Sánchez et al., 2022). Esta capa se convirtió a un formato vectorial, donde se almacenaron todos los resultados. A cada celda con su hábitat identificado, se le asignó una presión y una

sensibilidad en función del tipo de presión. Posteriormente se le asignó el nivel de perturbación o vulnerabilidad en función del nivel de presión y sensibilidad.

3.4.5.3 Mapas de perturbación-vulnerabilidad.

Los mapas de distribución de la perturbación por tipo de presión se obtuvieron combinando los mapas de sensibilidad y presión del hábitat, según el esquema y la matriz de perturbación desarrollada por Elliot et al. (2018) que categoriza las celdas de la cuadrícula en 9 niveles diferentes de perturbación (Figura 13).

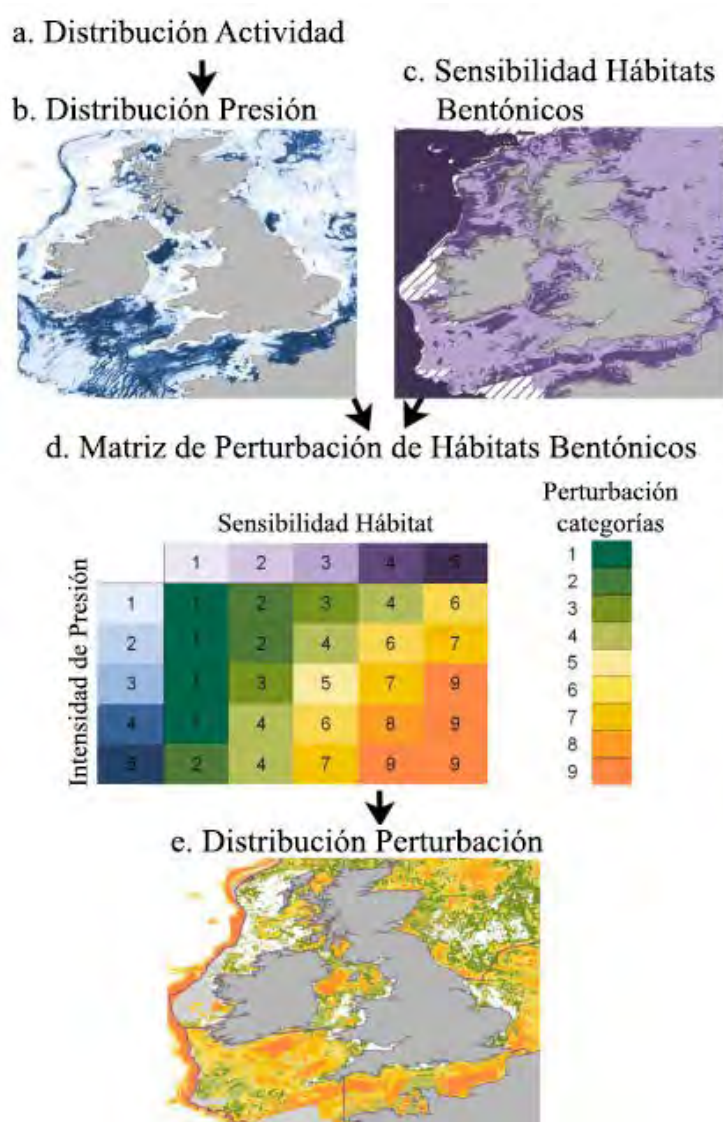


Figura 13. Esquema original de Elliot et al. (2018). Pasos necesarios para evaluar las perturbaciones derivadas de las actividades antropogénicas. Los datos antropogénicos (a) se recogen para cartografiar las presiones (b). Las evaluaciones de la sensibilidad del hábitat bentónico (c) se utilizan entonces en combinación con los datos de presión para evaluar y mapear la perturbación utilizando categorías que van de 1 a 9, donde 9 representa el 100% de perturbación (d-e).

En esta matriz, el cálculo del valor de perturbación (D) se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$D = b + \frac{ab}{b}$$

donde b es la sensibilidad y a es la presión. Ponderando los valores, estos autores reflejaron que los hábitats bentónicos poco sensibles estaban menos afectados por la presión mientras que los hábitats bentónicos altamente sensibles estaban más afectados por la presión.

Se calcularon 9 niveles de perturbación para el arrastre y el enmalle, y 7 o 9 niveles distintos de perturbación para el palangre en función de si se utilizaba el índice de 3 o 4 niveles de sensibilidad para el palangre. La distribución de los distintos niveles de perturbación se superpuso a la distribución de los hábitats, con el fin de evaluar la extensión de la zona de cada hábitat perturbada por las actividades pesqueras. O en su equivalente lo vulnerable que son los hábitats bentónicos presentes en la zona de estudio a las distintas presiones pesqueras en función de su sensibilidad y grado de exposición.

4 Resultados.

4.1 Distribución del hábitat objeto de estudio.

En la Figura 14 se pueden ver los hábitats presentes en las zonas de estudio obtenidos a lo largo del Proyecto INTEMARES y como resultado de la Acción A2.1 (Sánchez et al., 2022). Se han identificado un total de 14 hábitats bentónicos en el SCA, de los cuales 7 se encuentran encuadrados como hábitats prioritarios de conservación de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) en la categoría "1170 Arrecifes" y 4 se contemplan en las listas de la Comisión OSPAR como hábitats amenazados o en declive. Entre estos cabe destacar la presencia de arrecifes de corales de aguas frías en las paredes y ejes de los tres cañones submarinos. Es de reseñar también la presencia en la zona de hábitats estructurados por agregaciones de diversas especies de esponjas de gran tamaño. La superficie de ocupación de los hábitats 1170 supone casi un 12% del área del LIC, destacando en cuanto a superficie el generado por corales amarillos y esponjas que se localiza en los afloramientos rocosos de la plataforma continental. En la Tabla 8 se muestran los hábitats considerados en el estudio y los códigos utilizados en el informe de hábitats (Sánchez et al., 2022) y en este informe

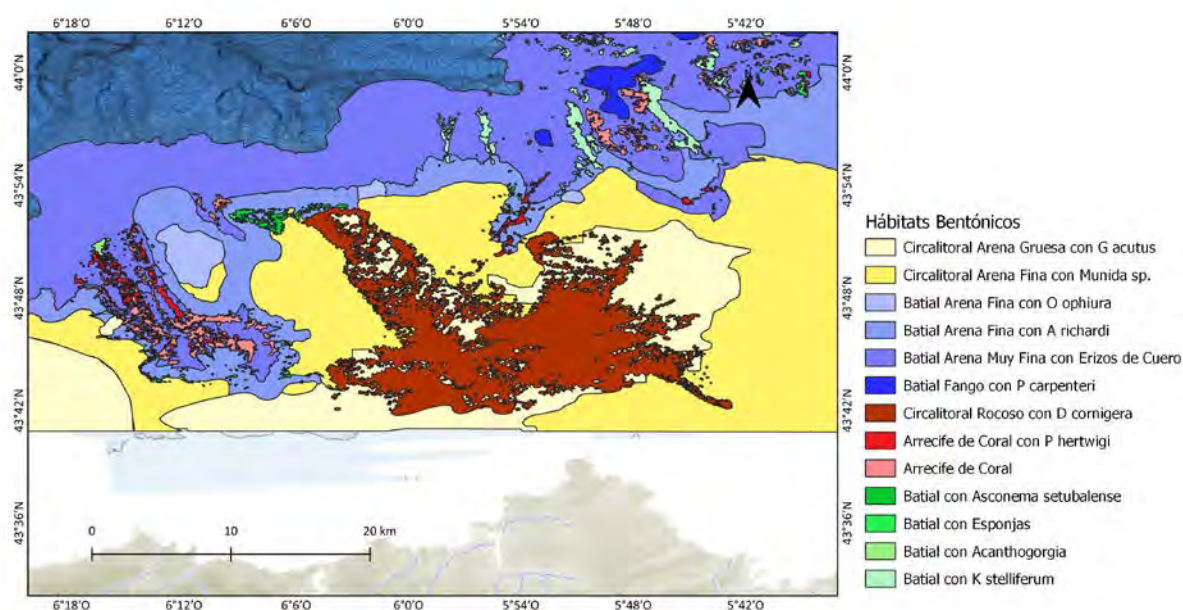


Figura 14. Distribución espacial de los hábitats bentónicos presentes en la zona de estudio de impacto de la pesca (Sánchez et al., 2022).

Tabla 8. Hábitats y codificaciones empleados en los análisis de vulnerabilidad a la actividad pesquera. Se muestran las codificaciones utilizadas en el informe de hábitats del LIC del Sistema de Cañones de Avilés (Sánchez et al., 2022) y en las gráficas de vulnerabilidad en el presente informe.

Hábitat bentónico identificado en el SCA	Código Informe Presiones	Profundidad Mínima-Máxima	Tipo de Fondo	Inventario español de hábitats marinos LPRE
G1: Arenas gruesas circalitorales con <i>Gracilechinus acutus</i>	AGC_GA	100-150	Arenas gruesas	03040206 Arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales con <i>Gracilechinus acutus</i>
G2: Arenas finas circalitorales y batiales con <i>Munida sarsi</i>	AFC_MS	150-300	Arenas medias y finas	04020302 Arenas batiales detriticas con <i>Munida sarsi</i>
G3: Arenas finas batiales con <i>Ophiura ophiura</i>	AFB_OO	300-400	Arenas finas y muy finas	040203 Fondos sedimentarios batiales no fangosos
G4: Arenas finas batiales dominadas por Hormathiidae (<i>Actinauge richardi</i>)	AFB_AR	500-700	Arenas finas y muy finas	03040209 Arenas finas batiales dominadas por Hormathiidae (<i>Actinauge richardi</i>)
G5: Fondos sedimentarios batiales no fangosos con erizos de cuero (<i>Araeosoma fenestratum</i> y/o <i>Phormosoma placenta</i>)	AMFB_EC	700-1100	Arenas muy finas	04020304 Fondos sedimentarios batiales no fangosos con erizos de cuero (<i>Araeosoma fenestratum</i> y/o <i>Phormosoma placenta</i>)
G6: Fangos batiales con <i>Pheronema carpenieri</i>	FB_PC	1200-1500	Arenas muy finas y fangos	0402020403 Fangos batiales con <i>Pheronema carpenieri</i>
GR1: Roca circalitoral con <i>Dendrophyllia cornigera</i> y <i>Phakellia ventralbrum</i>	RC_DCPV	100-200	Roca	03020218 Roca circalitoral dominada por <i>Dendrophyllia cornigera</i>
GR2: Roca batial con <i>Asconema setubalense</i>	RB_AS	200-400	Roca	04010106 Roca limpia batial con grandes esponjas hexactinélidas (<i>Asconema setubalense</i>)
GC1: Arrecife de coral con <i>Phelliactis</i>	HB_PHCB	700-1000	Arrecife	04030301 Arrecifes de corales profundos de <i>Lophelia pertusa</i> y/o <i>Madrepora oculata</i>
GC2: Fondos rocosos profundos con agregaciones de esponjas	RB_POR	200-639	Roca	04010103 Fondos rocosos profundos con agregaciones de esponjas
GC3: Fangos batiales con dominancia de <i>Kophobelemnon stelliferum</i>	FB_KS	400-1700	Fango Arenas muy finas	04020204 Fangos batiales con dominancia de <i>Kophobelemnon stelliferum</i>
GC4: Roca batial colmatada de sedimentos con <i>Acanthogorgia</i> y <i>Thouarella</i>	FB_AT	1650-1760	Arenas muy finas	040102 Roca batial colmatada de sedimentos
GC6: Arrecife de corales profundos de <i>L. pertusa</i> y/o <i>M. oculata</i>	ACP_CB	328-1180	Arrecife	04030301 Arrecifes de corales profundos de <i>Lophelia pertusa</i> y/o <i>Madrepora oculata</i>

En la Figura 15 se puede ver la posición de las distintas estaciones de muestreo de las campañas de investigación CANNAVIS18 y CABEFAF19 situadas sobre los hábitats bentónicos obtenidos en la acción A2.1 del proyecto INTEMARES. Si la comparamos con la información inicial (proyecto INDEMARES) que se utilizó para el diseño de las campañas (Figura 3), podemos observar algunas diferencias en la distribución espacial de los hábitats de fondo rocosos en la zona circalitoral. Los efectos de estos cambios sobre los diseños de muestreo (CANNAVIS18) planteados no son relevantes ya que las características entre pares de estaciones con y sin presión son similares salvo las estaciones del sur para el enmalle, donde según la distribución disponible actualmente la estación situada sobre la zona con presión pesquera estaría situada sobre el hábitat circalitoral de arena fina con *Munida sp* (Foto 11).

Las estaciones de la campaña CANNAVIS18 para analizar el impacto del enmalle (rasco) están situadas sobre el hábitat circalitoral rocoso con *Dendrophyllia cornigera* principalmente,

aunque están mezcladas con el hábitat de circalitoral de arena gruesa con *Gracilechinus acutus* (Foto 11) en las estaciones del norte, y con el hábitat de circalitoral de arena fina con *Munida* sp en las estaciones del sur. En este último caso la estación más al oeste principalmente está sobre el hábitat sedimentario. En el caso de las estaciones para analizar el impacto del palangre de fondo principalmente están situadas sobre el hábitat circalitoral rocoso con *Dendrophyllia cornigera*. En el caso de las estaciones para el análisis del impacto del arrastre todas están situadas sobre los hábitats sedimentarios de circalitoral de arena gruesa con *Gracilechinus acutus* y circalitoral de arena fina con *Munida* sp. Las estaciones de la campaña CAFEAF19 están situadas principalmente sobre el hábitat circalitora rocoso con *Dendrophyllia cornigera*.

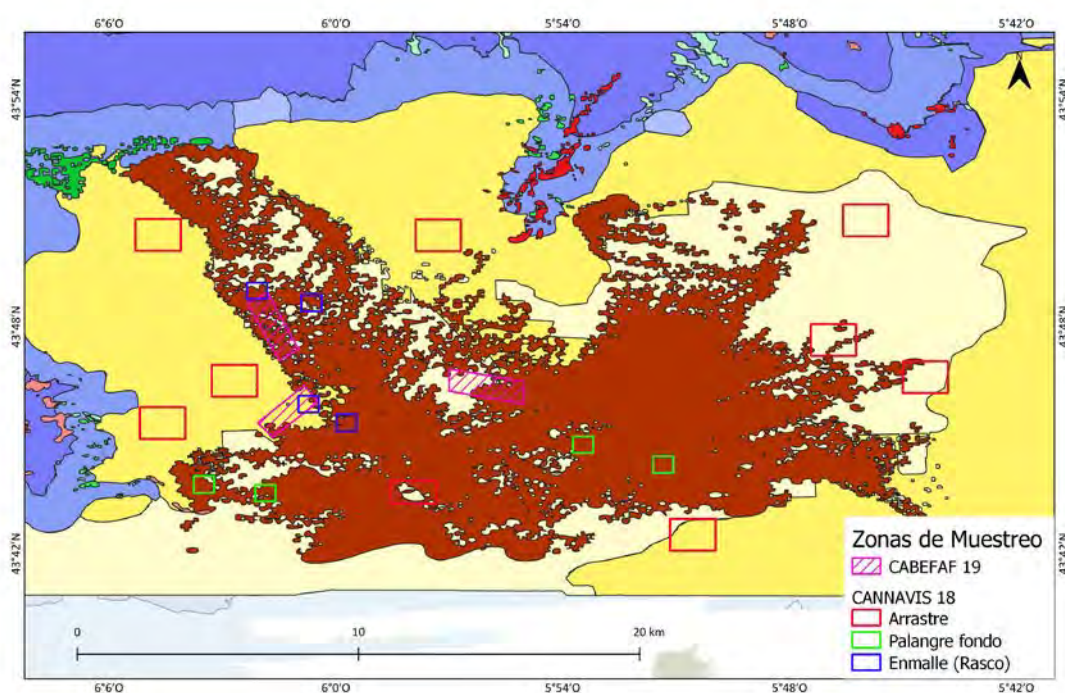


Figura 15. Zonas de muestreo en las campañas CANNAVIS18 y CABEFAF19, y hábitats bentónicos presentes.



Foto 11. Ejemplar de *Munida* sp (izquierda) y de *Gracilechinus acutus* (derecha).

4.2 Presión pesquera.

4.2.1 Caracterización de la actividad pesquera.

Las principales actividades pesqueras de fondo que se desarrollan en el área de los Cañones de Avilés son el palangre de fondo, el enmalle, el arrastre de fondo con puertas y el arrastre de fondo a la pareja.

Considerando el número de embarcaciones por arte utilizado que han faenado anualmente en el área de estudio durante el trienio 2018-2020, los enmalles y palangres de fondo presentan el mayor número de unidades, con 63 y 60 buques de media respectivamente. A continuación, el arrastre de fondo con puertas y el arrastre a la pareja fueron utilizadas por unos 20 buques en ambos casos.

En términos de esfuerzo pesquero tanto el enmalle de fondo como el palangre se sitúan en torno a las 2.000 mareas anuales de media, si bien el número de días de pesca es superior en el caso de los enmalles. Dentro del arrastre, ambos artes realizaron en torno a las 850 mareas anuales de media, siendo la duración media de las mareas de arrastre con puertas superior a las de arrastre a la pareja y, por tanto, mayor su esfuerzo en días de pesca. La actividad en la zona es mayormente diaria, aunque como se verá en los posteriores análisis por categorías de eslora, para un arte dado los buques de mayor tamaño realizan con cierta frecuencia mareas de más de un día de duración.

Considerando el peso de las capturas descargadas en su globalidad, la preponderancia de la flota de arrastre es indudable. Se mantiene de esta forma el mismo comportamiento que se da a lo largo de todo el Caladero Cantábrico y Noroeste en el que solo la flota de cerco, excluida de la presente caracterización por tratarse de una actividad pelágica, presenta volúmenes superiores. Para las dos artes de arrastre, en el área del sistema de cañones de Avilés, destacar la paulatina inversión desde el inicio de la serie en la contribución relativa de ambas artes al desembarco total (Figura 16).

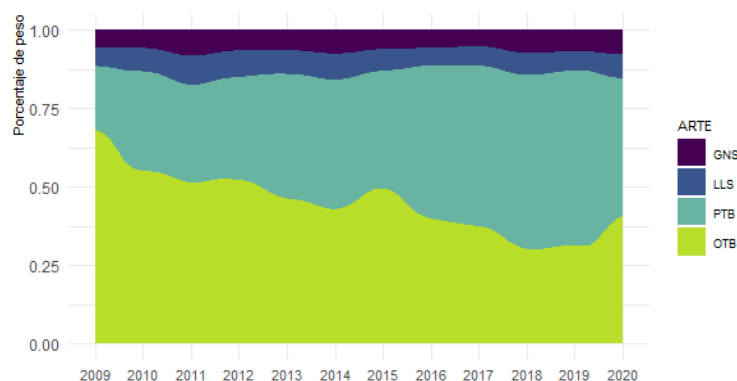


Figura 16. Evolución temporal del porcentaje de peso descargado por arte.

Para cada una de las artes se pueden diferenciar, a su vez, diferentes *metier* (tomado del francés con significado de “oficio”) con el propósito de adecuarlas a las diferentes especies o grupos de especies objetivo (Punzón et al., 2010; Punzón et al., 2011). Se define como *metier* al grupo de operaciones de pesca dirigidas a la misma especie o grupo de especies, usando un arte de pesca similar, durante el mismo período del año y/o dentro de la misma área, y que además se caracterizan por tener un patrón de explotación similar (EU 2021). Los *metier* se pueden identificar a distintos niveles jerárquicos, permitiendo su uso consensuado como unidades básicas de agregación de la información pesquera en distintos ámbitos, tanto científicos como de gestión. Así, por ejemplo, siguiendo la jerarquización a nivel 6 establecida en el ámbito europeo para la monitorización de las actividades pesqueras (EU, 2021) en nuestra zona de estudio cabría diferenciar, para las artes demersales seleccionadas, tres *metier* en el arrastre de fondo (bacas, jureleras y parejas) y otros tantos en el enmalle (betas, volantas y rascos), mientras que toda la actividad de arrastre a la pareja y palangre de fondo se aglutina bajo un mismo *metier* de nivel 6 en esta zona. En otro orden de clasificación, también habitualmente utilizados desde el punto de vista biológico pesquero se referencia directamente al arte y la especie objetivo, no siendo infrecuente encontrarlo también recogido bajo la consideración igualmente de *metier* o táctica pesquera. Conforme a esta clasificación, y considerando el número de mareas medias realizadas por cada una de estas actividades en el trienio 2018-2020 en el entorno del área del Cañón de Avilés, encontramos:

- Palangre de fondo. El arte que presenta más actividades pesqueras con 5 distintas en la zona. Destacan las dirigidas a merluza (*Merluccius merluccius*), a congrio (*Conger conger*) y un *metier* mixto con capturas mayormente de locha (*Phycis blennoides*) y molva (*Molva* spp.). Con menos mareas se identifica una táctica de pesca dirigida a abadejo (*Pollachius* spp.) e incluso una pequeña componente a caballa (*Scomber scombrus*). Este último componente probablemente sea una actividad pesquera realizada con línea de mano pero que a la hora de indicar el arte de pesca o se haya identificado el arte que más frecuente utiliza la flota.
- Enmalle. Una actividad dirigida fundamentalmente a merluza y otro mixto, dirigido a caballa (*Scomber scombrus*), merluza (*Merluccius merluccius*) y jurel (*Trachurus trachurus*), y copan la mayor parte de la actividad del enmalle en esta zona. Con un 10% del esfuerzo opera en la zona una tercera componente dirigida de forma muy marcada a rapés (*Lophius* spp.).
- Arrastre de fondo con puertas. Tres tácticas pesqueras distintas destacando, con más del 50% del esfuerzo pesquero, la mixta dirigida a un conjunto de especies

demersales: rapés (*Lophius* spp.), gallos (*Lepidorhombus* spp.), merluza (*Merluccius merluccius*), omastréidos (*Ommastrephidae*), etc. A continuación, una dirigida a caballa (*Scomber scombrus*) y, de forma casi residual en esta zona comparado con su relevancia en el Caladero Cantábrico Noroeste, una tercera actividad dirigida a jurel (*Trachurus trachurus*).

- Arrastre de fondo a la pareja. Se identifican dos actividades, la dirigida a lirio (*Micromesistius poutassou*) con el 86 % de las mareas y la dirigida a caballa (*Scomber scombrus*) con el 11%. El resto de las mareas, casi como actividad residual, con capturas de merluza (*Merluccius merluccius*).

Como vemos, la gran variedad de especies de interés comercial, junto con la complejidad topográfica y geológica del Sistema de cañones submarinos de Avilés y sus zonas aledañas, ha posibilitado el desarrollo de una gran variedad de pesquerías. En muchos casos, estas actividades se suceden, como el caso de las denominadas “costeras” a lo largo del año en función de la disponibilidad de los recursos o el valor comercial que alcanzan. El análisis de este nivel de desagregación de las actividades pesqueras es preciso para determinados estudios, por ejemplo, la elaboración de series de CPUE usadas habitualmente en el contexto de la evaluación de stocks. Sin embargo, a efectos de una caracterización general de la actividad pesquera en la zona, carece de interés entrar a analizar cada uno de estas tácticas pesqueras por separado, por lo que los subsiguientes análisis se realizan por arte, de forma que pueda entenderse el estado actual y desarrollo de las actividades pesqueras en el área de una forma más sencilla.

4.2.1.1 Caracterización por arte de pesca.

Para cada una de las artes se presenta un desglose de la actividad pesquera a partir de cuatro elementos:

- características técnicas y evolución de la flota
- perfiles de captura
- esfuerzo pesquero
- evolución temporal del esfuerzo

Con el objeto de facilitar la visualización de las gráficas se han utilizado codificaciones estandarizadas para varias variables:

- Artes. Para las artes se han seguido los códigos de letras establecidos por “Clasificación estadística internacional normalizada de los artes de pesca” (ISSCFG)

de la FAO: palangres (LLS), enmalles (GNS), arrastre de fondo con puertas (OTB) y arrastre a la pareja (PTB).

- **Esloras.** Los análisis se presentan por rangos de eslora, realizados a partir de la eslora total (longitud del casco del barco medida como la distancia desde la proa hasta la popa en metros). Para los rangos de eslora se han utilizado los establecidos a nivel europeo para la recogida de información biológica en el sector de la pesca: de 0 a 10 metros (V0010), de 10 a 12 metros (V1012), de 12 a 18 (V1218), de 18 a 24 (V1824) y de 24 a 44 (V2444). No faenando en la zona ningún buque por encima de 44 metros, el máximo rango contemplado en esa regulación.
- **Especies.** Se ha utilizado el código “3A_CODE” de la lista ASFIS de la FAO, código interinstitucional alfa-3 con el total de especies comerciales catalogadas. En algunos casos el código está relacionado con el nombre científico o en inglés de la especie, aunque en muchos otros las tres letras están asignadas por la FAO al azar.

En los gráficos de sectores utilizados para mostrar la composición de las capturas se han agregado bajo la categoría “MIX” todas las especies cuyos desembarcos son inferiores al 1% para cada arte dada.

Palangre de fondo.

Se entiende por palangre de fondo un aparejo fijo de pesca formado por un cabo, denominado madre, del que penden a intervalos otros cabos más finos, llamados brazoladas, a los que se empatan o hacen firmes anzuelos de distintos tamaños. En los extremos, y a lo largo del cabo madre, van dispuestos los necesarios elementos de fondeo y flotación que permiten mantener los anzuelos en profundidad.

Dimensiones y características de la flota.

Durante el trienio 2018-2020, 60 buques faenaron de media anual empleando palangre de fondo en la zona de estudio (Figura 17). Esta flota presenta una potencia media de 59.7 kW, un arqueado de 17.5 TRB y eslora total media de 13 metros. La mayor parte de las embarcaciones se sitúan en la categoría de eslora que va de los 10 a los 12 metros, disminuyendo progresivamente la abundancia de barcos a partir de ese rango con su tamaño.

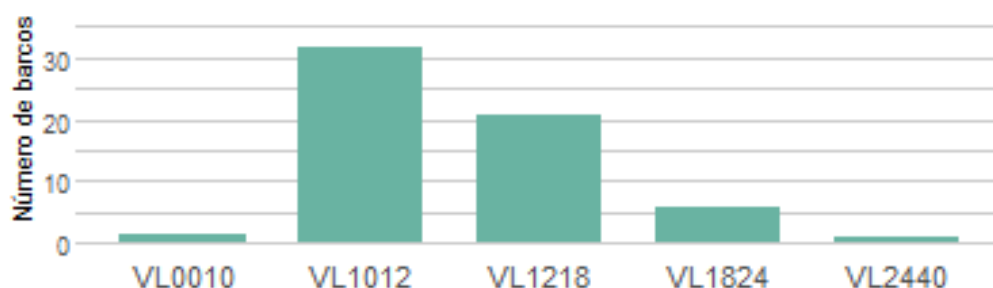


Figura 17. Número de barcos por categoría de eslora faenando con palangre de fondo. Media trienio 2018-2020.

En cuanto a la evolución del número de buques, la flota que emplea con palangre de fondo muestra una pequeña pero progresiva disminución del número de buques desde el máximo puntual, alcanzado en el año 2013 con 80 embarcaciones, hasta los mínimos de 58 y 60 barcos que faenaron en 2019 y 2020 respectivamente (Figura 18).

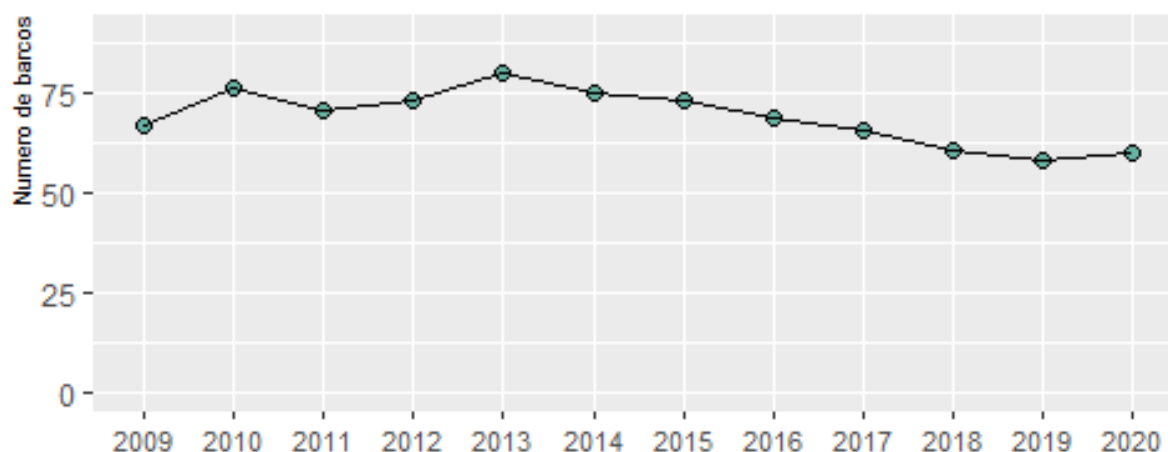


Figura 18. Evolución temporal del número de barcos faenando con palangre de fondo. 2009-2020.

Esfuerzo pesquero.

Las casi 2000 mareas se reparten, por categoría de eslora, de forma proporcional a las embarcaciones existentes. Conforme aumenta el tamaño de la embarcación, aumentan la cantidad de mareas de más de un día de duración, incrementándose la diferencia entre las variables de esfuerzo seleccionadas. La mayoría de las mareas son, en todo caso, diarias (Figura 19).

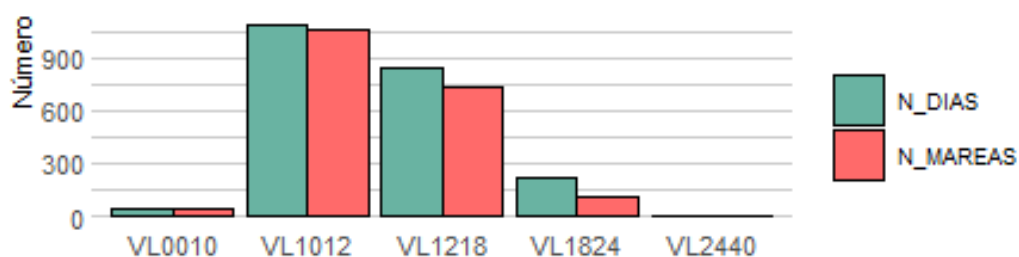


Figura 19. Distribución del esfuerzo pesquero (días de pesca y mareas) por categorías de eslora para el palangre de fondo. Media trienio 2018-2019.

El esfuerzo pesquero anual disminuyó de forma pronunciada entre 2011 y 2018 alcanzando su mínimo ese año. Desde entonces el esfuerzo se mantiene en niveles bajos con menos de la mitad de las mareas de las realizadas antes de iniciar ese declive en 2011, cuando la flota empleando palangre de fondo llegó a realizar casi 4000 mareas anuales (Figura 20).

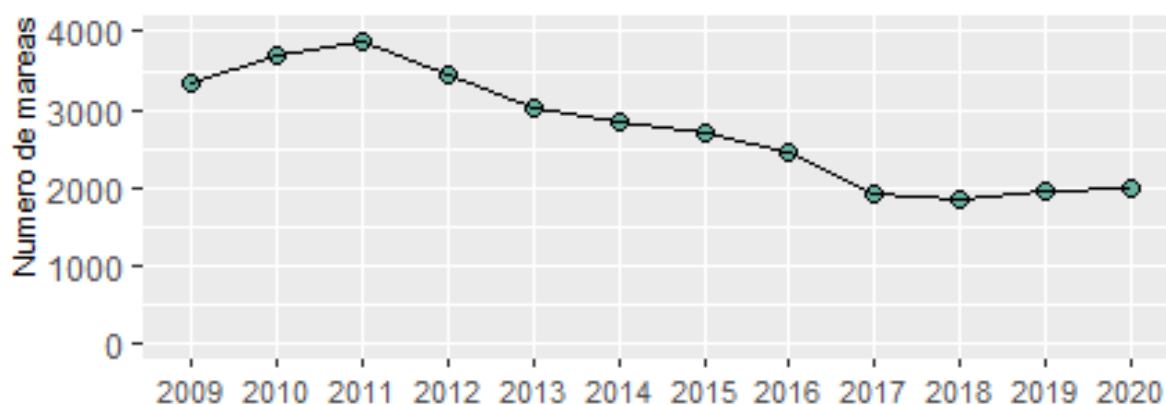


Figura 20. Evolución temporal del número de mareas realizadas con palangre de fondo. 2009-2020.

Perfil de captura.

La composición específica de la captura desembarcada muestra que la merluza (*Merluccius merluccius*, HKE), con más de una tercera parte del total, domina los desembarcos que junto con Caballa (*Scomber scombrus*, MAC) y congrio (*Conger conger*, COE), completan el grupo de especies que copan el 80% del peso (Figura 21). Entre el resto, todas ya con porcentajes menores al 5%, destacan la locha (*Phycis spp.*, FOX) y el abadejo (*Pollachius pollachius*, POL) representándose justamente las 5 tácticas pesqueras resaltadas anteriormente.

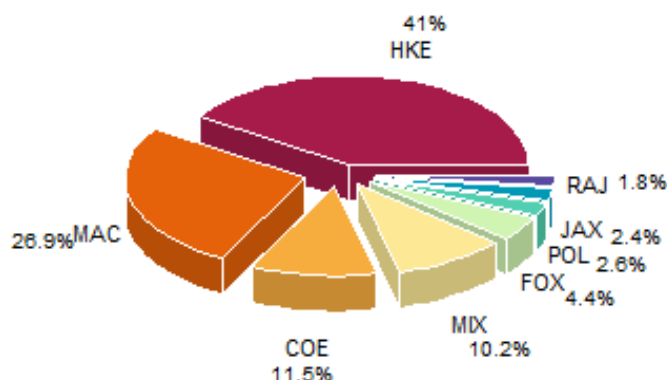


Figura 21. Composición de especies del desembarco del palangre de fondo. Media trienio 2018-2020.

Evolución de la estacionalidad.

La actividad de los barcos faenando con palangre de fondo muestra importantes cambios en cuanto a la estacionalidad del esfuerzo desarrollado en la zona (Figura 22). Durante los primeros años de la serie, se observa un patrón de explotación que, aumentando a partir de abril, se mantenía en niveles altos de actividad hasta prácticamente final de año. Sin embargo, esa dinámica se ha ido modificando paulatinamente hasta consolidarse el régimen actual en el que, más allá de la disminución total de las mareas ya comentada anteriormente —ahora observada por días— se produce una fuerte disminución estival del uso del arte en beneficio de otras actividades como la costera del bonito.

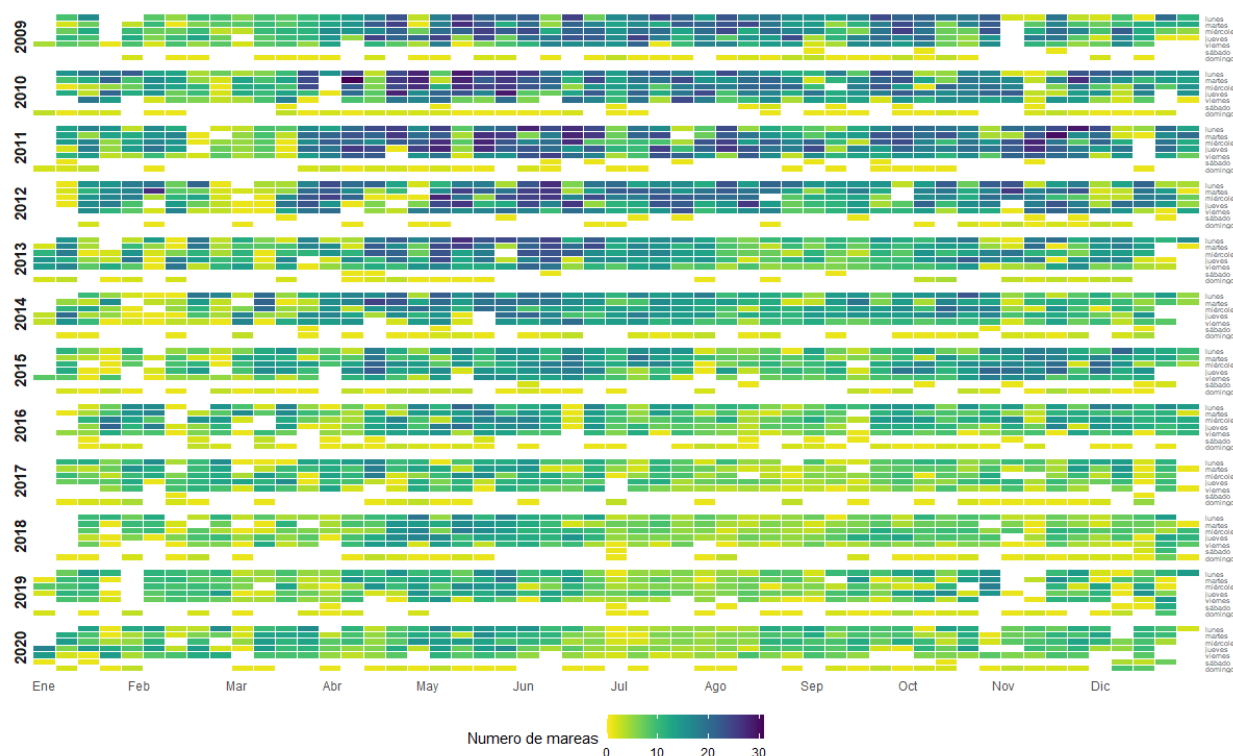


Figura 22. Evolución de las mareas por día del palangre de fondo. 2009-2020.

Enmalle de fondo.

Esta técnica consiste en el uso de redes de finos filamentos que se calan rozando el fondo marino. Con la ayuda de flotadores y plomos o pesos, la red mantiene su posición al ser anclada, de forma que cuando los peces se desplazan nadando y tratan de atravesarla, quedan enmallados o enredados en la red.

En esta categoría se incluyen las conocidas localmente como “betas”, “soltas”, “piqueras”, “cazonales”, “redes de acedía” y similares.

Dimensiones y características de la flota.

63 buques han operado, de media anual, empleando enmalle de fondo durante el trienio 2018-2020 en el área del sistema de cañones de Avilés (Figura 23).

A la hora de evaluar las características técnicas, conviene recordar la existencia en este grupo de las modalidades de volanta y rasco, ambas incluidos en este análisis por arte junto a las embarcaciones de artes menores. En ambas modalidades, la actividad de la flota comporta especificidades respecto a las artes menores y los buques presentan características técnicas superiores a la media de las embarcaciones artesanales. Ello facilita que observemos valores superiores a los registrados en el caso de la flota de palangre de fondo visto anteriormente. La flota que faena con enmalle de fondo presenta una potencia media de 89.1 kW, un arqueado de 33 TRB y eslora total media de 14.3 metros, siendo relativamente parejos los tamaños de flota de las categorías de eslora de 10 a 12 metros y de 12 a 18.

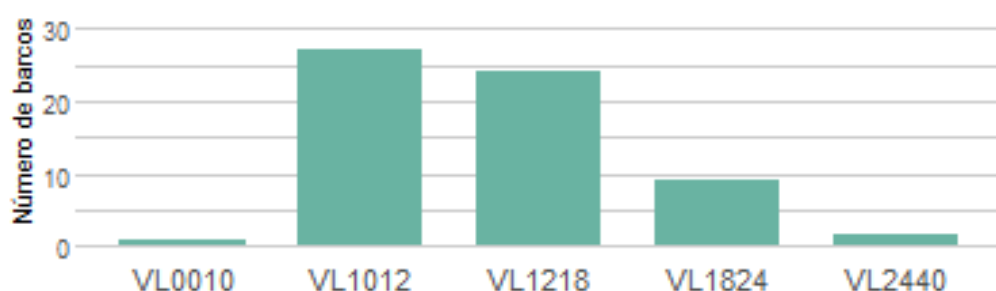


Figura 23. Número de barcos por categoría de eslora faenando con enmalle de fondo. Media trienio 2018-2020.

El número de embarcaciones, con su pico alcanzado en 2014 con 82 unidades registradas en la zona, muestra un claro descenso a partir de 2015. Desde entonces, la flota se mantiene en niveles por debajo de los 70 barcos; siendo nuevamente, como en el palangre, el mínimo de la serie alcanzado en los últimos dos años analizados (Figura 24).

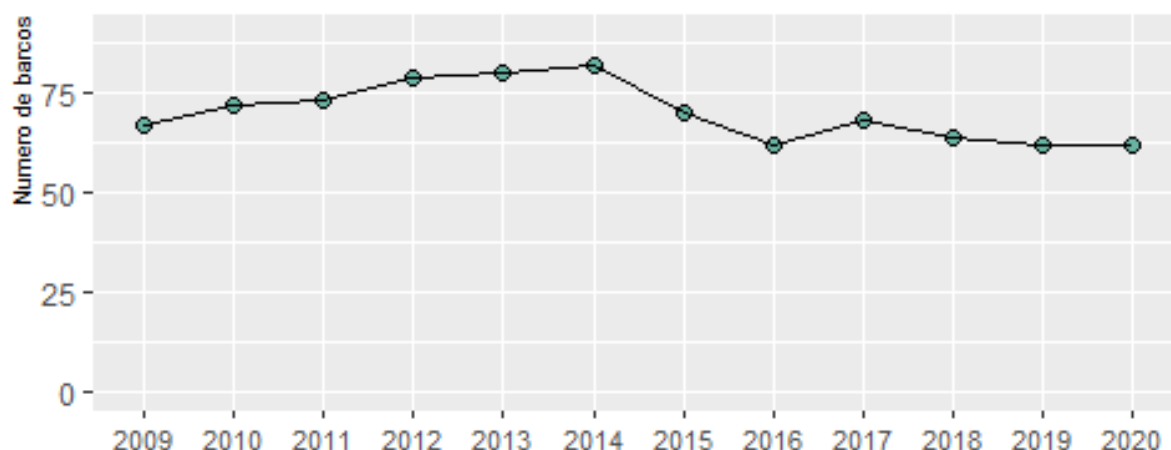


Figura 24. Evolución temporal del número de barcos faenando con enmalle de fondo. 2009-2020.

Esfuerzo pesquero.

Los buques que faenaron con enmalle de fondo realizaron más de 2000 mareas de media y 2350 días de mar anuales durante el trienio 2018-2020. La duración media de las mareas fue de 1.2 días, diferenciándose la flota menor de 12 metros que solo realiza mareas diarias de las categorías de eslora superiores donde hay componentes (como el rasco o la volanta mencionados) que ya realizan mareas de duración superior (Figura 25).

La mitad del esfuerzo pesquero total se realizó por las embarcaciones pertenecientes a la categoría de eslora de 12 a 18 metros, mostrando este segmento más actividad que el resto en proporción al número de buques.

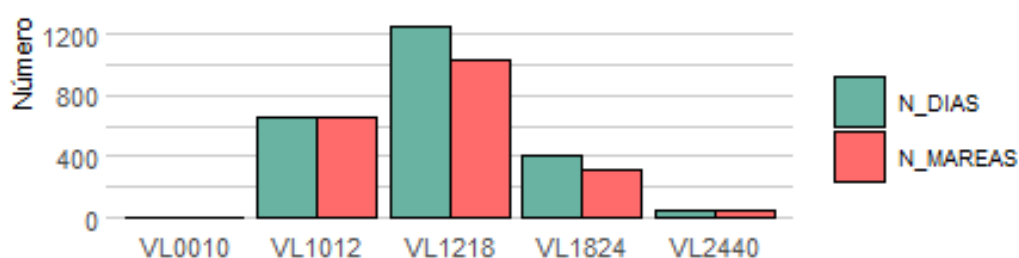


Figura 25. Distribución del esfuerzo pesquero (días de pesca y mareas) por categorías de eslora para el enmalle de fondo. Media trienio 2018-2019.

El esfuerzo anual ha venido decreciendo de forma continua desde 2014. En 2020 bajó por primera vez del umbral de las 2000 mareas y alcanzó el mínimo de la serie. Este valor se corresponde con la mitad del esfuerzo que se estaba realizando durante los años 2009-2011 (Figura 26).

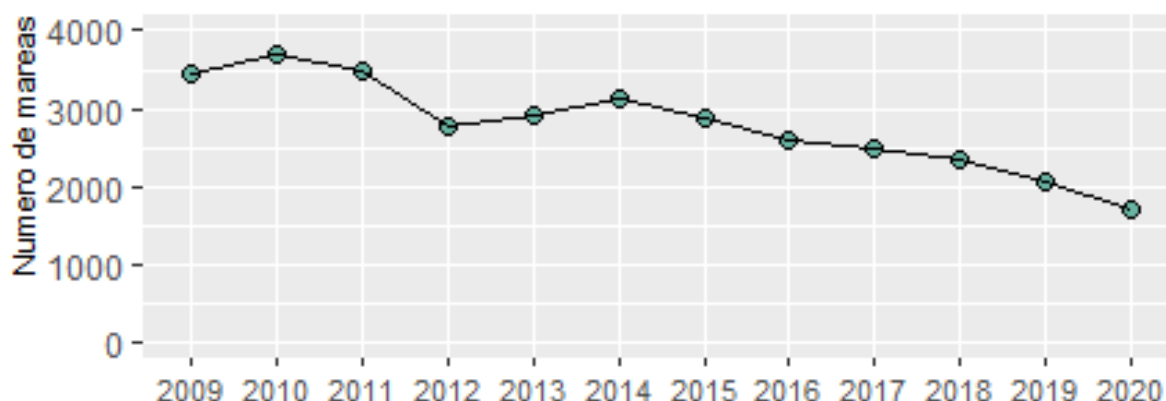


Figura 26. Evolución temporal del número de mareas realizadas con enmalle de fondo. 2009-2020.

Perfil de captura.

Con más de la mitad de las capturas totales, la merluza (*Merluccius merluccius*, HKE) es la especie más desembarcada (Figura 27). Este hecho se explica tanto debido a la existencia de una importante estrategia o táctica de pesca dirigida de forma monoespecífica a su captura (volanta) como a las capturas realizadas por la componente mixta (entre las que destacan las betas). El resto de las descargas se encuentran muy repartidas entre un importante conjunto de especies secundarias. Entre ellas destacan los rapes (*Lophious spp.*, MNZ), siendo las únicas especies aparte de la merluza que de hecho define una componente dirigida a su captura como es la modalidad de rasco.

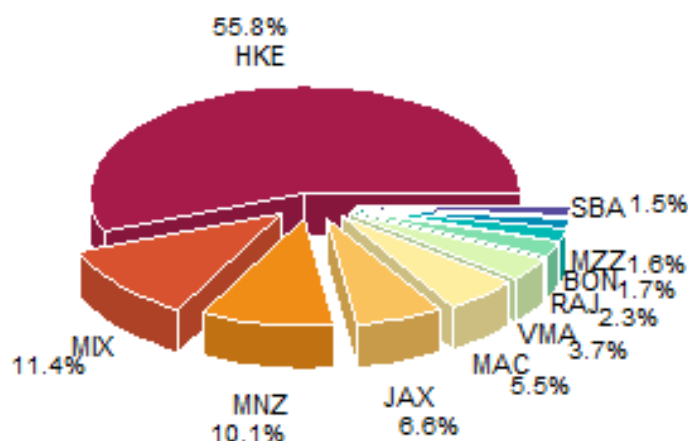


Figura 27. Composición de especies del desembarco del enmalle de fondo (2020).

Evolución de la estacionalidad.

A tenor de lo reflejado en la gráfica de evolución temporal del esfuerzo desarrollado por los barcos faenando con enmalle de fondo, su dinámica de explotación se ha modificado de forma importante respecto a los inicios de la serie en 2009 y 2010 (Figura 28). De un patrón relativamente continuo y sostenido a lo largo del año, se ha pasado a una actividad que se

reduce fuertemente entorno al mes de abril y entre mediados de junio y agosto. Es probable que parte de esta flota participe, dada la mayor rentabilidad, en costera del bonito en la época estival.

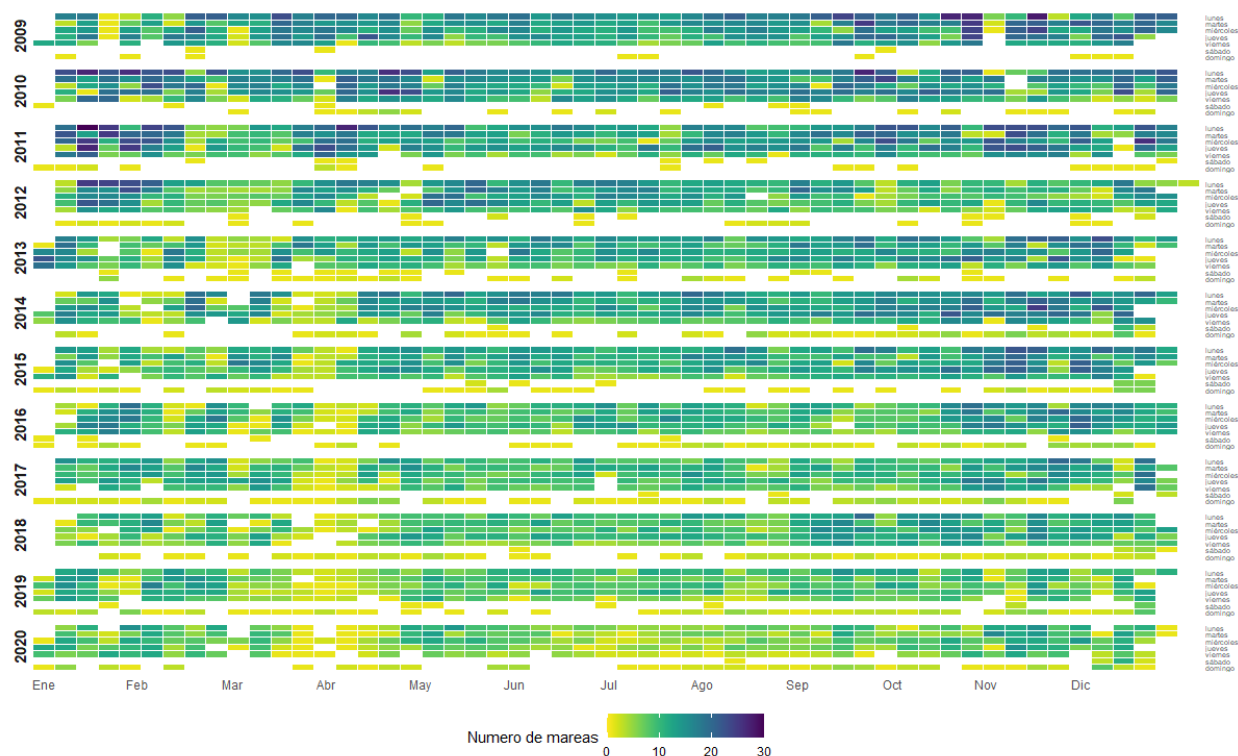


Figura 28. Evolución de las mareas por día del enmalle de fondo. 2009-2020.

Arrastre de fondo con puertas.

Esta técnica consiste en el empleo de una red que es arrastrada por el fondo del mar, de forma que va capturando todo lo que encuentra a su paso. Esta red, con forma de un gran embudo, se mantiene en el fondo, debido a que va lastrada y se mantiene abierta gracias a unas grandes piezas metálicas, conocidas como puertas, que actúan separando las bandas del arte.

Dimensiones y características de la flota.

En la zona de estudio, 20 buques de media faenaron con arte de arrastre de fondo con puertas en el trienio 2018-2020 (Figura 29). Como características técnicas, estos buques presentaron una eslora total media de 28.8 metros, un arqueo de 235 TRB y una potencia media de 424 kW.

La flota de arrastre, tanto con puertas como a la pareja, sujeta a una regulación que autorizaba la actividad a buques con una eslora total mínima de 24 metros (o eslora entre

perpendiculares de 20 metros) en el caladero Cantábrico y Noroeste¹, presenta ya el total de su actividad en la categoría de eslora de 24 a 40 metros; presentando no obstante actividad de un buque faenando en la categoría anterior.

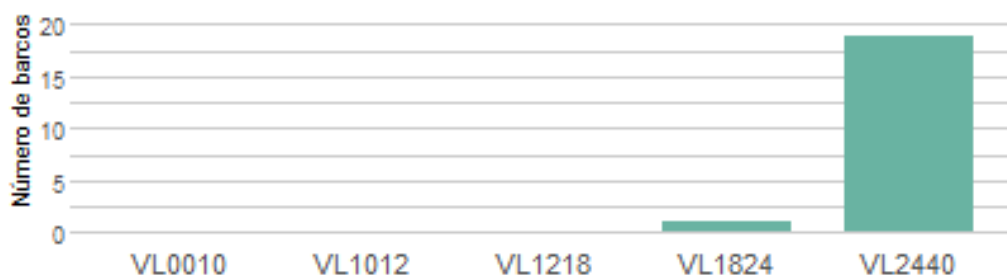


Figura 29. Número de barcos por categoría de eslora faenando con arrastre de fondo con puertas. Media trienio 2018-2020.

El número de buques de la flota de arrastre de fondo con puertas faenando en la zona de estudio ha descendido drásticamente durante la última década, reduciéndose en más del 50% el número de buques respecto a los niveles iniciales (Figura 30).

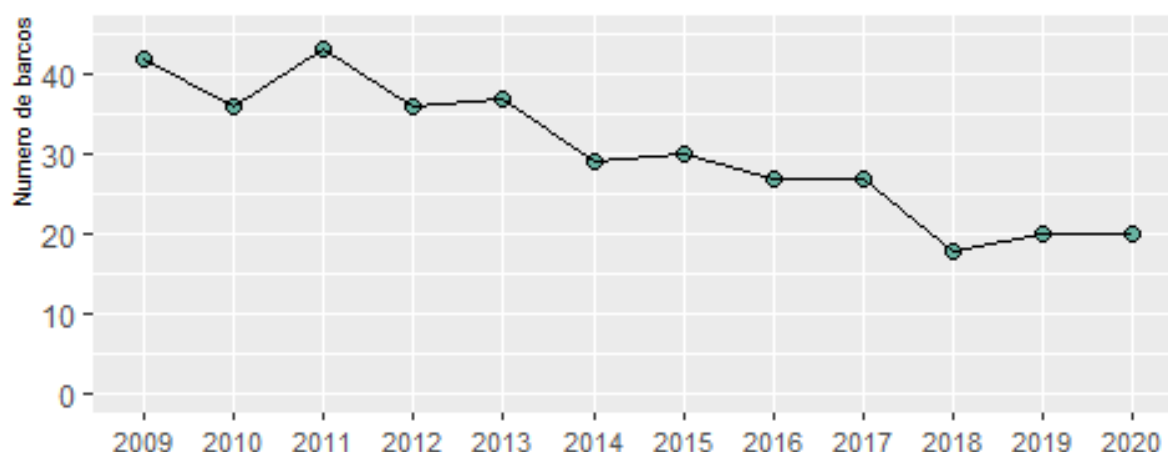


Figura 30. Evolución temporal del número de barcos faenando con arrastre de fondo con puertas. 2009-2020.

Esfuerzo pesquero.

La flota ejerció un esfuerzo de 869 mareas y 2082 días de pesca como media anual durante el trienio 2018-2020 (Figura 31).

¹ Conforme al Real Decreto 1441/1999. Derogado el 29/6/2022 por Real Decreto 502/2022, de 27 de junio, por el que se regula el ejercicio de la pesca en los caladeros nacionales.

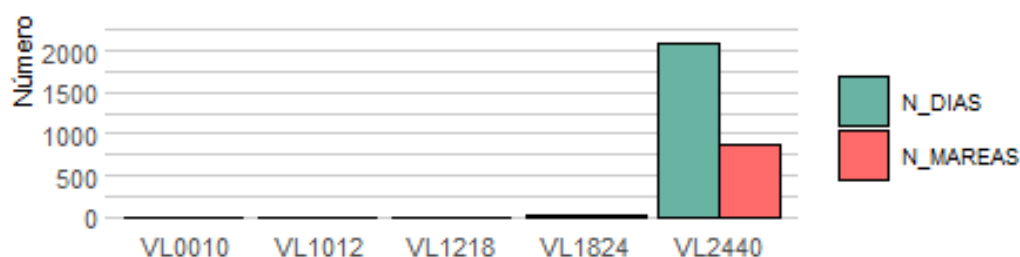


Figura 31. Distribución del esfuerzo pesquero (días de pesca y mareas) por categorías de eslora para el arrastre de fondo con puertas. Media trienio 2018-2019.

En cuanto a la evolución temporal del número de mareas, 2020 supone el mínimo de la serie, reduciéndose la actividad desde 2019 a niveles por debajo del 50% respecto al inicio de la serie (Figura 32). Esta disminución se corresponde en líneas general con la continuada reducción del número de buques.

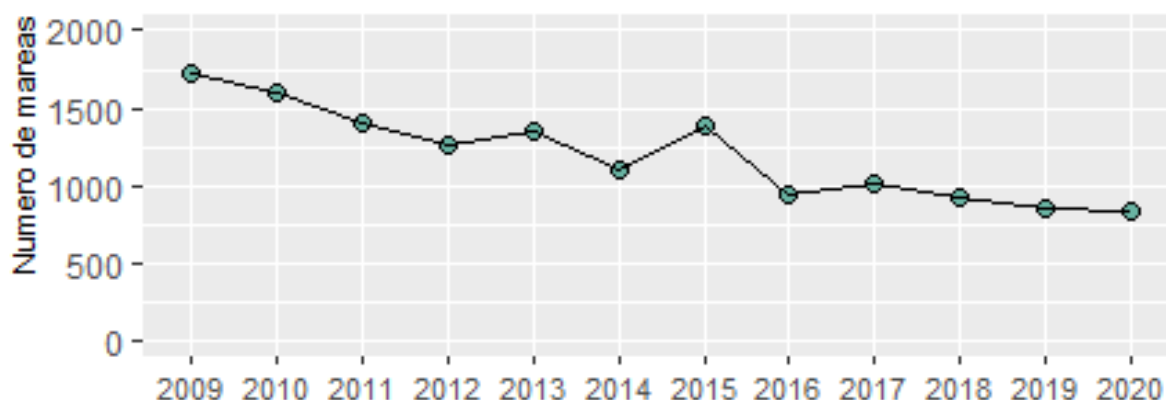


Figura 32. Evolución temporal del número de mareas realizadas con arrastre de fondo con puertas. 2009-2020.

Perfil de captura.

La composición específica de las descargas muestra la relevancia de la componente de caballa (*Scomber scombrus*, MAC), llegando esta especie a conformar el 61% del total del peso. A continuación, ya por debajo del 10%, destacar el jurel (*Trachurus trachurus*, JAX) y un extenso variado de especies por debajo del 5% entre las que destacar los gallos (*Lepidorhombus* spp., LEZ) y merluza (*Merluccius merluccius*, HKE) (Figura 33).

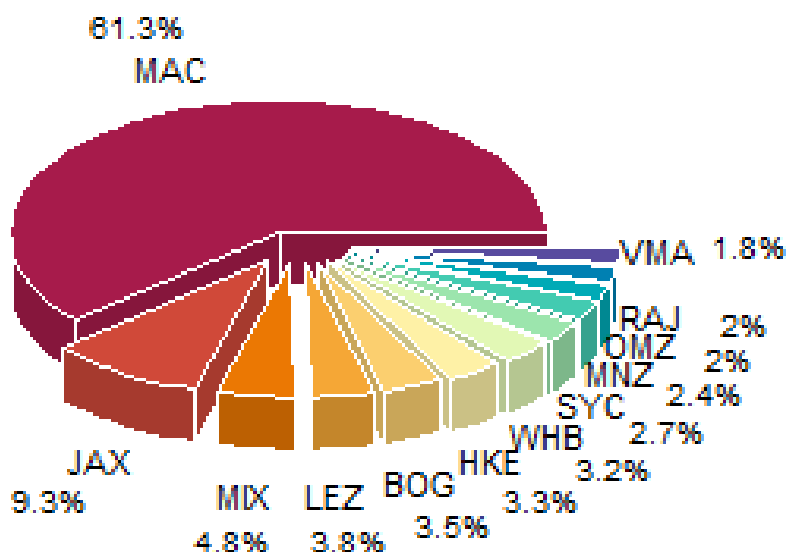


Figura 33 Composición de especies del desembarco del arrastre de fondo con puertas. Media trienio 2018-2020.

Evolución de la estacionalidad.

La modificación más relevante para los barcos faenando con arrastre de fondo con puertas es el importante descenso del esfuerzo pesquero (Figura 34). En cuanto a su estacionalidad, y dada la capacidad de este arte para operar entre las tres tácticas pesqueras descritas, el arrastre de fondo en el Caladero Cantábrico y Noroeste es un arte versátil y por tanto capaz de mantenerse operativo a lo largo de todo el año. Se produce, no obstante, un aumento del esfuerzo en torno a los meses de marzo y abril, alcanzando incluso mayo en años recientes, debido a la importancia que en esas fechas tiene la caballa, la especie con mayores volúmenes de descarga de la flota. Esta estacionalidad ha ido desplazándose hacia los meses centrales desde el inicio de la serie, cuando la actividad se incrementaba ya en febrero y descendía a mediados de abril.

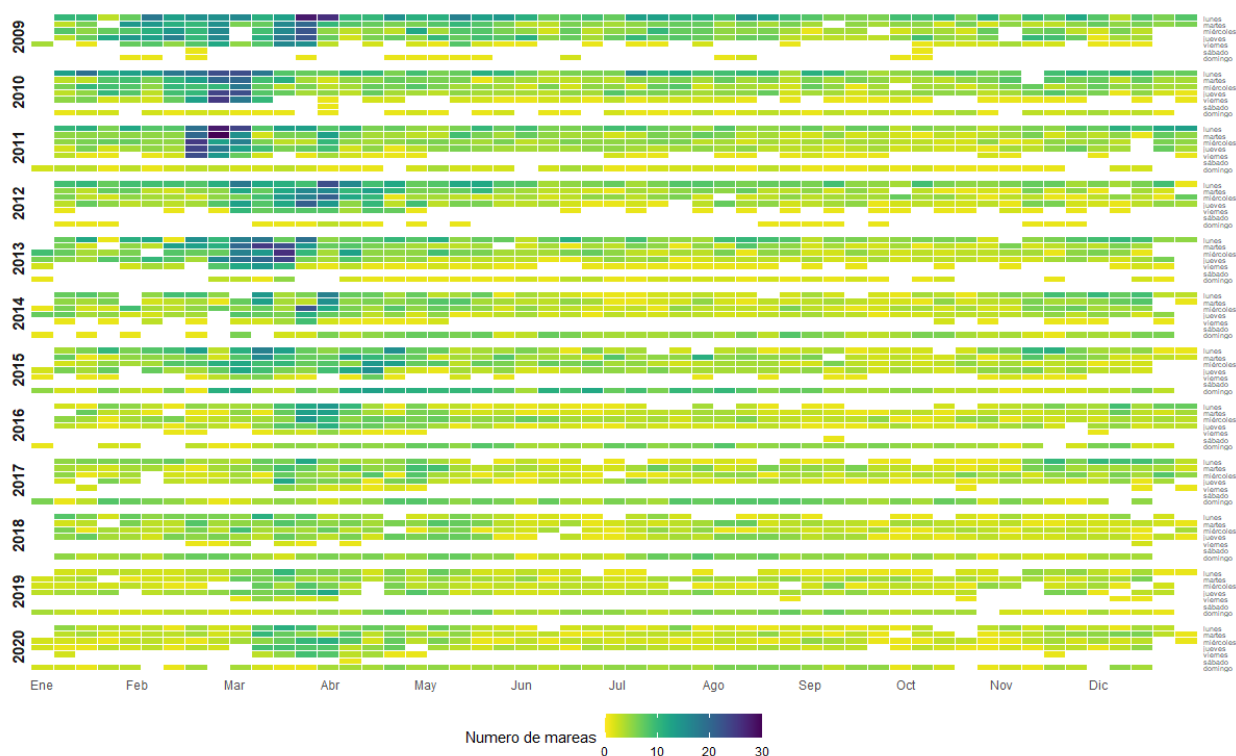


Figura 34. Evolución de las mareas por día del arrastre de fondo con puertas. 2009-2020.

Arrastre de fondo a la pareja.

En este caso, el aparejo no dispone de puertas y la boca de la red arrastrada por el fondo del mar se mantiene abierta gracias a que el arte es arrastrado por dos barcos. En el momento de la virada uno de los barcos pasa la mallea al otro para que pueda virar el aparejo.

Dimensiones y características de la flota.

23 buques de media anual faenaron con arte de arrastre de fondo a la pareja en el trienio 2018-2020 (Figura 35). Estos buques presentaron las siguientes características técnicas medias: eslora total de 28.1 metros, un arqueado de 225.5 TRB y una potencia media de 358.5 kW.

Como se ha comentado para el arrastre con puertas, toda la flota de arrastre ha estado sujeta a una regulación que imponía una eslora mínima de 24 metros en el caladero Cantábrico y Noroeste², por lo que solo presenta ya la categoría de eslora de 24 a 40 metros.

² Conforme al Real Decreto 1441/1999 no se permitía la actividad de arrastre para buques por debajo de 24 metros de eslora. Derogado el 29/6/2022 por Real Decreto 502/2022, de 27 de junio, por el que se regula el ejercicio de la pesca en los caladeros nacionales.

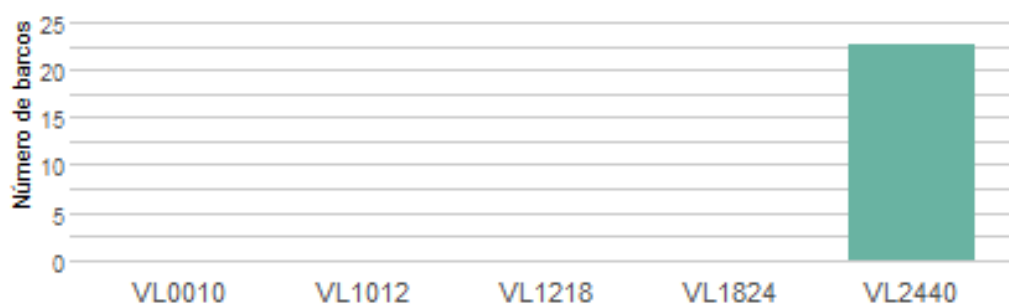


Figura 35. Número de barcos por categoría de eslora faenando con arrastre de fondo a la pareja. Media trienio 2018-2020.

En relación a la evolución del número de barcos, los buques faenando con arrastre de fondo a la pareja se han mantenido relativamente estables a lo largo de la serie 2009-2020, aumentando su número durante los años 2011 a 2014 (Figura 36).

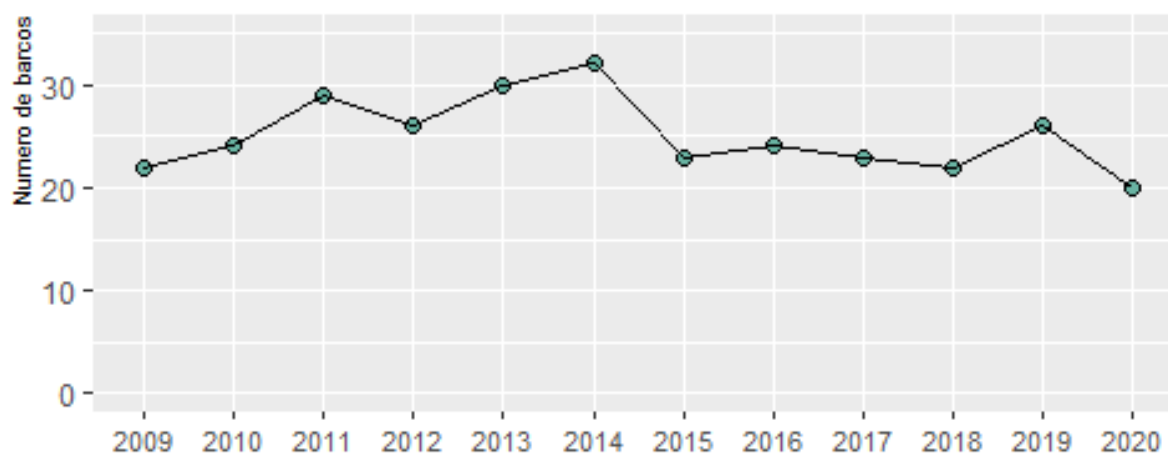


Figura 36. Evolución temporal del número de barcos faenando con arrastre de fondo a la pareja. 2009-2020.

Esfuerzo pesquero.

Los buques que faenaron con arrastre de fondo a la pareja realizaron 854 mareas de media y 1.2883 días de mar anuales durante el trienio 2018-2020, con una duración media de las mareas fue de 1.5 días (Figura 37).

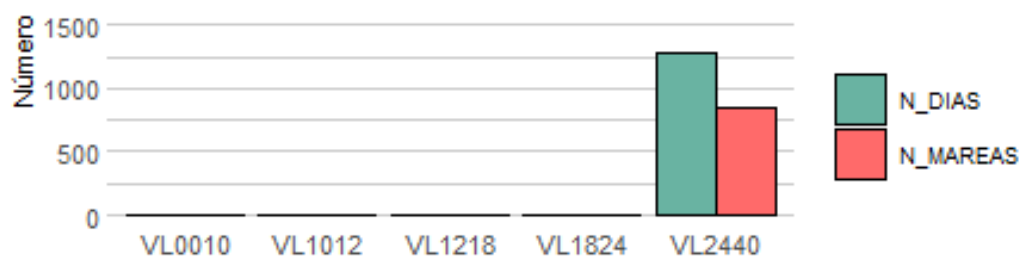


Figura 37. Distribución del esfuerzo pesquero (días de pesca y mareas) por categorías de eslora para el arrastre de fondo a la pareja. Media trienio 2018-2019.

En cuanto a la evolución del esfuerzo, el número de mareas se ha mantenido alrededor de las 850 mareas, destacando un fuerte incremento en 2010 y un marcado descenso en 2020 (Figura 38).

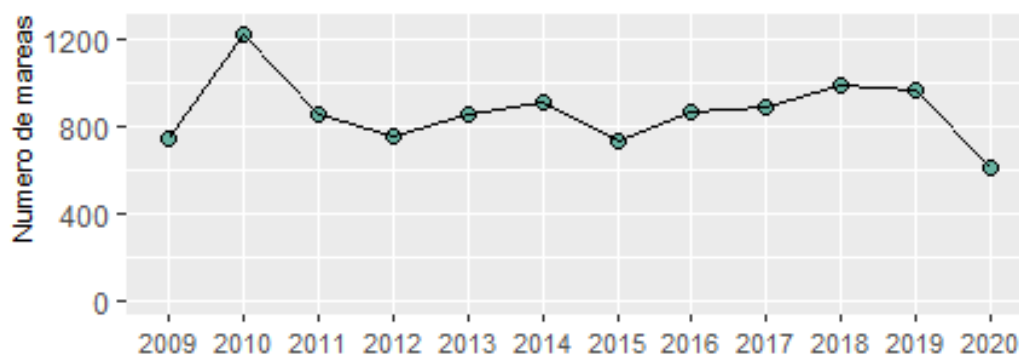


Figura 38. Evolución temporal del número de mareas realizadas con arrastre de fondo a la pareja. 2009-2020.

Perfil de captura.

La composición de la captura muestra como principal especie el lirio (*Micromesistius poutassou*), que copa el 70% del total; y en segundo lugar la caballa (*Scomber scombrus*) con el 23.5% (Figura 39). En ambos casos se trata de actividades fuertemente monoespecíficas, que se corresponden con las dos tácticas de pesca de esta flota de arrastre de fondo a la pareja que comentamos inicialmente.

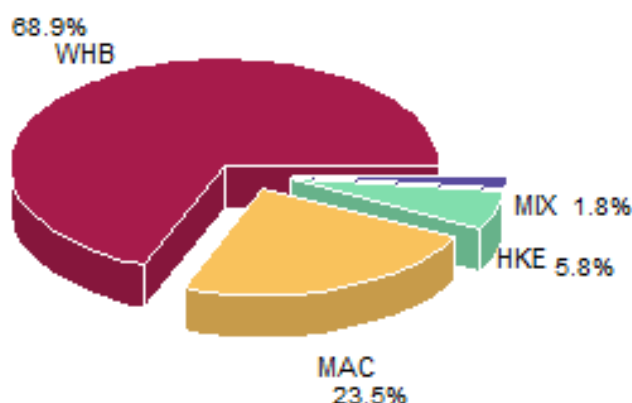


Figura 39. Composición de especies del desembarco del arrastre de fondo a la pareja. Media del trienio 2018-2019.

Evolución de la estacionalidad.

La estacionalidad de la pesquería muestra cierta estabilidad, alcanzando máximos de actividad en las semanas alrededor de mediados de febrero (Figura 40). Destacar el

mantenimiento de esos picos a lo largo de los meses estivales durante el año 2010, así como la tendencia al inicio de la serie de incrementar el esfuerzo a finales de año.

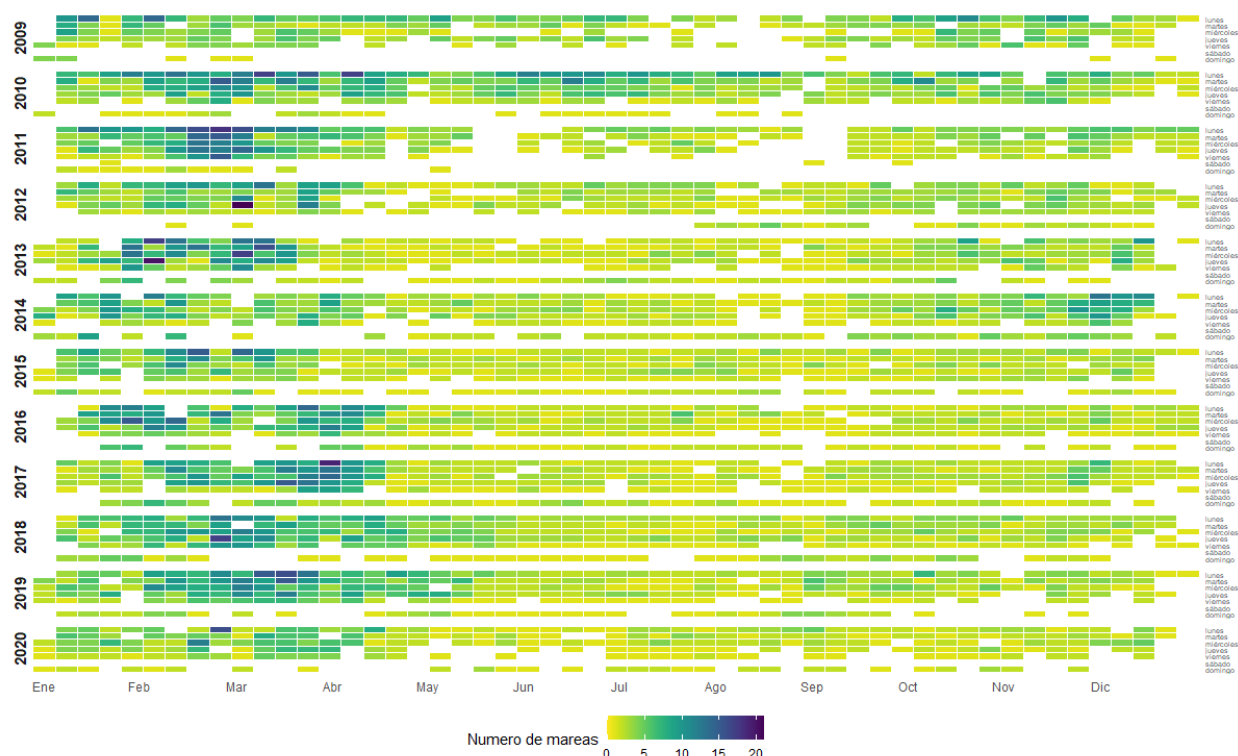
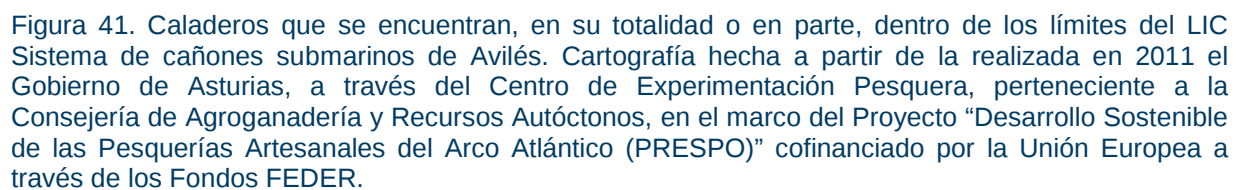


Figura 40. Evolución de las mareas por día del arrastre de fondo a la pareja. 2009-2020.

4.2.2 Distribución espacial de la actividad pesquera demersal.

4.2.2.1 Distribución espacial del esfuerzo.

Según la cartografía realizada en 2011 por el Gobierno de Asturias, a través del Centro de Experimentación Pesquera, perteneciente a la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos, en el marco del Proyecto “Desarrollo Sostenible de las Pesquerías Artesanales del Arco Atlántico (PRESPO)” cofinanciado por la Unión Europea a través de los Fondos FEDER, se identifican 55 caladeros que en parte o en su totalidad están dentro de los límites del LIC Sistema de cañones submarinos de Avilés (Figura 41).



Arrastre de fondo con puertas (OTB) y en pareja (PTB).

Distribución espacial del esfuerzo 2018-2020.

La distribución espacial del esfuerzo pesquero (horas/km²) del arrastre de fondo (OTB y PTB) en el área del LIC Sistema de Cañones de Avilés (SCA), en valores máximos de horas por celda entre 2018 y 2020, se concentra en caladeros de fondo blando o mixto, a lo largo de la plataforma del talud superior (entre 150 y 500 m de profundidad) que bordea los Cañones de Avilés (Figura 42). Dentro de la plataforma del talud superior, se observa un ligero desplazamiento de la intensidad de esfuerzo del PTB hacia profundidades de 300 a 500 m, mientras que la del OTB se concentra en profundidades menores (150 a 300 m). Además, se aprecia gran intensidad de esfuerzo en áreas situadas en el límite sureste del LIC (entre 100 y 150 m de profundidad) para el OTB, donde se ubican caladeros importantes como El Callejón, y en el límite de la plataforma del talud superior en la zona oeste del LIC (entre 250 y 350 m de profundidad) para el PTB, donde se sitúan caladeros habituales de esta flota como La Vallina.

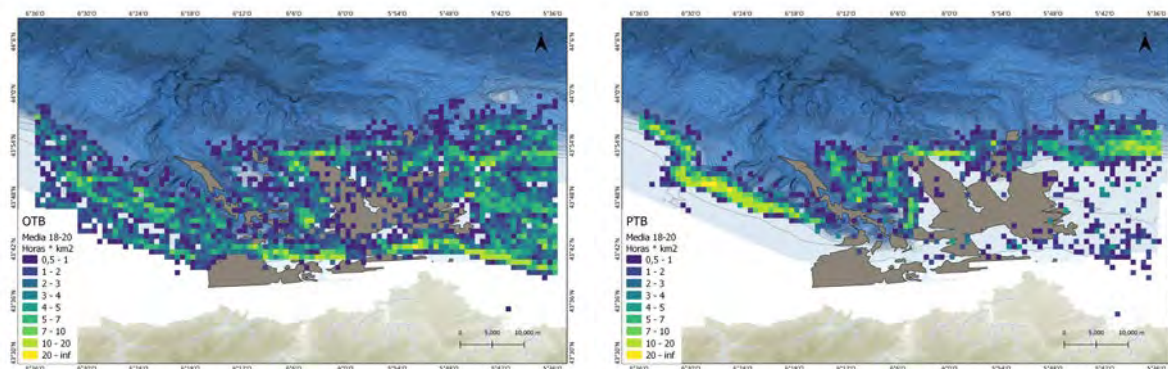


Figura 42. Distribución espacial del esfuerzo pesquero (horas) del arrastre de fondo con puertas (OTB) y en pareja (PTB) en el LIC SCA en el 2020.

Distribución espacial-temporal del esfuerzo 2009 a 2020.

En general, a lo largo del periodo de estudio (2009 a 2020) se observa en el LIC una disminución del esfuerzo pesquero del arrastre (OTB y PTB), sobre todo en los últimos años (30% 2018-2020 para OTB y 39% en el 2020 para PTB), especialmente en la plataforma del talud superior que bordea los Cañones de Avilés. El análisis de los modelos de regresión lineal múltiple de la intensidad de pesca del OTB durante este periodo (2009 a 2020), muestran un patrón de tendencias contrario según la profundidad (Figura 43). Así a profundidades de 150 a 200 m se reduce la intensidad de pesca mientras que, a profundidades superiores se observa un incremento del esfuerzo. En el caso del PTB, se observa una importante tendencia a la baja del esfuerzo en el norte del Cañón de Avilés, y

más concretamente, en el caladero de El Canto Nuevo, como consecuencia de la poca actividad pesquera en este caladero en los últimos 3 años (2018 a 2020) (Figura 43).

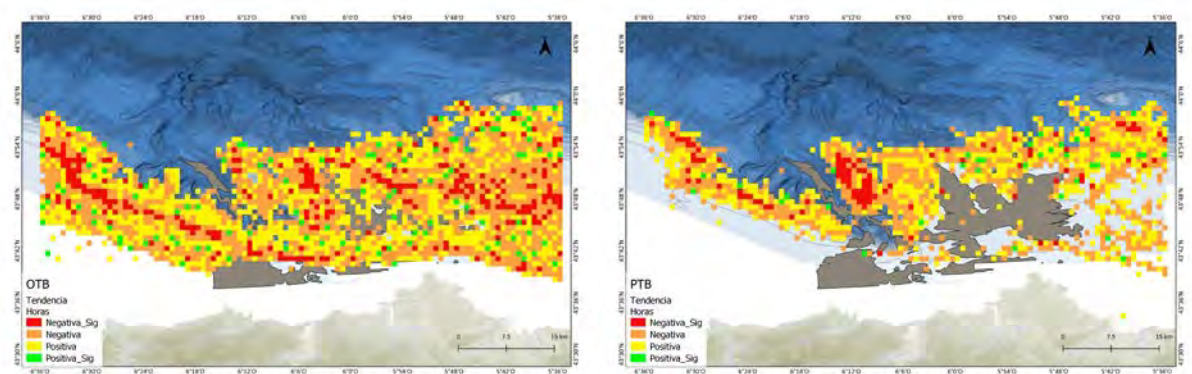


Figura 43. Distribución espacial de las tendencias de la correlación y su significación (*) resultantes del modelo lineal para el período 2009-2020 para el arrastre de fondo con puertas (OTB) y con parejas (PTB). Las celdas de la cuadrícula verde y amarilla representan una tendencia negativa del esfuerzo pesquero (h) a lo largo del tiempo, mientras que las celdas de la cuadrícula naranja y roja representan zonas en las que el esfuerzo pesquero (h) aumenta con el tiempo. La regresión verde y roja tiene valores $p < 0,1$.

Artes fijas LLS y GNS.

Distribución espacial esfuerzo en 2020.

En cuanto a las artes fijas, el esfuerzo pesquero del palangre de fondo (LLS) en el 2020 se distribuye en zonas rocosas o mixtas, entre los 250 y los 600 m de profundidad, del LIC Sistema de Cañones de Avilés (Figura 44). Las áreas que presentan una mayor intensidad de esfuerzo del LLS son la cabecera del Cañón de Avilés, donde se localizan caladeros importantes como el Calafrió, la Maruca, Tres Peñas, la Piedra o el Riego; una zona al norte de la cabecera, donde se sitúa el caladero Mar de Mares, otra al noroeste de la cabecera, lugar de ubicación de los caladeros de Monte Gaviera y de la Viquinga; y el límite noroeste del LIC, concretamente en el caladero de Farola de Peñas y en el Agudo de Fuera. En cambio, el esfuerzo pesquero del enmalle (GNS) se localiza principalmente al noroeste de la cabecera del Cañón de Avilés (Figura 44), donde se sitúan el caladero del Petón Viejo.

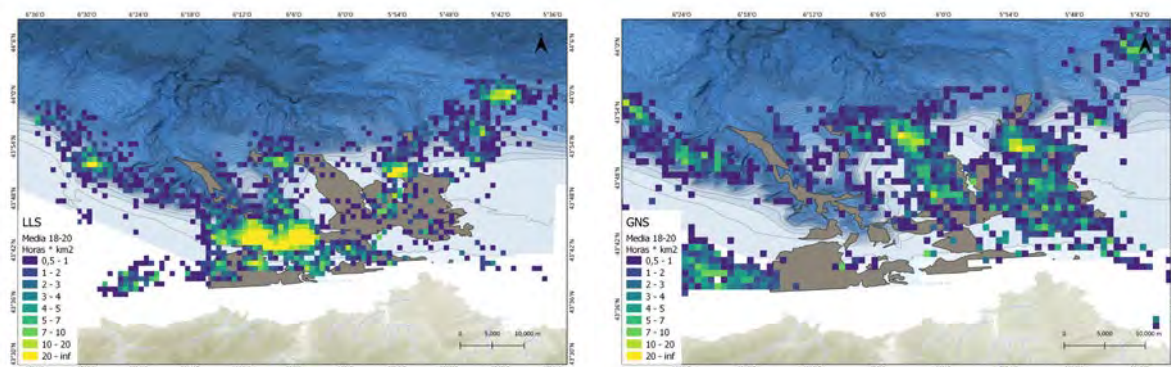


Figura 44. Distribución espacial del esfuerzo pesquero (h) del palangre de fondo (LLS) y del enmalle (GNS) en el LIC de Cañones de Avilés en el 2020.

Distribución espacial-temporal del esfuerzo en el periodo 2009-2020.

La evolución del esfuerzo pesquero de las artes fijas (LLS y GNS) a lo largo del periodo de estudio (2009 a 2020) no muestra cambios notables de áreas de pesca, pero sí variaciones en la intensidad de pesca, tanto con LLS como con GNS. La intensidad de pesca de LLS muestra una tendencia general ascendente, especialmente significativa en la cabecera del Cañón de Avilés, donde se ubican gran parte de los caladeros más relevantes para el LLS de este LIC, y en el borde de la plataforma del talud superior al noroeste de la cabecera (entre 300 y 500 m de profundidad) (Figura 45). También es destacable el aumento significativo de la intensidad de pesca en el límite este del LIC, concretamente en el caladero de la Ballona. En el caso del GNS, también se observa una tendencia general hacia el incremento de la intensidad de pesca en todo el LIC, pero sobre todo en la zona al noroeste del Cañón de Avilés (Figura 45).

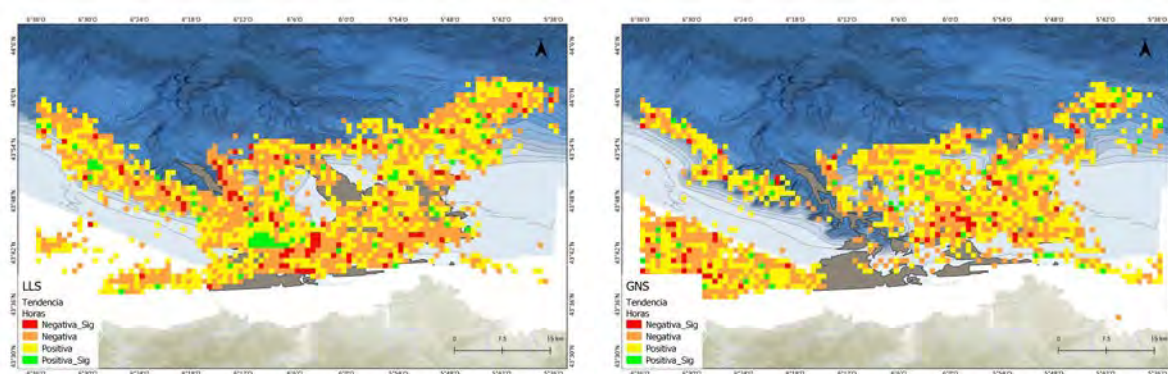


Figura 45. Distribución espacial de las tendencias de la correlación y su significación (*) resultantes del modelo lineal para el período 2009-2020 para el palangre de fondo (LLS) y el enmalle (GNS). Las celdas de la cuadrícula verde y amarilla representan una tendencia positiva del esfuerzo pesquero (h) a lo largo del tiempo, mientras que las celdas de la cuadrícula naranja y roja representan zonas en las que el esfuerzo pesquero (h) disminuye con el tiempo. La regresión verde y roja tiene valores $p < 0,1$.

4.2.2.2 Distribución espacial de las capturas y el valor económico.

Arrastre de fondo con puertas (OTB) y en pareja (PTB).

Distribución espacial de las capturas y rendimiento económico en 2020.

La distribución espacial de las capturas del arrastre de fondo (OTB y PTB) en el área del LIC Cañones de Avilés en el 2020, medido como capturas descargadas (kg), concuerda en gran medida con las zonas donde se concentra el esfuerzo pesquero de esta flota (Figura 46). Así, se aprecian elevados volúmenes de capturas de PTB en el borde de la plataforma del talud superior (200 y 500 m de profundidad) en la zona oeste del LIC, donde esta flota dirige

su actividad a especies objetivo como la merluza (*Merluccius merluccius*) o la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*). En OTB los volúmenes de capturas (kg) mayores se observan en el límite sureste del LIC, en las proximidades de los caladeros importantes como El Callejón, La Carretera o Les Fanguines, donde se capturan especies como la merluza o el gallo (*Lepidorhombus* spp.)

En estas áreas de elevadas capturas para el arrastre (OTB y PTB) dentro del LIC, los caladeros son zonas de alto rendimiento económico (euros), especialmente los del límite suroeste para OTB y los situados al norte de la cabecera del Cañón de Avilés y en el límite noroeste para PTB (Figura 47).

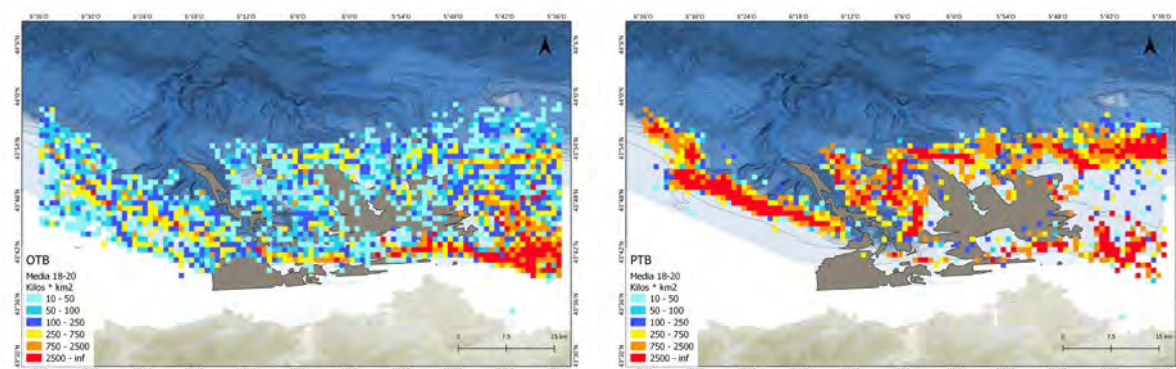


Figura 46. Distribución espacial del volumen de capturas (kg) del arrastre de fondo con puertas (OTB) y en pareja (PTB) en el LIC de Cañones de Avilés en el 2020.

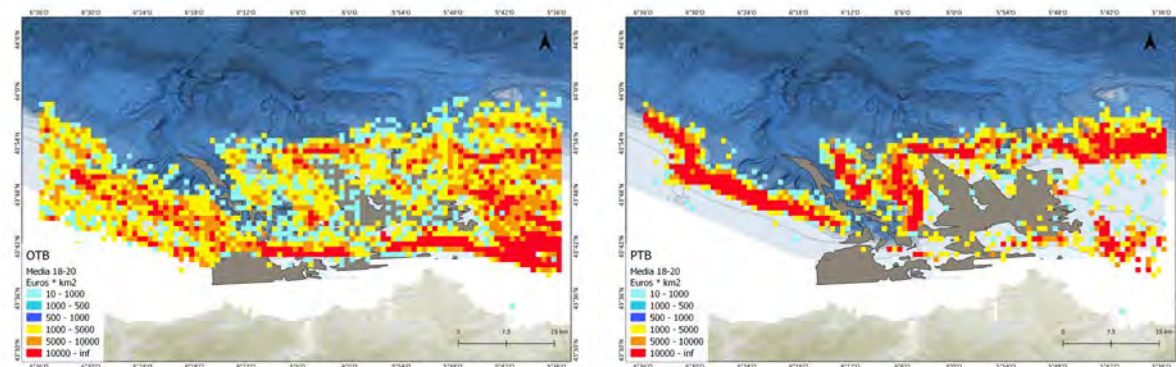


Figura 47. Distribución espacial del rendimiento económico (euros) del arrastre de fondo con puertas (OTB) y en pareja (PTB) en el LIC de Cañones de Avilés en el 2020.

Distribución espacial-temporal de las capturas y rendimiento económico de 2009 a 2020.

Durante el periodo de estudio (2009 a 2020) el peso de capturas (Tn) descargado por la flota de OTB procedente del área del LIC ha ido descendiendo desde las 4281.2 Tn de 2009 hasta las 589.2 Tn de 2019. De hecho, las capturas medias descargadas anualmente por esta flota han bajado en torno a un 60% en los últimos años (2017 a 2019), en concordancia

con la reducción del esfuerzo de este arte en el área. Este descenso de capturas conlleva menores rendimientos económicos, lo que se constata con la disminución de hasta un 70% del rendimiento medio anual (euros) obtenido para el LIC en este mismo periodo (2017 a 2019). En cambio, para la flota de PTB, el volumen de capturas descargado presenta una ligera tendencia hacia el incremento de las descargas desde las 1196.3 Tn de 2009 hasta las 2730 Tn de 2018. Esta tendencia cambia en los 2 últimos años (2019 a 2020) de estudio, observándose un descenso de alrededor del 40% de las capturas descargadas anualmente. A pesar del ligero incremento del volumen de capturas, el rendimiento económico (euros) de la flota de PTB se reduce a partir de 2016 hasta un 45% con respecto al rendimiento medio anual (euros) correspondiente a este periodo.

La tendencia general del volumen de capturas (Tn) descargadas por la flota de OTB en el periodo de estudio (2009 a 2020) es descendente para todo el LIC, exceptuando dos caladeros con tendencia contraria: la Carretera, situado en el límite sureste, y Canto de Playa, ubicado en el límite noreste, caladeros donde se captura merluza y bacaladilla (Figura 48). En cuanto a la flota de PTB, se aprecia una tendencia ligeramente ascendente del volumen de capturas (Tn) descargadas, sobre todo, en el rango de profundidades de 300 a 500 m de la plataforma y del talud superior (Figura 48). La excepción es la zona norte de la cabecera del Cañón de Avilés, donde se localiza el caladero Canto Nuevo, donde la tendencia es descendente, lo que podría estar relacionado con la reducción de la intensidad de esfuerzo observada en los últimos años en esta zona.

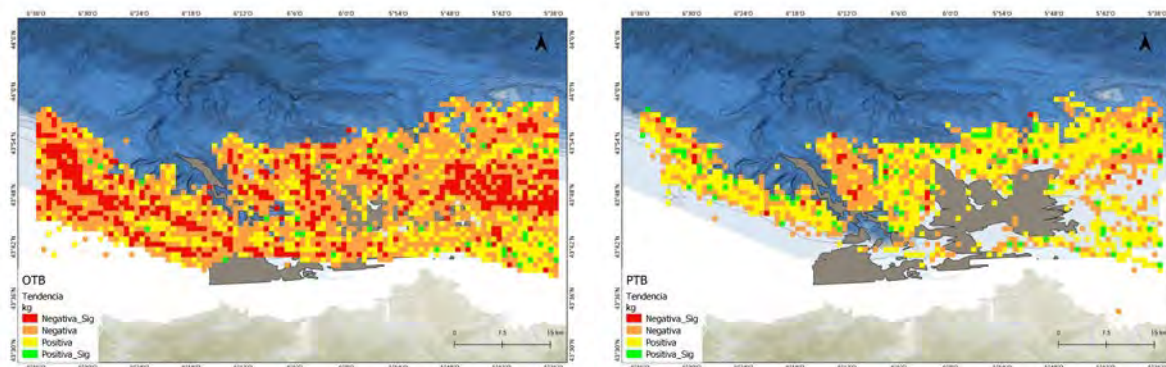


Figura 48. Distribución espacial de las tendencias de la correlación y su significación (*) resultantes del modelo lineal para el período 2009-2020 para el arrastre de fondo con puertas (OTB) y con parejas (PTB). Las celdas de la cuadrícula verde y amarilla representan una tendencia positiva del volumen de capturas (Tn) a lo largo del tiempo, mientras que las celdas de la cuadrícula naranja y roja representan zonas en las que el volumen de capturas (Tn) disminuye con el tiempo. La regresión verde y roja tiene valores $p < 0,1$.

Al igual que las capturas, el rendimiento económico (euros) también tiene una tendencia general decreciente a lo largo del periodo para la flota de OTB, a excepción del caladero de la Carretera, que tiende a incrementar su rendimiento económico (euros), lo cual concuerda con la tendencia creciente de las capturas en este caladero (Figura 49).

Sin embargo, a pesar que las capturas descargadas (T_n) y el rendimiento económico (euros) tienden a descender a lo largo del periodo, el rendimiento por kg sigue un patrón contrario. En toda la zona del LIC se observa una tendencia hacia el incremento del valor (euros) por kg de las capturas (Figura 50).

Con respecto a la flota de PTB, en la zona al oeste de la cabecera del Cañón de Avilés se aprecia una tendencia similar al volumen de capturas, tendiendo a incrementarse el rendimiento económico (euros), mientras que, en la zona al este de la cabecera el rendimiento económico tiende a descender, lo que podría indicar que las capturas en esta zona no son tan rentables (Figura 49). El rendimiento (euros) por kg de captura muestra una tendencia hacia el incremento, aunque no tan marcada como la de OTB, especialmente en el caladero de Canto Nuevo, en el cual en los últimos años se ha reducido la intensidad de esfuerzo y el volumen de capturas descargados (Figura 50).

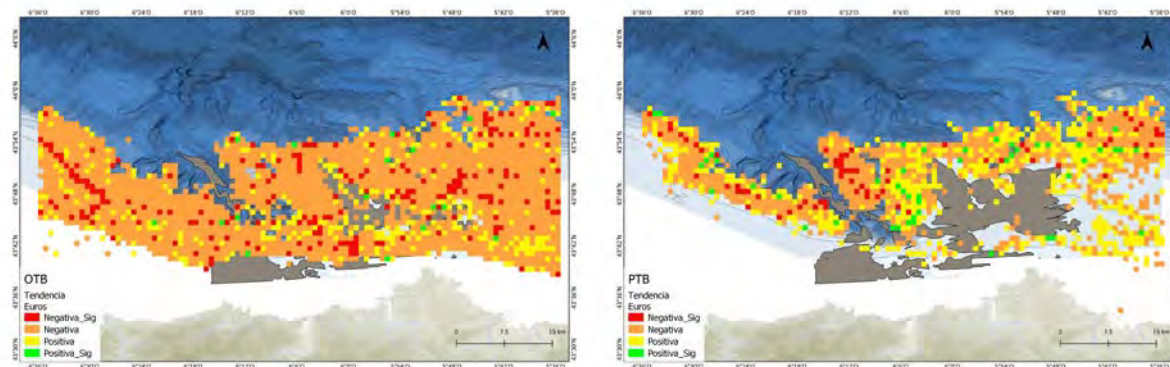


Figura 49. Distribución espacial de las tendencias de la correlación y su significación (*) resultantes del modelo lineal para el periodo 2009-2020 para el arrastre de fondo con puertas (OTB) y con parejas (PTB). Las celdas de la cuadrícula verde y amarilla representan una tendencia positiva del rendimiento económico (euros) a lo largo del tiempo, mientras que las celdas de la cuadrícula naranja y roja representan zonas en las que el rendimiento económico (euros) disminuye con el tiempo. La regresión verde y roja tiene valores $p < 0,1$.

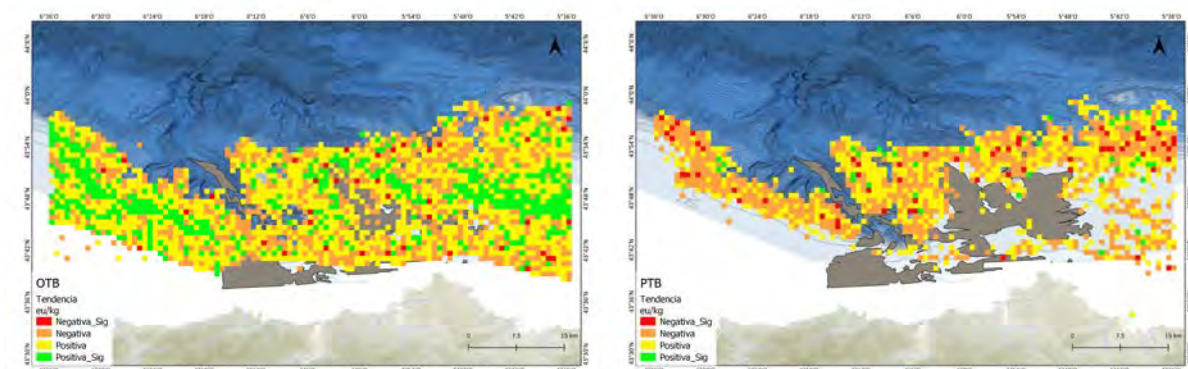


Figura 50. Distribución espacial de las tendencias de la correlación y su significación (*) resultantes del modelo lineal para el período 2009-2020 para el arrastre de fondo con puertas (OTB) y con parejas (PTB). Las celdas de la cuadrícula verde y amarilla representan una tendencia positiva del rendimiento por kg (euros/kg) a lo largo del tiempo, mientras que las celdas de la cuadrícula naranja y roja representan zonas en las que el rendimiento por kg (euros/kg) disminuye con el tiempo. La regresión verde y roja tiene valores $p < 0,1$.

Artes fijas: Palangre de fondo (LLS) y enmalle de fondo GNS.

Distribución espacial capturas y rendimiento económico 2020.

En el área del LIC Cañones de Avilés la distribución espacial de las capturas del palangre de fondo (LLS) en el 2020, medido como capturas descargadas (T_n), coincide con sus zonas de mayor esfuerzo pesquero. Así, los mayores volúmenes de capturas de LLS se aprecian en la cabecera del Cañón de Avilés, concretamente en caladeros de fondos rocosos o mixtos como el Calafrió, la Piedra, el Riego, el Matorral, el Rebeón y la Maruca; en el noroeste de la cabecera, en los fondos rocosos de Monte Gaviera y de la Víkinga (Figura 51); en el norte de la cabecera, en el caladero Mar de Mares; y límite noroeste del LIC, concretamente en el caladero de Agudo de Fuera. En estos caladeros se captura principalmente merluza pero también otras especies comerciales como el congrio (*Conger conger*), el virrey (*Beryx decadactylus*) o el besugo (*Pagellus bogaraveo*), especie de gran valor económico. También cabe destacar, el caladero de la Ballona (en el límite este del LIC), donde además de las especies mencionadas también se captura barbada (*Molva molva*) y gallineta (*Helicolenus dactylopterus*). Estos caladeros conforman las zonas mayor rendimiento económico (euros) de la flota de LLS (Figura 52).

En el GNS los mayores volúmenes de capturas (kg) se aprecian al noroeste de la cabecera del Cañón de Avilés (Figura 51), en las proximidades del caladero del Petón Viejo, donde se capturan especies de gran interés económico como el besugo y el rape (*Lophius* spp.). Por ello, en esta área de elevadas capturas se aprecian los mayores rendimientos económicos (euros) de la flota de GNS dentro del LIC de los Cañones de Avilés (Figura 52).

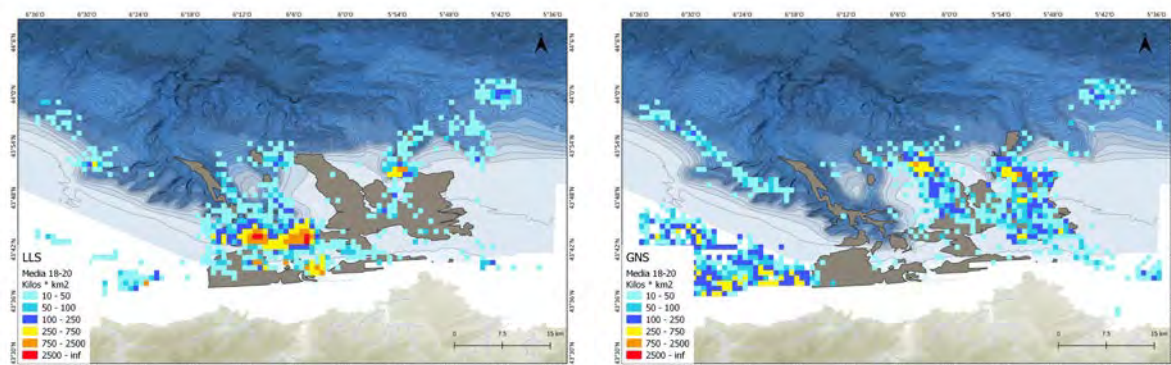


Figura 51 .Distribución espacial del volumen de capturas (Tn) del palangre de fondo (LLS) y del enmalle (GNS) en el LIC de Cañones de Avilés en el 2020.

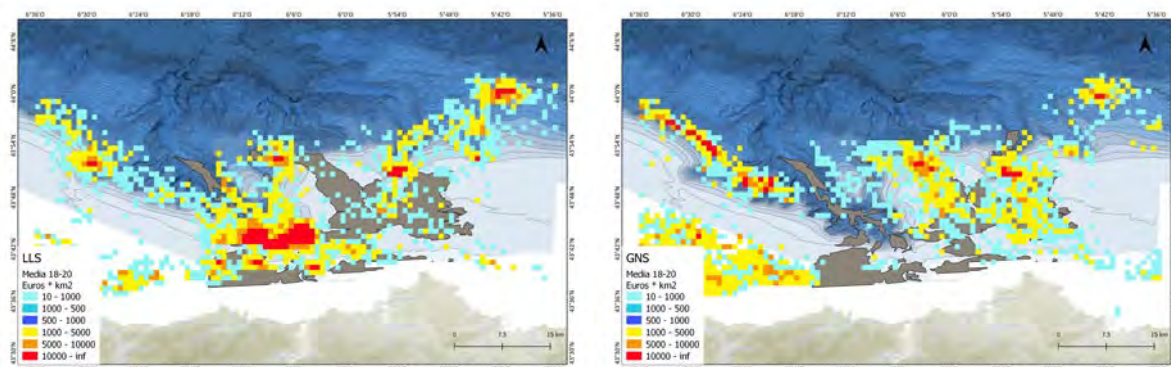


Figura 52. Distribución espacial del rendimiento económico (euros) del palangre de fondo (LLS) y del enmalle (GNS) en el LIC de Cañones de Avilés en el 2020.

Distribución espacial-temporal capturas y rendimiento económico 2009 a 2020.

El volumen de capturas (Tn) descargadas por la flota de LLS en el periodo de estudio (2009 a 2020) muestra una tendencia ascendente en el área de la cabecera del Cañón de Avilés y en el borde de la plataforma al oeste del Cañón de Avilés, y una tendencia descendente al lado este y en el límite oeste del LIC, lo cual se refleja en el descenso de hasta el 50% en el volumen medio de capturas (Tn) descargadas anualmente en los últimos años (2016 a 2019) (Figura 53). Al igual que las capturas, el rendimiento económico (euros) de la flota de LLS tiene una tendencia contraria según la zona del LIC, observándose una clara tendencia al incremento del rendimiento en los caladeros con elevada intensidad de pesca y volumen de capturas de la zona de la cabecera del Cañón de Avilés (Figura 54).

A lo largo del periodo de estudio (2009 a 2020) la flota del GNS tiende a incrementar el volumen de capturas (Tn) descargadas de la zona situada al noroeste del Cañón de Avilés, en especial del caladero del Petón Viejo, y del límite oeste del LIC, mientras que, en el borde de la plataforma del talud superior del lado este del Cañón de Avilés, el volumen de capturas

descargadas tiende a reducirse (Figura 53). Este mismo patrón se observa para el rendimiento económico (euros), siendo la zona este del Cañón de Avilés menos rentable que la zona oeste (Figura 54).

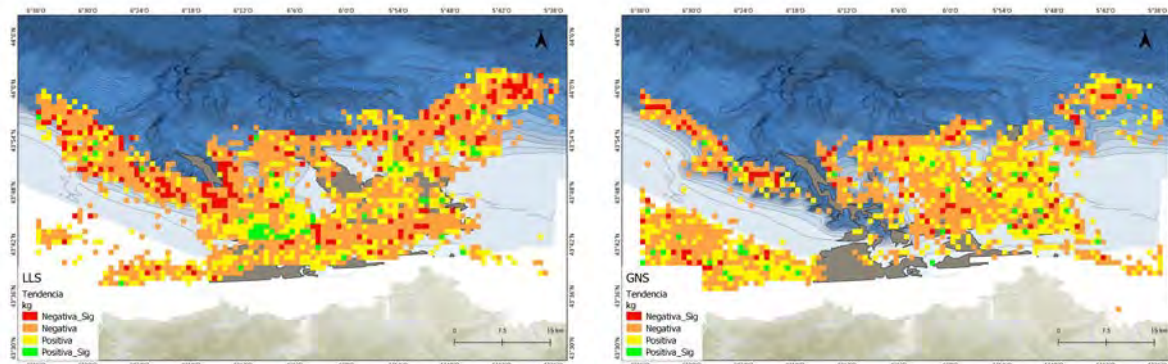


Figura 53. Distribución espacial de las tendencias de la correlación y su significación (*) resultantes del modelo lineal para el período 2009-2020 para el palangre de fondo (LLS) y el enmalle (GNS). Las celdas de la cuadrícula verde y amarilla representan una tendencia positiva del volumen de capturas (T_n) a lo largo del tiempo, mientras que las celdas de la cuadrícula naranja y roja representan zonas en las que el volumen de capturas (T_n) disminuye con el tiempo. La regresión verde y roja tiene valores $p < 0,1$.

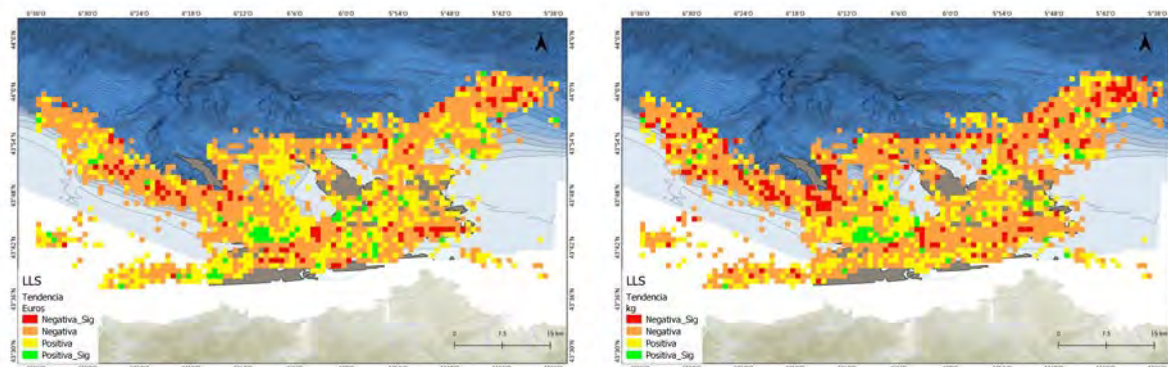


Figura 54. Distribución espacial de las tendencias de la correlación y su significación (*) resultantes del modelo lineal para el período 2009-2020 para el palangre de fondo (LLS) y el enmalle (GNS). Las celdas de la cuadrícula verde y amarilla representan una tendencia positiva del rendimiento económico (euros) a lo largo del tiempo, mientras que las celdas de la cuadrícula naranja y roja representan zonas en las que el rendimiento económico (euros) disminuye con el tiempo. La regresión verde y roja tiene valores $p < 0,1$.

4.3 Interacción de la presión pesquera con los hábitats bentónicos.

En el área de estudio predominan los fondos batiales blandos compuestos principalmente por arenas en donde se han descrito diferentes hábitats en base a la especie predominante de la comunidad, destacando por su mayor extensión los hábitats dominados por la presencia de Erizos, *Munidas* sp y la anemona *Actinauge richardi*. Estos hábitats componen el 83.5 % de la extensión total del área de estudio. En cuanto a hábitats 1170, el hábitat mayoritario de sustratos rocosos está definidos por la dominancia de *Dendrophyllia cornifera*

(9 % de la extensión total) y otros minoritarios con dominancia de gorgonias (*Acanthogorgia*) y anemonas (*Paracondylactis hertwigi*). Se han clasificado, además fondos batiales con dominancia de penatulaceos (*Kophobelemnion stelliferum*) y esponjas (*Asconema setubalense* y *Pheronema carpenteri*) (Tabla 8).

Tabla 9. Lista de los hábitats analizados en el área de estudio dentro del LIC sistema de Cañones Submarinos de Avilés. En ella se muestran el área total (km²), número de grids de cada hábitat, así como los resultados de los indicadores de presión analizados (ver detalle en Tabla 5). Arena gruesa Circalitoral con *Gracilechinus acutus* (AreGCirc_G.acu), Arenas finas con *Munida sp.* (AFC_M.sp), Arenas Finas Batiales con *Ophiura* (AreFBat_O.opb) Arena Fina Batial con *Actinauge richardi* (AreFBat_A.ric), Arena muy fina batial con Erizos de cuero (AreFBat_Eriz), Fangos Batiales con *Pheronema carpenteri* (FangBat_P.car) Fondos Batiales con Esponjas (FondBat_Esponj), Fondos batiales con *Kophobelemnion stelliferum* (FondBat_K.ste), Fondos batiales con *Acanthogorgia sp* (FondBat_Acant), Arrecife de Coral (Arrec), Fondos rocoso circalitoral con *Dendrophyllia cornígera* (RocCirc_D.cor), Fondos Batiales con *Asconema setubalense* (FondBat_A.set) y Arrecife de coral con *Paracondylactis hertwigi* (Arrec_P.her).

Habitat	km ²	grid	OTB				GNS				LLS			
			I-1	I-2	I-3	I-4	I-1	I-2	I-3	I-4	I-1	I-2	I-3	I-4
AreFBat_Eriz	716.9	805	0.3	31.2	17.1	68.8	1.4	31.9	19.4	68.1	2.2	38.9	19.1	61.1
AFC_M.sp	657.7	737	1.1	98.4	62.1	1.6	1	33	21.9	67	5.9	40.8	8.1	59.2
AreGCirc_G.acu	586.7	657	0.5	89.2	55.6	10.8	1.5	39	23.6	61	3	36.2	13.4	63.8
AreFBat_A.ric	301.3	338	0.7	93.5	52.4	6.5	1.2	55	33.4	45	3.5	78.7	36.1	21.3
RocCirc_D.cor	244.6	274	0.2	81	52.6	19	3	92.3	60.6	7.7	2	61.7	31.8	38.3
FangBat_P.car	92.5	104	0	2.9	2.9	97.1	0.4	7.7	6.7	92.3	0.6	12.5	9.6	87.5
Arrec	38.3	43	0.1	65.1	46.5	34.9	1.3	16.3	14	83.7	2.1	86.1	55.8	14
AreFBat_O.opb	25	28	0.9	100	75	0	0.5	53.6	46.4	46.4	0.5	46.4	42.9	53.6
FondBat_K.ste	24	27	0.2	48.2	25.9	51.9	0.7	51.9	40.7	48.2	1.9	66.7	44.4	33.3
Arrec_P.her	13.4	15	0.2	40	26.7	60	1.1	46.7	33.3	53.3	2	86.7	60	13.3
FondBat_A.set	5.4	6	0.7	100	66.7	0	5.4	100	83.3	0	5	100	83.3	0
FondBat_Esponj	4.5	5	0.2	60	40	40	1.8	80	80	20	15.8	100	60	0
FondBat_Acant	0.9	1	NA	0	NA	100	NA	0	NA	100	NA	0	NA	100

Se cuantificó el nivel de solapamiento del esfuerzo pesquero de cada uno de los artes sobre los diferentes hábitats. En la totalidad de los hábitats descritos se ejerce presión pesquera por los tres artes analizados (Tabla 9 y Figura 54), sin embargo, se observa una separación en los hábitats preferenciales en donde operan cada tipo de arte. La pesca de arrastre ejerce su mayor intensidad en los fondos blandos de arena fina dominado por *Munida sp* y fondos batiales con Ophiuras, mientras que el enmalle ejerce su máxima presión sobre los hábitats definidos como fondos batiales con esponjas, fondos batiales con *Asconema setubalense*, y fondos rocosos con *Dendrophyllia cornífera*. Por último el palangre opera con una mayor intensidad en un amplio rango de los hábitats analizados, destaca por sus altos niveles de esfuerzo sobre los fondos batiales con esponjas y hábitats 1170 (Tabla 9 y Figura 55).

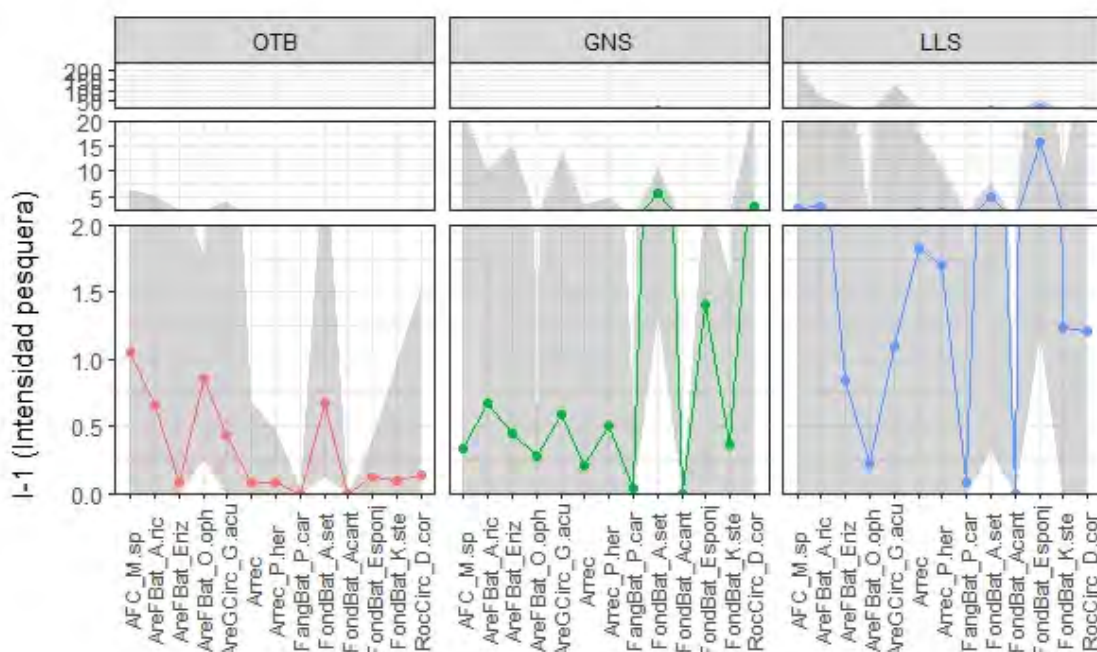


Figura 55. Promedio del esfuerzo mostrando en fondo gris los valores máximos y mínimos del esfuerzo pesquero (unidades: OTB en SAR; GNS y LLS h/km²) en cada uno de los hábitats analizados.

La huella pesquera (I-2) mostró patrones similares a los observados con al I-1, aunque este indicador dibuja un elevado porcentaje de celdas con pesca en la mayoría de hábitat, principalmente en el arrastre y palangre en donde la mitad de los hábitats analizados presentan más del 80 % de su área con presión. Hay que tener en cuenta que en el cálculo de huella pesquera asumimos que toda la zona de la cuadrícula está afectada de forma homogénea. Sin embargo, es probable que los eventos de pesca se distribuyan aleatoriamente dentro de una celda, resultando que algunas zonas serán impactadas con mayor frecuencia y otras con menor o no serán arrastradas en absoluto. Además hay que tener en cuenta que en este estudio, siguiendo el flujo de trabajo del ICES, se asoció un tipo de hábitat a cada cuadrícula basándose en el tipo de hábitat que coincidía con el centroide de cada cuadrícula. Esta metodología puede producir falsos solapamientos entre las actividades pesqueras y el tipo de hábitat y podría ser una de las razones por las que aparece un porcentaje tan elevado de hábitats arrastrados. Esta cuestión es aún más relevante en fondos marinos topográficamente complejos con una distribución irregular de los hábitats, como es la zona del LIC de Sistema de Cañones de Avilés. Por lo que en trabajos futuros debería de desarrollarse metodologías para la mejora de estos cálculos.

Por último, el indicador que estima la agregación de la pesca (I-3; proporción mínimas de celdas en donde se concentra el 90% del esfuerzo) nos muestra que en las zonas donde existe elevado esfuerzo éste está concentrado, como en los hábitats de fondos blandos. Esto

sugiere que hay amplias zonas a las que la flota va a trabajar de forma muy esporádica. Desde el punto de vista de la gestión, estas áreas, pueden ofrecer una gran oportunidad como zonas de conservación con un bajo coste para la flota que allí opera (Tabla 9 y Figura 56).

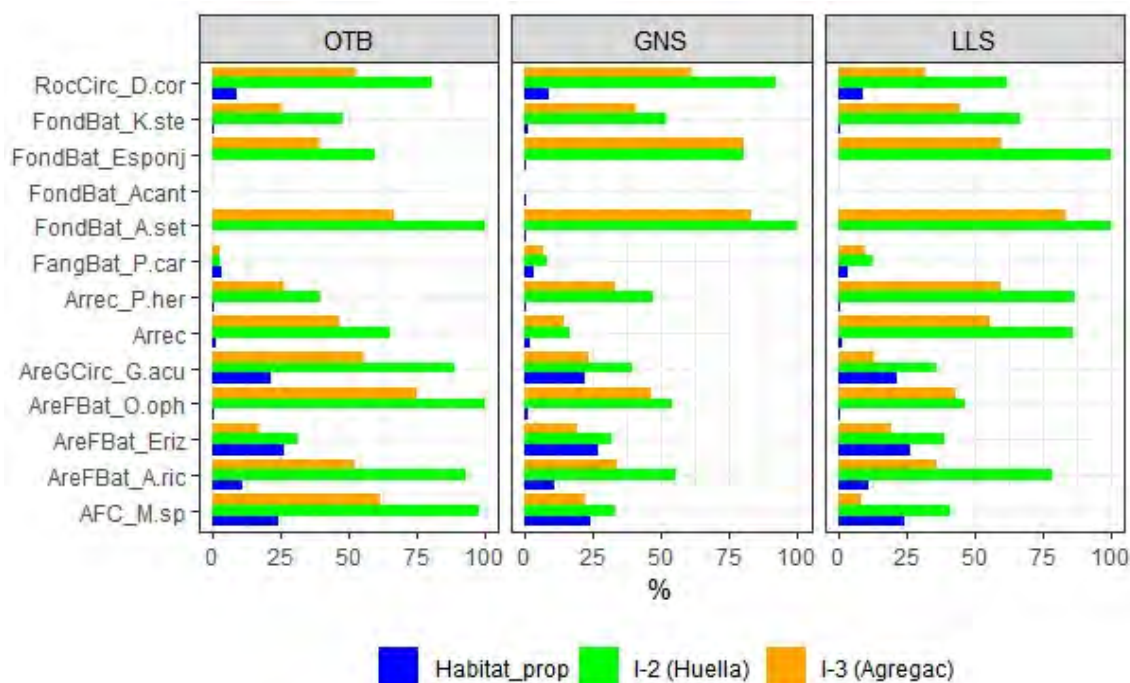


Figura 56. Valores calculados de tres indicadores de presión pesquera por tipo de hábitat y arte en el LIC sistema de cañones submarinos de Avilés.

4.4 Efecto de la presión pesquera sobre las densidades de las principales especies estructurantes y grupos taxonómicos.

En el presente análisis nos hemos centrado principalmente en las especies y grupos estructurantes del hábitat estudiado y en las especies más sensibles, en el Anexo 1 se pueden ver las densidades medias por m² por especie y nivel de presión pesquera de todas las especies.

4.4.1 Palangre de fondo.

Los efectos sobre las especies estructurantes del hábitat objeto de estudio se pueden ver en la Figura 57 y Figura 58. Se aprecia una tendencia descendente principalmente en las especies del género *Phakellia*, principalmente en los niveles más altos de presión. Respecto a la *Dendrophyllia cornigera*, aunque se aprecia una disminución en los niveles más altos de presión, la tendencia no es tan evidente como en las especies del género *Phakellia*. Es de destacar que en el caso de la *Phakellia robusta* la tendencia a disminuir según aumenta la presión es más clara que *P. ventilabrum*. Esto puede ser debido a que ambas especies a

pesar de ser muy similares en cuanto a fragilidad, en el caso de la *P. robusta* es más grande que la otra especie del mismo género (Foto 12). Estos efectos diferenciales de la presión de la pesca con palangre de fondo dependiendo del tamaño de los poríferos ya ha sido observado y tenido en cuenta junto con la fijación y la forma del cuerpo a la hora de evaluar la vulnerabilidad de una especie (Parker and Bowden, 2010).

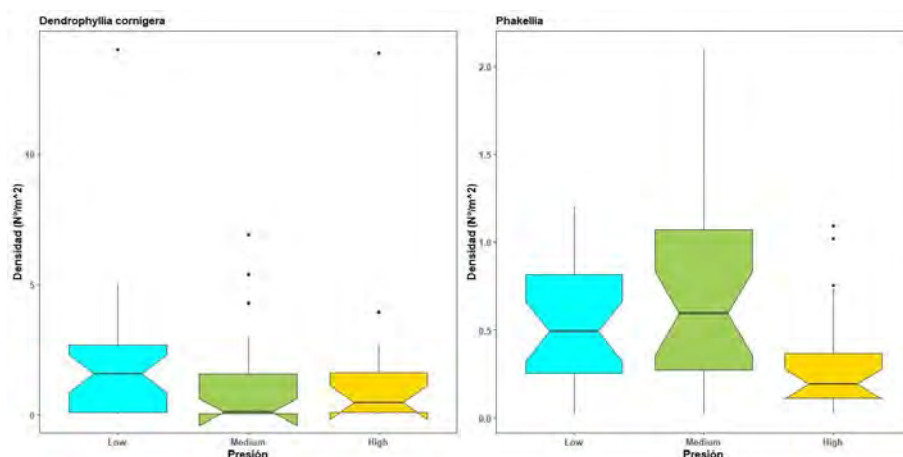


Figura 57. Efecto del palangre de fondo sobre densidad de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia* spp.

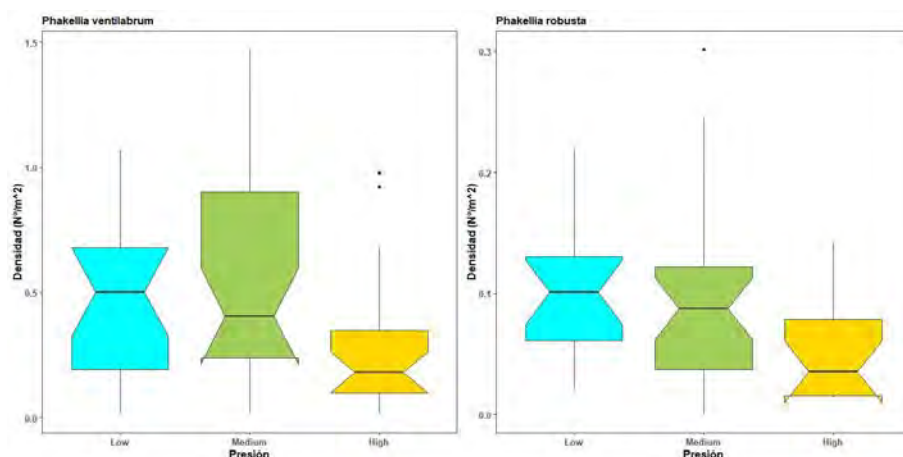


Figura 58. Efecto del palangre de fondo sobre densidad de *Phakellia ventilabrum* y *Phakellia robusta*.

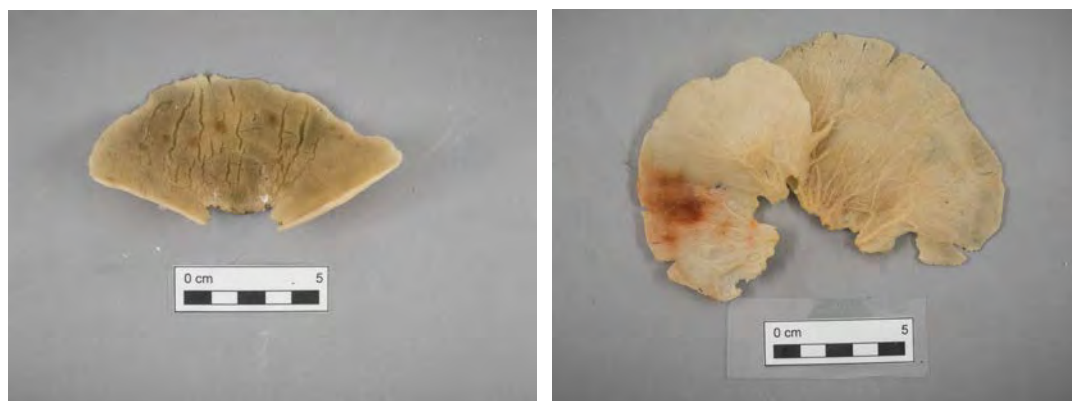


Foto 12. Ejemplar de *Phakellia ventilabrum* a la izquierda y de *Phakellia robusta* a la derecha.

Respecto a grandes grupos de invertebrados (Figura 59), en el caso de los poríferos erguidos y los equinodermos hay un descenso importante en las densidades. En los cnidarios hay mucha dispersión en las densidades y no se aprecian diferencias, y en el caso de los moluscos la tendencia es inversa, y parece que aumenta con la presión. Estos aumentos en las densidades en el caso de los moluscos, probablemente estén más asociados a causas ajenas a la presión que relacionada con ella, como por ejemplo que el palangre resulte un atractor de determinadas especies como los carroñeros. En el caso de los Cnidarios, si eliminamos las pocas muestras fuera de rango (aquellas que tienen un número mayor a 10 ejemplares), se aprecia una tendencia clara a disminuir las densidades según aumenta la presión pesquera de palangre de fondo (Figura 60).

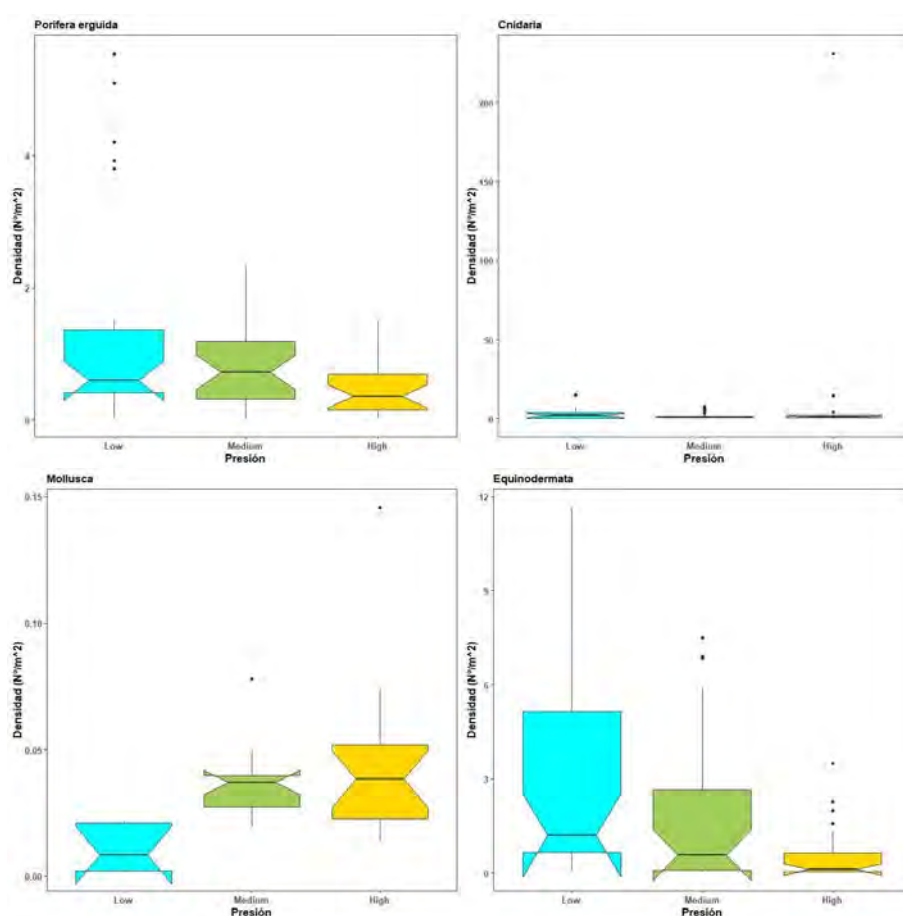


Figura 59. Efecto del palangre de fondo sobre densidad de los principales grupos taxonómicos bentónicos; Porifera, Cnidaria, Mollusca y Equinodermata.

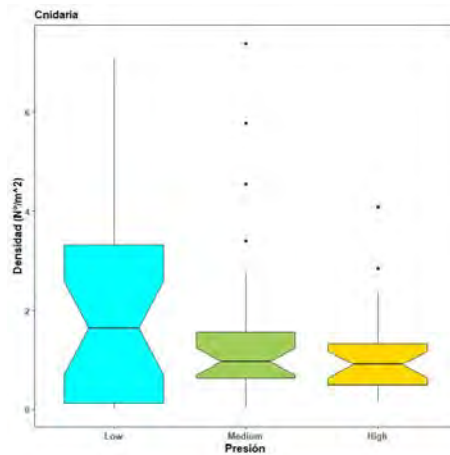


Figura 60. Efecto del palangre de fondo sobre densidad del grupo taxonómico Cnidaria eliminando las muestras fuera de rango (>10 ejemplares por m^2).

4.4.2 Enmalle.

En las estaciones dedicadas al estudio del impacto del enmalle, en el presente estudio el rasco, hay un descenso de las densidades de las principales especies estructurantes del hábitat con el aumento del nivel de presión (Figura 61 y Figura 62). A diferencia de lo que ocurría en el palangre los efectos sobre la *Dendrophyllia cornigera* son más importantes cuando la presión aumenta. Al igual que en el caso anterior los efectos sobre el porífero *Phakellia robusta* son más acusados que sobre la *Phakellia ventilabrum*, probablemente, como hemos dicho antes, a que su tamaño es mayor y esto puede que la haga más vulnerable a la presión con el aparejo de enmalle de fondo.

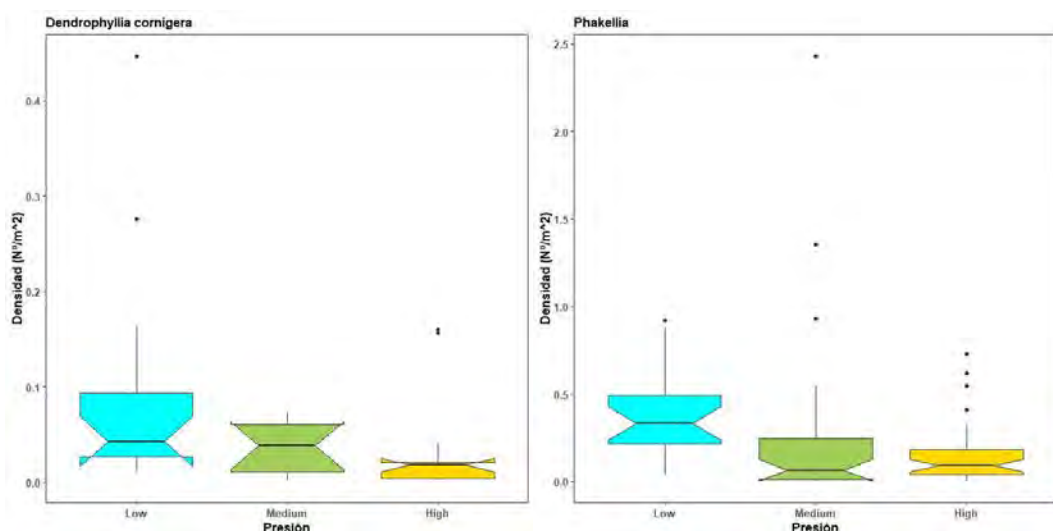


Figura 61. Efecto del enmalle sobre densidad de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia sp*

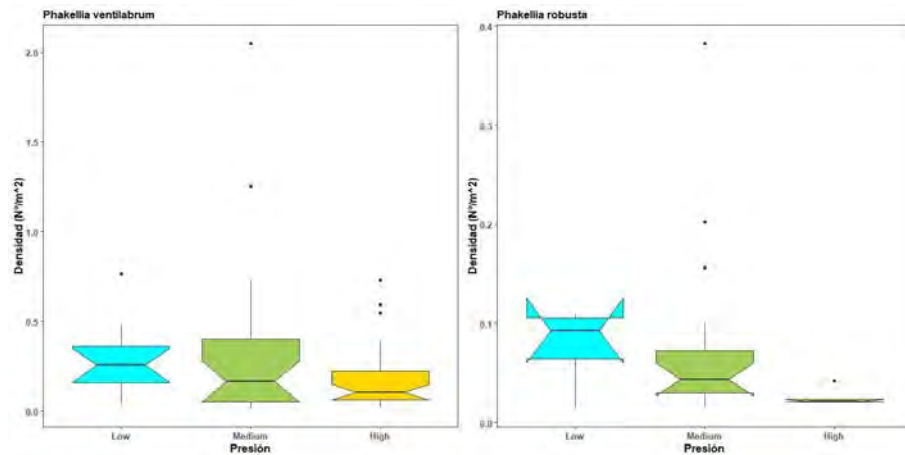


Figura 62. Efecto del enmalle sobre densidad de *Phakellia ventilabrum* y *Phakellia robusta*.

La respuesta, en lo que respecta a los principales grupos taxonómicos, no es tan consistente como la obtenida con las especies estructurantes y esto es porque la diversidad de características asociadas a las características biológicas y morfológicas es suficientemente amplia en los grupos para que no se observen tendencias respecto a la presión (Figura 63). Es decir, es necesario analizar las especies más en relación con sus características biológicas (BTA), como haremos en el capítulo de sensibilidad (sección 4.9).

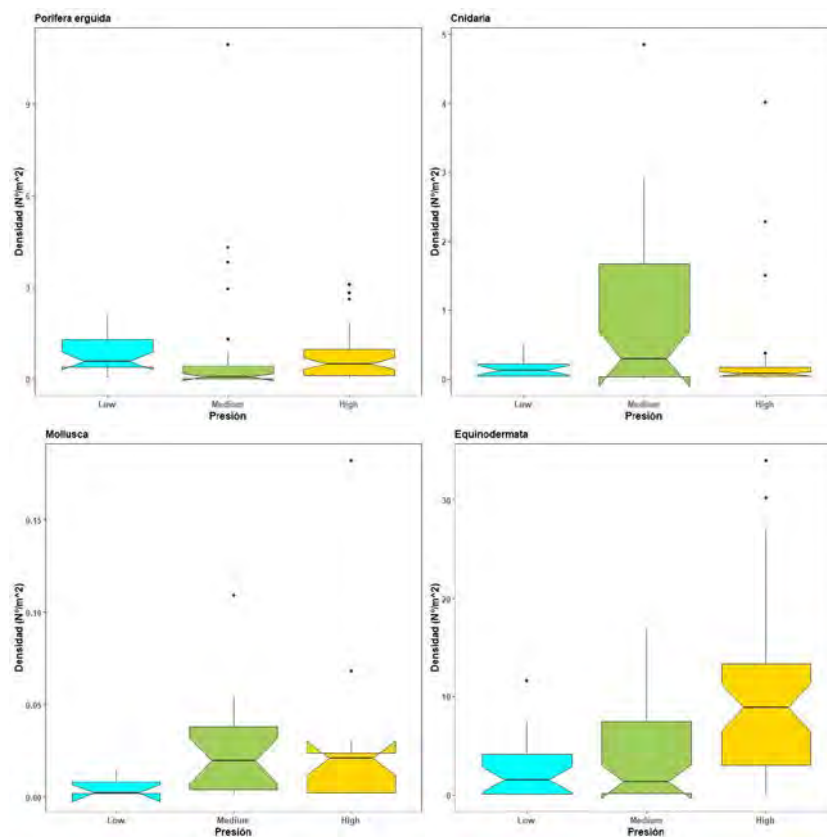


Figura 63. Efecto del enmalle sobre densidad de los principales grupos taxonómicos bentónicos; Porifera, Cnidaria, Mollusca y Equinodermata.

4.4.3 Arrastre.

Dado el número de muestreos realizado y el número de niveles de presión seleccionados, no hay muchas especies bentónicas que nos permitan analizar el efecto sobre las mismas de forma individualizada para todos los niveles de presión. En el caso del arrastre se aprecia un efecto claro negativo principalmente en el caso de la *Anseropoda placenta*, del *Paraestichopus regalis* y la *Caryophyllia smithii*. Para el *Astropecten irregularis*, aunque las densidades más bajas las encontramos a los niveles más altos de presión, el comportamiento no es el esperable a una especie sensible a la presión de arrastre. Esto se debe probablemente a que se trate de una especie carroñera y por lo tanto oportunista, habiéndose descrito este tipo de especies abundantes en zonas con altos niveles de perturbación o impacto (Freire et al., 1992; Rumohr and Kujawski, 2000; Bergmann and Moore, 2001; de Juan et al., 2007; González-Irusta et al., 2018). En el caso del *Gracilechinus acutus* era esperable detectar un efecto más evidente de la intensidad de la presión de arrastre en su densidad, aunque los valores más bajos se obtienen a los niveles más altos de presión (González-Irusta et al., 2012; González-Irusta et al., 2014). Sin embargo en el presente estudio esto no se detecta tan claramente, siendo probable que el resultado este sesgado porque la abundancia de esta especie está muy relacionada con el tipo de sustrato sedimentario (González-Irusta et al., 2012), y en concreto en la zona de estudio los fondos propicios para esta especie solo son en las muestras del sureste (Figura 15). Por lo tanto, sería necesaria una mayor diversidad ambiental en los muestreos y tener en cuenta el tipo de sustrato como covariable. Respecto a los grandes grupos en los que hay información suficiente en los 4 niveles de presión, la densidad en todos los casos disminuye con el aumento de la presión pesquera (Figura 64), o como en el caso de los moluscos las muestras con densidades más altas disminuyen en los niveles más alto de presión (Figura 65).

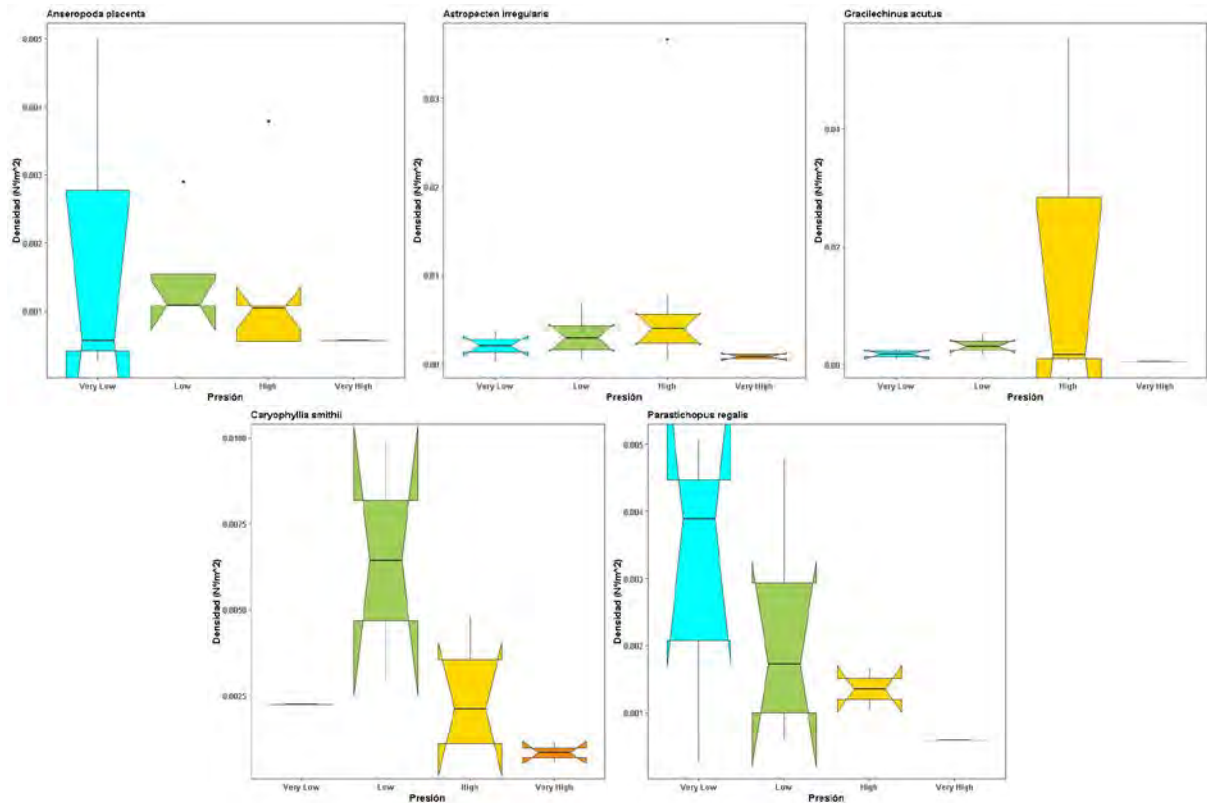


Figura 64. Efecto del arrastre sobre densidad de *Anseropoda placenta*, *Astropecten irregularis*, *Gracilechinus acutus*, *Caryophyllia smithii* y *Parastichopus regalis*.

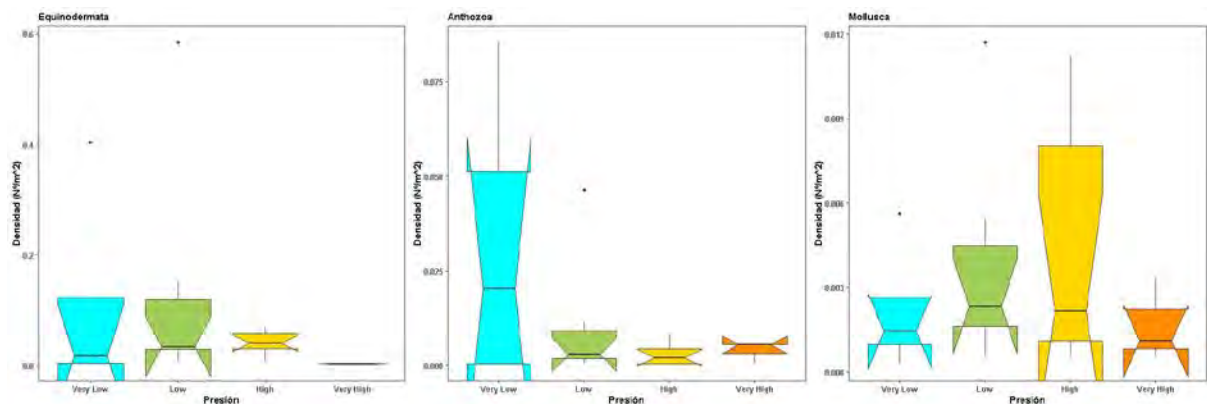


Figura 65. Efecto del arrastre de fondo sobre densidad de los principales grupos taxonómicos bentónicos; Equinodermata, Anthozoa y Mollusca.

4.5 Relación entre la presión pesquera y la distribución de basuras.

En el caso del palangre de fondo se observa una relación directa entre el esfuerzo de palangre y la basura total (que incluye los artes de pesca) y los artes de pesca perdidos (Foto 13 y Figura 66). Esta relación con los artes de pesca perdidos no existe en el caso del enmalle y del arrastre, aunque en este último caso sí que se aprecia una relación con la basura (Figura 67 y Figura 68). En estos dos últimos casos la no existencia de relación con

artes de pesca, sobre todo en el caso del arrastre, ya es identificada por López-López et al. (2017), que atribuye cierta capacidad por parte de esta flota de retirar las basuras de los fondos. En el caso del palangre, cuyos caladeros no fueron analizados por los autores, la probabilidad de encontrar restos de palangre en sus caladeros es alta, ya que este aparejo es mucho más frágil y al quedar enganchado la probabilidad de perderlo sea más alta (Ferrigno et al., 2021). Además, al quedar “atrapado”, que es más probable en zonas con corales como es la zona de estudio, es más difícil que sea arrastrado fuera de las zonas de pesca, y por eso existe esta relación con la intensidad de pesca.

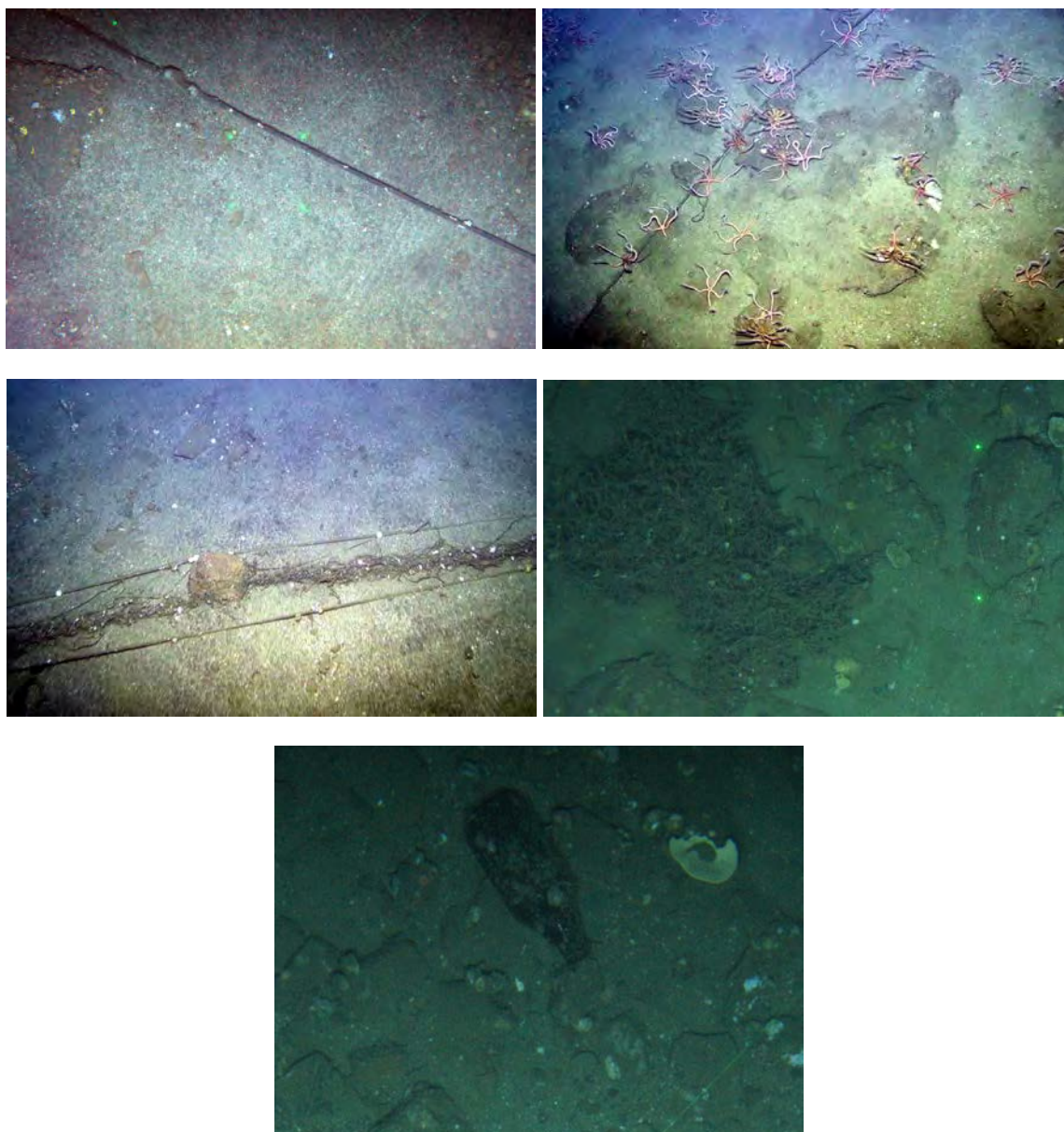


Foto 13. Algunas imágenes de basuras encontradas en la zona de muestreo (de arriba abajo y de izquierda a derecha): línea de palangre; línea de palangre; red de enmalle; paño de red; y botella.

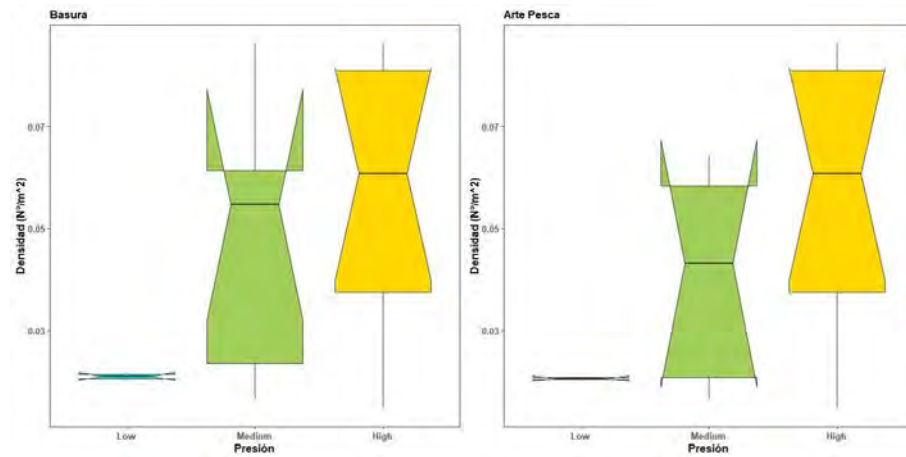


Figura 66. Efecto del palangre de fondo sobre densidad de basuras totales y artes de pesca perdidos.

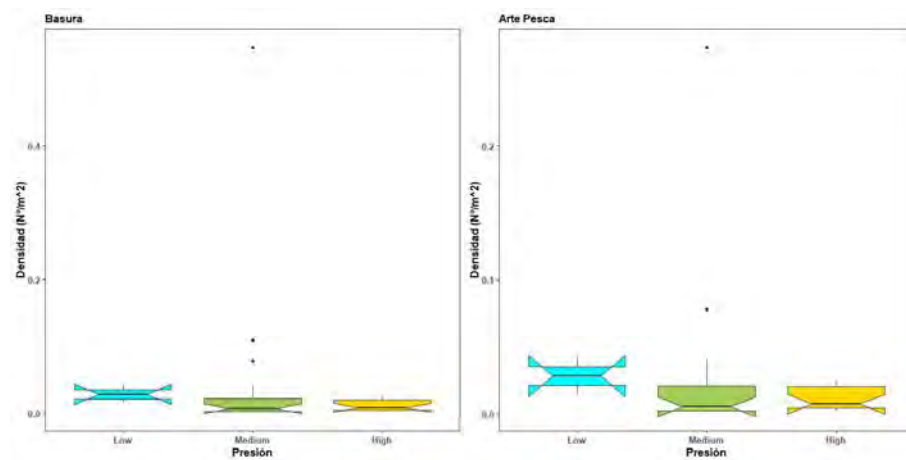


Figura 67. Efecto del enmalle sobre densidad de basuras totales y artes de pesca perdidos.

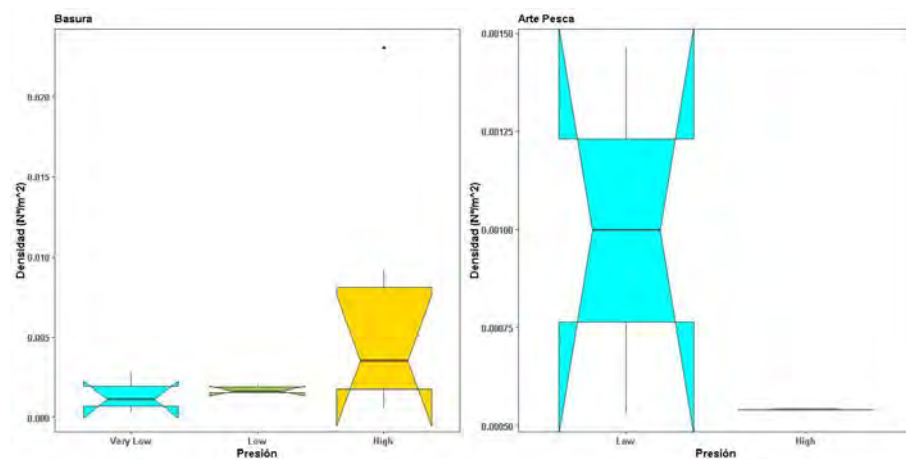


Figura 68. Efecto del arrastre sobre densidad de basuras totales y artes de pesca perdidos.

4.6 Efecto de la presión pesquera sobre la diversidad.

4.6.1 Palangre de fondo.

En el palangre de fondo no se observa un patrón claro en cuanto a los índices de diversidad más comunes, solamente parece existir cierta relación entre el nivel de presión y la densidad, la riqueza (número de especies) y el índice de Margalef (determina la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número total de individuos existentes en la muestra analizada) (Figura 69). En el resto de índices encontramos incluso respuestas positivas a la presión.

Esta variabilidad en la respuesta a la presión de palangre de fondo, se puede deber a que los efectos del palangre en los hábitats bentónicos puede que sean bajos, y que donde es más abundante el esfuerzo de este arte mantiene alejados a otros artes de pesca que podrían operar en la misma zona y que ocasionarían un mayor impacto de estar presentes. En cierta forma la existencia del palangre puede tener un efecto disuasorio para la actuación de artes con un mayor impacto. Habría que hacer un análisis específico, ya que podría dar origen a estrategias de gestión para zonas no reguladas pero con cierto grado de interés. Es decir, si se valida esta hipótesis, se podría usar el establecimiento de caladeros de uso exclusivo para artes de pesca con bajo impacto o que se hubieran modificado para mitigar el impacto como mecanismo de regulación del impacto y extender la protección a zonas más allá de las AMPs (o figuras semejantes).

4.6.2 Enmalle.

A diferencia de lo que ocurre en el palangre de fondo, independientemente del índice de diversidad que utilicemos hay un descenso en los índices según aumenta la presión (Figura 70). Por lo tanto, tenemos efectos tanto en el número de especies que disminuye según aumenta la presión como el número de ejemplares, como la probabilidad de que encontrar un número de determinadas especies

4.6.3 Arrastre de fondo.

En el arrastre hay más varianza, al igual que pasaba en el caso de las densidades, para cada nivel de presión (Figura 71). No obstante, al igual que pasaba en el caso del enmalle hay en mayoría de los casos una disminución del índice de diversidad que utilizemos, según aumenta la presión, y cuando está existe es más acusada que en el caso del enmalle.



Figura 69. Efecto del palangre de fondo sobre la diversidad: Densidad, Riqueza específica, Índice de Margalef (S), Índice de Shannon-Wiener, Índice de Equidad de Pielou, Índice Simpson, ES(50).

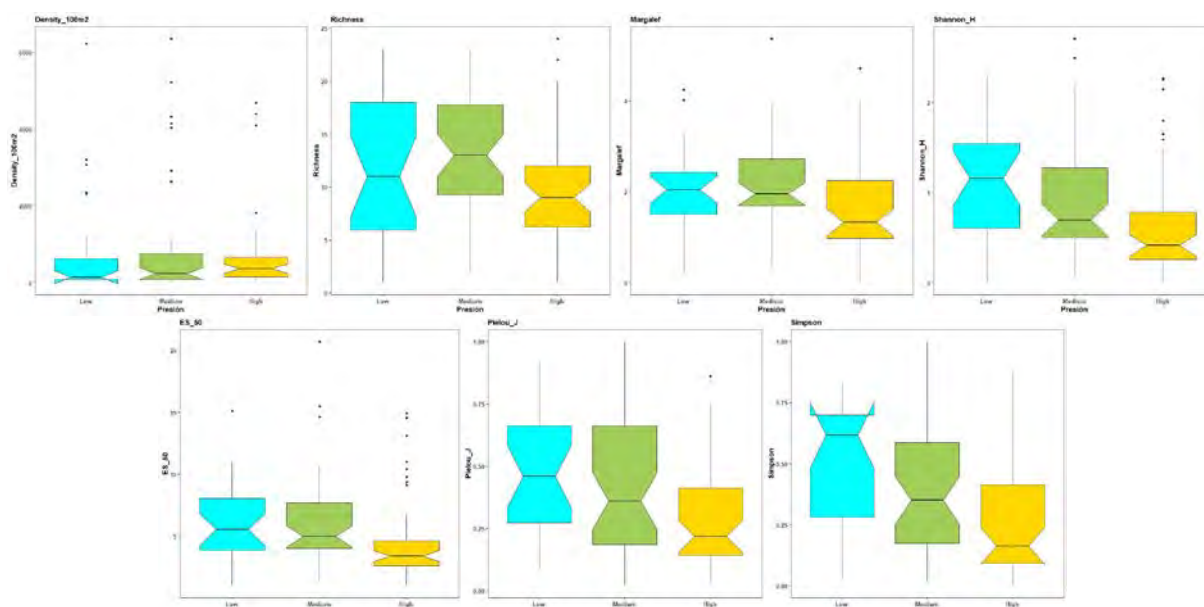


Figura 70. Efecto del enmalle sobre la diversidad: Densidad, Riqueza específica, Índice de Margalef (S), Índice de Shannon-Wiener, Índice de Equidad de Pielou, Índice Simpson, ES(50).

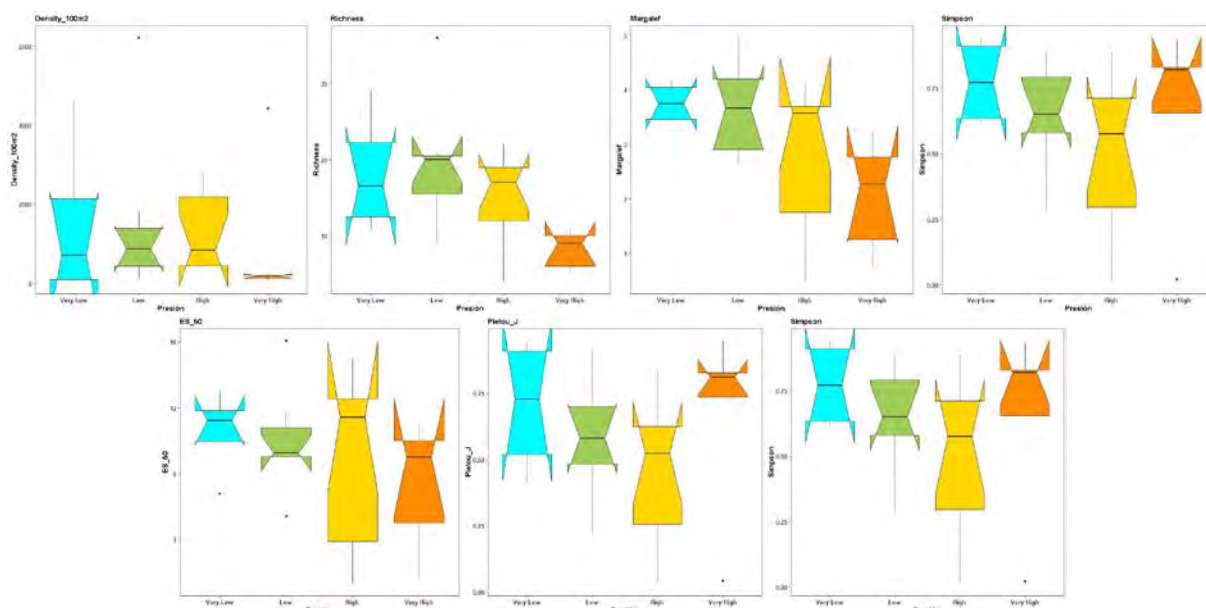


Figura 71. Efecto del arrastre de fondo sobre la diversidad: Densidad, Riqueza específica, Índice de Margalef (S), Índice de Shannon-Wiener, Índice de Equidad de Pielou, Índice Simpson, ES(50).

4.7 Diagnóstico del impacto del rasco sobre los hábitats bentónicos a corto plazo.

4.7.1 Evaluación de la distribución espacial del rasco y comportamiento del rasco en el fondo.

Durante la fase en la que se ejercía el impacto controlado con el arte de rasco, en el caso de los artes balizados, se hicieron exploraciones con el ROV. El objetivo era ver como se comportaba el arte de rasco en el fondo y relacionar la posición del arte calado con el barco durante la virada. En la Figura 72 y Figura 73 se pudo ver de forma simultánea el desplazamiento del barco de pesca (datos AIS), las balizas de posicionamiento del arte que se utilizaron para acercarse con el ROV con seguridad, y en rosa el movimiento del ROV durante la observación del funcionamiento del arte. Como podemos ver, la trayectoria del barco durante la virada coincide casi exactamente con el tramo recorrido por el ROV en la exploración, es decir, exactamente dónde está el aparejo. La velocidad durante la virada es la que se usa para identificar los puntos que son pesca con los VMS, y por lo tanto para identificar los caladeros de pesca del enmalle. Por lo tanto, aunque no se dispone del tiempo de calado, ya que de momento no se ha realizado los algoritmos o no existe densidad de pings suficiente, podemos asumir que aquellos sitios donde hay más tiempo de virado (VMS) hay más presión. Sería necesario, mediante observaciones corroborar esta proporcionalidad, ya que permitiría medir con precisión la relación entre esfuerzo e impacto ocasionado en los hábitats bentónicos.

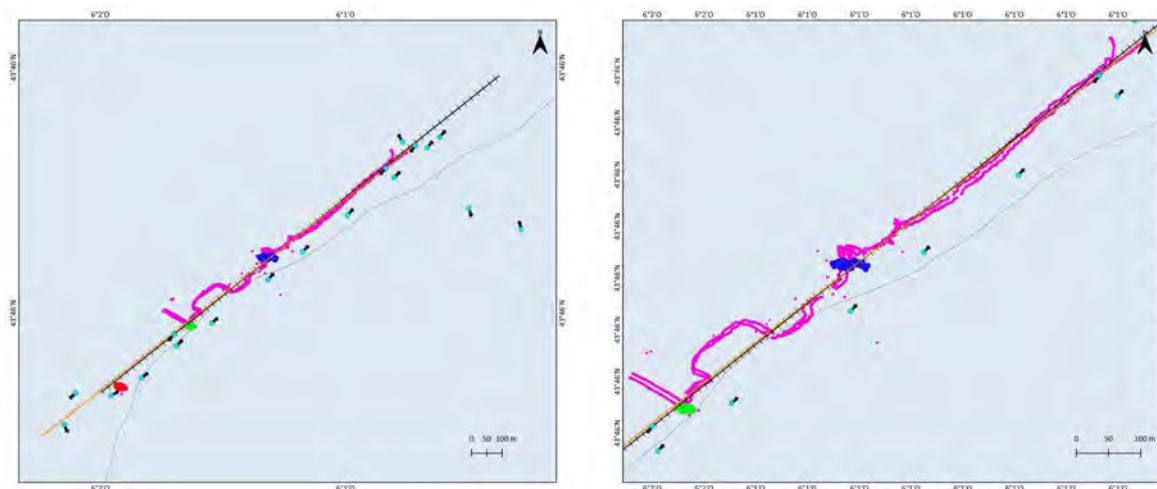


Figura 72. Exploración con el ROV (rosa) del lance 2 de la estación 2 (en negro la posición de largada y en naranja la posición de virada). En azul claro las posiciones AIS del barco, con una flecha negra indicando el rumbo. En verde, rojo y azul las balizas del arte. Izquierda plano general y Abajo detalle.

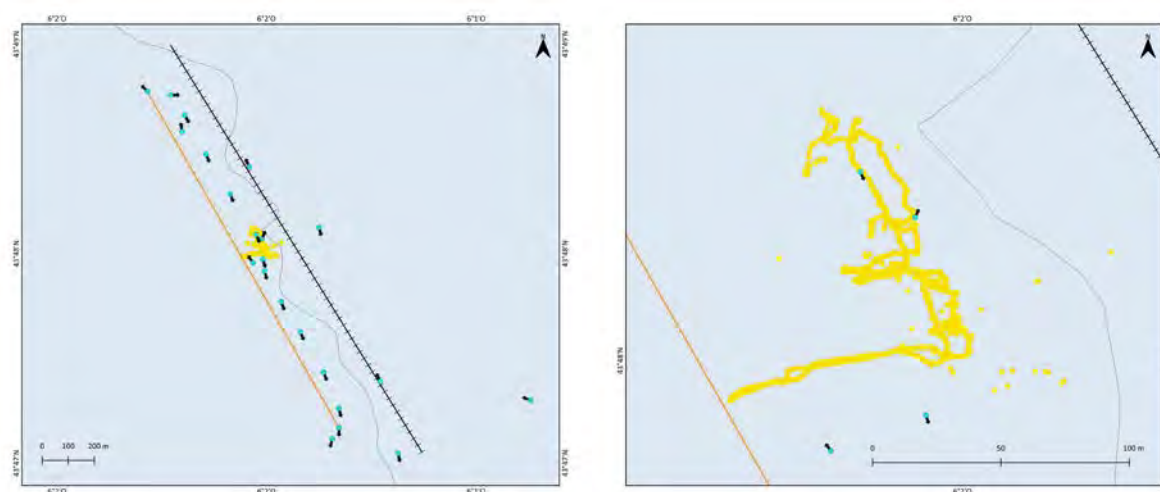


Figura 73. Exploración con el ROV (amarillo) del lance 2 de la estación 2 (en negro la posición de largada y en naranja la posición de virada). En azul claro las posiciones AIS del barco, con una flecha negra indicando el rumbo. En verde, rojo y azul las balizas del arte. Izquierda plano general y en la derecha detalle.

Respecto a la disposición del aparejo en el fondo (Foto 14), se observó que a lo largo de su calado en muchas zonas el aparejo estaba tumbado sobre el fondo. Normalmente esta situación los pescadores lo atribuyen a que las corrientes tumban el aparejo, y es una disposición no deseada por ellos ya que en teoría pesca peor, es decir la capturabilidad de las especies objetivo disminuye. Por las observaciones realizadas, en las que se ve el

aparejo en banda (sin tensión) en muchos tramos, que el aparejo se tumbe o no este erguido no tiene que ver con las corrientes. Lo más probable es que la flotación que le da la relinga superior no sea suficiente, ya que no lleva ningún tipo de flotador. Por otro lado, que el aparejo se tumbe sobre el fondo provoca una mayor probabilidad de engancharse y por lo tanto de impactar con los elementos biogénicos erguidos vulnerables. Sería necesario realizar un estudio de mitigación del impacto de este aparejo comparando las dos configuraciones (con y sin flotación en la relinga superior) para ver cómo afecta a los hábitats bentónicos, y si se modifica la capturabilidad de las especies, y por lo tanto los rendimientos.

Respecto a las especies que se pudieron observar atrapadas en la red (Foto 15), podemos ver que todas ellas tienen elementos como pinchos o estructuras corporales que favorecen el quedar atrapadas. Es de destacar que en los casos que se observó que había quedado atrapado un animal bentónico esto ocurría cuando el aparejo estaba tumbado. Todas estas observaciones se realizaron en la estación 2 y 3 con poco desarrollo de la fauna epibentónica. Hubiera sido necesario realizar parte de este trabajo en la estación 1 donde había mucha más diversidad de fauna bentónica y se habría podido comprobar otro tipo de interacciones, pero por un lado era una zona más complicada para el ROV y por otra parte las condiciones climatológicas impidieron hacer el trabajo por completo.



Foto 14. Disposición del enmalle en el fondo (de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda): aparejo tumbado; inclinado; enganchado a una piedra; vertical; en banda; en banda; enganchado; y vertical sin tensión.

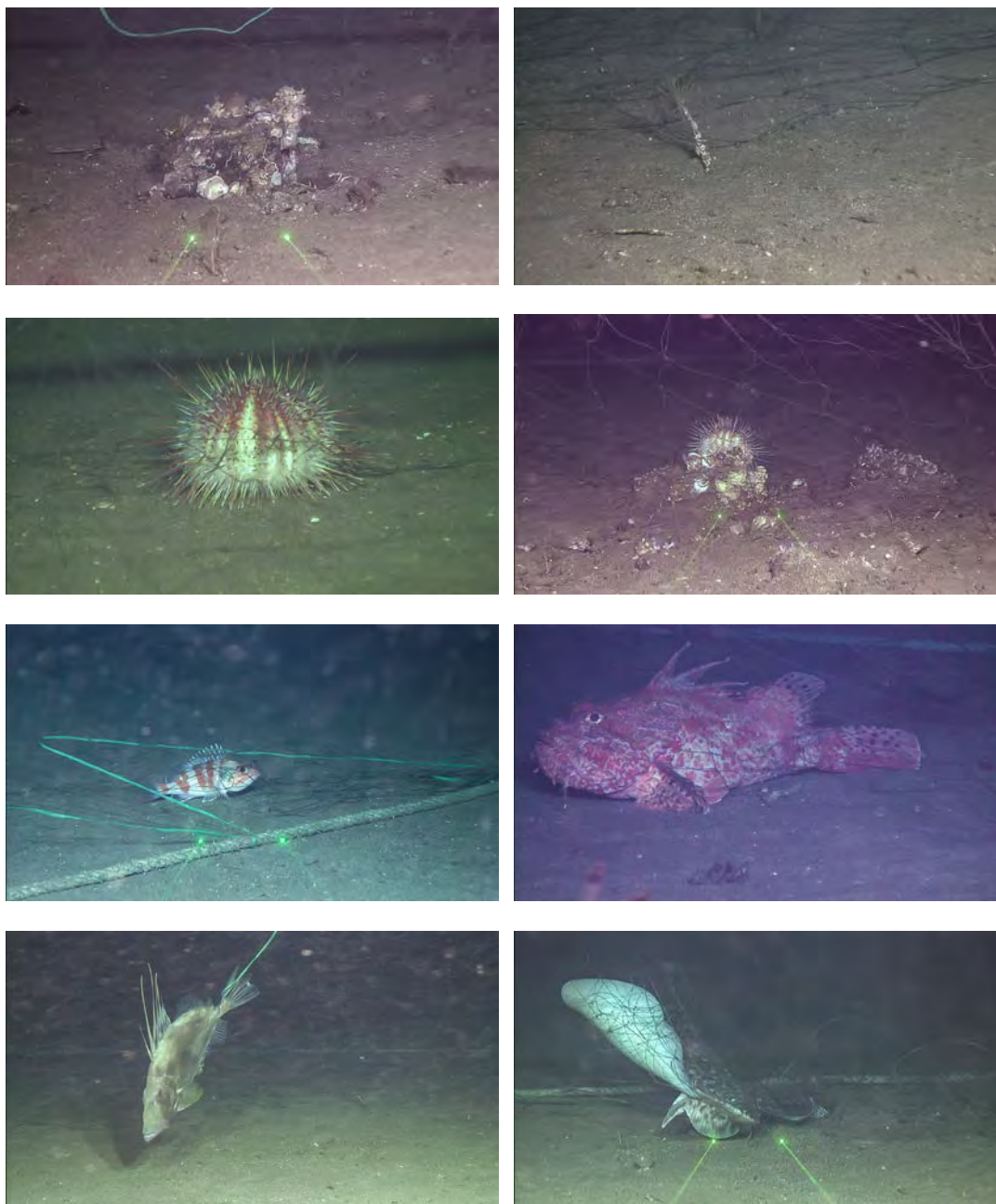


Foto 15. Ejemplares atrapados por el rasco: piedra con epífitos; *Lanice conchilega*; *Gracilechinus acutus*; *Gracilechinus acutus*; *Helicolenus dactylopterus*; *Scorpaena scropha*; y *Raja clavata*.

4.7.2 Cambios en la densidad de especies antes y después del impacto controlado.

En ninguno de los casos, ni a nivel de especie ni a nivel de grupo taxonómico, se aprecian cambios en las densidades en ninguna de las estaciones de muestreo una vez ejercido el impacto controlado (Figura 74 y Figura 75). Con los resultados obtenidos, parece no existir un impacto sobre las especies a corto plazo, o al menos no se puede detectar. En el presente estudio el número de lances con rasco en cada estación fue muy escaso, fundamentalmente debido a la climatología y a los pocos días disponibles de pesca. Además,

en dos de las estaciones (estación 2 y 3) el desarrollo del hábitat objeto de estudio era escaso, probablemente porque es un caladero tradicional del rasco. En el caso de la estación 1, con un buen desarrollo del hábitat (Tabla 11), solo se pudo realizar un solo lance con rasco y no fue suficiente para detectar el impacto del mismo, en caso de que hubiera existido. Creemos que es necesario, en este tipo de experimentos, realizar mayor intensidad de impacto, sobre todo si se analizan artes de pesca como el enmalle o el palangre de fondo.

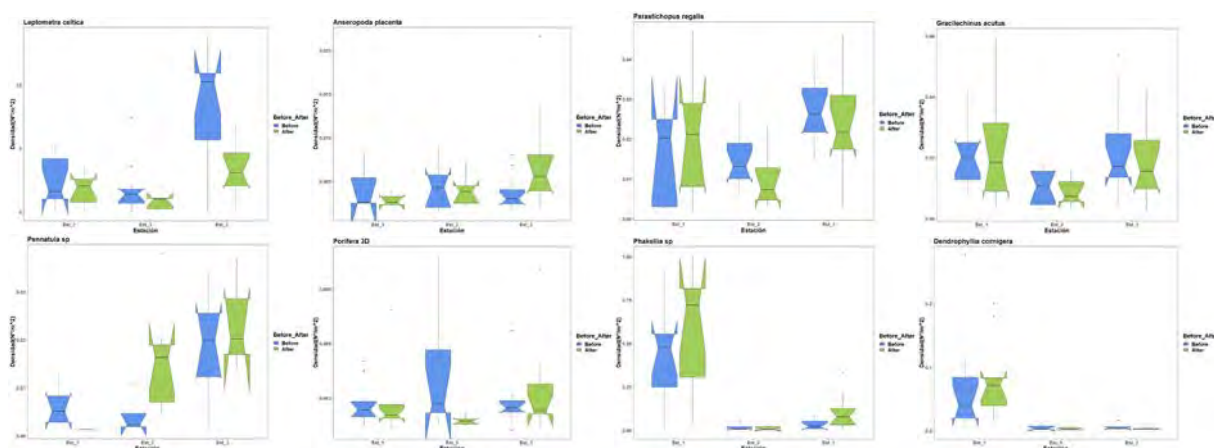


Figura 74. Cambios en la densidad en alguna de las principales especies bentónicas antes y después de ejercer el impacto controlado en todas las estaciones.

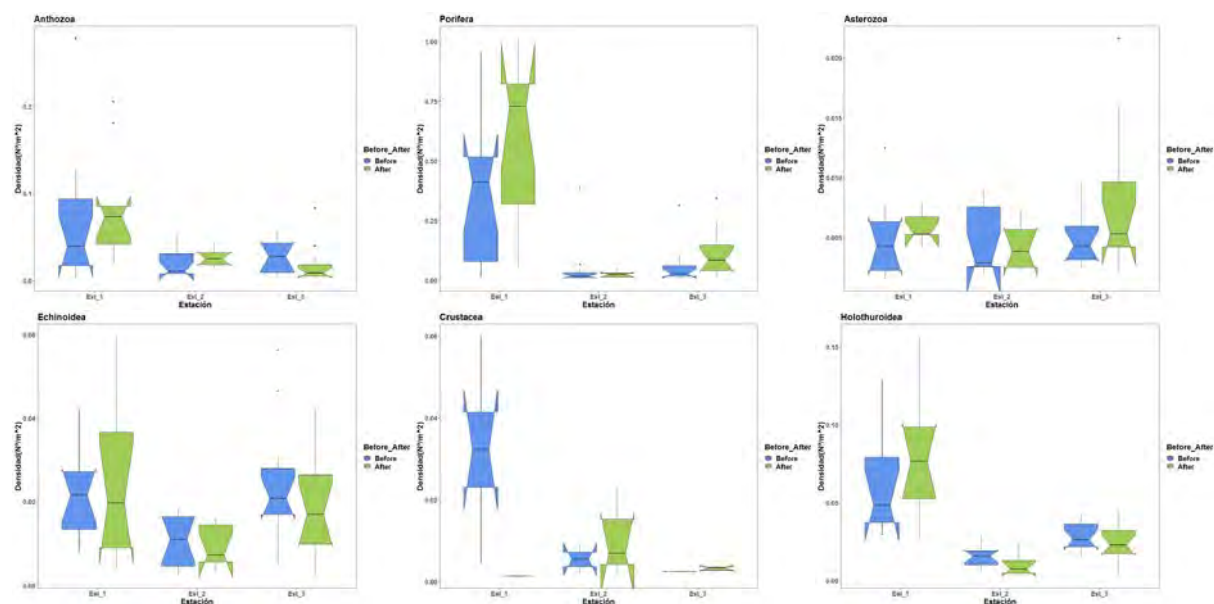


Figura 75. Cambios en la densidad en alguna de los principales grupos (y subgrupos) faunísticos bentónicos antes y después de ejercer el impacto controlado en todas las estaciones.

En el presente estudio, es la primera vez que hemos basado los análisis en las lecturas realizadas en directo mientras muestreábamos con el ROV en las distintas estaciones. Dada la consistencia en los resultados cuando comparamos las densidades obtenidas antes y después del impacto, se valida esta metodología, al menos para la obtención de información de especies de porte mediano y grande y con forma en 3D. Esto además confiere una gran

ventaja ya que una vez finalizada la campaña se puede disponer de los datos para su control de calidad y análisis, ahorrando el tiempo de visionado una vez finalizada la campaña.

4.7.3 Relación entre las capturas y lo observado en las inspecciones con ROV.

En la Tabla 10 y Tabla 11 podemos ver los resultados obtenidos para cada una de las estaciones con el ROV y con el observador a bordo del barco pesquero. Lo más relevante al comparar los resultados, respecto a los hábitats, es que en la estación 1 donde con el ROV se encontraron las mayores densidades de las especies estructurante (*Dendrophyllia cornigera* y *Phakelia* sp.) son en las estaciones donde más se capturaron con el rasco. Esto además pasa con otras especies como es el *Ophiotyx* sp. Las densidades obtenidas en las otras dos estaciones donde el hábitat no está tan bien desarrollado, los resultados obtenidos con el ROV y por el observador son muy similares, siendo las densidades de las especies estructurante o nulas o muy bajas.

Tabla 10. Densidades medias por m² por estación de muestreo de los lances con rasco. El peso de los vertebrados solo fue medido cuando los ejemplares no habían sido total o parcialmente devorados (que era el caso para los peces muertos) y era posible su medición en la balanza subida a bordo. El número y peso de *Leptometra celtica* y *Ophiotrix fragilis* no pudo ser estimado por ser demasiado abundantes y venir muy enredadas en el arte. En el caso de la estación 1 solo se pudo hacer un lance.

Grupo	Especie	Numero y Peso Medio					
		Estación 1		Estación 2		Estación 3	
		Peso	Numero	Peso	Numero	Peso	Numero
Cnidaria	<i>Antipathella subpinnata</i>					10	1
	<i>Dendrophyllia cornigera</i>	950	17	20	2		
	Hidrozoos			20	--	10	3
Crustacea	<i>Cancer pagurus</i>			1400	1	2100	1
	<i>Homarus gammarus</i>					1100	1
	<i>Palinurus elephas</i>	600	1				
Equinodermata	<i>Echinus melo</i>	70	1			100	2
	<i>Gracilechinus acutus</i>	500	3	1000	3	150	1
	<i>Holothuria forskali</i>	400	4			100	1
	<i>Leptometra celtica</i>	700	--	542.5		1733	
	<i>Marthasterias glacialis</i>	150	1	400		307	1
	<i>Ophiotrix fragilis</i>	8300					
	<i>Parastichopus regalis</i>	500	3	720	3.5	300	3
	<i>Parastichopus tremulus</i>			550	7.5	200	2
	<i>Psammechinus miliaris</i>			5	1		
Mollusca	<i>Charonia lampas</i>			450	1		
Porifera	<i>Geodia</i>	100	1			130	1
	<i>Phakellia robusta</i>	250	8	59	2	75	1
	<i>Phakellia ventilabrum</i>	150	12	50	1	20	1
	Porifera blanca 0			50	1	20	1
	Esponja blanca 1			5	1		
	Esponja blanca 2			20	1		
	Porifera amarilla algodonosa	10	1				
Pisces	<i>Pollachius spp</i>					--	1
	<i>Aspitrigla cuculus</i>			670	1		
	<i>Leucoraja naevus</i>	1100	1				
	<i>Lophius budegassa</i>			5750	1		
	<i>Lophius piscatorius</i>		2				
	<i>Merluccius merluccius</i>			--	1	--	1.5
	<i>Mola mola</i>					--	1
	Rajidae					--	1
	<i>Raja clavata</i>	--	9	--	4		
	<i>Raja montagui</i>	4850	2				
	<i>Scorpaena scrofa</i>			1950	1		
	<i>Zeus faber</i>			1050	1		

Tabla 11. Densidades medias por m² (x 1000) por estación de muestreo de los transectos de ROV antes y después de efectuar el impacto controlado.

Grupo	Subgrupo	Especie	Estación (Densidades x 1000)		
			1	2	3
Cnidaria	Anthozoa	<i>Acanthogorgia sp</i>	2.1	0.0	5.0
		<i>Actinauge richardi</i>	2.0	7.8	7.5
		<i>Alcyonium sp</i>	2.5	1.8	2.4
		<i>Anthozoa</i>	6.7	0.0	2.5
		<i>Caryophyllia smithii</i>	2.9	1.5	0.0
		<i>Caryophyllia sp</i>	6.3	0.0	2.2
		<i>Cerianthus sp</i>	1.4	0.0	3.6
		<i>Dendrophyllia cornigera</i>	75.0	4.4	4.6
		<i>Funiculina quadrangularis</i>	0.0	2.7	1.6
		<i>Parantipathes hironelle</i>	1.9	0.0	2.5
		<i>Parantipathes sp</i>	0.0	1.9	1.3
		<i>Parazoanthus anguicomus</i>	2.1	4.6	2.2
		<i>Pennatulacea</i>	5.5	11.6	20.2
		<i>Hydrozoa</i>	5.3	1.6	5.8
Crustacea	Crustacea	<i>Munida sp</i>	2.9	8.6	2.8
		<i>Paguridae</i>	39.5	0.0	0.0
		<i>Pagurus prideaux</i>	5.8	0.0	0.0
		<i>Anseropoda placenta</i>	3.7	4.2	5.4
	Asterozoa	<i>Asterozoa</i>	3.6	2.2	2.5
		<i>Astropecten irregularis</i>	0.0	2.8	1.7
		<i>Luidia ciliaris</i>	2.8	0.0	0.0
		<i>Marthasterias glacialis</i>	2.4	1.5	2.2
	Crinoidea	<i>Antedon bifida</i>	1.4	0.0	0.0
		<i>Leptometra celtica</i>	2135.1	1434.4	5659.6
Equinodermata	Echinoidea	<i>Echinus esculentus</i>	2.9	0.0	3.8
		<i>Echinus melo</i>	2.6	1.9	2.7
		<i>Gracilechinus acutus</i>	21.2	9.6	20.5
		<i>Spatangus purpureus</i>	2.3	2.1	0.0
	Holothuroidea	<i>Holothuria forskali</i>	2.2	0.0	2.0
		<i>Holothuroidea</i>	58.2	6.6	5.9
		<i>Parastichopus regalis</i>	19.1	13.1	25.7
		<i>Parastichopus tremulus</i>	2.2	0.0	0.0
	Ophiuroidea	<i>Ophiotrix sp</i>	1380.7	1.8	2.3
		<i>Ophiura ophiura</i>	6.5	0.0	0.0
Mollusca	Bivalvia	<i>Pectinidae</i>	0.0	0.0	1.7
		<i>Pseudamussium peslutrae</i>	0.0	0.0	1.8
		<i>Pycnodonte sp</i>	0.0	2.7	20.6
	Cephalopoda	<i>Eledone cirrhosa</i>	0.0	2.1	2.4
		<i>Octopus vulgaris</i>	2.1	1.5	2.3
		<i>Sepia elegans</i>	0.0	3.6	2.0
	Gastropoda	<i>Aporrhais sp</i>	8.4	0.0	0.0
		<i>Buccinum sp</i>	0.0	2.1	0.0
		<i>Colus sp</i>	0.0	50.8	0.0
		<i>Cymbium olla</i>	0.0	0.0	1.8
		<i>Gastropoda</i>	2.9	2.3	2.1
		<i>Neptunea sp</i>	2.2	1.8	0.0
	Scaphopoda	<i>Ranella olearium</i>	1.5	0.0	0.0
		<i>Scaphopoda</i>	0.0	0.0	2.6
Pisces	Elasmobranchios	<i>Raja clavata</i>	1.3	1.8	0.0
		<i>Raja sp</i>	2.6	0.0	0.0
		<i>Scylliorhinus canicula</i>	2.6	4.6	4.0
		<i>Osteictio</i>	2.0	2.1	2.9
	Osteictio	<i>Acantholabrus palloni</i>	0.0	2.9	2.3
		<i>Argentina sp</i>	0.0	0.0	5.2
		<i>Callanthias ruber</i>	6.8	2.4	0.0
		<i>Callionymus sp</i>	5.5	3.7	2.0
		<i>Capros aper</i>	0.0	0.0	2.3
		<i>Conger conger</i>	2.3	0.0	0.0
		<i>Gadiculus argenteus</i>	2.2	3.2	2.8
		<i>Helicolenus dactylopterus</i>	3.0	3.2	4.4
		<i>Labrus mixtus</i>	2.7	3.9	2.5
		<i>Lepidorhombus boscii</i>	0.0	2.0	2.3
		<i>Lepidorhombus whiffiagoni</i>	5.9	3.7	3.1
		<i>Merluccius merluccius</i>	2.0	3.5	4.9
		<i>Microchirus variegatus</i>	2.5	4.3	3.0
		<i>Micromesistius poutassou</i>	0.0	50.8	0.0
		<i>Osteictio</i>	10.9	4.0	2.6
		<i>Scorpaena sp</i>	3.3	2.0	1.7
		<i>Serranus cabrilla</i>	8.4	2.2	2.8
		<i>Triglidae</i>	7.4	2.3	0.0
		<i>Trisopterus luscus</i>	0.0	0.0	1.6
		<i>Trisopterus minutus</i>	2.2	2.9	2.9
		<i>Zeus faber</i>	2.6	0.0	0.0
Polychaeta	Polychaeta	<i>Aphrodita aculeata</i>	2.2	0.0	0.0
		<i>Bonellia viridis</i>	13.4	2.3	5.1
		<i>Filograna sp</i>	0.0	2.7	2.7
		<i>Lanice conchilega</i>	2.6	4.2	1.9
		<i>Polychaeta</i>	0.0	0.0	1.7
Porifera	Porifera	<i>Protula sp</i>	7.5	3.6	6.3
		<i>Geodidae</i>	5.8	1.5	4.0
		<i>Phakellia sp</i>	499.1	13.7	79.1
		<i>Porifera erguida</i>	2.6	3.2	3.1
		<i>Stylocordyla borealis</i>	4.6	1.9	2.4
		<i>Tethya aurantium</i>	3.4	8.3	6.2

4.7.4 Área afectada por el calado del arte de rasco.

Los tres experimentos para analizar el desplazamiento del aparejo de pesca sobre el fondo se hicieron en la estación 2, en los lances 2, 3 y 4 (2_2, 2_3 y 2_4). El aparejo se balizó en tres posiciones distintas, con las balizas 1, 2 y 4, siendo la baliza 2 siempre la central. La distancia entre las balizas de los extremos en el lance 2 (2_2) fue de 752 m, en el lance 3 de 846 m y en el lance 4 de 836 m. En la Figura 76 se puede ver la disposición de las balizas en los lances en las que fueron utilizadas.

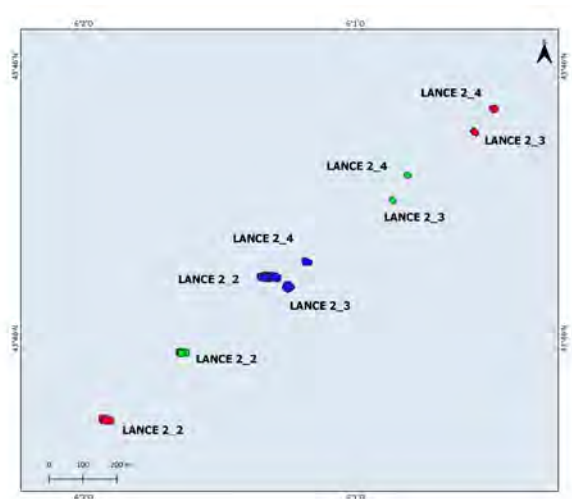


Figura 76. Posición de las balizas en cada uno de los lances analizados. La baliza 1 en color rojo, la baliza 2 en color verde y la baliza 4 en azul.

Para analizar el movimiento del aparejo, se calculó la distancia de cada baliza cada instante respecto a su posición original y posteriormente se representó respecto al tiempo. Para saber cuál era la posición relativa respecto al origen a cada punto se le dio un color en función de su posición (Figura 77). Si el color era verde la baliza se había movido hacia el noreste y si por ejemplo era amarillo se había desplazado hacia el noroeste. Por lo que se puede observar en las Figura 78 y Figura 79 y teniendo en cuenta la disposición del aparejo del suroeste al noreste (Figura 76), los principales desplazamientos de las balizas fueron en el eje perpendicular a la disposición del aparejo, es decir, la mayoría de los puntos son de color amarillo o azul. Solamente se observa claramente un desplazamiento en el eje del aparejo en el lance 2_2, en todas las balizas. Ese desplazamiento, como veremos después, puede estar relacionado más con el momento de la virada del aparejo que con un movimiento ocasionado por causas naturales.

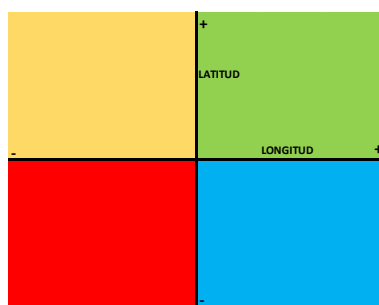


Figura 77. Diagrama de colores del color de los puntos en función de la posición respecto a la posición inicial en la que se empezó a recoger datos de la baliza.

Los patrones de desplazamiento de las balizas son muy distintos entre lances, pero muy similares dentro del mismo lance (Figura 78 y Figura 79). El lance 2_2 se hizo un seguimiento más largo más de 1250 puntos por baliza entre las 20:35 del día 07/08/2019 y las 18:46 del día 08/08/2019. En el caso de los otros dos seguimientos fueron aproximadamente 600 puntos por lance y baliza, en el caso del lance 2_3 entre las 19:40 del día 07/08/2019 y las 05:19 del día 08/08/2019, en para el lance 2_4 entre las 20:07 del día 08/08/2019 y las 06:25 del día 09/08/2019. El final del lance 2_2 corresponde a la virada del lance, mientras que el inicio del lance 2_3 corresponde a la largada una vez el aparejo estaba calado. En ningún caso se hizo un seguimiento completo entre la largada y la virada ya que era necesario estar muy cerca de las balizas, y por lo tanto un seguimiento de este tipo hubiera impedido hacer otro tipo de trabajo durante el calado de los aparejos.

En el caso del lance 2_2, se observa que las balizas se desplazan a cada lado, en perpendicular al sentido de la largada, de la posición de origen de la baliza hasta un máximo (baliza 4) de 30 m y 25 m. en este lance para las otras dos balizas el máximo de desplazamiento es de 20 m. En el lance 2_3 las balizas se desplazan solamente hacia uno de los lados, retornando a su posición original al final de la serie, siendo el desplazamiento máximo de 15 m. Por último, en el lance 2_4 el patrón de desplazamiento de las balizas no es claro entre las balizas, aunque casi siempre perpendicular al aparejo y en sentido contrario al lance 2_3 (color azul). La baliza donde se aprecia un mayor desplazamiento es en la 4, donde hay una diferencia de casi 10 m respecto a la posición original.

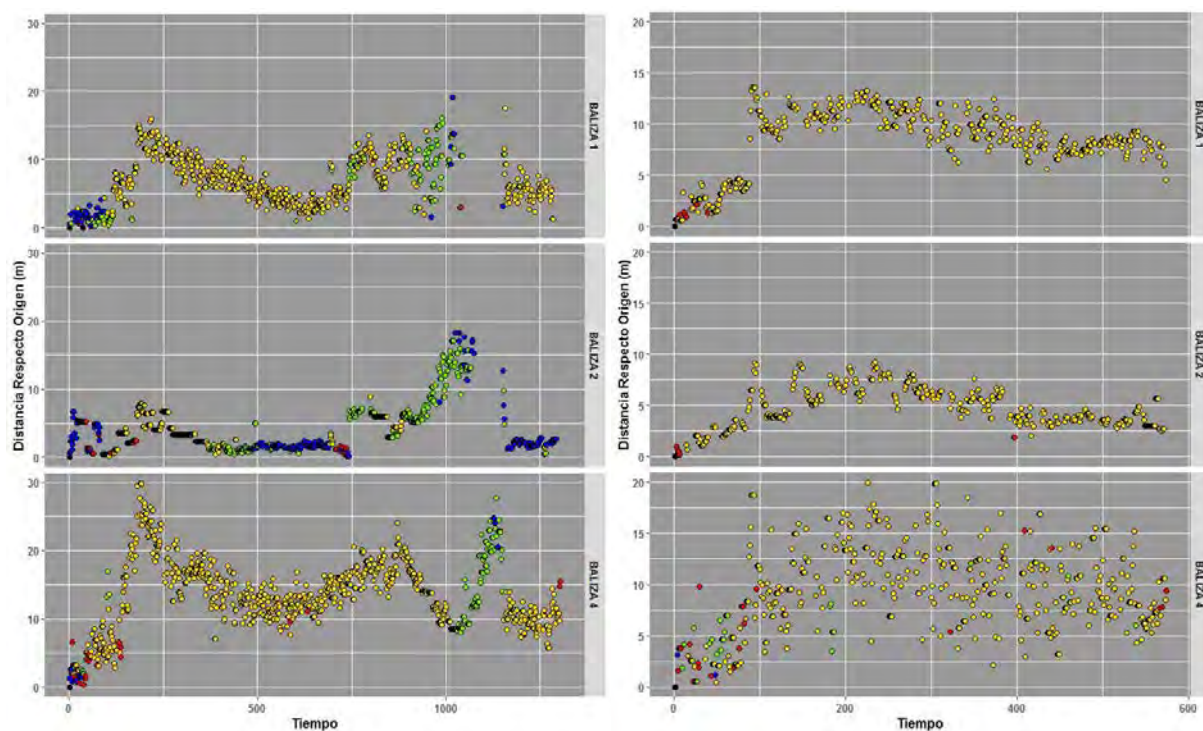


Figura 78. Desplazamiento de las balizas del lance 2_2 (izquierda) y 2_3 (derecha).

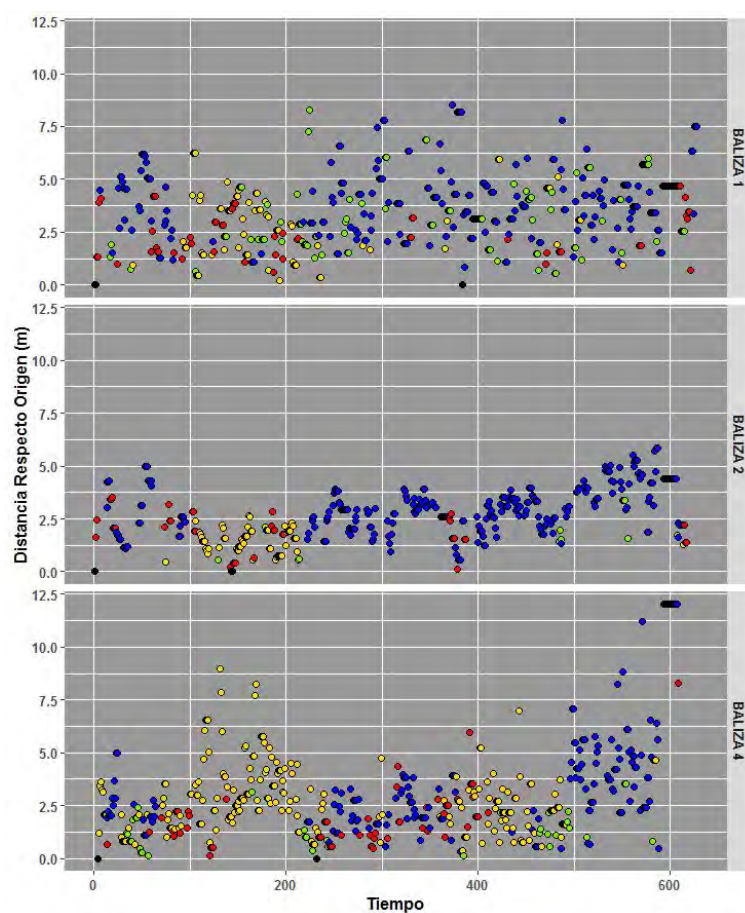


Figura 79. Desplazamiento de las balizas del lance 2_4.

En la Figura 80 se muestra un seguimiento espacio-temporal de la baliza 4 del lance 2_2. La baliza al igual que en la Figura 78 se desplaza casi 60 m a lo largo de todo el periodo de control. Los desplazamientos nos son de la misma intensidad en los distintos periodos de tiempo considerados. Debemos destacar dos momentos, en las primeras horas donde se desplaza casi 30 m (azul). Y el final del periodo, donde hay un desplazamiento en continuo en el tiempo hacia uno de los lados. Ese desplazamiento es el momento en el que se produce el virado del aparejo. Por lo tanto, el área barrida por un aparejo de enmalle se compone de los desplazamientos asociados a la deriva del aparejo mientras está calado, y el del momento de la virada en el que se produce un efecto “arrastre”. Probablemente ninguno de estos dos tipos de “arrastre” que ocurren produce una mejora en las capturas, pero sin embargo sí que puede producir un incremento en el impacto en los hábitats bentónicos. Sería necesario probar el desarrollo de modificaciones que eviten el desplazamiento y que durante la virada se haga lo más vertical posible a la posición del aparejo para evitar el efecto “arrastre”.

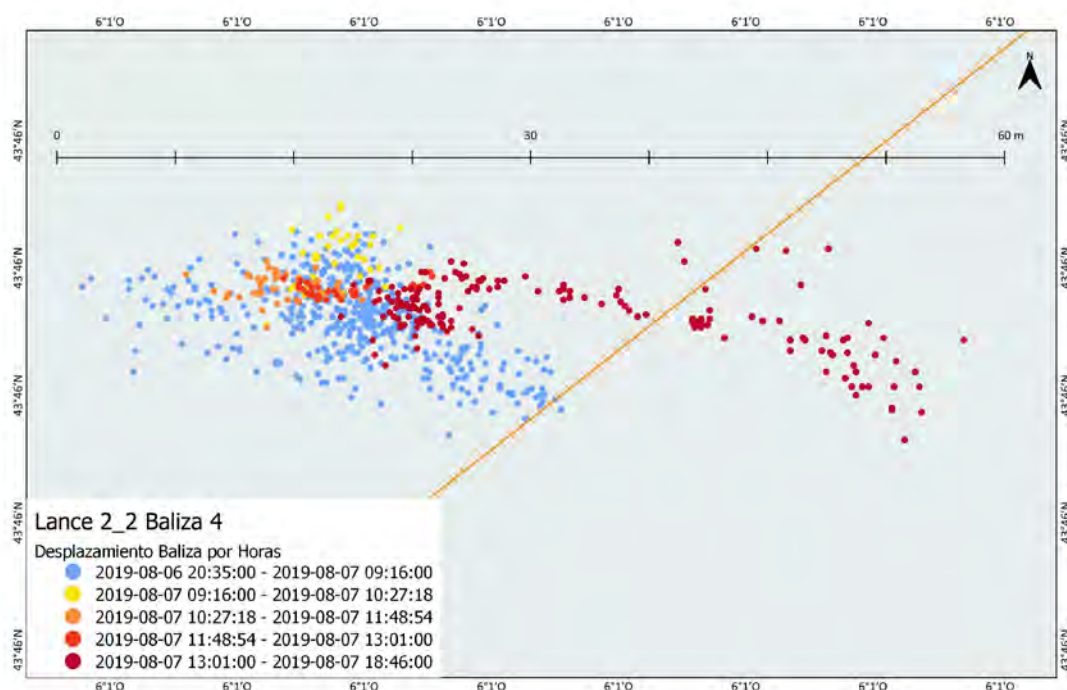


Figura 80. Comportamiento de la baliza 4 del lance 2_2 respecto a las horas. La línea naranja representa la línea teórica del aparejo en el momento de la virada.

4.8 Efecto combinado de la presión y las variables ambientales en la calidad de los hábitats bentónicos rocosos.

En la Figura 81 se puede ver cómo quedaron las muestras clasificadas en el cluster. Se identificaron 4 grupos:

- aquellas con colores azul claro y oscuro, se caracterizan por tener niveles de presión muy bajos de enmalle y todos los niveles de presión asociados de palangre
 - o en el grupo azul claro no existe presión ninguna de enmalle
- el grupo rojo se caracteriza principalmente por tener presiones muy altas de enmalle, y todos los niveles de presión de palangre
- el grupo naranja, es un caso intermedio en el que aparecen combinados niveles bajos y medios de enmalle con niveles bajos y medios de palangre

En la Figura 82a podemos ver el biplot del efecto de las variables ambientales y de presión sobre las muestras clasificadas es base a los niveles de BTA. Podemos ver que los grupos identificados se ordenan en base al eje X (RDA2), que queda principalmente explicado por la presión de palangre y enmalle. Es decir, las muestras con ausencia de presión de enmalle y los distintos niveles de presión de palangre (azules) quedan explicadas principalmente por la presión de palangre y ausencia de presión de enmalle.

Si lo combinamos con la Figura 82b, que nos permite analizar los niveles por BTA que intervienen en la clasificación y en la ordenación, vemos que en el lado negativo del eje X (RDA2) están los niveles más altos de los BTA, es decir, las especies más sensibles. Por el contrario, en el lado positivo están los niveles más bajos, y por lo tanto las especies con características más sensibles a la presión pesquera no están presentes. En el lado negativo del eje observamos que también hay niveles de BTA 3, esto se debe a que, como veremos en el apartado 4.9.2, para determinados BTA y zonas sólo hay especies con sensibilidad 3. Por lo tanto, en la zona de estudio, la calidad de los hábitats determinada por los niveles de sensibilidad de cada BTA está condicionada principalmente por los niveles de presión del enmalle, allí donde es más intenso las especies más sensibles disminuyen su densidad.

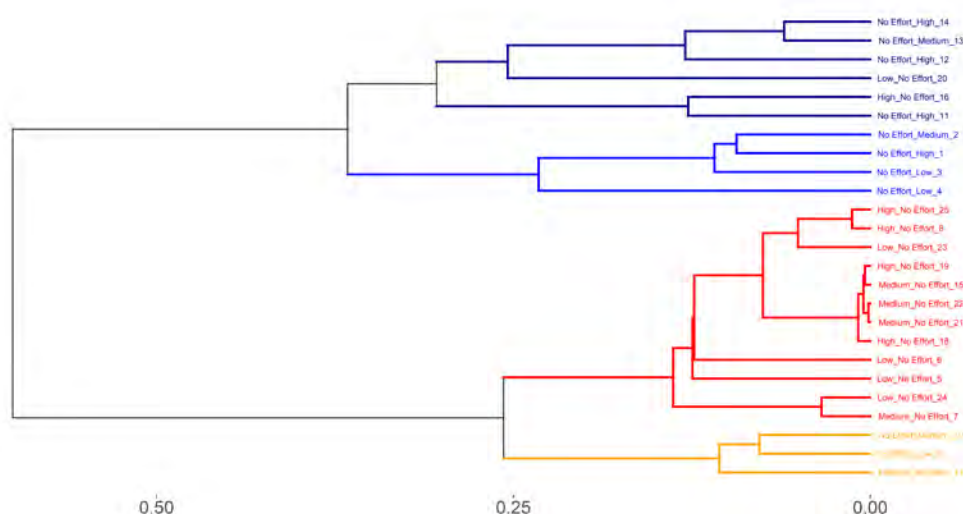


Figura 81. Resultado de la clasificación jerárquica en 4 grupos en función de los niveles de presión del cluster. Cada “sitio” o “muestra” está etiquetada con el nivel de esfuerzo de enmalle de fondo (izquierda en la etiqueta) y el nivel de esfuerzo de palangre (derecha en la etiqueta).

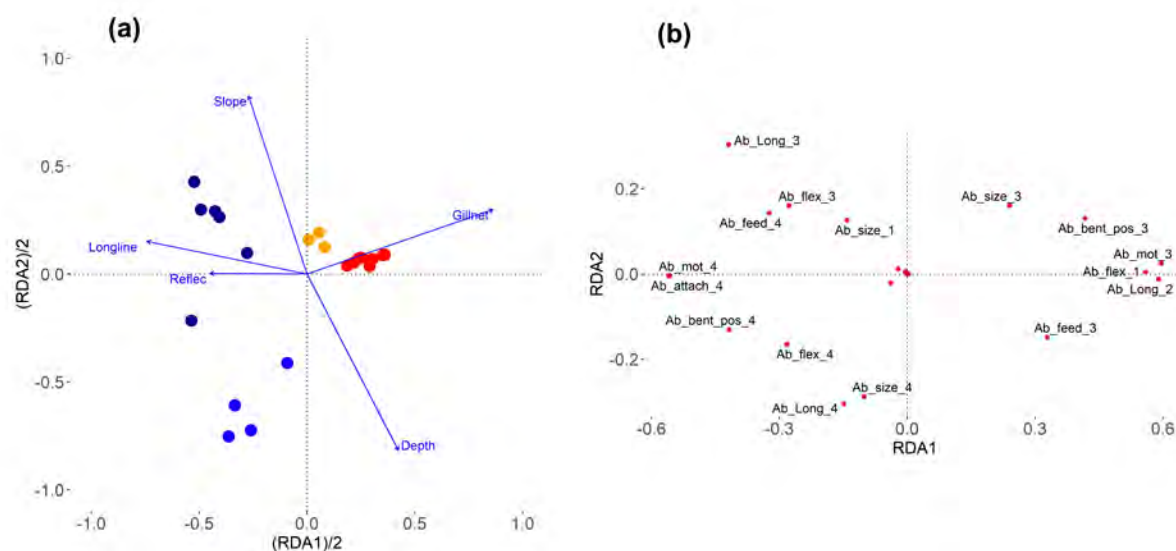


Figura 82. Resultados del análisis de RDA: (a) biplot con el efecto de las variables ambientales y presión sobre las “muestras” (“sitios”), la longitud y la dirección de la flecha corresponden a la varianza explicada por la variable, el ángulo entre las líneas negras refleja las correlaciones entre las variables explicativas (cuanto más estrecho es el ángulo, más fuerte es la correlación), las muestras están coloreadas de acuerdo a la clasificación jerárquica (Figura 81); (b) efecto de las niveles de BTA (“especies”) en la ordenación y clasificación de las muestras.

4.9 Sensibilidad de los hábitats a la presión pesquera.

4.9.1 Sensibilidad al palangre de fondo.

En el caso del palangre de fondo sólo se aprecia una relación entre el nivel de presión y la talla y la fragilidad de las especies estructurantes (Figura 83). Es decir, se aprecia una

disminución de los ejemplares más frágiles y de mayor tamaño con el aumento de la presión. Además, en el caso de la longevidad, se identifica una disminución de la variabilidad eliminando a niveles de presión alto la abundancia de las especies más longevas. En el resto de los casos no se identifican tendencias entre el nivel de presión y el resto de características biológicas (BTA). Hay que tener en cuenta que la diversidad de especies muestreados es baja ya que el muestreo se centró principalmente en el hábitat de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, por lo que efectos sobre otras especies o BTA han podido ser infraestimados o no detectados. Los resultados obtenidos respecto a los BTA están de acorde a los obtenidos con las densidades de las especies, en donde se aprecia una disminución de las especies más grandes y frágiles, como es el caso de la *P. robusta*. En nuestro caso no hemos tenido en cuenta, por no disponer de la información para todas las especies presentes en la zona de estudio, la forma del cuerpo que tanto para Parker and Bowden (2010) y De la Torriente et al. (2022) es un BTA importante a tener en cuenta. Además, en ambos casos consideran la fijación un BTA sensible a la presión, y en nuestro caso incluso hay un leve ascenso según aumenta el nivel de presión.

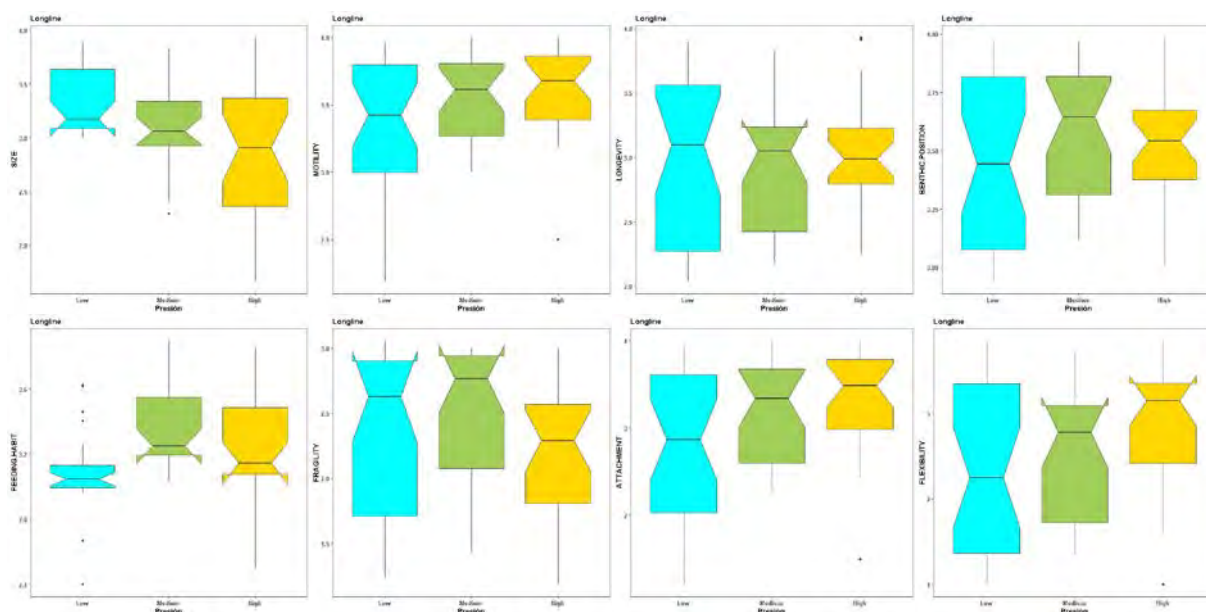


Figura 83. Relación entre la característica biológica y el nivel de presión de palangre de fondo (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo): tamaño, movilidad, longevidad, posición béntica, hábitos alimenticios, fragilidad, fijación y flexibilidad.

Por lo tanto, se han construido dos índices de sensibilidad del palangre:

- uno que combina los BTA del tamaño, fragilidad y longevidad. Con este índice (PALINDEX3) tenemos 3 niveles de sensibilidad (Anexo 3 y Figura 12)

- y otro que además añade la característica biológica propuesta por Parker and Bowden (2010) y De la Torriente *et al* (2022) de la fijación (*attachment*). Con este índice (PALINDEX4) tenemos 4 niveles de sensibilidad (Anexo 3 y Figura 12).

En el primer, el índice PALINDEX3, caso con 3 niveles de sensibilidad se aprecia un descenso de las especies más sensibles a niveles altos de presión (Figura 84). Cuando usamos el índice con 4 niveles de presión (PALINDEX4) no se aprecia tendencia respecto a los niveles de presión. Esto puede ser debido a que al muestrear solo uno de los hábitats, en este análisis no están incluidas o no son abundantes las especies más sensibles (con 4 niveles de sensibilidad) al impacto del palangre como el *Asconema setubalense* y no haya muchas especies de sensibilidad 3 (Anexo 3). No obstante, los dos índices para el palangre propuestos junto con el De la Torriente *et al.* (2022) deben tomarse como preliminares hasta construir uno específico. Para la construcción de ese índice además será necesario realizar un muestreo que tenga en cuenta más tipos de hábitats, para identificar correctamente la respuesta a los distintos niveles de presión (ver apartado Otros Estudios: Proyecto IMPALHA).

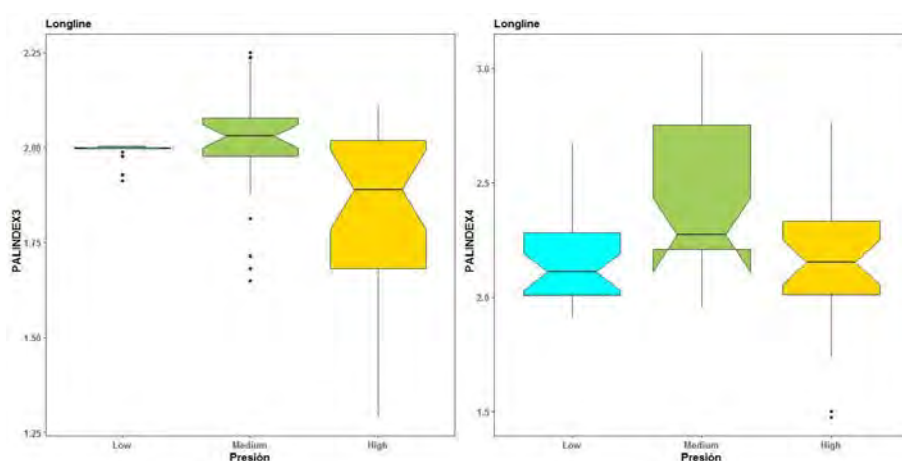


Figura 84 Índice BESITO adaptado para el palangre con 3 niveles de sensibilidad (PALINDEX3) (izquierda) y con 4 niveles (PALINDEX4) (derecha).

4.9.2 Sensibilidad al enmalle.

La mayoría de los BTA responden al aumento en los niveles de presión (Figura 85). En casi todos los BTA aparece un límite inferior, esto es debido a que en la zona de estudio la mayoría de las especies tienen ese nivel mínimo de sensibilidad al enmalle. Es de destacar que a diferencia de lo que pasa en el palangre, en el enmalle los dos únicos BTA que no responden a la presión son el tamaño y la fragilidad. Este resultado deberá ser corroborado con un muestreo específico en otro tipo de hábitats. Dada la respuesta obtenida para la mayoría de los BTA se ha utilizado el índice BESITO, diseñado para el arrastre, para analizar la sensibilidad del hábitat bentónico al enmalle de fondo. Como se puede observar en la

Figura 86, se aprecia una disminución de las especies más sensibles al aumento de la presión del enmalle. El límite inferior que aparece en los diagramas de cajas se debe a que en la mayoría de las especies presentes en la zona tienen un nivel de sensibilidad al enmalle de 3.

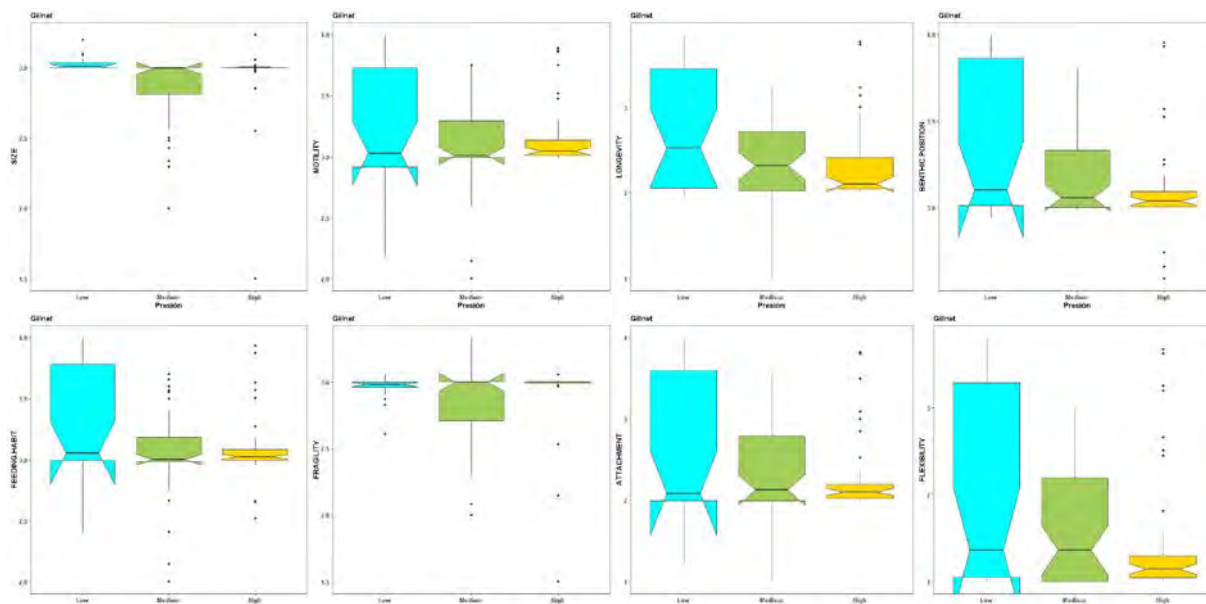


Figura 85. Relación entre la característica biológica y el nivel de presión de enmalle (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo): tamaño, movilidad, longevidad, posición béntica, hábitos alimenticios, fragilidad, fijación y flexibilidad.

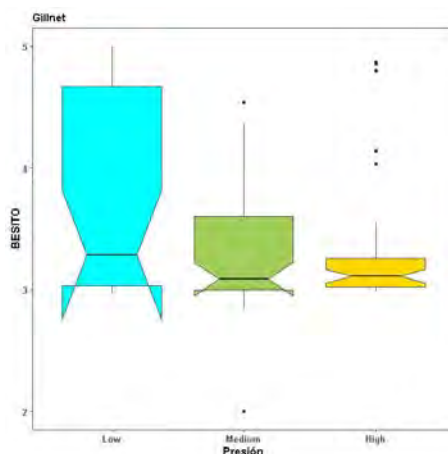


Figura 86 Relación entre el índice BESITO y el nivel de presión de enmalle.

4.9.3 Sensibilidad al arrastre de fondo.

Los resultados obtenidos son los esperados y acordes a lo obtenido por González-Irusta et al. (2018) y Serrano et al. (2022) (Figura 87 y Figura 88). Excepto en el BTA de posición béntica y la flexibilidad, en el resto de BTA hay una relación directa con el nivel de presión. Aunque las tendencias son claras, la variabilidad obtenida para cada BTA y nivel de presión es muy alta, por lo que hubiera sido necesario un número mayor de réplicas o estaciones de

muestreo. Además, al tratarse de una zona muy pequeña de muestreo algunos niveles de BTA puede que estén mal representados y por eso se obtienen valores bajos a niveles bajos de presión (movilidad o fijación). Respecto al índice BESITO, hay un descenso de la abundancia de las especies más sensibles con el aumento de la presión.

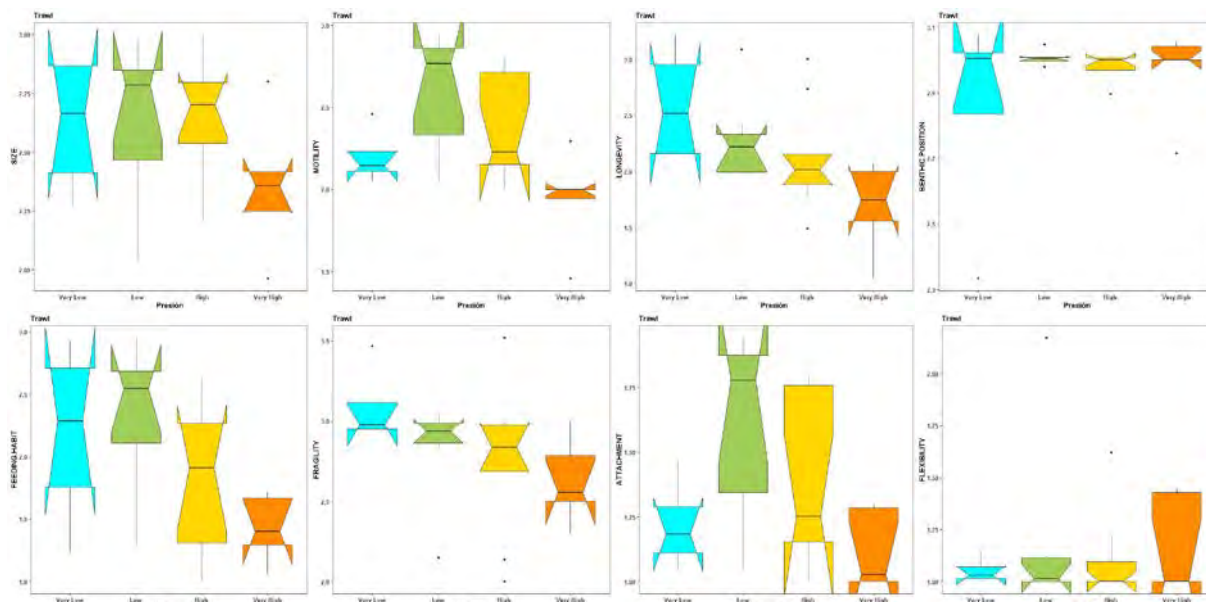


Figura 87. Relación entre la característica biológica y el nivel de presión de arrastre (de izquierda a derecha y de arriba abajo): tamaño, movilidad, longevidad, posición béntica, hábitos alimenticios, fragilidad, fijación y flexibilidad.

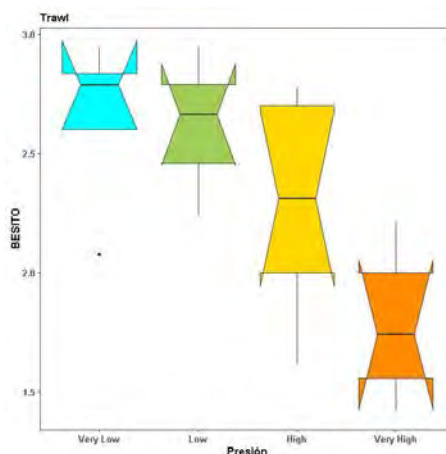


Figura 88 Relación entre el índice BESITO y el nivel de presión de arrastre.

4.10 Evaluación de la perturbación o vulnerabilidad de los hábitats.

Como se ha citado en el apartado de material y métodos (sección 3.4.5, *Evaluación de la perturbación o vulnerabilidad*), hablamos de perturbación ya que mantenemos la nomenclatura de Elliot et al. (2017), pero lo podemos entender como vulnerabilidad ya que combinamos la sensibilidad de las especies que componen los hábitats con el grado de exposición a la presión.

4.10.1 Sensibilidad de los hábitats.

En el caso de la sensibilidad al palangre de fondo, los resultados obtenidos con ambos índices (PALINDEX y PALINDEX4) no son muy distintos en cuanto a que hábitats son más sensibles respecto al resto, aunque si hay diferencias en cuanto al nivel de sensibilidad que tiene cada hábitat y niveles que aparecen en la zona de estudio (Figura 89 y Tabla 12). En ambos casos el hábitat más sensible es el de Roca Batial con *Asconema setubalense* (RB_AS). En el caso de usar el índice con 3 niveles, los hábitats con sensibilidad 2 son aquellos que tienen corales y esponjas como especies estructurantes, y el hábitat de Arenas Gruesas con *Gracilechinus acutus* (AGC_GA). Siendo el resto de hábitats sensibilidad 1. En el caso del índice con 4 niveles, le da peso al BTA de fragilidad, y califica como 3 aquellos hábitats que tienen entre las especies estructurantes especies frágiles como los poríferos, quedando con nivel 2 de sensibilidad aquellos que la especie estructurante principalmente es una especie o grupos de especies con baja fragilidad como son los corales duros. En un principio, a falta de tener un índice específico y hacer un análisis en detalle de los distintos hábitats, parece que el indicador con 4 niveles recoge mejor la diversidad de respuesta a la presión que el índice con 3 niveles. Si tenemos en cuenta área y sensibilidad, el hábitat más sensible y con más área es Roca circalitoral con *D. cornígera* y *P. ventilabrum* (RC_DCPV).

Tabla 12. Sensibilidad del hábitat a la pesca de con el índice BESITO para el arrastre y el enmalle y el Índice adaptado del BESITO con 3 (PALINDEX3) y 4 niveles (PALINDEX4) para el palangre utilizando sólo las especies formadoras de hábitat o utilizando sólo las especies más sensibles de cada hábitat. Además, se incluye: el área ocupada por cada hábitat en la zona de estudio obtenido a partir de la capa raster original; el código utilizado en el informe INTEMARES de hábitats del Cañón de Avilés (Sánchez et al., 2022); y la abreviatura utilizada en algunas de las gráficas. En gris aquellas sensibilidades que se asignó usando las especies HFS o más sensibles.

Cod Hábitat	Abreviatura	Hábitat	Area (km2)	Arrastre/Enmalle	Palangre	
				BESITO	PALINDEX3	PALINDEX4
G4	AFB_AR	Arenas finas batiales con <i>Actinauge richardi</i>	304.0	3	1	1
G3	AFB_OO	Arenas finas batiales con <i>Ophiura ophiura</i>	23.5	2	1	1
G2	AFC_MS	Arenas finas circalitorales con <i>Munida sarsi</i>	663.4	1	1	1
G1	AGC_GA	Arenas gruesas circalitorales con <i>Gracilechinus acutus</i>	587.9	3	2	2
G5	AMFB_EC	Arenas muy finas batiales con erizos de cuero	711.5	2	1	1
GC6	ACP_CB	Arrecife de corales profundos (<i>Lophellia pertusa</i> y <i>Madrepora oculata</i>)	37.3	5	2	2
GC4	FB_AT	Fangos batiales con <i>Acanthogorgia</i> y <i>Thouarella</i>	1.0	5	2	3
GC3	FB_KS	Fangos batiales con <i>Kophobelemnon stelleri</i>	28.9	4	2	3
G6	FB_PC	Fangos batiales con <i>Pheronema carpenteri</i>	99.0	5	2	3
GC1	HB_PHCB	Fondos de <i>Phelliaactis hertwigii</i> con corales	16.4	4	2	2
GC2	RB_POR	Roca batial con agregaciones de esponjas	5.2	5	2	3
GR2	RB_AS	Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (<i>Asconema setubalense</i>)	4.6	5	3	4
GR1	RC_DCPV	Roca circalitoral con <i>Dendrophyllia cornigera</i> y <i>Phakellia ventilabrum</i>	234.5	5	2	3

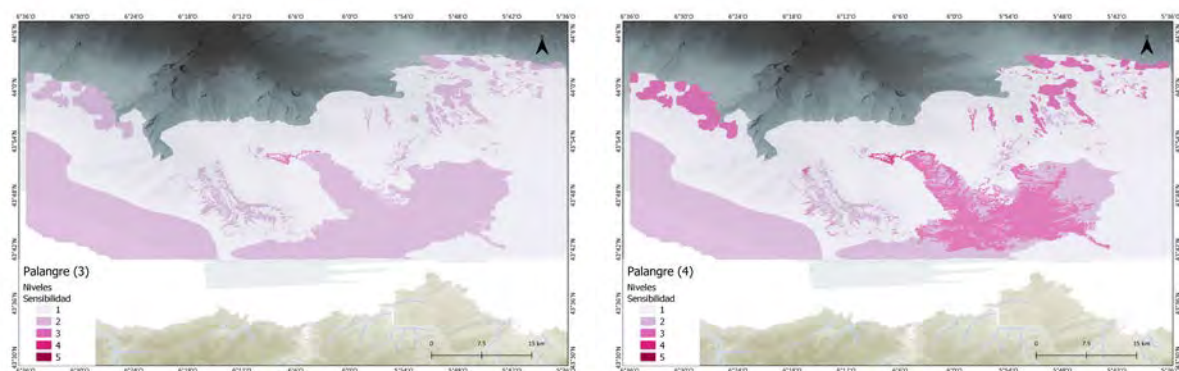


Figura 89. Distribución de la sensibilidad del hábitat bentónico a la pesca de palangre con 3 niveles sensibilidad (izquierda) y 4 niveles (derecha) de sensibilidad.

Para el enmalle y el arrastre se utilizó el BESITO como índice de sensibilidad, por lo que los mapas de sensibilidad a la presión pesquera son el mismo para ambos artes de pesca (Figura 90 y Tabla 12). Los hábitats más sensibles a la presión (6 hábitats con sensibilidad 5 y 2 con sensibilidad 4) son los hábitats bentónicos rocosos y fangos con corales y poríferos. Con sensibilidad 3 están los hábitats de Arenas Gruesas con *Gracilechinus acutus* y el de Arenas finas con *Actinauge richardi*. Al igual que el palangre el hábitat más sensible y con más área es RC_DCPV.

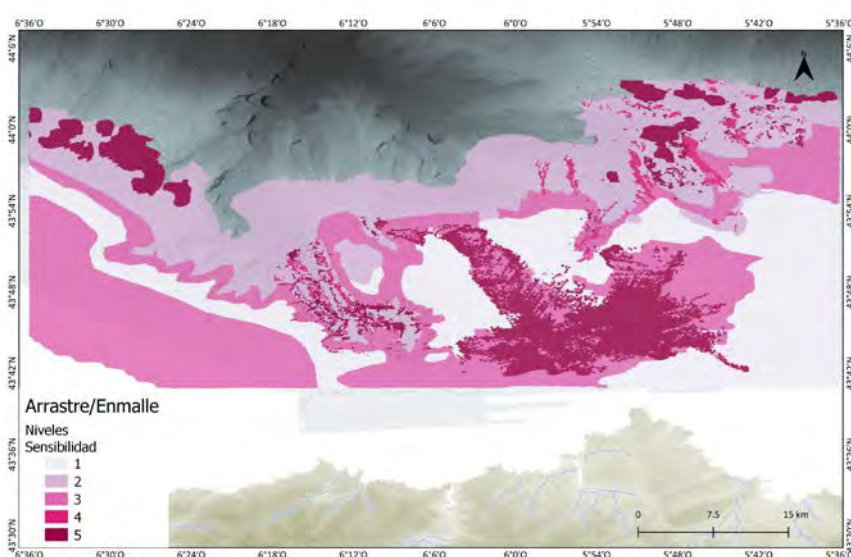


Figura 90. Distribución de la sensibilidad del hábitat bentónico a la pesca del enmalle y el arrastre.

4.10.2 Presión pesquera.

Uno de los aspectos a tener en cuenta cuando hablamos del área de un hábitat ocupada por la presión pesquera, es que esta cuantificación está limitada por la precisión en la que hemos determinado la distribución espacial de las pesquerías. A nivel europeo se utiliza como estándar un grid de 0.05°, aproximadamente 25 km² (en función de la latitud). En nuestro

caso hemos usado un grid de 0.01°, aproximadamente de 1 km². En zonas complejas desde un punto de vista topográfico y geológico, con una distribución de los hábitats en mosaico, el tamaño del grid puede ocasionar que identifiquemos una zona impactada cuando en realidad no lo está. Estas desviaciones las hemos minimizado considerablemente al reducir del tamaño del grid respecto al estándar europeo, pero sin duda se pueden haber producido sobreestimaciones de ocupación o impacto en zonas de ecotono entre hábitats, hábitats pequeños o zonas de talud.

El palangre actúa principalmente en la cabecera del Cañón de Avilés y de la Gavieta, y en los caladeros del Mar de Mares y el Agudo de Afuera (Figura 41 y Figura 91). Además, encontramos actividad, aunque no muy relevante en el flanco oeste del Cañón de Avilés. Es de destacar la disminución del esfuerzo en los últimos años en la zona al norte de Cabo Peñas sobre sustrato rocoso (Figura 45). En esa zona se muestreó durante la campaña CANNAVIS18 porque era una zona donde había interacción entre la actividad pesquera con palangre y el Hábitat de *Dendrophyllia cornigera* y de *Phakellia* sp. Este descenso en la actividad en la zona se ha corroborado con el sector pesquero durante un taller que tuvo lugar en 2022 dentro del proyecto IMPALHA (<https://acortar.link/n1wiss>). Este descenso, según el sector pesquero, se debe a una falta de interés por bajo rendimiento tanto en capturas como económico. En la Figura 92 se puede ver la ocupación de cada hábitat respecto al total del hábitat por cada nivel de presión. Los hábitats más ocupados, en porcentaje y con más presión, son de los más pequeños en la zona de estudio, los de Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*) (RB_AS) y Roca batial con agregaciones de esponjas (RB_POR). El hábitat de RB_AS está ocupado en casi un 50% y el de RB_POR un 25% por un nivel muy alto de presión de palangre de fondo. Aunque el nivel de presión es mucho menor, otro hábitat ocupado en más de un 50% de su extensión es el de Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*) (ACP_CB).

La actividad más importante de enmalle se sitúa en los caladeros de los Petones de Avilés y al noroeste de la zona rocosa en la plataforma continental frente a Cabo Peñas (Figura 41 y Figura 91). Además, aunque con un menor nivel de presión, parte de la actividad se concentra en el Agudo de Afuera, y a lo largo del flanco oeste del Cañón de Avilés. El hábitat más ocupado, aunque con niveles de presión más bajo que en el caso del palangre de fondo es el de RB_AS. Probablemente en este caso haya un efecto del tamaño del grid, y la actividad en la zona sea menos importante de lo que se aprecia en los mapas y gráficas. El hábitat RC_DCPV está ocupado en más de un 50% de su área por actividad pesquera, aunque menos de un 10% de su área está sometida a niveles muy altos de presión (nivel 5).

En el caso del arrastre, tanto de puertas como a la pareja, ocupa más del 75% de los fondos blandos de la zona de estudio, hábitats: AFB_AR, AFB_OO, AFC_MS y AGC_GA. En los 3 primeros el área ocupada por niveles muy altos de presión (nivel 5) son iguales o mayores al 25% del área. Además, hay un nivel muy alto de ocupación y de presión del hábitat de RB_AS. Esto puede estar más relacionado, como en el caso anterior, con un efecto combinado del tamaño del grid, la alta intensidad pesquera de arrastre y un tamaño muy pequeño del hábitat, que con una presión real sobre este hábitat.

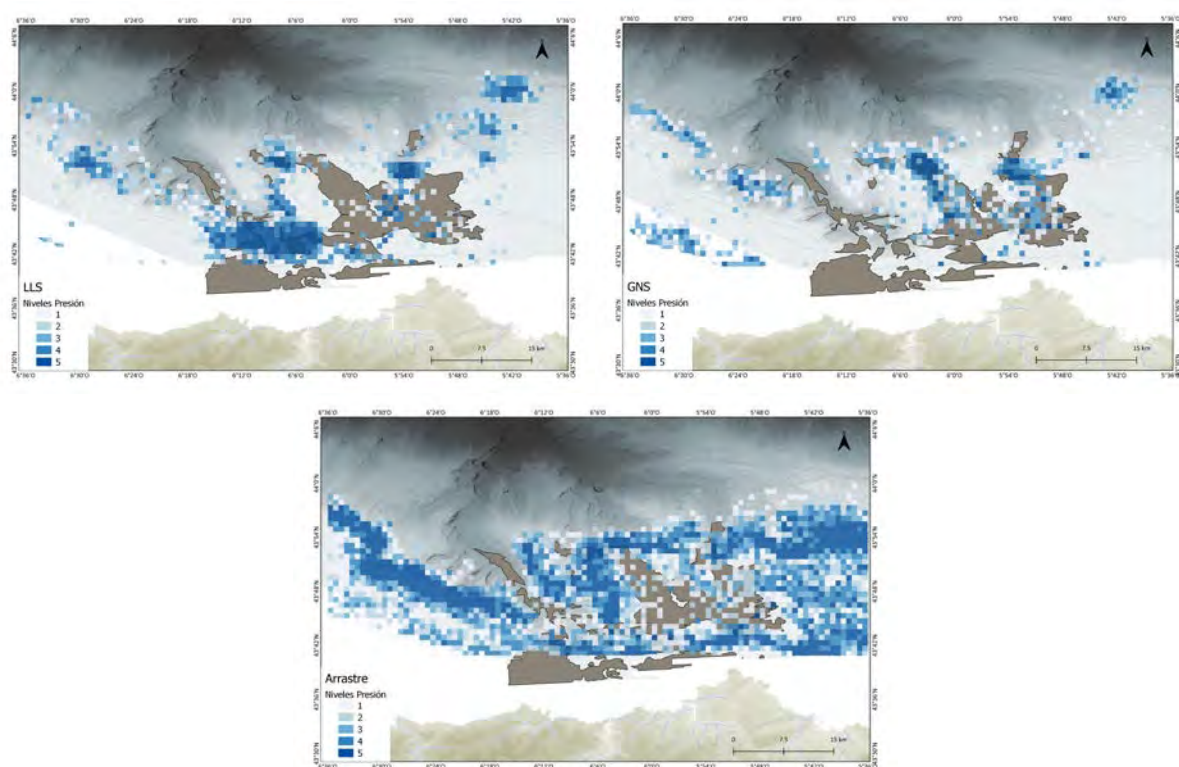


Figura 91. Distribución espacial por niveles de presión (1-5) de las pesquerías de (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo): palangre de fondo, enmalle y arrastre.

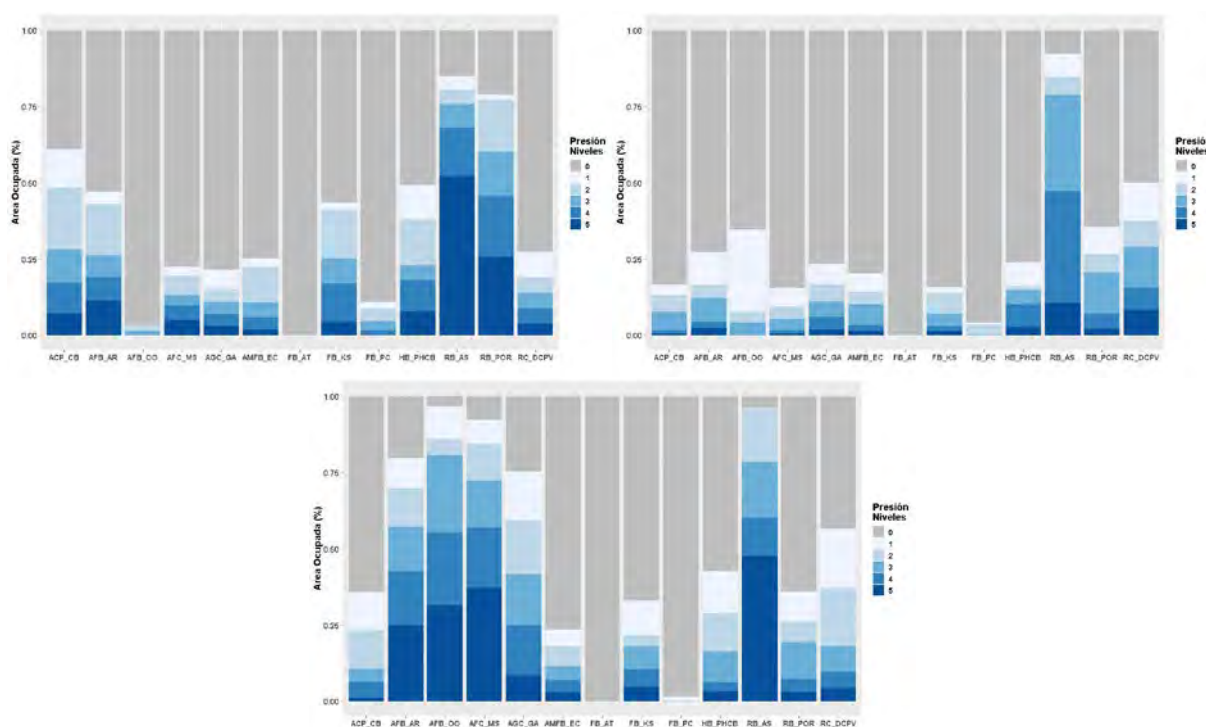


Figura 92. Área ocupada de cada hábitat bentónico por los diferentes niveles de esfuerzo pesquero palangre (izquierda), el enmalle (derecha) y arrastre (abajo). Las abreviaturas de los hábitats son: Arenas finas batiales con *Actinauge richardi* (AFB_AR); Arenas finas batiales con *Ophiura ophiura* (AFB_OO); Arenas finas circalitorales con *Munida sarsi* (AFC_MS); Arenas gruesas circalitorales con *Gracilechinus acutus* (AGC_GA); Arenas muy finas batiales con erizos de cuero (AMFB_EC); Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*) (ACP_CB); Fangos batiales con *Acanthogorgia* y *Thouarella* (FB_AT); Fangos batiales con *Kophobelemnion stelliferum* (FB_KS); Fangos batiales con *Pheronema carpenteri* (FB_PC); Fondos de *Phelliactis hertwigii* con corales (HB_PHCB); Roca batial con agregaciones de esponjas (RB_POR); Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*) (RB_AS); Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum* (RC_DCPV).

4.10.3 Perturbación o vulnerabilidad de los hábitats.

4.10.3.1 Perturbación de los hábitats por el palangre de fondo.

Cuando analizamos el nivel de perturbación por efecto del palangre encontramos que la mayoría de la superficie de la zona de estudio no está sometida a presión de palangre (más del 75% del área) (Figura 93, Figura 94 y Figura 95). Y respecto a los niveles de perturbación más altos es una pequeña proporción respecto al área total. Solo hay niveles altos de perturbación (niveles 8 y 9) cuando utilizamos un índice de sensibilidad con 4 niveles. Y en el caso de utilizar el índice con 3 niveles en la zona de estudio tenemos zonas con un nivel de perturbación máximo de 7. Esto es una gran diferencia respecto a los resultados obtenidos por De la Torriente (2021), que en el Seco de los Olivos el nivel máximo de perturbación es 4, a pesar de tener un hábitat similar al de RB_AS. Esto probablemente sea debido a que en indicador de sensibilidad con 3 niveles hemos incorporado el BTA de fragilidad. Las zonas más perturbadas se sitúan en la zona del caladero del Mar de Mares, tanto si usamos el

índice con 3 o 4 niveles de sensibilidad. En el caso de utilizar el PAINDEX4, además encontramos zonas con perturbación media en la gran superficie rocosa frente a cabo Peñas, en pequeñas áreas del Cañón de la Gavieta y del Agudo de Afuera, y en una pequeña área al noroeste de la zona de estudio.

		Sensibilidad Hábitat				
		1	2	3	4	5
Palangre	Intensidad Presión	0	1	2	3	4
	0	45.27	28.03	0.03		
	1	1.89	2.45	0.01		
	2	6.55	2.06	0.01		
	3	2.92	1.74	0.01		
	4	3.09	1.66	0.03		
	5	2.93	1.24	0.09		

		Sensibilidad Hábitat				
		1	2	3	4	5
Palangre	Intensidad Presión	0	1	2	3	4
	0	45.27	17.84	10.18	0.03	
	1	1.89	1.62	0.83	0.01	
	2	6.55	1.26	0.81	0.01	
	3	2.92	1.09	0.66	0.01	
	4	3.09	1	0.66	0.03	
	5	2.93	0.81	0.42	0.09	

Figura 93. Evaluación del área afectada por nivel de perturbación por la pesca de palangre con 3 niveles (izquierda) y 4 niveles (derecha) de sensibilidad, utilizando la combinación de niveles de sensibilidad y esfuerzo de presión en una matriz de perturbación desarrollada por Elliot et al. (2018). En cada celda aparece el área ocupada (%) por cada nivel de perturbación.

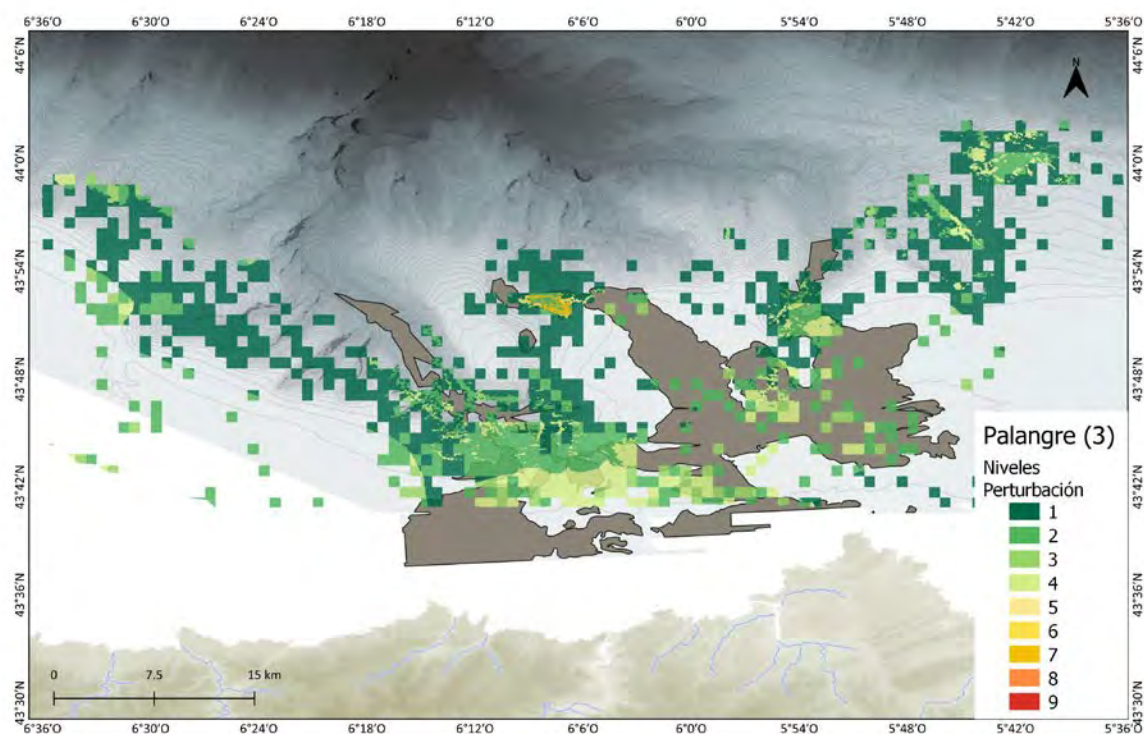


Figura 94. Mapas de distribución de las perturbaciones sobre los hábitats bentónicos de la pesca de palangre con 3 niveles de sensibilidad.

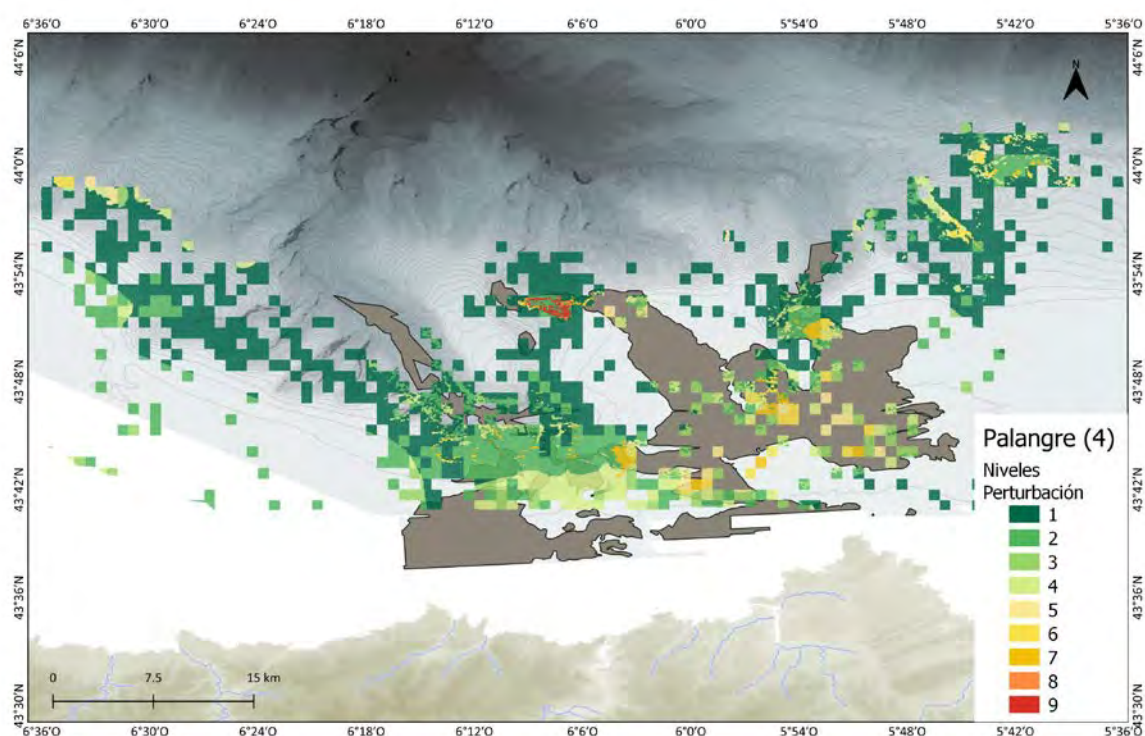


Figura 95. Mapas de distribución de las perturbaciones sobre los hábitats bentónicos de la pesca de palangre con 4 niveles de sensibilidad.

En el caso de usar el índice con 3 niveles de sensibilidad, solamente el hábitat RB_AS tiene niveles medios de perturbación en prácticamente el 75% de su área (Figura 96). En el caso de usar el PALINDEX 4 esa misma área aparece con niveles altos o muy altos de perturbación. Con este último índice además el hábitat de RB_POR tiene un nivel medio de perturbación en más del 25% de su área. Otros hábitats con un nivel medio de perturbación (PALINDEX 4) en menos de un 25% de su área son FB_KS, RC_DCPV y FB_PC. El grado de exposición de los hábitats varía mucho, aunque en la mayoría de los casos queda más de un 50% del área libre de presión. Los hábitats más expuestos > 40%, son en la mayoría de los casos hábitats con un área muy pequeña de distribución. Esto podría ser indicativo de la especificidad de esta pesquería a la hora de elegir sus caladeros.

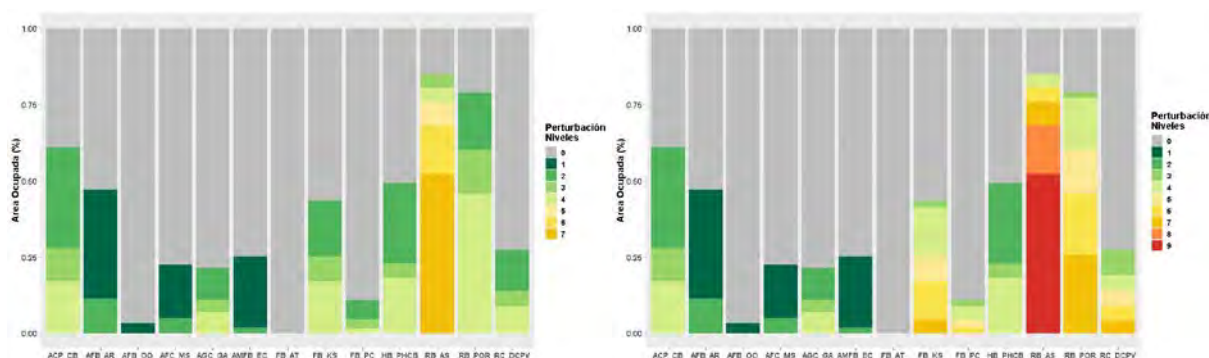


Figura 96. Área ocupada por hábitat por cada nivel de perturbación por el arte de pesca de palangre con 3 niveles (arriba) y 4 niveles (abajo) de sensibilidad. Las abreviaturas de los hábitats son: Arenas finas batiales con *Actinauge richardi* (AFB_AR); Arenas finas batiales con *Ophiura ophiura* (AFB_OO); Arenas finas circalitorales con *Munida sarsi* (AFC_MS); Arenas gruesas circalitorales con *Gracilechinus acutus* (AGC_GA); Arenas muy finas batiales con erizos de cuero (AMFB_EC); Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*) (ACP_CB); Fangos batiales con *Acanthogorgia* y *Thouarella* (FB_AT); Fangos batiales con *Kophobelemnion stelliferum* (FB_KS); Fangos batiales con *Pheronema carpenteri* (FB_PC); Fondos de *Phelliactis hertwigii* con corales (HB_PHCB); Roca batial con agregaciones de esponjas (RB_POR); Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*) (RB_AS); Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum* (RC_DCPV).

La diferencia entre escoger el escenario con 3 o 4 niveles de sensibilidad, con el presente nivel de conocimientos, radica en lo precavidos que queramos ser. Aunque parece claro que hay un efecto negativo en las especies de gran porte y frágiles, como por ejemplo en el hábitat de *Asconema setubalense*, también parece que ambas, presión y especie, coexisten. Esto puede ser, ya que en espacios donde existe un alto nivel de presión de palangre mantenido en el tiempo, los ejemplares de la principal especie estructurante siguen existiendo (Sánchez et al., 2022), si bien estos autores sugieren la idea de que los ejemplares encontrados en mal estado pudieron ser “impactados” por artes de palangre muy frecuentes en la zona. Por otro lado, en la Campaña de INTEMARES A4 realizada en el Banco de la Concepción (NTEMARES-INTA4_CANARIAS_1118), se encontraron numerosos ejemplares en aparente buen estado con líneas de palangre en las proximidades (Foto 16) (Martín-García et al., 2022). En esta zona la presión de palangre no es muy alta, por lo que esta situación sugiere que esta especie puede soportar cierto nivel de presión, o que si son impactadas tienen un alto nivel de recuperación ya que en ocasiones aparecen encima de líneas de palangre. Además, se han detectado procesos de degradación o desaparición de ejemplares en zonas próximas al LIC del Sistema de Cañones de Avilés (en el Área Marina Protegida del El Cachucho) donde no existe actividad pesquera que pudiera tener algún efecto en el estado de conservación de la especie (Prado et al., 2021, Sánchez et al., 2022). Sería necesario analizar en qué medida el palangre, que sí parece tener un impacto negativo

en la especie, puede ocasionar el deterioro del hábitat hasta que casi desaparezca la principal especie estructurante.



Foto 16. Imágenes de la campaña NTEMARES-INTA4_CANARIAS_1118 de *Asconema setubalense* con líneas de palangre en las proximidades.

4.10.3.2 Perturbación de los hábitats por el enmalle de fondo.

Al igual que en el caso del palangre, más del 65% de la superficie analizada está libre de la presión del enmalle (Figura 97 y Figura 98). Casi el 4% de la superficie está con nivel alto o muy alto de perturbación (7-9), y casi un 14% con un nivel bajo o muy bajo (1-4). La principal

zona perturbada se sitúa en la gran superficie rocosa frente a cabo Peñas, y en pequeñas áreas de Mar de Mares, y en algunas zonas del Agudo de Afuera. En el caso de la zona de Mar de Mares probablemente sea un artificio derivado del tamaño de grid utilizado para las presiones. También encontramos niveles medios de perturbación en el flanco oeste del Cañón de Avilés.

		Sensibilidad Hábitat				
		1	2	3	4	5
Enmalle	Intensidad Presión	0	1	2	3	4
	0	20.65	21.45	24.71	1.36	9.12
	1	1.48	1.8	2.65	0.07	1.18
	2	1.01	1.12	1.71	0.08	0.96
	3	0.87	1.82	1.99	0.07	1.33
	4	0.3	0.52	1.11	0.06	0.72
	5	0.11	0.34	0.65	0.03	0.74

Figura 97. Evaluación del área afectada por nivel de perturbación por la pesca de enmalle, utilizando la combinación de niveles de sensibilidad y esfuerzo de presión en una matriz de perturbación desarrollada por Elliot et al. (2018). En cada celda aparece el área ocupada (%) por cada nivel de perturbación.

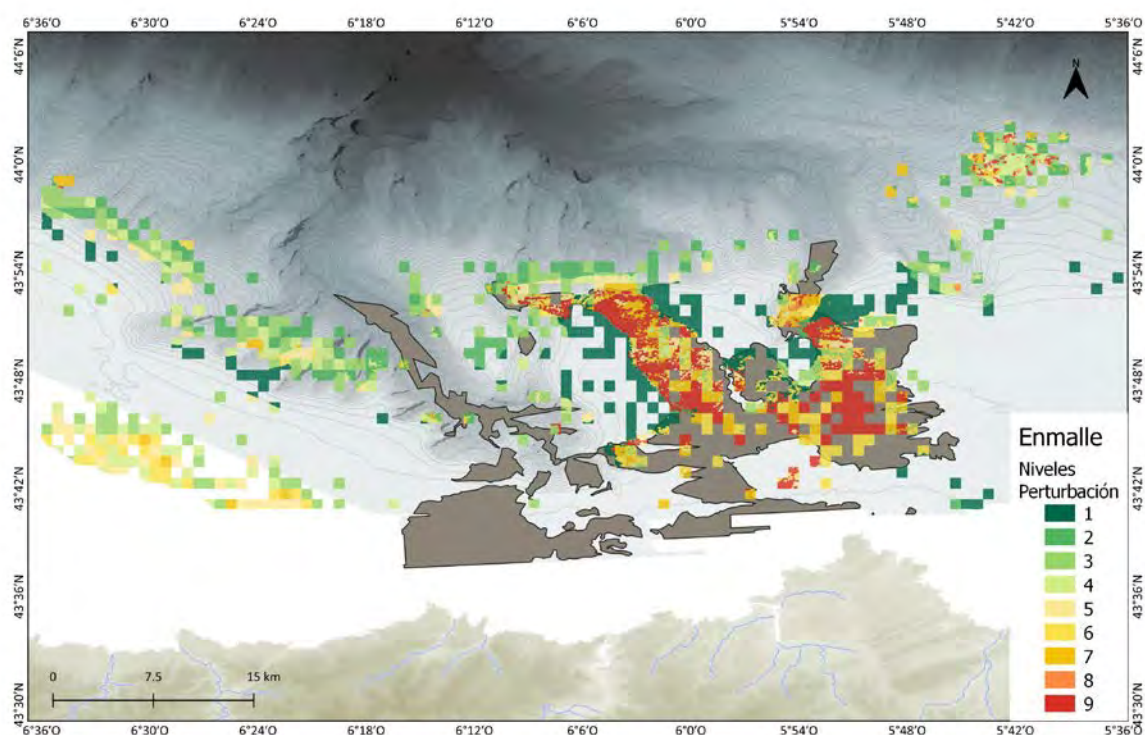


Figura 98. Mapas de distribución de las perturbaciones sobre los hábitats bentónicos de la pesca de enmalle.

Respecto a los hábitats, el hábitat con mayor área severamente perturbada es el RB_AS, aunque como hemos dicho antes probablemente sea un artificio del grid utilizado, y por lo tanto es necesario corroborar la existencia de esta actividad sobre este hábitat (Figura 99). A diferencia de lo que ocurría en el palangre, casi todos los hábitats que están expuestos al enmalle una parte de su área más o menos importante tiene niveles medios y altos de perturbación, a excepción de AFB_MS, AFC_MS y AMFB_EC. Los otros dos hábitats con mayor nivel de perturbación (9) con cerca del 25% de su área son RB_POR y RC_DCPV. A excepción del RB_AS, el grado de exposición a la presión es inferior al 50%-30%.

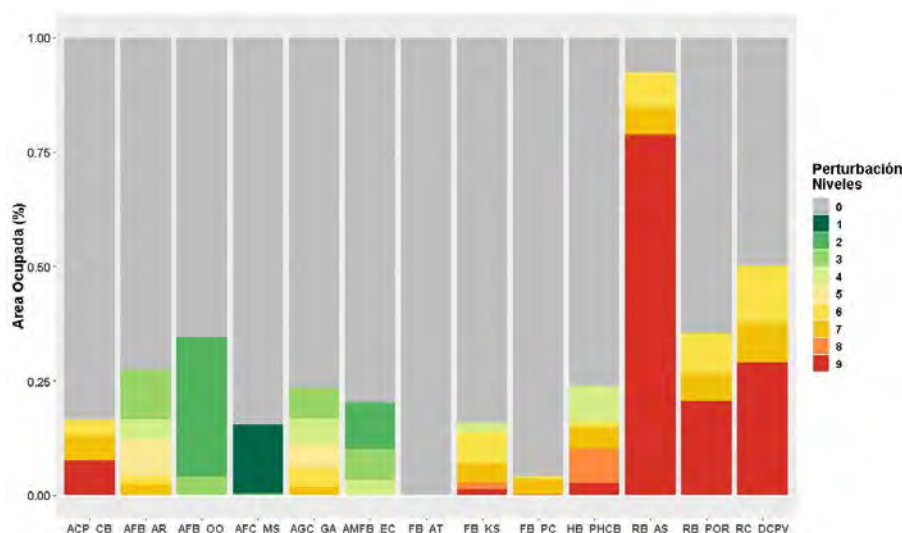


Figura 99. Área ocupada por hábitat por cada nivel de perturbación por el arte de pesca de enmalle. Las abreviaturas de los hábitats son: Arenas finas batiales con *Actinauge richardi* (AFB_AR); Arenas finas batiales con *Ophiura ophiura* (AFB_OO); Arenas finas circalitorales con *Munida sarsi* (AFC_MS); Arenas gruesas circalitorales con *Gracilechinus acutus* (AGC_GA); Arenas muy finas batiales con erizos de cuero (AMFB_EC); Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*) (ACP_CB); Fangos batiales con *Acanthogorgia* y *Thouarella* (FB_AT); Fangos batiales con *Kophobelemnon stelliferum* (FB_KS); Fangos batiales con *Pheronema carpenteri* (FB_PC); Fondos de *Phelliactis hertwigii* con corales (HB_PHCB); Roca batial con agregaciones de esponjas (RB_POR); Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*) (RB_AS); Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum* (RC_DCPV).

4.10.3.3 Perturbación de los hábitats por el arrastre.

El 40 % del área estudiada está sin presión del arrastre. En comparación con el palangre y el enmalle es el que más área ocupa respecto al total del área estudiada (Figura 100 y Figura 101). El 8.7% del área tiene un nivel de perturbación alto o muy alto (7-9), y casi el 40% tiene un nivel bajo o muy bajo de perturbación (1-4). Los niveles medios y altos de perturbación están en los fondos sedimentarios del talud continental. Los niveles muy altos aparecen en la zona de ecotono entre los fondos sedimentarios y la roca en la zona circa litoral frente a cabo Peñas. Esta zona, a pesar de estar identificada como roca, está recubierta en algunas zonas por una fina capa de sedimento, lo que podría permitir el arrastre, y por lo tanto que hubiera

cierto grado de impacto. Esto último sería necesario corroborarlo. Además, se observan pequeñas zonas con un alto nivel de perturbación a ambos flancos de la cabecera del Cañón de Avilés.

		Sensibilidad Hábitat				
		1	2	3	4	5
Arrastre	Intensidad Presión	0	1	2	3	4
	0	1.88	20.06	7.63	1.06	8.39
	1	1.96	1.54	4.6	0.2	1.91
	2	2.91	1.78	5.2	0.11	1.87
	3	3.76	1.42	5.23	0.14	0.84
	4	4.83	1.24	5.52	0.08	0.56
	5	9.07	1.01	4.65	0.07	0.47

Figura 100. Evaluación del área afectada por nivel de perturbación por la pesca de arrastre, utilizando la combinación de niveles de sensibilidad y esfuerzo de presión en una matriz de perturbación desarrollada por Elliot et al. (2018). En cada celda aparece el área ocupada (%) por cada nivel de perturbación.

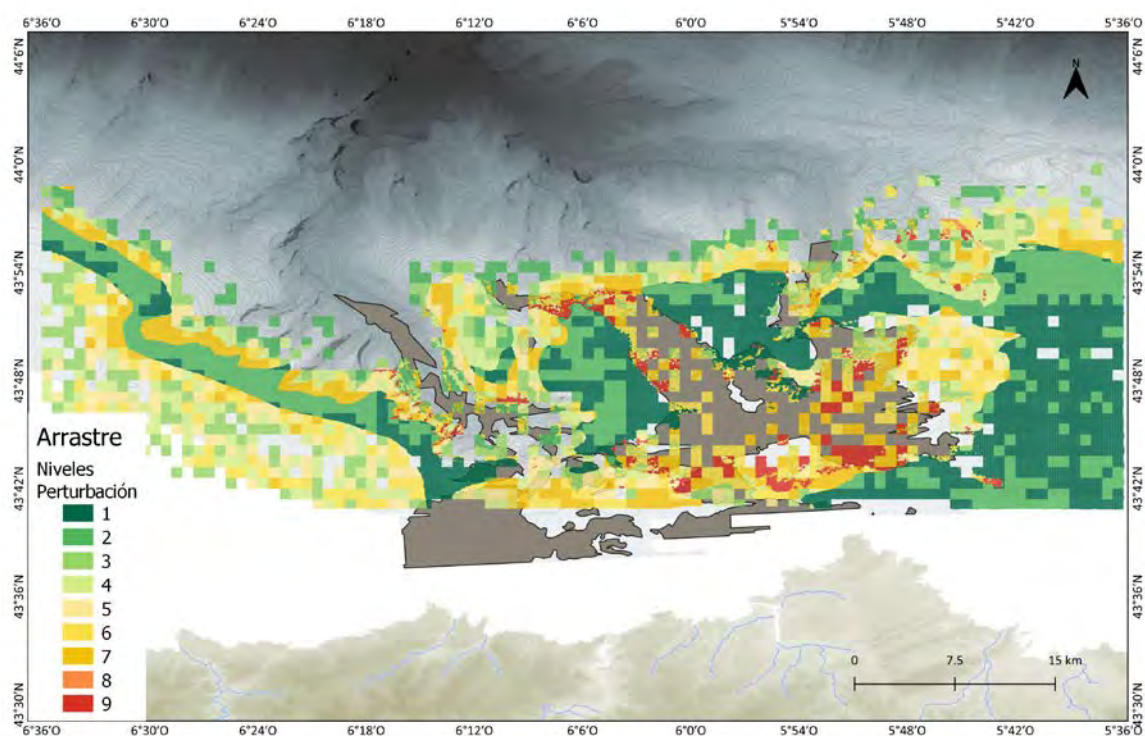


Figura 101. Mapas de distribución de las perturbaciones sobre los hábitats bentónicos de la pesca de arrastre.

Casi todos los hábitats, a excepción del AFB_OO y AFC_MS, donde está presente el arrastre ocasiona un nivel medio o alto de perturbación en los hábitats. El nivel de exposición de los hábitats sedimentarios es muy alto, y al menos 8 hábitats tienen niveles muy altos de

perturbación (7-9), y en 7 de ellos esta área es superior al 25% (ACP_CB, AFB_AR, HBPHCB, RB_AS, RB_POR, RC_DCPV). En el caso de los hábitats rocosos RC_DCPV, puede que exista esta presión en la zona circalitoral frente a cabo Peñas donde puede que haya cierto nivel de presión en la zona de ecotono entre la zona sedimentaria y rocosa.

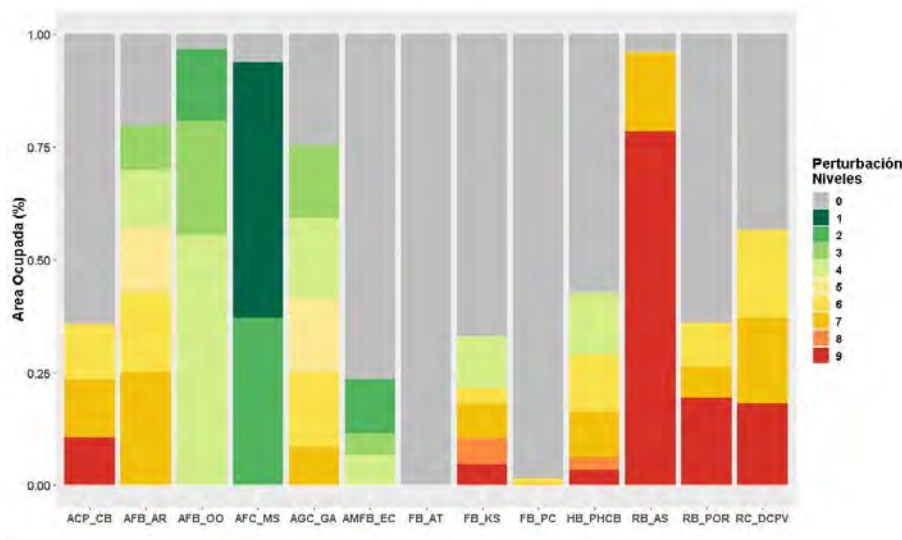


Figura 102. Área ocupada por hábitat por cada nivel de perturbación por el arte de pesca de arrastre. Las abreviaturas de los hábitats son: Arenas finas batiales con *Actinauge richardi* (AFB_AR); Arenas finas batiales con *Ophiura ophiura* (AFB_OO); Arenas finas circalitorales con *Munida sarsi* (AFC_MS); Arenas gruesas circalitorales con *Gracilechinus acutus* (AGC_GA); Arenas muy finas batiales con erizos de cuero (AMFB_EC); Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*) (ACP_CB); Fangos batiales con *Acanthogorgia* y *Thouarella* (FB_AT); Fangos batiales con *Kophobelemonn stelliferum* (FB_KS); Fangos batiales con *Pheronema carpenteri* (FB_PC); Fondos de *Phelliactis hertwigii* con corales (HB_PHCB); Roca batial con agregaciones de esponjas (RB_POR); Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*) (RB_AS); Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum* (RC_DCPV).

5 Otros estudios.

5.1 El proyecto IMPALHA: Mejora en el conocimiento del impacto del palangre en los hábitats bentónicos.

El proyecto IMPALHA (Impacto del Pángre de Fondo en los Hábitats Bentónicos de la Red Natura 2000) se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, cofinanciado por el FEMP. Los textos que aquí figuran son adaptaciones del Informe Final del Proyecto IMPALHA (https://www.programapleamar.es/sites/default/files/informe_impalha_web_final.pdf).

Este proyecto surge de la necesidad de identificar y cuantificar el impacto del uso de palangre de fondo en hábitats de especial vulnerabilidad como son los hábitats bentónicos de la Red Natura 2000 (RN2000), siendo un requisito previo a los procesos de gestión ambiental y de sostenibilidad del espacio marino Cantábrico. Tras su ejecución, se prevé alcanzar el conocimiento científico suficiente que permita la cuantificación de los efectos de la pesca con palangre de fondo sobre los hábitats bentónicos. Además, se espera establecer una colaboración activa con el sector pesquero que permita su participación en la toma de decisiones para establecer los planes de gestión implicando así a todos los interesados en dicha tarea. Para ello, el proyecto IMPALHA se va a llevar a cabo en dos fases. En la primera, que ha finalizado en octubre de 2022, se ha preparado el campo de “operaciones” para el desarrollo de los experimentos de impacto que tendrán lugar en la segunda fase. Además, se ha realizado un importante trabajo de comunicación con todos los actores implicados en la gestión ambiental y pesquera. En la segunda fase se llevará a cabo la campaña de investigación que permitirá cuantificar el impacto del palangre sobre los hábitats estudiados. Para ello, se contará con la participación de la flota de palangre y se desarrollarán herramientas interactivas de divulgación y formación acerca del estudio de este tipo de impactos como de la propia actividad pesquera de palangre.

La identificación y cuantificación de los efectos de los artes de pesca de fondo, más en concreto del palangre de fondo, en los hábitats bentónicos es esencial ya que de ello depende en gran medida los planes de gestión que se desarrollen para la futura Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE). Sin embargo, la mayoría de los estudios que se han realizado hasta el momento se han centrado en el tipo de arte de arrastre, su funcionamiento e impactos. Como consecuencia de estos trabajos se han descrito numerosas metodologías para cuantificar espacialmente la intensidad de la pesca respecto

al impacto generado sobre los hábitats y de indicadores para evaluar la calidad de los hábitats en relación a la presión del arrastre (González-Irusta et al., 2018; Pitcher et al., 2022; Serrano et al., 2022). Sin embargo, para el resto de artes de pesca demersal como son palangre, enmalle o nasas, aunque se sabe que su impacto sobre el fondo es menor (Duran et al., 2011; Grabowski et al., 2014; Pham et al., 2014; Dias et al., 2020; Belchier et al., 2022), se echa en falta el desarrollo de estudios enfocados en la descripción de los impactos que el uso de estos tipos de aparejo pueden suponer para los hábitats. Dentro del proyecto INTEMARES, se ha prestado especial atención a este tipo de aparejos, a excepción de las nasas. Para el enmalle se ha podido establecer una relación entre el esfuerzo y el impacto sobre los hábitats, pero los resultados para el palangre de fondo no son concluyentes. Esto limita mucho el desarrollo de planes de gestión eficientes y optimizados para los objetivos ambientales perseguidos. Por todo ello, el objetivo principal del proyecto IMPALHA y su primera línea de actuación, es el de diseñar las metodologías específicas que permitan maximizar de forma objetiva la protección de estos hábitats vulnerables minimizando a su vez los impactos en las actividades pesqueras. Además, en caso de que no sea posible anular el impacto, se diseñarán estrategias de mitigación para reducir el mismo lo máximo posible. Como se ha dicho, minimizar estos efectos en las actividades pesqueras, y sobre todo en las pesquerías locales, resulta interesante por distintos motivos y objetivos, y aunque se profundizará más adelante, podemos destacar el de garantizar la seguridad alimentaria, la vertebración y la estabilidad de la población en núcleos costeros pequeños, la conservación del acervo cultural y la reducción de la huella de carbono (en comparación con otras pesquerías como las de aguas exteriores u oceánicas).

La segunda línea de actuación es la de facilitar la comunicación y divulgación para dar a conocer a la sociedad, y especialmente al sector pesquero, las metodologías, las herramientas y los motivos para establecer las herramientas de gestión necesaria para la actividad del palangre y su consecuencia sobre los hábitats bentónicos. Siendo prioritario el crear canales de comunicación que permitan la transmisión de conocimientos entre ciencia-pesca-gestión-ONGs. Este canal de comunicación se deberá mantener en el tiempo, no sólo durante la duración del proyecto IMPALHA, pero para su consolidación, en esta primera fase del Proyecto, nos hemos centrado en:

- Dar a conocer el proyecto y algunos conceptos asociados a la investigación y a la gestión.
- Aproximarnos a la realidad de la pesquería, fundamental para validar los resultados que hemos obtenido, y conseguir información que no se desprende de los datos recopilados.

- Establecer relación con las organizaciones y sectores implicados en la gestión de los hábitats bentónicos y las pesquerías, con especial atención al sector pesquero, que desempeñará un papel esencial en la segunda fase del proyecto.

Muchos de estos resultados ya están disponibles en diversas plataformas usadas como herramienta de divulgación. Algunas de ellas son:

- Twitter: @IMPALHA_Sci
- Facebook: <https://n9.cl/gtkoni>
- Webs:
 - o Fundación Biodiversidad: <https://n9.cl/2gj97>
 - o Instituto Español de Oceanografía: <https://n9.cl/d91f5>
 - o Youtube: Lista de reproducción IMPALHA en el Canal del Grupo de Investigación SITCOM: <https://n9.cl/ec82k>

Los objetivos plantearon los siguientes objetivos específicos de la primera fase del proyecto IMPALHA:

1. Caracterización espacio-temporal de la pesca con artes de anzuelo de fondo en el LIC Sistema de cañones submarinos de Avilés y su interacción con los hábitats bentónicos.
2. Diseño de la campaña de investigación que tendrá lugar durante el desarrollo de la segunda fase del Proyecto. Se planteará un diseño experimental Before/After-Control/ Impact (BACI).
3. Divulgación de los resultados del proyecto y de las principales metodologías y conceptos para el estudio del impacto de la actividad pesquera en los hábitats y su aplicación en el asesoramiento.

5.1.1 La segunda Fase del Proyecto IMPALHA (2023-2026).

Uno de los principales objetivos de la primera fase del proyecto IMPALHA ha sido el diseño de la campaña de investigación que se llevará a cabo en la segunda fase del proyecto. El objetivo de la campaña de investigación IMPALHA será analizar el impacto del palangre de fondo sobre los hábitats bentónicos en los LICs de la RN2000. En proyectos anteriores, como el proyecto INDEMARES, se ha analizado el solapamiento espacio-temporal de la actividad pesquera y los hábitats, pero no se pudo precisar si existía daño físico o estructural en los hábitats y en ningún caso se pudo definir si se producía un efecto negativo sobre el hábitat objeto de protección. En el verano de 2018 se realizó la campaña CANAVIS18,

comparando la calidad de los hábitats según un gradiente de presión, con el objetivo de evaluar el impacto de la actividad pesquera sobre los hábitats bentónicos. Los resultados mostraron que podía existir un efecto negativo del enmalle y el arrastre sobre los hábitats bentónicos, mientras que en el caso del palangre los resultados no pudieron demostrar fehacientemente si había efectos sobre los hábitats. Posteriormente, en el 2019 se realizó la campaña CABEFAF, mediante un experimento BACI, para determinar cómo se produce el impacto y cuáles son los efectos sobre el fondo de la red de enmalle dirigida a rape (rasco) y ver cuál es el área afectada por un arte de enmalle de estas características.

Dado que la comparación entre niveles de presión no ha demostrado ser concluyente en el caso del palangre de fondo, se propone hacer un experimento BACI a desarrollar en la segunda fase del proyecto IMPALHA. Con este trabajo se pretende maximizar la protección de los hábitats objeto de protección minimizando los efectos sobre las actividades pesqueras. Permitiendo, gracias al conocimiento de esa interacción que va a proporcionar este experimento, desarrollar estrategias de mitigación de los posibles efectos negativos, es decir, modificaciones en el comportamiento de los barcos o en la construcción de los aparejos que reduzcan el impacto sobre los hábitats bentónicos. Uno de los requisitos para la realización de esta experiencia es la participación de al menos una embarcación de pesca de palangre de fondo para realizar el impacto controlado.

Para la selección de las estaciones, además de por la presencia de actividad pesquera, se ha tenido en cuenta que las especies estructurantes fueran muy distintas, morfológica y estructuralmente. Por lo tanto, se han seleccionado tres hábitats (estaciones) muy distintos entre sí en cuanto a sensibilidad: tamaño, flexibilidad, dureza, etc.

1. Hábitat de *Asconema setubalense*. Se caracteriza por la presencia de una especie vulnerable de gran tamaño, *Asconema setubalense* (Esponja gigante de copa).
2. Hábitat de corales blancos (HbCb). Se caracteriza por la presencia de una especie vulnerable de tamaño medio, *Madrepora oculata* (Corales blancos).
3. Hábitat de *Dendrophyllia cornígera* (HbDc): Se caracteriza por la presencia de especies vulnerable de pequeño tamaño, *Dendrophyllia cornígera* y *Phakelia* sp.

El muestreador a utilizar durante la campaña será el ROV LIROPUS. En esencia el diseño es muy similar al presentado en el presente informe para la campaña CABEFAF19. Las modificaciones más destacadas respecto al plan de la campaña CABEFAF19 están relacionadas con las características particulares del palangre, que es un aparejo mucho más delicado que el enmalle, por lo que no se podrá utilizar el mismo tipo de balizas para hacer

los seguimientos, y habrá que adquirir balizas que se puedan disponer en las boyas de flotación del palangre.

1.1 Análisis de otras presiones físicas en el área de influencia del LIC de Sistema de Cañones e Avilés.

El presente trabajo se encuadra dentro de la evaluación espacial de las presiones físicas y cuantificación de las presiones acumuladas, para la evaluación del buen estado ambiental de los fondos marinos para responder al Descriptor 6 de la Directiva Marco de las Estrategias Marinas. En el presente capítulo no se mantiene el formato de las cartografías del resto del informe ya que proceden de un documento ajeno al proyecto INTEMARES.

5.1.2 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 la dinámica de los mismos, 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).

Con este objetivo se creó la Directiva Marco de Estrategia Marina de la Unión Europea (Directiva MSFD 2008/56/CE) con el fin de alcanzar el Buen Estado Ambiental (BEA) en las aguas europeas. Esta Directiva establece un marco de actuación para todos los países de la Unión Europea, con un total de 11 descriptores cualitativos de GES que deben ser analizados (Figura 103) para alcanzar los objetivos establecidos, y que se definen en el Anexo I de la directiva (Comisión Europea (EC), 2008).

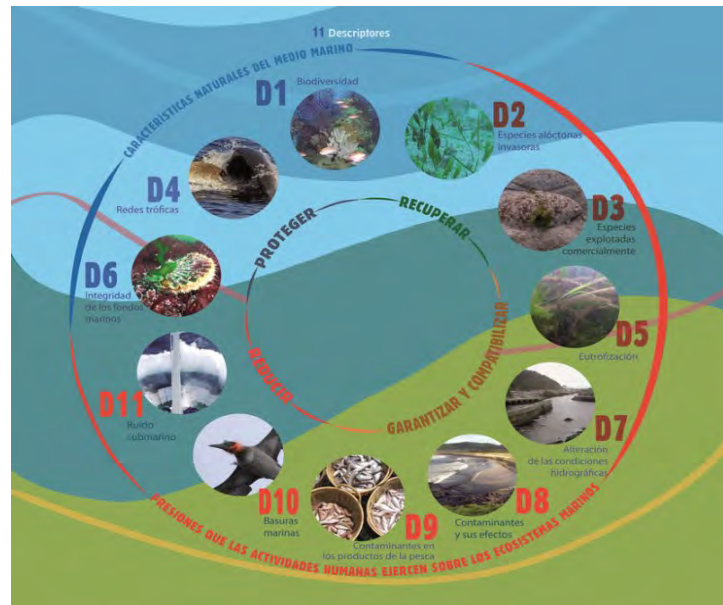


Figura 103. Descriptores definidos en la MSFD, según el tipo de descriptor, ya sean elementos naturales o presiones humanas. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), 2022.

En la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, el Descriptor 6 (D6) se define como: "La integridad de los fondos marinos se sitúa en un nivel que garantiza la salvaguarda de la estructura y las funciones de los ecosistemas y que los ecosistemas bentónicos, en particular, no se ven afectados negativamente" (CE, 2008). Rice et al., en su informe de 2012, establecen diferentes criterios e indicadores para determinar el GES para la integridad de los fondos marinos.

Para ayudar a la gestión de este descriptor, se ha desarrollado la evaluación de varios criterios (CE, 2017b):

- D6C1: Caracterización de la localización de la pérdida física (presión).
- D6C2: Caracterización de la localización de la perturbación física (presión).
- D6C3: Efectos adversos de las perturbaciones físicas en los hábitats (impacto).
- D6C4: Extensión de los hábitats afectados por la pérdida física (estado).
- D6C5: Alcance de los efectos adversos de las presiones antropogénicas sobre las condiciones de cada tipo de hábitat (estado).

De acuerdo con este descriptor, la MSFD, en la Directiva 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 países, así como que se establezca el nivel de afectación por presiones acumuladas y se determinen los GES.

Uno de los retos más acuciantes de la aplicación de la MSFD 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; Willsteed 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 DMS constituyen los pilares para la Política Marina Integrada (PMI) (Fernandes et al., 2020; Möckel, 2017).

Para apoyar los objetivos de la MSFD, 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 "Broad Benthic Habitats Types" (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 un análisis completo 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 104).

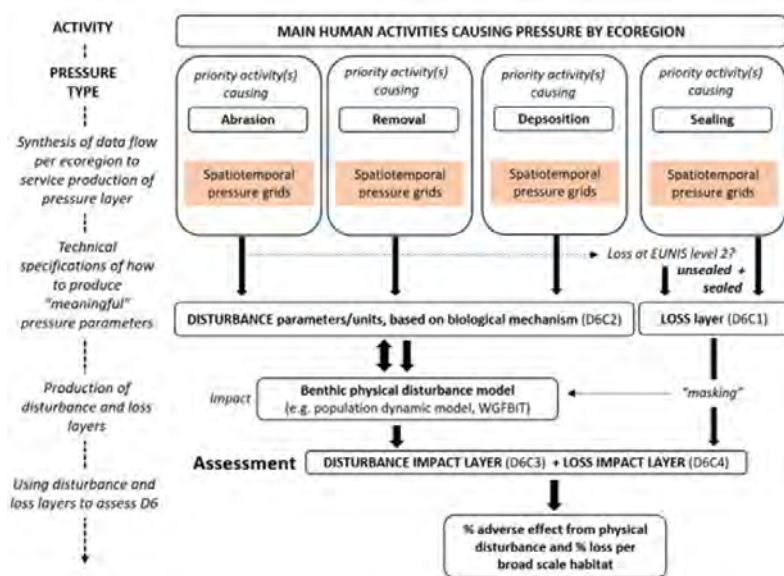


Figura 104. Ejemplo de flujo de datos para la recogida de datos para el Descriptor 6. Recurso: CIEM, 2019b.

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 MSFD, en el territorio español.

5.1.3 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 a lo largo del área de estudio. Además, se analiza la interacción de las presiones con los hábitats del fondo marino en el marco del MSFD 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 MSFD D6C1, C2 y C4.
- Explorar la metodologías cuantitativas para el análisis de las presiones acumulativas.

5.1.4 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 4). Estas zonas son de mayor 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 105 muestra la zona de estudio y la ubicación de los componentes mencionados, así como las líneas batimétricas que dibujan la topografía del fondo marino.

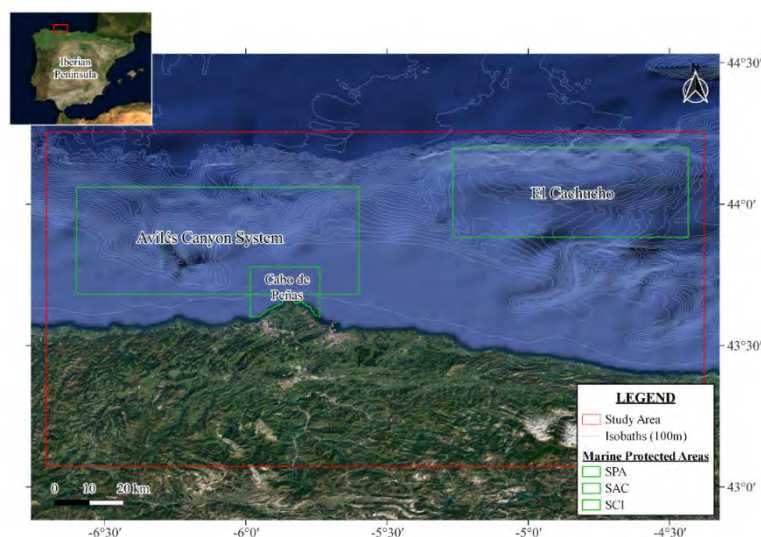


Figura 105. Mapa de la zona de estudio (Mar Cantábrico Central) incluyendo el LIC Sistema Cañón de Avilés y las AMPs encontradas en la zona; SAC El Cachucho y ZEPA Cabo de Peñas. Las isobatas están representadas cada 100 metros.

5.1.4.1 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 del Atlántico Norte 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, que 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 13). Además, el cuadro 1 muestra el tipo de información que se ha recogido para cada una de las actividades.

Tabla 13. Lista de las actividades que se producen 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 raster. Una vez compiladas todas las capas, se procedió 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 se pueden provocar.

La Figura 106 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 14.

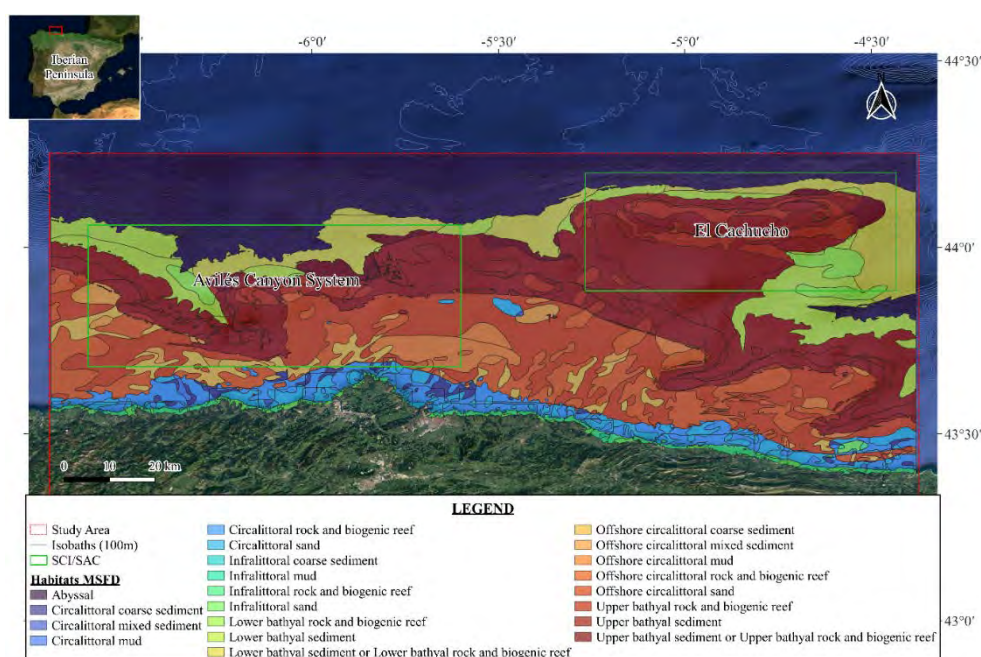


Figura 106. Hábitats de la zona de estudio según el MSFD. La figura incluye el LIC Sistema del Cañón de Avilés y el LIC El Cachucho. Las isobatas están representadas cada 100 metros. Recurso: Elaboración propia con datos de EMODnet (2021).

Tabla 14. Lista de los hábitats amplios de la MSFD 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, para esta primera aproximación, sólo se han analizado las presiones que tienen contacto con el fondo marino (D6C1 y C2), ya que son los principales impulsores del impacto y están directamente relacionados con el impacto del fondo marino (ICES, 2019b).

5.1.4.2 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 raster, 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 hábitat amplio (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 medidas 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.

5.1.5 Resultados.

5.1.5.1 Distribución de las actividades humanas.

En total se identificaron y describieron 17 actividades para toda la Demarcación del Atlántico Norte, de las cuales 15 se localizaron también en la zona de estudio (el Cantábrico Central). La Figura 107 muestra la distribución espacial de las actividades en toda la Demarcación del Atlántico Norte, donde se pueden identificar dos grupos de actividades, aquellas con una localización más específica, como las infraestructuras portuarias o los arrecifes artificiales, y otra 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, donde se encuentran 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 el área de influencia (Tabla 15). 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 15).

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).

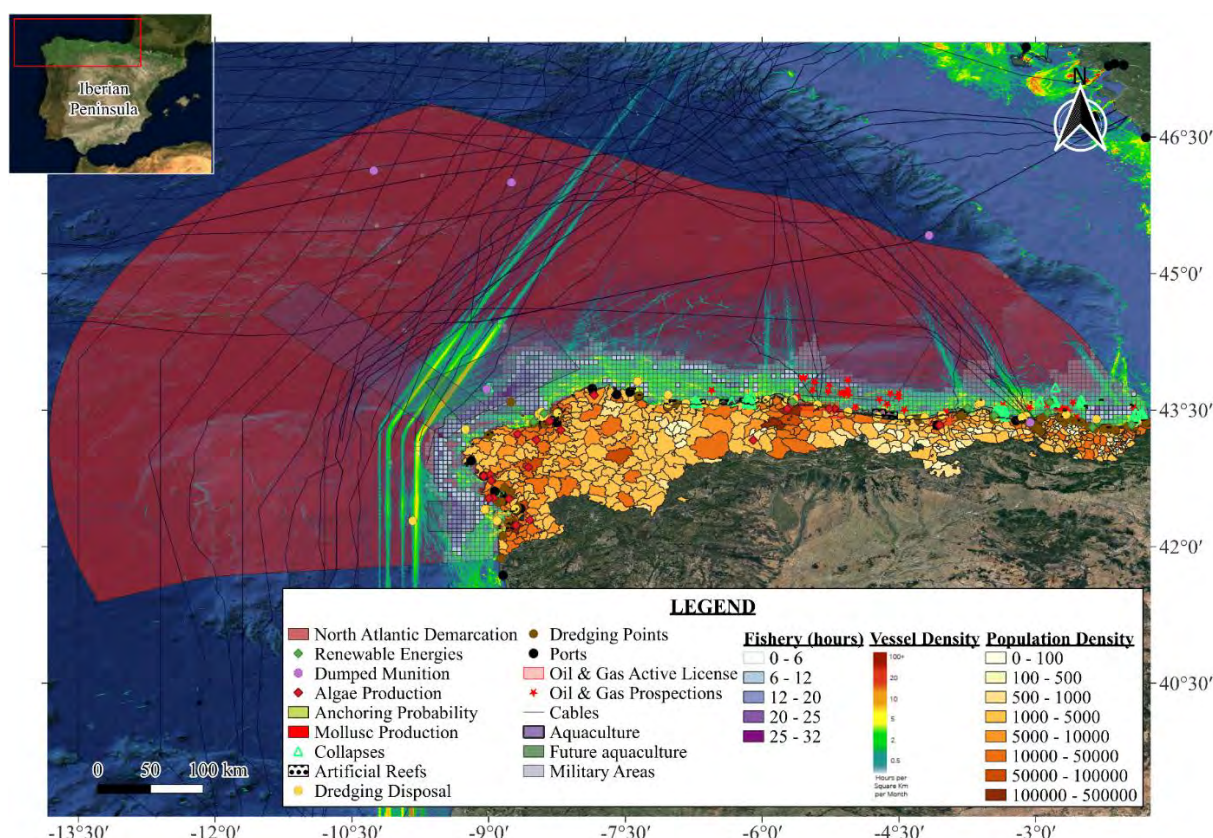


Figura 107. Recopilación de actividades que ejercen presión en la Demarcación del Atlántico Norte. Es necesario comentar, con respecto a la, que otros recursos como Bevilacqua et al., (2018), Holon et al., (2015) o Andersen et al., (2020) dan una distancia de influencia generalizada, asociando un solo 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 108 y se describen en la Tabla 15. La mayoría de las presiones físicas ejercen un efecto local o de 1 kilómetro alrededor de su punto de ocurrencia.

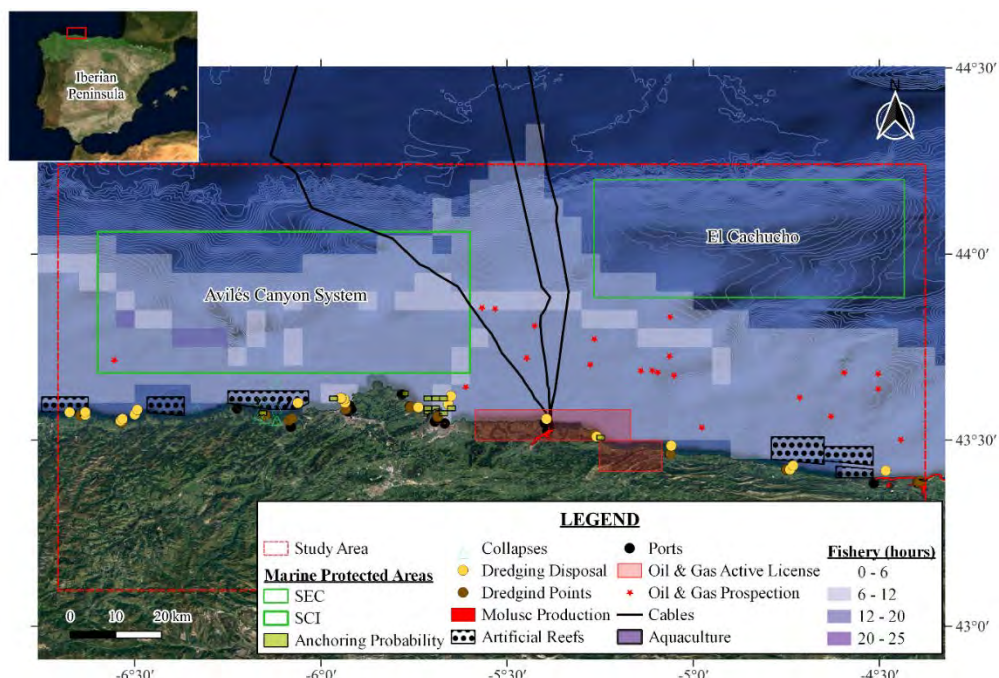


Figura 108. Actividades humanas que causan daños físicos en la zona de estudio.

Tabla 15. 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 (infrastructure) 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
Habitat loss	Local	Local	Local	1 km	1 km	Local		Local	Local	Local			Local			a, c, d, e, f, 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
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
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
Energy																
Anthropogenic 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
Other energetic forms			Local			Local		Local								c, d, e, g, h
Biological																
Pathogens						50 km			75 km	20 km	75 km					b, c, d, e, f, g
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
Community perturbation									50 km	50 km	50 km					c, d, e, f, g, h
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																

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

De los 15735,3 km² de extensión del área de estudio, un total de 6557 km² están afectados por las 11 actividades humanas diferentes. De esta área, un total de 1617 km² fueron presionados por pérdidas (10% del área total), mientras que más de 6556 km² fueron perturbados (42% del área total) (Figura 109 y Figura 110). 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, siendo el 29% del área total perturbada.

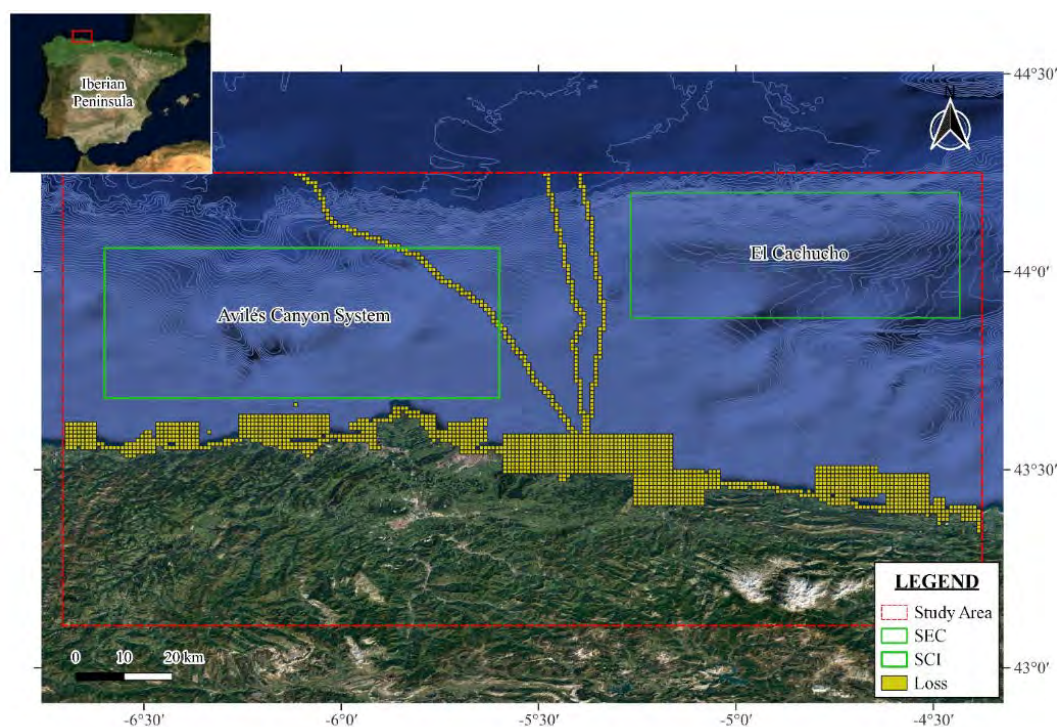


Figura 109. Extensión y distribución de la zona de pérdidas (km²) en la zona de estudio.

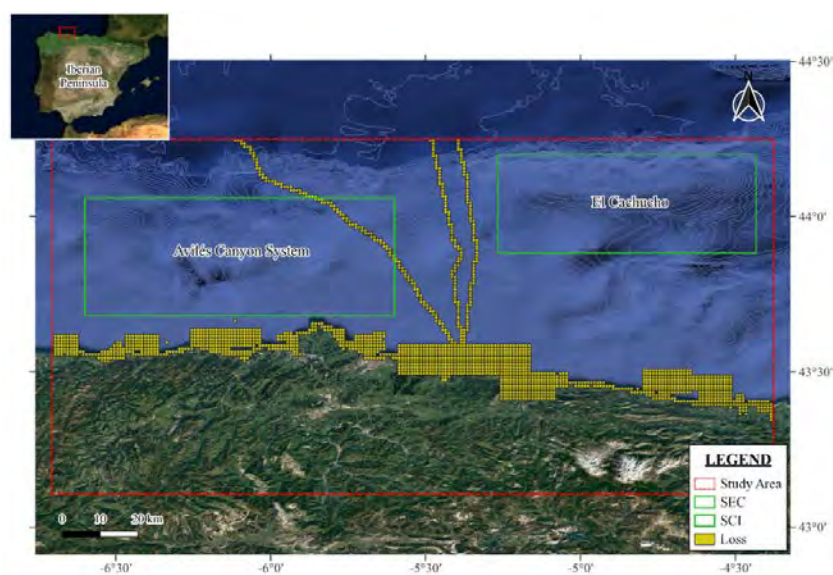


Figura 110. Extensión y distribución de la zona de perturbación (km²) en la zona de estudio.

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 1222,98 km² y 3129,75 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 111).

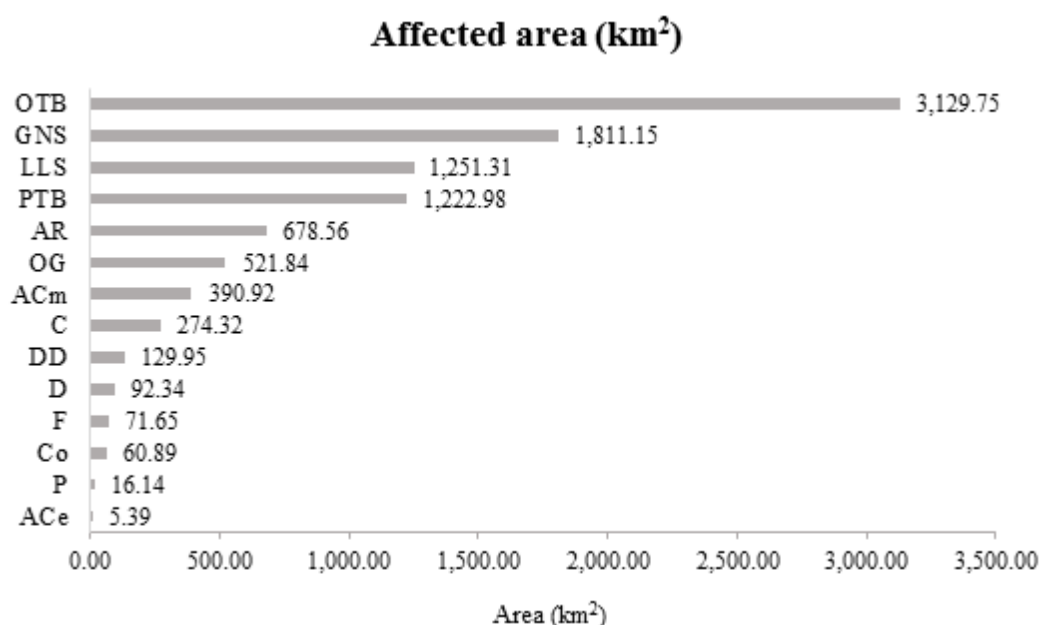


Figura 111 .Superficie afectada (km²) por actividades. ACe: Establecimiento de acuicultura. P: Puertos. Co: Colapso. F: Probabilidad de anclaje. D: Puntos de dragado. DD: Eliminación de dragado. ACm: Acuicultura de moluscos. OG: Puntos de extracción de petróleo y gas. AR: Arrecifes artificiales. PTB: 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 4. 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 16). 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 16. 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 112, 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.

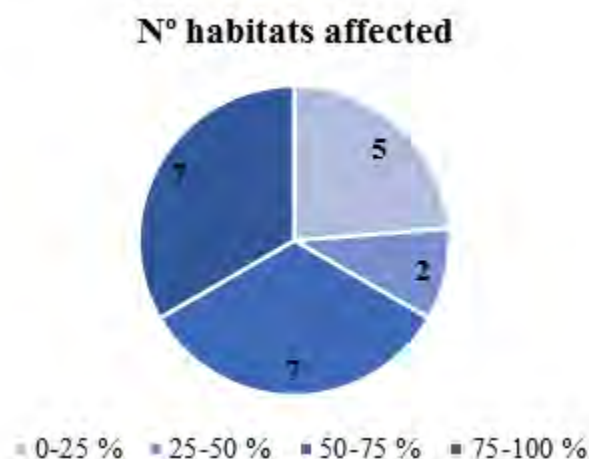


Figura 112. Número de hábitats en función del porcentaje de su superficie afectada por alguna presión. 0-25% de su área afectada, 25-50% de su área afectada, 50-75% de su área afectada y 75-100% de su área afectada.

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 3665 c-squares que ocupan los hábitats con un 50-75% de afectación, representan más de la mitad de la superficie.

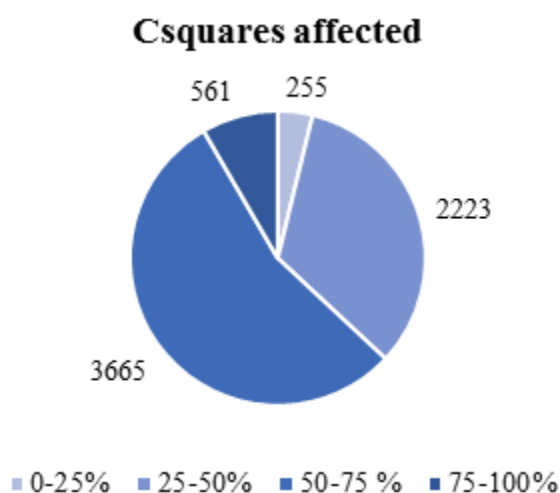


Figura 113. C-squares afectadas por porcentaje de afectación de la superficie total ocupada por los diferentes hábitats. 0-25% de su superficie afectada, 25-50% de su superficie afectada, 50-75% de su superficie afectada y 75-100% de su superficie afectada.

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 13). 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% respectivamente). 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 114 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.

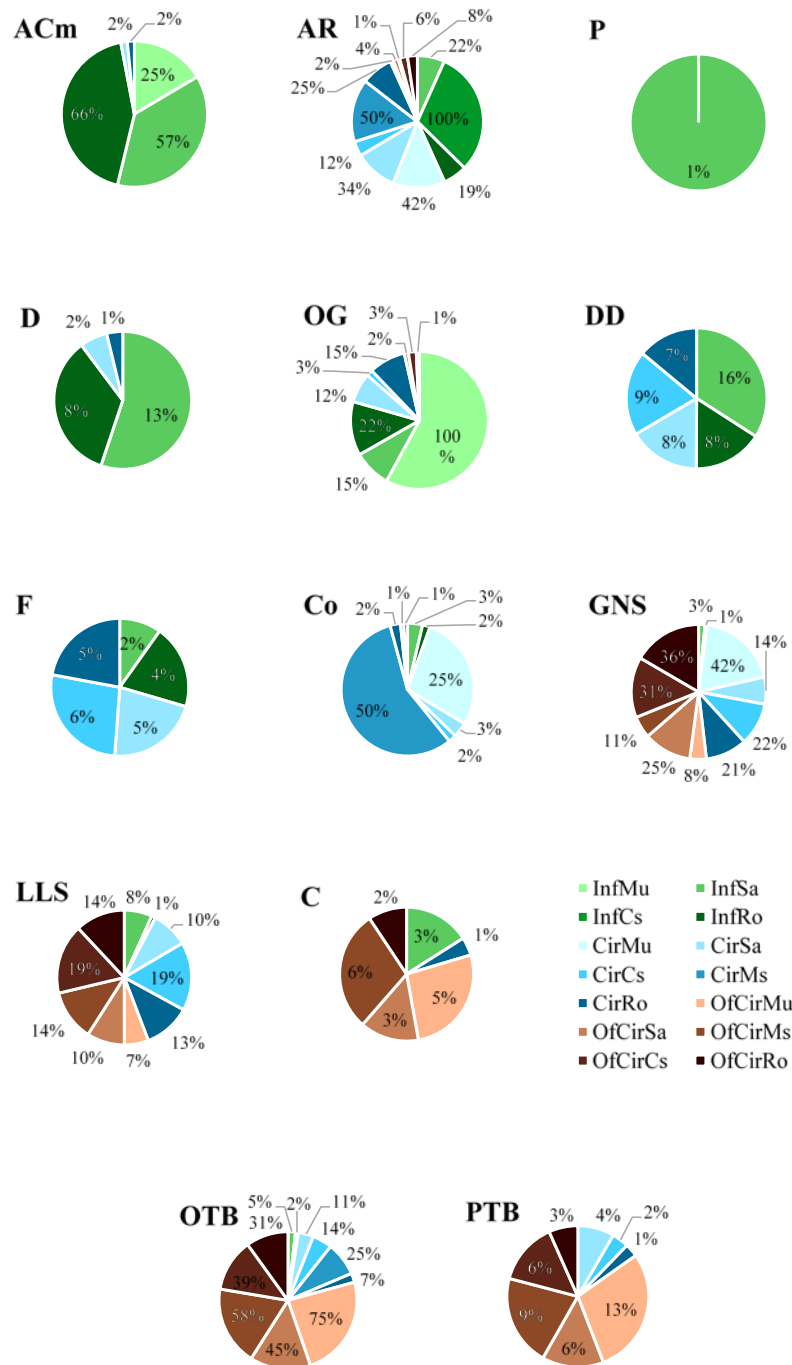


Figura 114. Porcentaje (%) del tipo de hábitat afectado por la actividad. El porcentaje (%) dentro de los gráficos muestra el porcentaje de cada hábitat afectado por esa actividad. ACm: Acuicultura de moluscos. AR: Arrecife artificial. C: Cables. Co: Colapso. D: Puntos de dragado. DD: Eliminación de 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 13). 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 13). 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.

5.1.5.3 Análisis de las presiones acumuladas.

Para analizar las presiones con más detalle, la Tabla 17 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 17. Matriz de interacción entre actividades por superficie (km²). De verde a rojo para representar de menor a mayor superficie de interacción.

	Aquaculture Sites (ACe)	Mollusc 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)														
Mollusc 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 3031,5 km² (20% del área total de estudio), mientras que 2567,3 km² están afectados por 2 presiones (17%), mientras que 872,2 km² (6%) están afectados por 3 o 4 presiones (Figura 115). 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.

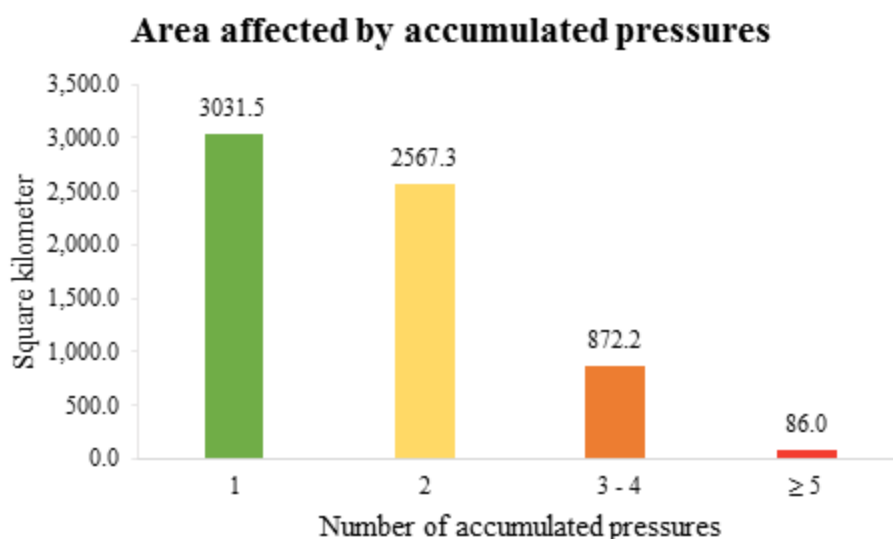


Figura 115. Superficie (km²) afectada en función del número de presiones acumuladas. Los colores de las barras indican: Verde, área afectada por una presión; Amarillo, área afectada por dos presiones; Naranja, área afectada por tres o cuatro presiones; y Rojo, área afectada por cinco o más presiones.

La Figura 116 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.

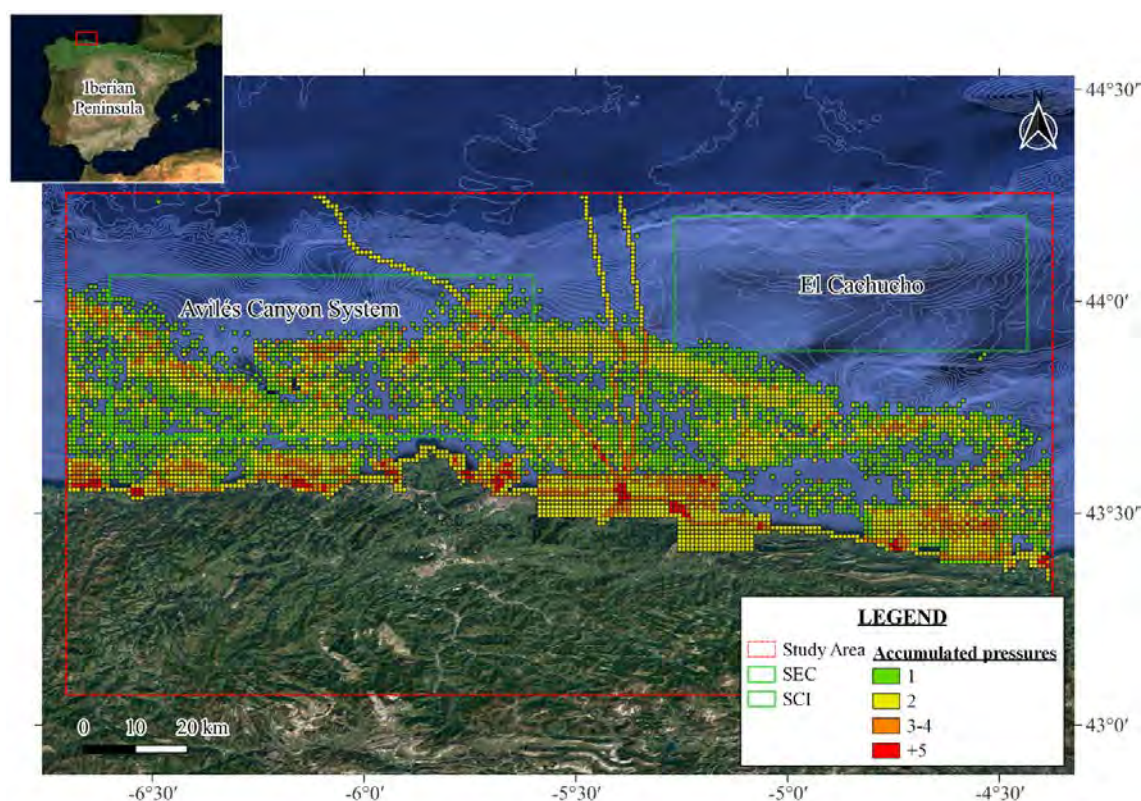


Figura 116. Mapa de presiones acumuladas. Los colores indican: Verde, área afectada por una presión; Amarillo, área afectada por dos presiones; Naranja, área afectada por tres o cuatro presiones; y Rojo, área afectada por cinco o más presiones.

También se analizaron las presiones acumuladas en función de los hábitats afectados (Figura 117). 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 acumulativas en función de los hábitats. Atendiendo a 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 (0,9 a 60,07 km²) presiones. 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 16). Mientras que el hábitat circalitoral de alta mar (entre 113 y 644 m de profundidad) tiene una gran superficie afectada (2814,9 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 16). 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 6556,13 km² de superficie perturbada y 1617,18 km² de superficie perdida, representando respectivamente el 42% y el 10% de la superficie total estudiada, siendo 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 del solapamiento entre las actividades y las presiones físicas que ejercen, especialmente las artes de pesca, los resultados muestran que la mayor superficie del Cantábrico Central está afectada por 1 sola presión (3031,5 km²; 20%), pero seguida de cerca por la acumulación de 2 presiones, con 2567,3 km² (17%) de la superficie afectada. 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 las 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.

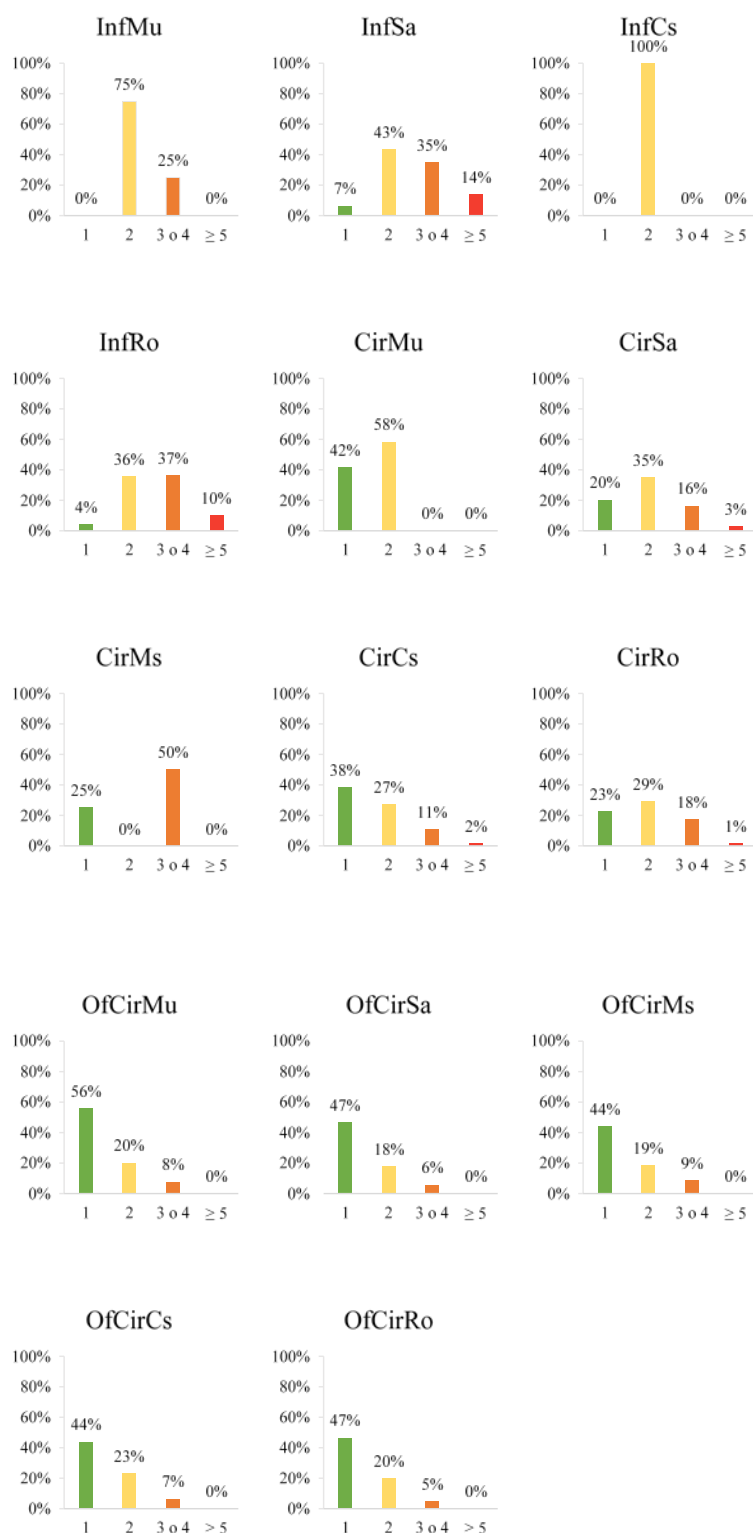


Figura 117. Porcentaje (%) de BHT afectados por diferente número de presiones acumuladas. El porcentaje se ha calculado respecto a la superficie total de cada hábitat. Verde: aquellas cuadrículas en las que se produce una presión. Amarillo: aquellas cuadrículas en las que se producen dos presiones. Naranja: aquellas casillas en las que se producen tres o cuatro presiones. Rojo: aquellas casillas en las que se producen cinco o más presiones.

6 Conclusiones y recomendaciones para la mejora en el seguimiento y la gestión del LIC del Sistema de Cañones de Avilés.

6.1 Estimación del esfuerzo y del impacto.

- 1) En el presente trabajo hemos visto que existe proporcionalidad entre las estimaciones del esfuerzo en tiempo con los VMS y el impacto de las artes fijas, principalmente en el enmalle. En la actualidad los VMS solo se utilizan para el análisis de los impactos del arrastre.
- 2) En el presente trabajo no hemos tenido en cuenta el esfuerzo de la flota de menos de 15 m. Esto puede suponer una infraestimación de la presión en determinadas áreas.
 - a) En el taller del proyecto IMPALHA, los principales armadores de palangre nos informaron que los caladeros de la flota de palangre mayores y menores de 15 m son los mismos.
- 3) El tamaño del grid para analizar las presiones es determinante en zonas complejas, en lo que a hábitats se refiere, y de plataforma estrecha. En estos casos se puede considerar que un hábitat está expuesto a una presión sin estarlo realmente. El presente estudio se ha realizado con un grid de 0.01 (~1 km²), sería necesario realizar estos análisis con un grid de 0.005°, utilizando la información de AIS o dispositivos similares.
- 4) 4) Es necesario mejorar la estimación de la cuantificación espacial del esfuerzo de las artes fijas (palangre y enmalle), principalmente con el objeto de estimar el tiempo de calado, así como el área barrida, en base al desplazamiento del arte en el fondo, en el caso del enmalle. El objetivo sería establecer una relación directa entre niveles de esfuerzo y vulnerabilidad de los hábitats bentónicos.
 - a) Es necesario desarrollar herramientas para el uso y análisis de la de información similar a la de las “Cajas Verdes” o la procedente de los AIS, ya que puede proporcionar mejoras sustanciales en la estimación de los esfuerzos para artes fijas.
- 5) Es necesario realizar la caracterización de los principales aparejos de pesca demersal en aguas de la ZEE, ya que la estructura y los elementos de los artes de pesca son determinantes en el impacto.
- 6) Es necesario realizar experimentos para ver como “trabajan” los aparejos de pesca en contacto con el fondo, ya que pueden ser herramientas importantes para la mitigación e

incluso, como hemos visto en el enmalle, para mejorar los rendimientos y reducir el esfuerzo.

6.2 Diseño de muestreo.

- 1) Las dos estrategias seguidas en el presente estudio son adecuadas para el análisis del impacto de las pesquerías en los hábitats bentónicos.
- 2) Es necesario en los estudios de impacto de la actividad pesquera incorporar más diversidad de tipos de hábitats.
 - a) El mayor problema radica en que serían necesarias más campañas y/o más largas, incrementando los gastos.
 - b) En el caso del arrastre, aunque su presión es sobradamente conocida, hubiera sido necesario además incrementar el número de muestras.
- 3) En el caso del estudio del impacto de las artes fijas, en el experimento BACI es necesario generar más impacto del que se ha realizado en el presente trabajo.
- 4) El seguimiento en directo del aparejo con el ROV y con las balizas se ha mostrado como una de las principales herramientas para desarrollar herramientas de mitigación, y cuantificar y verificar el impacto.
- 5) La observación en directo de los videos del ROV para los estudios de impacto es una buena estrategia para la optimización de la fase de toma de datos.

6.3 Índices.

- 1) Todos los índices utilizados (densidad, diversidad y sensibilidad) parecen responder en forma e intensidad al aumento de presión de las diferentes actividades pesqueras demersales.
- 2) Es necesaria la creación de un índice específico de sensibilidad para el enmalle y el palangre.
 - a) El caso del enmalle es menos urgente ya que parece funcionar la estimación de la sensibilidad al enmalle con el índice BESITO del arrastre.
- 3) Se han propuesto dos aproximaciones a índices de sensibilidad al palangre que junto el De la Torriente et al. (2022) es necesario evaluar con más hábitats bentónicos.
 - a) Para el desarrollo del índice para palangre es necesario tener en cuenta la diversidad de hábitats bentónicos y principales especies estructurante, para que permita ajustar la relación entre los niveles de presión y la respuesta de los BTA.

- b) Como mínimo en la selección de hábitats a muestrear habrá que tener en cuenta las características biológicas de las especies estructurantes de: fragilidad, el tamaño, la forma del cuerpo y la fijación.
- 4) Es necesario analizar cómo funciona el índice N90, desarrollado para el arrastre, en la evaluación del impacto de los artes fijos (Farriols et al., 2015; 2021). Este índice no es dependiente de tener la información de los BTA y puede ser una solución cuando la información por especie es limitada.

6.4 Respuesta al impacto de la actividad pesquera.

- 1) El hábitat bentónico de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia* spp. ante la presión pesquera del palangre de fondo:
 - a) Disminuye la densidad de las principales especies estructurantes frágiles y grandes con el incremento de la presión, como las especies del género *Phakellia*. En el caso de las especies pequeñas y duras, como la *Dendrophyllia cornigera*, los efectos, aunque existen, no son tan evidentes.
 - b) La respuesta de los principales índices de diversidad a la presión es muy distinta, y no existe un patrón claro, produciéndose incluso incrementos en alguno de los índices.
 - c) Solamente existe una respuesta clara a disminuir las densidades de los niveles más sensibles de los BTA cuando tenemos en cuenta las características biológicas de tamaño y fragilidad.
 - d) Las especies más sensibles disminuyen su abundancia con el incremento de la presión pesquera de palangre con el PALINDEX3. Con el PALINDEX4 no se observa tendencia, probablemente debido a que en la zona de estudio no están presentes los hábitats más sensibles.
- 2) El hábitat bentónico de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia* spp. ante la presión pesquera del enmalle de fondo:
 - a) Disminuye la densidad de las principales especies estructurantes con el incremento de la presión.
 - b) La respuesta de los principales índices de diversidad es a disminuir con el incremento de la presión.

- c) La respuesta de las principales características biológicas (BTA) ante el incremento de presión es a que disminuyan las densidades de los niveles más sensibles de cada BTA.
 - d) Las especies más sensibles (índice BESITO) disminuyen su abundancia con el incremento de la presión pesquera de enmalle.
- 3) Los hábitats bentónicos sedimentarios muestreados ante la presión pesquera de arrastre de fondo:
- a) Disminuye la densidad de las principales especies más frágiles con el incremento de la presión.
 - b) La respuesta de los principales índices de diversidad es a disminuir con el incremento de la presión.
 - c) La respuesta de las principales características biológicas (BTA) ante el incremento de presión es a que disminuyan las densidades de los niveles más sensibles de cada BTA.
 - d) Las especies más sensibles (índice BESITO) disminuyen su abundancia con el incremento de la presión pesquera de arrastre de fondo.

6.5 Efectos a corto plazo del impacto del enmalle de fondo (experimento BACI).

- 1) Existe una relación directa entre la posición del barco en la virada y la posición de calado del aparejo de pesca.
- 2) Una parte muy importante del aparejo de pesca cuando esta calado está tumbado.
 - a) Esto puede incrementar el impacto sobre los hábitats bentónicos y disminuir los rendimientos.
 - b) Esto puede deberse a la ausencia de flotación en la relinga superior.
- 3) No se observaron diferencias significativas entre las densidades de las principales especies y grupos taxonómicos antes y después del impacto controlado.
 - a) Probablemente sea necesario para futuros experimentos incrementar el impacto.
 - b) Por lo tanto, puede ser que para que los efectos del enmalle sean detectados por comparación entre zonas es necesario que el impacto sea mantenido en el tiempo, y no a corto plazo como en este caso

- 4) Cuando comparamos lo observado con el ROV y las capturas realizadas, se aprecia un incremento en las capturas de especies sensibles al impacto como *Phakellia* spp. y *Dendrophyllia cornigera* en las estaciones donde estas especies eran más abundantes o estaban presentes.
- 5) La mayoría de las especies capturadas, observación en directo, fueron atrapadas por tener estructuras externas que facilitaban que quedaran enganchadas en la red.
- 6) Los desplazamientos máximos observados del aparejo mientras esta calado pueden llegar a ser de 30 metros, incrementándose hasta 30 metros más en el momento de la virada.
 - a) Estos desplazamientos pueden tener un efecto de “arrastre” sobre los hábitats bentónicos.

6.6 Sensibilidad al impacto.

- 1) Los hábitats más sensibles a la actividad pesquera de palangre de fondo, combinando los resultados del PALINDEX3 y PALINDEX 4, son (por orden):
 - a) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
 - b) Fangos batiales con *Acanthogorgia* y *Thouarella*.
 - c) Fangos batiales con *Kophobelemnion stelliferum*.
 - d) Fangos batiales con *Pheronema carpenteri*.
 - e) Roca batial con agregaciones de esponjas.
 - f) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*.
- 2) Los hábitats más sensibles a la actividad pesquera de enmalle y de arrastre, se usó para ambos el BESITO, son (por orden):
 - a) Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*).
 - b) Fangos batiales con *Acanthogorgia* y *Thouarella*.
 - c) Fangos batiales con *Pheronema carpenteri*.
 - d) Roca batial con agregaciones de esponjas.
 - e) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*.
 - f) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
 - g) Fondos de *Phelliactis hertwigii* con corales.

h) Fangos batiales con *Kophobelemnon stelliferum*.

6.7 Exposición a la presión pesquera.

- 1) Actualmente se está observando una disminución de la presión pesquera en toda la zona del cantábrico y en casi todas las pesquerías. Esto puede cambiar el escenario aquí descrito.
- 2) Hemos determinado los niveles de impacto de forma discreta. Es necesario en futuros análisis determinar los niveles de presión de forma continua teniendo en cuenta la respuesta de los hábitats bentónicos a los distintos niveles de presión por actividad pesquera.
- 3) Los hábitats más expuestos (>50%) a la presión pesquera palangre de fondo (en área ocupada e incluyendo todos los niveles de presión) son:
 - a) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
 - b) Roca batial con agregaciones de esponjas.
 - c) Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*).
- 4) Los hábitats más expuestos (>50%) a la presión pesquera enmalle de fondo (en área ocupada e incluyendo todos los niveles de presión) son:
 - a) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
 - b) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*.
- 5) Los hábitats más expuestos (>50%) a la presión pesquera arrastre de fondo (en área ocupada e incluyendo todos los niveles de presión) son:
 - a) Arenas finas batiales con *Ophiura ophiura*.
 - b) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
 - c) Arenas finas circalitorales con *Munida sarsi*.
 - d) Arenas finas batiales con *Actinauge richardi*.
 - e) Arenas gruesas circalitorales con *Gracilechinus acutus*.
 - f) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*.
- 6) Se han podido producir resultados espúreos derivados del tamaño del grid usado para las presiones en los hábitats:
 - a) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*), para el arrastre y el enmalle.

- b) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, para el arrastre.

6.8 Vulnerabilidad.

- 1) La vulnerabilidad de los hábitats bentónicos al palangre de fondo:
 - a) la mayoría de la superficie de la zona de estudio no está sometida a presión de palangre (más del 75% del área).
 - b) Solo hay niveles altos de perturbación (7-9) cuando utilizamos un índice de sensibilidad con 4 niveles (0.55%). Y en el caso de utilizar el índice con 3 niveles en la zona de estudio tenemos zonas con un nivel de perturbación máximo de 7 (0.09%).
 - c) Los hábitats sometidos a niveles altos o muy altos de perturbación de forma significativa, usando el PALINDEX4, ya que en el caso del PALINDEX3 solo es el hábitat con *Asconema setubalense*, son:
 - i) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
 - ii) Roca batial con agregaciones de esponjas.
 - iii) Fangos batiales con *Kophobelemnion stelliferum*.
- 2) La vulnerabilidad de los hábitats bentónicos al enmalle de fondo:
 - a) la mayoría de la superficie de la zona de estudio no está sometida a presión de palangre (más del 65% del área).
 - b) el 4% de la superficie está con nivel alto o muy alto de perturbación (7-9).
 - c) Los hábitats sometidos a niveles altos o muy altos de perturbación de forma significativa son:
 - i) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
 - ii) Roca batial con agregaciones de esponjas.
 - iii) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*.
 - iv) Fondos de *Phelliactis hertwigii* con corales.
- 3) La vulnerabilidad de los hábitats bentónicos al arrastre de fondo:
 - a) El 40 % del área estudiada está sin presión del arrastre.
 - b) El 8.7% del área tiene un nivel de perturbación alto o muy alto (7-9).
 - c) Los hábitats sometidos a niveles altos o muy altos de perturbación de forma significativa son:

- i) Arenas finas batiales con *Ophiura ophiura*.
 - ii) Arenas finas batiales con *Actinauge richardi*.
 - iii) Arenas gruesas circalitorales con *Gracilechinus acutus*.
 - iv) Fondos de *Phelliactis hertwigii* con corales.
 - v) Fangos batiales con *Kophobelemnion stelliferum*.
 - vi) Arrecife de corales profundos (*Lophellia pertusa* y *Madrepora oculata*).
 - vii) Roca batial con agregaciones de esponjas.
 - viii) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*.
 - ix) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*).
- 4) Se han podido producir resultados espúreos derivados del tamaño del grid usado para las presiones en los hábitats:
- a) Roca batial con grandes esponjas hexactinellidas (*Asconema setubalense*), para el arrastre y el enmalle.
 - b) Roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, para el arrastre.

6.9 Riesgos.

- 1) En el presente estudio no se han analizado las amenazas, y por lo tanto los riesgos a los que están sometidos los hábitats. A continuación, enumeramos algunos aspectos a tener en cuenta en la evaluación de los riesgos.
- a) Analizar efectos ajenos a la pesca que pueden modificar la vulnerabilidad de la sensibilidad de las especies.
 - i) Es necesario analizar el papel de otras variables ajenas a la pesca en el estado de conservación del hábitat. Un ejemplo, como hemos comentado, es el de la *Asconema setubalense*, para la que se han detectado niveles altos de mortalidad en las proximidades del Cañón de Avilés (Prado et al., 2021), por causas ajenas a la actividad pesquera.
 - ii) En la zona de estudio se han demostrado efectos del cambio climático sobre las especies y las comunidades (Punzón et al., 2016 y 2021; Polo et al., 2022). Es necesario a tener en cuenta estos efectos ya que el cambio climático puede cambiar la sensibilidad, y por lo tanto la vulnerabilidad, de determinados hábitats a las presiones. Por otro las AMPs pueden ser una buena herramienta de gestión para la resiliencia ante el Cambio Climático (Keller et al., 2009).

- b) La aplicación de nuevas directivas europeas, o regulaciones espacio-temporales de la pesca ajenas a los planes de gestión de la AMP pueden provocar desplazamientos de las flotas hacia hábitats actualmente no vulnerables por no estar expuestos, aunque si sensibles.
- c) Cambios en la configuración de los artes de pesca, bien por especies nuevas objetivo (por ejemplo, debido a desplazamiento de especies por el Cambio Climático) o por mejoras en los rendimientos pueden propiciar un incremento en el impacto sobre los hábitats bentónicos.

6.10 Gestión.

- 1) Es necesario a la hora de realizar los planes de gestión definir claramente los objetivos ambientales perseguidos a la hora de establecer las áreas de exclusión o de impacto controlado. Esto facilitara la toma de decisiones y establecer la zonificación. Por ejemplo:
 - a) Hay que tener en cuenta la singularidad del hábitat y su tamaño en la zona del LIC.
 - b) Área a proteger y número de núcleos para los hábitats RN2000 más extensos.
 - c) Grados de presión en aquella relación hábitat bentónico-presión viable.
- 2) Es necesario tener en cuenta todas las medidas de regulación presentes y posibles medidas futuras, como las de protección de los VME, a la hora de realizar el diseño de protección y gestión del LIC. Es relevante hacer este análisis, ya que podría ocurrir que la protección no estuviera en consonancia con otras directivas europeas o nacionales y persiguiendo objetivos idénticos podrían producirse protecciones de espacios distintos y por lo tanto multiplicar los efectos sobre determinadas actividades económicas de forma innecesaria.
- 3) Para el establecimiento de las zonas de exclusión o impacto controlado o reducido es necesario realizar análisis de *trade-offs* que nos permitan hacer una gestión eficiente del esfuerzo realizado en la zona.
- 4) Es necesario tener en cuenta que la presión pesquera se está reduciendo en la zona de estudio. Por lo que a la hora de realizar el plan de gestión es necesario actualizar los presentes análisis.
 - a) La actualización podría ayudar a tomar decisiones menos perjudiciales para el desarrollo de las actividades pesqueras.

- 5) Es necesario establecer medidas de mitigación del impacto de los artes de pesca demersal y desarrollar experimentos para su implementación en todos los artes demersales que operan en la zona:
 - a) En el caso del palangre es necesario esperar a los resultados del proyecto IMPALHA para poder establecer objetivos de mitigación para los experimentos.
 - b) En el caso del enmalle es necesario realizar experimentos de mitigación que disminuyan el impacto. Entre las posibles pruebas esta:
 - i) Incorporar flotación a la relinga superior para que el aparejo trabaje vertical sobre el fondo.
 - ii) Evitar mediante pesos u otra estrategia desplazamiento del arte, para evitar el efecto “arrastre”.
 - iii) Cambiar la forma de virar el aparejo para evitar el efecto “arrastre”.
 - c) Aunque no se han hecho experimentos para el arrastre en el presente estudio, hay pruebas que han demostrado su eficacia en la reducción del impacto como es la sustitución de las puertas de arrastre demersales por puertas pelágicas, entre otras modificaciones (Guijarro et al., 2017). Esto, además de reducir el impacto en el fondo, redujo el gasto en combustible y por lo tanto la huella de carbono, sin apenas reducción en los rendimientos. Es necesario realizar pruebas en la zona para su aplicación.
- 6) Es necesario corroborar que existe impacto en algunas zonas de ecotono entre la roca y los hábitats sedimentarios, especialmente respecto al enmalle y al arrastre.
 - i) Estos impactos sobre roca en el caso del arrastre se pueden deber que en algunas zonas la roca está recubierta por una fina capa de sedimento.
 - ii) Este tipo de trabajos de precisión podrían realizarse combinando trabajos experimentales y analizando la información procedente de los AIS.
- 7) A la hora de realizarlos planes de gestión es necesario tener en cuenta los costes ambientales y sociales no contemplados a la hora de retirar esfuerzo de pesca de pesquerías que trabajan con artes fijos:
 - a) Incremento de la huella de carbono por necesidad de importar proteína animal desde países terceros.
 - b) Deslocalización de población.
 - c) Pérdidas en el acervo cultura.

- d) Erosión de la soberanía alimentaria.
- 8) Presiones físicas acumuladas respecto a los Hábitats Eunis Nivel 3 (EMODNET):
- a) Para una evaluación correcta de presiones físicas no pesqueras presentes en la zona es necesario definir los protocolos para la cuantificación espacial e intensidad de cada tipo de presión y su acumulación.
 - i) Además, es necesario analizar los efectos de las presiones no pesqueras sobre los hábitats bentónicos
 - b) El Cantábrico Central está muy afectado por las actividades humanas. En total se estima que se ha perdido el 10% de la superficie y se ha perturbado el 42%.
 - c) La pérdida de hábitat se limita prácticamente a la costa, mientras que la perturbación es el impacto más frecuente en toda la zona de estudio.
 - d) 14 de los 21 hábitats estudiados se estimó que mostraron más del 50% de su superficie afectada por la presión humana. Los hábitats infralitoral, circalitoral y circalitoral de alta mar son los más afectados, y las mayores presiones acumuladas se dan en los hábitats infralitoral de arena e infralitoral de roca y arrecife biogénico.
 - e) Existe una diferenciación entre las actividades humanas que se acumulan en las zonas costeras y en las zonas de alta mar:
 - i) el infralitoral está ocupado por una gran diversidad de actividades humanas locales, como puertos, puntos de dragado y acuicultura de moluscos, entre otras, mientras que los taludes continentales se ven afectados principalmente por la pesca de fondo.
 - f) Entre los hábitats más afectados, los fondos rocosos se estima que presentan un 87%, 71% y 72% de su superficie afectada (138,97 km², 420,18 km² y 779,87 km²).
 - g) El LIC del Sistema Cañón de Avilés mostró un 29% de la superficie impactada por al menos una presión. Por el contrario, en la ZEC El Cachucho, situada en zonas mar adentro, las actividades pesqueras son las únicas que ejercen poca presión sobre la zona de influencia.
 - h) Determinar la extensión, distribución y acumulación de presiones ayudará a desarrollar futuros planes de gestión basados en el ecosistema.

7 Referencias.

- 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.
- 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.
- Arrese, B., Gómez-Ballesteros, M. y Díez-García, I.P. (2022). Informe sobre la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del LIC ESZZ12003 Sistema de cañones submarinos de Avilés. Informes INTEMARES.
- 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.
- 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.
- Belchier, M., Collins, M. A., Gregory, S., Hollyman, P. & Soeffker, M. (2022). From sealing to the MPA - A history of exploitation, conservation and management of marine living resources at the South Sandwich Islands. *Deep Sea Res. Part II*, Pergamon, 198, 105056
- Bergmann, M., and Moore, P. G. (2001). Survival of decapod crustaceans discarded in the Nephrops fishery of the Clyde Sea area, Scotland. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 163–171.
- Bevilacqua, S., Guarnieri, G., Farella, G., Terlizzi, A. & Frascchetti, 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
- Castro, J., Punzón, A., Pierce, G. J., Marín, M., & Abad, E. (2010). Identification of métiers of the Northern Spanish coastal bottom pair trawl fleet by using the partitioning method CLARA. *Fisheries Research*, 102(1-2), 184-190.
- de Juan, S., & Demestre, M. (2012). A Trawl Disturbance Indicator to quantify large scale fishing impact on benthic ecosystems. *Ecological Indicators*, 18, 183-190.
- de Juan, S., Thrush, S. F., and Demestre, M. (2007). Functional changes as indicators of trawling disturbance on a benthic community located in a fishing ground (NW Mediterranean Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 334: 117–129.
- De la Torriente Díez, 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.
- Dias, V., Oliveira, F., Boavida, J., Serrão, E. A., Gonçalves, J. M., & Coelho, M. A. (2020). High coral bycatch in bottom- set gillnet coastal fisheries reveals rich coral habitats in southern Portugal. *Frontiers in Marine Science*, 7, 603438.
- Durán Muñoz, P., Murillo, F.J., Sayago-Gil, M., Serrano, A., Laporta, M., Otero, I., Gómez, C. (2011). Effects of deep-sea bottom longlining on the Hatton Bank fish communities and benthic ecosystem, north-east Atlantic. *J. Mar. Biol. Ass.* 91, 939–952. <https://doi.org/10.1017/S0025315410001773>

- Durán-Muñoz, P., Murillo, F.J., Sayago-Gil, M., Serrano, A., Laporta, M., Otero, I., Gómez, C., (2011). Effects of deep-sea bottom longlining on the Hatton Bank fish communities and benthic ecosystem, north-east Atlantic. *J. Mar. Biol. Ass.*, 91(4): 939-952. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315410001773>.
- 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.
- Elliott, S.A.M., Arroyo, N.L., Safi, G., Ostle, C., Guérin, L., McQuatters-Gollop, A., Aubert, A., Artigas, F., Budria, A., Rombouts, I., Pesch, R., Schmitt, P., Vina-Herbon, C., Meakins, B., González-Irusta, J.M., Preciado, I., López-López, L., Punzón, A., Torriente, A., Serrano, A., Haraldsson, M., Capuzzo, E., Claquin, P., Kromkamp, J., Niquil, N., Judd, A., Padegimas, B., Corcoran, E. (2017). Proposed approaches for indicator integration. EcApRHA Deliverable WP 4.1., 46pp, <https://www.ospar.org/work-areas/bdc/ecaprha/reports>
- EU. (2021). DECISIÓN DELEGADA (UE) 2021/1167 DE LA COMISIÓN de 27 de abril de 2021 por la que se establece el programa plurianual de la unión para la recopilación y la gestión de datos biológicos, medioambientales, técnicos y socioeconómicos en los sectores de la pesca y la acuicultura a partir de 2022.
- 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.
- 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
- EC. (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.
- 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.
- Farriols, M. T., Ordines, F., Hidalgo, M., Guijarro, B., & Massutí, E. (2015). N90 index: A new approach to biodiversity based on similarity and sensitive to direct and indirect fishing impact. *Ecological Indicators*, 52, 245-255.
- Farriols, M. T., Ordines, F., & Massutí, E. (2021). N90, a Diversity Index Sensitive to Variations in Beta Diversity Components. *Diversity*, 13(10), 489.
- 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., 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.
- Ferrigno, F., Appolloni, L., Donnarumma, L., Di Stefano, F., Rendina, F., Sandulli, R., & Russo, G. F. (2021). Diversity Loss in Coralligenous Structuring Species Impacted by Fishing Gear and Marine Litter. *Diversity*, 13(7), 331.
- 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.
- Foley, M.M., Halpern, B.S., Micheli, F., Armsby, M.H., Caldwell, M.R., Crain, C.M., Praher, 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., Peterson, 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.
- Freire, J., González-Gurriarán, E., and Olaso, I. (1992). Spatial distribution of *Munida intermedia* and *M. sarsi* (Crustacea: anomura) on the Galician continental shelf (NW Spain): application of geostatistical analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 35: 637–648.
- 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.
- 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.
- Gómez-Ballesteros, M., Arrese, B., Díez, I. P., Galparsoro, I., Sánchez-Guillamón, O., Martínez-Carreño, N., ... & Sánchez, F. (2022). Morphosedimentary characterization of the Capbreton submarine canyon system, Bay of Biscay (Cantabrian Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 274, 107955.
- 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., Preciado, I., López-López, L., Punzón, A., Cartes, J. E., & Serrano, A. (2014). Trawling disturbance on the isotopic signature of a structure-building species, the sea urchin *Gracilechinus acutus* (Lamarck, 1816). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 106, 216-224.
- González-Irusta, J. M., Punzón, A., & Serrano, A. (2012). Environmental and fisheries effects on *Gracilechinus acutus* (Echinodermata: Echinoidea) distribution: is it a suitable bioindicator of trawling disturbance?. *ICES Journal of Marine Science*, 69(8), 1457-1465.
- Grabowski, J. H., Bachman, M., Demarest, C., Eayrs, S., Harris, B. P., Malkoski, V., Packer, D. & Stevenson, D. 2014. Assessing the Vulnerability of Marine Benthos to Fishing Gear Impacts *Rev. Fish. Sci. Aquacult.*, Taylor & Francis, 22, 142-155
- Guijarro, B., Ordines, F., & Massutí, E. (2017). Improving the ecological efficiency of the bottom trawl fishery in the Western Mediterranean: It's about time!. *Marine Policy*, 83, 204-214.
- 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.
- HELCOM (2010) Ecosystem Health of the Baltic Sea 2003–2007: HELCOM Initial Holistic Assessment. *Baltic Sea Environment Proceedings*, 122: 63pp.
- Hill, M. O., & Gauch, H. G. (1980). Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. In *Classification and ordination* (pp. 47-58). Springer, Dordrecht.
- Hintzen, N. T., Piet, G. J., & Brunel, T. (2010). Improved estimation of trawling tracks using cubic Hermite spline interpolation of position registration data. *Fisheries Research*, 101(1-2), 108-115.

- 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.
- 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.
- Hurlbert S.H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577-586.
- ICES. (2018). Workshop on Scoping for Benthic Pressure Layers D6C2 – From Methods to Operational Data Products (WKBEDPRESS1). ICES Scientific Reports, 1(15): 37pp
- 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.
- 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.
- 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.
- Keller, B. D., Gleason, D. F., McLeod, E., Woodley, C. M., Aïramé, S., Causey, B. D., ... & Steneck, R. S. (2009). Climate change, coral reef ecosystems, and management options for marine protected areas. *Environmental management*, 44(6), 1069-1088.
- 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.
- 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.
- Lepš, J., & Šmilauer, P. (2003). *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge university press
- Lopez-Lopez, L., González-Irusta, J. M., Punzón, A., & Serrano, A. (2017). Benthic litter distribution on circalittoral and deep sea bottoms of the southern Bay of Biscay: Analysis of potential drivers. *Continental Shelf Research*, 144, 112-119.
- Margalef R. (1958). *Information theory in ecology*. General Systems, 3: 36–71.
- Martín-García, L., Prado, E., Falcón, J. M., Porto, M. G., Punzón, A., & Martín-Sosa, P. (2022). Population structure of *Asconema setubalense* Kent, 1870 at Concepción Seamount, Canary

- Islands (Spain). Methodological approach using non-invasive techniques. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 185, 103775.
- 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.
- MITERD. (2019). Parte II: Análisis de Presiones e Impactos. *Estrategias Marinas de España (EsMarEs) de la Demarcación noratlántica*, 20 pp.
- MITERD. (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.
- Modica, L., Rodríguez-Cabello, C., Rodríguez-Basalo, A., Ríos, P., Serrano, A., Parra, S., ... & Sánchez, F. (2022). Demersal and epibenthic communities of sedimentary habitats in the Avilés Canyon System, Cantabrian Sea (NE Atlantic). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 275, 107966.9
- Parker, S.J., Bowden, D. A. (2010). Identifying taxonomic groups vulnerable to bottom longline fishing gear in the Ross Sea region. *CCAMLR Science*, 17: 105-127.
- Pham, C. K., Diogo, H., Menezes, G., Porteiro, F., Braga-Henriques, A., Vandeperre, F., & Morato, T. (2014). Deep- water longline fishing has reduced impact on Vulnerable Marine Ecosystems. *Scientific reports*, 4(1), 1-6.
- Pielou E.C. (1966). Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10: 370–383.
- 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.
- Pitcher, C. R., Hiddink, J. G., Jennings, S., Collie, J., Parma, A. M., Amoroso, R., ... & Hilborn, R. (2022). Trawl impacts on the relative status of biotic communities of seabed sedimentary habitats in 24 regions worldwide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(2), e2109449119.
- Polo, J., Punzón, A., Vasilakopoulos, P., Somavilla, R., & Hidalgo, M. (2022). Environmental and anthropogenic driven transitions in the demersal ecosystem of Cantabrian Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 79(7), 2017-2031.
- Prado, E., Cristobo, J., Rodríguez-Basalo, A., Ríos, P., Rodríguez-Cabello, C., & Sánchez, F. (2021). In situ growth rate assessment of the hexactinellid sponge *Asconema setubalense* using 3D photogrammetric reconstruction. *Frontiers in Marine Science*, 26.
- Puente, E. (1993). *La pesca artesanal en aguas costeras vascas*. Servicio Central de Publicaciones del País Vasco. Departamento de Agricultura y Pesca. Vitoria.
- Punzón, A., & Gancedo, R. M. (2000). *Descripción de las pesquerías artesanales de Cantabria y Asturias (norte de España)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Punzón, A., Hernández, C., Abad, E., Castro, J., Pérez, N., Trujillo, V. (2010). Spanish otter trawl fisheries in the Cantabrian Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 67, 1-13.
- Punzón, A., Serrano, A., Castro, C., Abad, E., Gil, J., Pereda, P. (2011). Deep-water fishing tactics of the Spanish fleet in the Northeast Atlantic. Seasonal and spatial distribution *Scientia Marina*, 75(3), 465-476.
- 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.

- Punzón, A., Serrano, A., Sánchez, F., Velasco, F., Preciado, I., González-Irusta, J. M., & López-López, L. (2016). Response of a temperate demersal fish community to global warming. *Journal of Marine Systems*, 161, 1-10.
- Punzón, A., Rueda, L., Rodríguez-Basalo, A., Hidalgo, M., Oliver, P., Castro, J., ... & Massutí, E. (2020). History of the Spanish demersal fishery in the Atlantic and Mediterranean Seas. *ICES Journal of Marine Science*, 77(2), 553-566.
- Punzón, A., López-López, L., González-Irusta, J. M., Preciado, I., Hidalgo, M., Serrano, A., ... & Massuti, E. (2021). Tracking the effect of temperature in marine demersal fish communities. *Ecological Indicators*, 121, 107142.
- Rees, T. (2003). "C-Squares", a New Spatial Indexing System and its Applicability to the Description of Oceanographic Datasets. *Oceanography*, vol. 16, 1.
- 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.
- Rodríguez-Basalo, A., Ríos, P., Arrese, B., Abad-Uribarren, A., Cristobo, J., Ibarrola, T. P., ... & Sánchez, F. (2022). Mapping the habitats of a complex circalittoral rocky shelf in the Cantabrian Sea (south Bay of Biscay). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 107912.
- Rumohr, H., and Kujawski, T. (2000). The impact of trawl fishery on the epifauna of the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1389–1394.
- Sampaio, Í., Braga-Henriques, A., Pham, C., Ocaña, O., De Matos, V., Morato, T. (2012). Cold-water corals landed by bottom longline fisheries in the Azores (north-eastern Atlantic). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92 (7): 1547-1555. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315412000045>.
- Sánchez, F., Gómez-Ballesteros, M., González-Pola, C. y Punzón, A. (2014). *Sistema de cañones submarinos de Avilés*. Proyecto LIFE +INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Sánchez, F., Rodríguez-Basalo, A., Modica, L., Ríos, P., Abad, A. y Rodríguez-Cabello, C. (2022). Informe sobre la caracterización, cartografiado y estado de conservación de los hábitats bentónicos del LIC- ESZZ12003. "Sistema de Cañones Submarinos de Avilés", (Demarcación Norte). Informe INTEMARES
- Sanders H.L. (1968). Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist*, 102:243–282.
- 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., ... & González-Irusta, J. M., (2022). Sentinels of Seabed (SoS) indicator: Assessing benthic habitats condition using typical and sensitive species. *Ecological Indicators*, 140, 108979.
- Shannon C.E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117 pp.
- Simpson E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- 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.
- Templado, J., Capa, M., Guallart, 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.
- Tillin, H., Hiddink, J., Jennings, S., and Kaiser, M. (2006). Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale. *Marine Ecology Progress Series*, 318: 31–45.
- 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.
- Willsteed, 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.
- Zuur, A., Ieno, E. N., & Smith, G. M. (2007). *Analyzing ecological data*. Springer

Anexo 1. Tablas de densidades de especie por m² y nivel de presión por arte de pesca

Tabla 18. (cont.) Densidades medias (los valores se han multiplicado por 1000) por m² por especie y nivel de presión pesquera de palangre de fondo

GRUPO	ESPECIE	SUBGRUPO	Densidades por m ² (*000) y Nivel de Presión		
			Low	Medium	High
Porifera	Geodidae	Porifera erguida	14.4860	114.4753	154.2787
	Guitarra solorzano	Porifera erguida	20.2388	181.3248	177.8731
	Hamacantha sp	Porifera erguida	0.0000	12.4193	0.0000
	Lithistida	Porifera erguida	47.3140	0.0000	0.0000
	Phakellia robusta	Porifera erguida	99.1922	95.7218	50.7292
	Phakellia sp	Porifera erguida	470.3603	0.0000	0.0000
	Phakellia ventilabrum	Porifera erguida	473.6043	575.4532	289.1806
	Porifera erguida	Porifera erguida	1087.7435	0.0000	0.0000
	Porifera tapizante	Porifera tapizante	4.1711	0.0000	0.0000
	Stylocordyla borealis	Porifera erguida	9.5947	22.6597	0.0000
	Tethya aurantium	Porifera erguida	2.7903	0.0000	0.0000
Cnidaria	Acanthogorgia hirsuta	Anthozoa	0.0000	17.1424	0.0000
	Acanthogorgia sp	Anthozoa	2.0320	0.0000	0.0000
	Actiniaria	Anthozoa	48.0398	146.3925	30.1531
	Alcyonium sp	Anthozoa	7.3417	21.9407	0.0000
	Anthozoa	Anthozoa	264.6416	0.0000	0.0000
	Antipatharia	Anthozoa	32.1440	39.0320	37.6861
	Caryophyllia calveri	Anthozoa	641.3508	100.2763	109.2567
	Caryophyllia sp	Anthozoa	28.1483	89.8907	230.6233
	Cerianthus sp	Anthozoa	14.5098	0.0000	0.0000
	Dendrophyllia cornigera	Anthozoa	2028.2170	1240.9558	1860.0418
	Eunicella verrucosa	Anthozoa	0.0000	14.7689	0.0000
	Flabellum alabastrum	Anthozoa	41.5576	21.9523	25544.2137
	Funiculina quadrangularis	Anthozoa	0.0000	17.6274	37.6861
	Hydrozoa	Hydrozoa	206.7413	390.0912	371.2772
	Isidella sp	Anthozoa	0.0000	236.3887	155.3946
	Lytocarpia myriophyllum	Hydrozoa	40.4776	0.0000	0.0000
	Parazoanthus anguicomus	Anthozoa	2.2663	0.0000	0.0000
	Parazoanthus sp	Anthozoa	229.8551	244.7552	297.9140
	Pennatulacea	Anthozoa	13.7700	0.0000	0.0000
	Pteroeides sp	Anthozoa	0.0000	18.2149	18.8430
Briozoa	Briozoa	Briozoa	60.4132	30.6733	68.5441
Polychaeta	Aphrodita aculeata	Polychaeta	0.0000	0.0000	21.8788
	Bonellia viridis	Polychaeta	11.3393	0.0000	0.0000
	Hyalinoecia tubicola	Polychaeta	21.0484	66.9073	34.5143
	Lanice conchilega	Polychaeta	34.7020	118.7044	522.5754
	Polychaeta	Polychaeta	68.2264	86.5858	261.3978
	Protula sp	Polychaeta	8.0296	0.0000	0.0000
Crustacea	Munida sp	Crustacea	4.4905	38.3148	36.4299

Tabla 19. Densidades medias (los valores se han multiplicado por 1000) por m² por especie y nivel de presión pesquera de enmalle de fondo

GRUPO	ESPECIE	SUBGRUPO	Densidades por m ² (*000) y Nivel de Presión		
			Low	Medium	High
Porifera	Geodidae	Porifera erguida	6.3090	37.4753	49.3321
	Guitarra solorzanoi	Porifera erguida	0.0000	36.6586	101.5833
	Lithistida	Porifera erguida	0.0000	37.4418	0.0000
	Phakellia robusta	Porifera erguida	77.4278	80.8413	24.6704
	Phakellia sp	Porifera erguida	470.3603	8.5865	74.2631
	Phakellia ventilabrum	Porifera erguida	293.5953	322.0633	172.3489
	Porifera erguida	Porifera erguida	441.785864	1015.919224	661.089521
	Porifera tapizante	Porifera tapizante	4.1711	45.8238	5.8884
	Stylocordyla borealis	Porifera erguida	9.5947	5.1373	2.3114
	Tethya aurantium	Porifera erguida	2.7903	6.6522	4.7356
Cnidaria	Acanthogorgia sp	Anthozoa	2.0320	0.0000	3.3087
	Actinauge richardi	Anthozoa	0.0000	8.5336	10.7922
	Actiniaria	Anthozoa	49.0526	63.5947	62.3390
	Alcyonium sp	Anthozoa	2.5030	0.0000	7.8329
	Anthozoa	Anthozoa	40.4073	116.9959	23.5957
	Axinella sp	Anthozoa	54.6448	0.0000	0.0000
	Caryophyllia calveri	Anthozoa	0.0000	112.8265	88.2856
	Caryophyllia smithii	Anthozoa	0.0000	1.5228	0.0000
	Caryophyllia sp	Anthozoa	10.2877	74.7209	246.8520
	Cerianthus sp	Anthozoa	10.8357	20.2388	25.0061
	Cnidaria	Cnidaria	18.5744	0.0000	0.0000
	Dendrophyllia cornigera	Anthozoa	91.6837	36.7063	34.8187
	Eunicella verrucosa	Anthozoa	0.0000	14.7689	0.0000
	Flabellum alabastrum	Anthozoa	0.0000	65.7743	34.9792
	Funiculina quadrangularis	Anthozoa	0.0000	8.5352	1.6334
	Hydrozoa	Hydrozoa	59.6103	98.9867	46.1858
	Parantipathes sp	Anthozoa	17.6987	0.0000	21.2975
	Parazoanthus anguicomus	Anthozoa	2.2663	7.6097	2.1905
	Parazoanthus sp	Anthozoa	17.6274	1471.4930	599.8832
	Pennatulacea	Anthozoa	8.6454	3.6605	21.6155
Briozoa	Briozoa	Briozoa	369.6298	20.7578	135.3835
Polychaeta	Aphrodita aculeata	Polychaeta	0.0000	36.0549	21.8930
	Bonellia viridis	Polychaeta	11.3393	4.8591	3.0812
	Filograna sp	Polychaeta	0.0000	2.7196	0.0000
	Hyalinoecia tubicola	Polychaeta	47.7750	38.0585	31.6760
	Lanice conchilega	Polychaeta	69.6584	205.4355	137.1782
	Polychaeta	Polychaeta	0.0000	115.5410	111.7365
	Protula sp	Polychaeta	8.0296	4.5031	3.2739
Crustacea	Munida sp	Crustacea	9.2510	26.4871	39.5649
Mollusca	Aporrhais sp	Gastropoda	8.3708	0.0000	0.0000
	Buccinum sp	Gastropoda	0.0000	0.0000	2.0827
	Colus sp	Gastropoda	0.0000	50.7963	0.0000
	Eledone cirrhosa	Cephalopoda	14.3802	0.0000	11.6245
	Gastropoda	Gastropoda	0.0000	27.4072	48.7297
	Neptunea sp	Gastropoda	0.0000	1.8036	0.0000
	Octopus vulgaris	Cephalopoda	2.0444	1.4198	2.1546
	Pectinidae	Bivalvia	0.0000	1.6826	0.0000
	Pycnodonte sp	Bivalvia	0.0000	11.6820	0.0000
	Ranella olearium	Gastropoda	1.5215	0.0000	0.0000
	Scaphopoda	Scaphopoda	0.0000	2.5806	0.0000
	Sepia sp	Cephalopoda	0.0000	20.2388	0.0000

Tabla 20. (cont.) Densidades medias (los valores se han multiplicado por 1000) por m² por especie y nivel de presión pesquera de enmalle de fondo

GRUPO	ESPECIE	SUBGRUPO	Densidades por m ² (*000) y Nivel de Presión		
			Low	Medium	High
Equinodermata	Anseropoda placenta	Asterozoa	13.1338	24.9816	16.3037
	Antedon bifida	Crinoidea	7.9064	68.1379	86.4042
	Asterozoa	Asterozoa	4.0565	2.2195	0.0000
	Astropecten irregularis	Asterozoa	0.0000	2.3239	2.9668
	Echinus esculentus	Echinoidea	3.5312	2.6864	5.6577
	Echinus melo	Echinoidea	0.0000	2.3142	2.7816
	Echinus sp	Echinoidea	109.2896	43.5242	52.9772
	Gracilechinus acutus	Echinoidea	20.6811	18.7103	13.2110
	Holothuria forskali	Holothuroidea	2.1559	43.4356	0.0000
	Holothuroidea	Holothuroidea	51.7824	19.0428	32.3665
	Leptometra celtica	Crinoidea	3248.0758	5106.7973	10100.8839
	Luidia ciliaris	Asterozoa	1.8576	0.0000	0.0000
	Marthasterias glacialis	Asterozoa	2.4735	6.7571	12.6361
	Ophiotrix sp	Ophiuroidea	2126.4786	1.7917	0.0000
	Ophiura ophiura	Ophiuroidea	2.0027	0.0000	0.0000
	Ophiuroidea	Ophiuroidea	0.0000	15.6128	0.0000
	Parastichopus regalis	Holothuroidea	37.1501	37.4176	80.4092
	Parastichopus tremulus	Holothuroidea	2.2452	0.0000	0.0000
	Spatangus purpureus	Echinoidea	2.4352	2.6473	2.1518
	Stichastrella rosea	Asterozoa	0.0000	0.0000	23.9663
Tunicata	Tunicata	Tunicata	20.2388	0.0000	0.0000
Pisces	Acantholabrus palloni	Osteictio	1.6826	2.3134	2.7868
	Argentina sp	Osteictio	0.0000	3.3253	2.0226
	Callanthias ruber	Osteictio	0.0000	5.1611	0.0000
	Callionymus sp	Osteictio	0.0000	2.5398	2.1606
	Capros aper	Osteictio	8.7064	3.0396	2.4597
	Conger conger	Osteictio	14.0115	2.4490	0.0000
	Helicolenus dactylopterus	Osteictio	8.1284	3.1578	7.6206
	Labrus mixtus	Osteictio	6.0681	4.9821	10.2932
	Lepidorhombus boscii	Osteictio	0.0000	4.0299	2.4326
	Lepidorhombus sp	Osteictio	20.2388	29.2412	82.8410
	Lepidorhombus whiffiagonis	Osteictio	2.0801	2.7666	3.6311
	Merluccius merluccius	Osteictio	0.0000	4.3187	4.3037
	Microchirus variegatus	Osteictio	2.7903	4.3387	2.6553
	Micromesistius poutassou	Osteictio	0.0000	50.7963	0.0000
	Osteictio	Osteictio	16.6750	22.2169	32.0505
	Raja clavata	Elasmobranquios	0.0000	2.2044	0.0000
	Scorpaena sp	Osteictio	4.6074	2.7196	1.6543
	Scylliorhinus canicula	Elasmobranquios	8.0458	11.6330	4.5550
	Serranus cabrilla	Osteictio	9.2174	2.1676	2.4326
	Triglidae	Osteictio	2.2452	1.9583	0.0000
	Trisopterus luscus	Osteictio	0.0000	0.0000	1.6125
	Trisopterus minutus	Osteictio	2.2873	3.9036	4.8376
	Zeus faber	Osteictio	2.5719	0.0000	0.0000
Basura	Basura	Basura	0.0000	1.8676	1.6125
	Cable Metal	Metal	0.0000	72.8597	0.0000
	Cabo	Arte Pesca	0.0000	6.1303	7.3222
	Cabo sintético	Arte Pesca	28.0230	0.0000	0.0000
	Ceramica	Ceramica	0.0000	3.7352	4.3212
	Cristal	Cristal	0.0000	56.5754	21.8579
	Hierro	Hierro	0.0000	1.7917	0.0000
	Hormigon	Hormigon	0.0000	2.6864	0.0000
	Linea Palangre	Arte Pesca	14.3802	69.5440	14.2304
	Madera	Madera	0.0000	1.8036	0.0000
	Pesca	Arte Pesca	0.0000	1.6826	0.0000
	Plastico	Plastico	0.0000	2.6864	0.0000
	Red de pesca	Arte Pesca	14.0115	4.2040	7.3225

Tabla 21. Densidades medias (los valores se han multiplicado por 1000) por m² por especie y nivel de presión pesquera de arrastre de fondo

GRUPO	ESPECIE	SUBGRUPO	Densidades por m ² (*000) y Nivel de Presión			
			Very Low	Low	High	Very High
Porifera	Phakellia robusta	Porifera erguida	0.5619	0.0000	0.0000	0.0000
	Phakellia ventilabrum	Porifera erguida	0.6061	0.5314	0.0000	0.0000
Cnidaria	Actinauge richardi	Anthozoa	1.3902	0.5539	2.7050	0.0000
	Adamsia cariniopados	Anthozoa	3.3276	0.5650	2.1640	5.0386
	Calliactis parasitica	Anthozoa	0.6061	2.2646	0.5409	0.0000
	Caryophyllia smithii	Anthozoa	2.2476	6.4291	2.5282	0.8381
	Dendrophyllia cornigera	Anthozoa	0.5619	1.0628	0.0000	0.0000
	Epizoanthus incrustatus	Anthozoa	0.0000	0.0000	2.7050	0.0000
	Epizoanthus paguriphilus	Anthozoa	0.5619	0.0000	0.9110	0.0000
	Epizoanthus sp	Anthozoa	57.0694	23.9207	0.0000	0.0000
	Funiculina quadrangularis	Anthozoa	0.0000	0.5630	0.5346	0.0000
	Parantipathes larix	Anthozoa	0.0000	0.5314	0.0000	0.0000
	Plumulariidae	Hydrozoa	0.0000	1.0628	0.0000	0.0000
	Pteroeides griseum	Anthozoa	0.9716	1.0892	1.6600	0.0000
Brachiopoda	Mergelia sp	Brachiopoda	0.0000	0.5314	0.0000	0.0000
	Terebratulina retusa	Brachiopoda	0.0000	0.5314	0.0000	0.0000
Bryozoa	Reteporella sp	Bryozoa	0.0000	0.5314	0.0000	0.0000
Polychaeta	Aphrodita aculeata	Polychaeta	0.6061	0.0000	0.0000	0.5559
	Aphroditidae	Polychaeta	0.0000	0.0000	0.5208	0.0000
	Hyalinoecia tubicola	Polychaeta	5.0170	7.9760	2.1576	4.3298
	Laetmonice filicornis	Polychaeta	0.0000	0.5314	0.5523	0.0000
	Polynoidae	Polychaeta	0.0000	0.5314	1.0416	0.0000
Crustacea	Alpheus glaber	Crustacea	0.0000	0.0000	0.5523	0.0000
	Eurynome aspera	Crustacea	0.5619	0.5630	0.5473	0.0000
	Inachus dorsettensis	Crustacea	0.0000	0.8576	0.8319	0.0000
	Lophogaster typicus	Crustacea	0.0000	0.5602	0.6529	0.5466
	Macropodia longipes	Crustacea	0.0000	1.2984	0.9211	0.5466
	Maja squinado	Crustacea	0.0000	0.0000	0.5489	0.0000
	Pagurus alatus	Crustacea	0.0000	0.0000	0.5466	0.0000
	Pagurus excavatus	Crustacea	1.6638	0.5727	0.5378	0.0000
	Pagurus prideaux	Crustacea	3.0686	0.5604	1.6378	6.1636
	Polybius henslowii	Crustacea	0.0000	2.8271	238.4039	220.6775
	Polycheles typhlops	Crustacea	0.0000	0.0000	0.0000	6.4947
	Pontophilus spinosus	Crustacea	0.0000	0.0000	0.0000	0.5466
	Scalpellum scalpellum	Crustacea	0.0000	5.4113	0.0000	0.0000
	Solenocera membranacea	Crustacea	0.0000	0.7202	0.8107	0.0000

Tabla 22. (cont.) Densidades medias (los valores se han multiplicado por 1000) por m² por especie y nivel de presión pesquera de arrastre de fondo

GRUPO	ESPECIE	SUBGRUPO	Densidades por m ² (*000) y Nivel de Presión			
			Very Low	Low	High	Very High
Mollusca	Aporrhais sp	Gastropoda	0.0000	0.7318	0.5309	0.0000
	Armina tigrina	Opisthobranchia	0.5619	0.0000	0.0000	0.0000
	Buccinum humphreysianum	Gastropoda	1.1238	0.5314	1.0820	0.0000
	Calliostoma granulatum	Gastropoda	0.5619	0.5630	0.5346	0.0000
	Colus gracilis	Gastropoda	0.6625	0.6900	0.5365	0.0000
	Coralliophila sp	Gastropoda	0.0000	1.7379	0.0000	0.0000
	Coralliophila squamosa	Gastropoda	0.0000	0.5842	0.0000	0.0000
	Eledone cirrhosa	Cephalopoda	0.5546	0.6274	0.6680	0.9154
	Euspira fusca	Gastropoda	1.1201	4.1134	5.5051	1.1119
	Gasteropteron meckeli	Gastropoda	0.0000	0.5468	0.0000	0.0000
	Neptunea sp	Gastropoda	0.0000	0.5842	0.0000	0.0000
	Pseudamussium clavatum	Bivalvia	0.0000	0.0000	0.5208	0.0000
	Rondeletiola minor	Cephalopoda	0.0000	0.0000	0.5473	0.0000
	Rossia macrosoma	Cephalopoda	0.0000	1.0215	0.0000	0.5559
	Scaphander lignarius	Gastropoda	0.5804	1.3638	0.6727	0.5559
	Sepia orbignyana	Cephalopoda	0.5619	0.5793	0.0000	0.0000
Equinodermata	Anseropoda placenta	Asterozoa	1.9370	1.5338	1.2319	0.5647
	Antedon bifida	Crinoidea	1.1238	0.0000	0.0000	0.0000
	Astropecten irregularis	Asterozoa	2.0698	3.1841	7.6951	0.8393
	Brissoptis lyrifera	Echinoidea	0.0000	0.0000	0.5208	0.0000
	Echinus melo	Echinoidea	0.5619	0.0000	0.0000	0.0000
	Gracilechinus acutus	Echinoidea	1.8739	3.2859	19.1336	0.5466
	Leptometra celtica	Crinoidea	192.1672	122.8519	23.4299	0.5559
	Luidia sarsi	Asterozoa	1.1092	0.5630	0.0000	0.0000
	Ophiothrix fragilis	Ophiuroidea	103.5927	12.5875	3.3241	0.0000
	Ophiura ophiura	Ophiuroidea	2.3121	7.8710	5.5774	1.5770
Tunicata	Parastichopus regalis	Holothuroidea	3.0656	2.2041	1.3545	0.5983
	Spatangus purpureus	Echinoidea	1.2879	1.3874	1.2841	1.6399
Tunicata	Corella parallelogramma	Tunicata	1.3974	0.5314	0.0000	0.0000
Pisces	Acantholabrus palloni	Osteictio	0.0000	0.5314	0.0000	0.0000
	Arnoglossus imperialis	Osteictio	0.7349	0.0000	0.5410	0.0000
	Arnoglossus laterna	Osteictio	0.0000	2.1256	0.5451	0.0000
	Callionymus lyra	Osteictio	0.6061	0.0000	0.0000	0.0000
	Callionymus maculatus	Osteictio	0.0000	0.7318	0.0000	0.0000
	Capros aper	Osteictio	0.6061	0.0000	0.5558	0.0000
	Chelidonichthys cuculus	Osteictio	0.2576	0.0000	0.0000	0.0000
	Eutrigla gurnardus	Osteictio	1.2122	0.0000	0.5415	0.0000
	Gadiculus argenteus	Osteictio	0.0000	0.0000	0.5473	0.0000
	Helicolenus dactylopterus	Osteictio	0.5619	0.5314	0.0000	0.0000
	Lepidorhombus boscii	Osteictio	0.0000	1.6663	1.0816	1.1398
	Lepidorhombus whiffiagonis	Osteictio	0.7288	0.8720	1.0820	0.5771
	Lophius budegassa	Osteictio	0.0000	0.5411	0.0000	0.0000
	Merluccius merluccius	Osteictio	0.5804	0.6580	0.7057	0.0000
	Microchirus variegatus	Osteictio	0.5582	0.6393	0.5365	0.5557
	Pomatoschistus	Osteictio	0.0000	0.5468	1.0836	0.0000
	Scyliorhinus canicula	Elasmobranchios	0.5619	0.0000	0.5340	0.0000
	Serranus cabrilla	Osteictio	0.0000	1.0628	0.0000	0.0000
	Trisopterus luscus	Osteictio	0.0000	0.5314	0.0000	0.0000
Basura	Basura Otros	Basura	0.0000	0.5468	1.0978	0.0000
	Cabo sintetico	Basura	2.2476	0.5391	2.4641	0.0000
	Carbon	Basura	0.0000	0.0000	15.0345	0.0000
	Compresas/tampones	Basura	0.0000	0.5314	0.0000	0.0000
	Lamina/hoja	Basura	0.8356	0.5391	1.2121	0.0000
	Lina de pesca	Arte Pesca	0.0000	0.7318	0.5410	0.0000
	Metal	Metal	0.2576	0.0000	0.0000	0.0000
	Red de pesca	Arte Pesca	0.0000	0.6316	0.0000	0.0000

Anexo 2. Sensibilidad por especie e índice.

AphiaID	Nombre Científico	PHYLUM	BESITO	PALINDEX3	PALINDEX4
129840	Aphrodita aculeata	Annelida	2	2	2
110363	Bonellia viridis	Annelida	3	1	2
129826	Chloeia venusta	Annelida	2	1	1
130989	Filograna implexa	Annelida	4	2	2
130464	Hyalinoecia tubicola	Annelida	2	2	2
129844	Laetmonice filicornis	Annelida	1	1	1
107477	Alpheus glaber	Arthropoda	1	1	1
107273	Atelecyclyus rotundatus	Arthropoda	1	1	1
107377	Bathynectes maravigna	Arthropoda	1	1	1
107268	Calappa granulata	Arthropoda	1	1	1
107275	Cancer bellianus	Arthropoda	2	2	2
107369	Chaceon affinis	Arthropoda	2	2	2
107642	Chlorotocus crassicornis	Arthropoda	1	1	1
107197	Dardanus arrosor	Arthropoda	1	1	1
107643	Dichelopandalus bonnieri	Arthropoda	1	1	1
107302	Ebalia tumefacta	Arthropoda	1	1	1
106834	Galathea	Arthropoda	1	1	1
107374	Geryon trispinosus	Arthropoda	1	1	1
107292	Goneplax rhomboides	Arthropoda	1	1	1
107327	Inachus dorsettensis	Arthropoda	1	1	1
107387	Liocarcinus depurator	Arthropoda	1	1	1
107390	Liocarcinus marmoreus	Arthropoda	1	1	1
119936	Lophogaster typicus	Arthropoda	1	1	1
107397	Macropipus tuberculatus	Arthropoda	1	1	1
205077	Macropodia	Arthropoda	1	1	1
107342	Macropodia longipes	Arthropoda	1	1	1
107350	Maja squinado	Arthropoda	2	2	2
241154	Monodaeus couchii	Arthropoda	1	1	1
107157	Munida intermedia	Arthropoda	1	1	1
158398	Munida iris	Arthropoda	1	1	1
107163	Munida sarsi	Arthropoda	1	1	1
107166	Munida tenuimana	Arthropoda	1	1	1
107254	Nephrops norvegicus	Arthropoda	2	1	1
106854	Pagurus	Arthropoda	1	1	1
107230	Pagurus alatus	Arthropoda	1	1	1
107236	Pagurus excavatus	Arthropoda	1	1	1
107239	Pagurus prideaux	Arthropoda	1	1	1
107703	Palinurus elephas	Arthropoda	2	1	1
107704	Palinurus mauritanicus	Arthropoda	2	1	1
106858	Parapagurus	Arthropoda	1	1	1
106916	Parthenope	Arthropoda	1	1	1
107677	Pasiphaea sivado	Arthropoda	1	1	1
107035	Periclimenes	Arthropoda	1	1	1
107558	Philocheras echinulatus	Arthropoda	1	1	1
107046	Plesionika	Arthropoda	1	1	1
107655	Plesionika antigai	Arthropoda	1	1	1
107660	Plesionika heterocarpus	Arthropoda	1	1	1
107661	Plesionika martia	Arthropoda	1	1	1
107696	Polychaetes typhlops	Arthropoda	1	1	1
107563	Pontophilus norvegicus	Arthropoda	1	1	1
107564	Pontophilus spinosus	Arthropoda	1	1	1
107359	Rochinia carpenteri	Arthropoda	1	1	1
106115	Scalpellum	Arthropoda	3	1	1
107709	Scyllarus arctus	Arthropoda	1	1	1
107120	Solenocera membranacea	Arthropoda	1	1	1
107605	Systellaspis debilis	Arthropoda	1	1	1

AphiaID	Nombre Científico	PHYLUM	BESITO	PALINDEX3	PALINDEX4
103743	Corella parallelogramma	Chordata	4	1	2
103733	Diazona violacea	Chordata	4	2	2
125371	Acanella arbuscula	Cnidaria	5	2	3
125348	Acanthogorgia amata	Cnidaria	5	2	3
125349	Acanthogorgia hirsuta	Cnidaria	5	2	3
100930	Actinauge richardi	Cnidaria	3	1	1
100931	Adamsia cariniopados	Cnidaria	2	1	1
125284	Alcyonium	Cnidaria	4	2	3
125334	Alcyonium palmatum	Cnidaria	4	2	3
125285	Anthomastus	Cnidaria	4	1	2
103309	Antipathes dichotoma	Cnidaria	5	3	4
103316	Antipathes subpinnata	Cnidaria	5	3	4
125380	Bebryce mollis	Cnidaria	4	1	2
100946	Calliactis parasitica	Cnidaria	2	1	1
125405	Callogorgia verticillata	Cnidaria	5	3	4
135085	Caryophyllia	Cnidaria	3	1	1
1369476	Caryophyllia cyathus	Cnidaria	3	1	1
1288958	Caryophyllia smithii	Cnidaria	3	1	1
1288958	Caryophyllia smithii	Cnidaria	3	1	1
128535	Cavernularia pusilla	Cnidaria	3	1	2
101011	Cerianthus membranaceus	Cnidaria	4	2	3
869834	Chironephthya mediterranea	Cnidaria	4	1	2
125416	Corallium rubrum	Cnidaria	5	2	3
117452	Corymorpha nutans	Cnidaria	3	1	2
289791	Dendrobrachia fallax	Cnidaria	4	1	2
135185	Dendrophyllia cornigera	Cnidaria	5	2	2
135187	Dendrophyllia ramea	Cnidaria	5	2	2
125358	Ellisella paraplexauroides	Cnidaria	5	3	4
101036	Epizoanthus paguriphilus	Cnidaria	3	1	2
125366	Eunicella verrucosa	Cnidaria	5	2	3
1431112	Flabellum chunii	Cnidaria	3	1	1
128506	Funiculina quadrangularis	Cnidaria	4	2	3
128491	Halipteris	Cnidaria	4	2	3
125373	Isidella elongata	Cnidaria	5	3	4
135198	Javania caillieti	Cnidaria	3	1	1
128512	Kophobelemnnon stelliferum	Cnidaria	4	2	3
103326	Leiopathes glaberrima	Cnidaria	5	3	4
135161	Lophelia pertusa	Cnidaria	5	2	2
117302	Lytocarpia myriophyllum	Cnidaria	3	2	2
135209	Madrepora oculata	Cnidaria	5	2	2
125383	Muriceides lepida	Cnidaria	5	2	3
117809	Nemertesia antennina	Cnidaria	3	2	2
117815	Nemertesia ramosa	Cnidaria	3	2	2
125359	Nicella granifera	Cnidaria	5	2	3
267631	Nidalia	Cnidaria	4	1	2
125421	Paralcyonium spinulosum	Cnidaria	4	1	2
125387	Paramuricea clavata	Cnidaria	5	3	4
125389	Paramuricea macrospina	Cnidaria	5	2	3
103328	Parantipathes larix	Cnidaria	5	3	4
101055	Parazoanthus axinellae	Cnidaria	4	1	2
182745	Parerythropodium coralloides	Cnidaria	4	2	3
128495	Pennatula	Cnidaria	4	2	3
128495	Pennatula	Cnidaria	3	2	3
128517	Pennatula phosphorea	Cnidaria	4	2	3
128517	Pennatula phosphorea	Cnidaria	3	2	3
128519	Pennatula rubra	Cnidaria	4	2	3
128519	Pennatula rubra	Cnidaria	3	2	3
290732	Phanopathes rigida	Cnidaria	5	2	3
117196	Plumularia	Cnidaria	3	1	2
128525	Protoptilum carpenterii	Cnidaria	4	2	3
181504	Pteroeides griseum	Cnidaria	4	2	3
128522	Pteroeides spinosum	Cnidaria	4	2	3
383014	Savalia savaglia	Cnidaria	5	3	4
117233	Sertularella	Cnidaria	3	1	2
101019	Sideractis glacialis	Cnidaria	3	1	1
125314	Swiftia	Cnidaria	4	1	2
125400	Swiftia dubia	Cnidaria	4	1	2
125401	Swiftia pallida	Cnidaria	4	1	2
125402	Swiftia rosea	Cnidaria	4	1	2
128499	Umbellula	Cnidaria	4	2	3
128536	Veretillum cynomorium	Cnidaria	3	2	3
125404	Villogorgia bebrycoides	Cnidaria	5	1	3
125360	Viminella flagellum	Cnidaria	5	3	4
128539	Virgularia mirabilis	Cnidaria	4	2	3

AphiaID	Nombre Científico	PHYLUM	BESITO	PALINDEX3	PALINDEX4
123985	Anseropoda placenta	Echinodermata	3	2	2
149880	Araeosoma fenestratum	Echinodermata	3	2	2
124951	Asteronyx loveni	Echinodermata	2	1	1
123867	Astropecten irregularis	Echinodermata	1	1	1
124963	Astrospartus mediterraneus	Echinodermata	3	2	2
124373	Brissopsis lyrifera	Echinodermata	2	1	2
124331	Centrostephanus longispinus	Echinodermata	2	2	3
124004	Chaetaster longipes	Echinodermata	3	2	2
124257	Cidaris cidaris	Echinodermata	2	2	2
241001	Echinaster sepositus	Echinodermata	3	2	2
124392	Echinocardium cordatum	Echinodermata	2	1	2
124287	Echinus esculentus	Echinodermata	3	2	3
124294	Echinus melo	Echinodermata	3	2	3
532031	Gracilechinus acutus	Echinodermata	3	2	3
532032	Gracilechinus alexandri	Echinodermata	3	1	2
124501	Holothuria (Panningothuria) forskali	Echinodermata	3	2	2
732401	Holothuria tubulosa	Echinodermata	3	2	2
381759	Hymenodiscus coronata	Echinodermata	3	2	2
124756	Laetmogone violacea	Echinodermata	2	1	1
124224	Leptometra celtica	Echinodermata	3	2	2
124226	Leptometra phalangium	Echinodermata	3	2	2
123920	Luidia ciliaris	Echinodermata	2	2	2
178639	Luidia sarsi	Echinodermata	2	2	2
123803	Marthasterias glacialis	Echinodermata	2	2	2
816800	Mesothuria intestinalis	Echinodermata	3	2	2
124048	Nymphaster arenatus	Echinodermata	3	2	2
125110	Ophiactis balli	Echinodermata	2	1	1
125027	Ophiocomina nigra	Echinodermata	2	2	2
125049	Ophiopsila aranea	Echinodermata	2	2	2
125131	Ophiothrix fragilis	Echinodermata	3	2	2
124929	Ophiura ophiura	Echinodermata	2	2	2
124934	Ophiura sarsii	Echinodermata	3	2	2
149898	Parastichopus regalis	Echinodermata	3	2	2
124535	Parastichopus tremulus	Echinodermata	3	2	2
124055	Peltaster placenta	Echinodermata	1	1	1
124343	Phormosoma placenta	Echinodermata	2	1	2
124080	Plinthaster dentatus	Echinodermata	3	2	2
123851	Pontaster tenuispinus	Echinodermata	1	1	1
124319	Psammechinus miliaris	Echinodermata	2	1	2
123908	Psilaster andromeda	Echinodermata	1	1	1
123805	Sclerasterias neglecta	Echinodermata	1	1	1
124418	Spatangus purpureus	Echinodermata	3	2	3
124268	Stylocidaris affinis	Echinodermata	2	2	2
123913	Tethyaster subinermis	Echinodermata	3	2	2

AphiaID	Nombre Científico	PHYLUM	BESITO	PALINDEX3	PALINDEX4
138760	Aporrhais pespelecani	Mollusca	2	1	1
751348	Aporrhais serreseanus	Mollusca	2	1	1
140598	Bathypolypus sponsalis	Mollusca	2	2	2
138362	Berthellina	Mollusca	2	1	1
138865	Buccinum humphreysianum	Mollusca	2	1	1
138878	Buccinum undatum	Mollusca	2	1	1
138584	Calliostoma	Mollusca	0	1	1
141753	Calliostoma granulatum	Mollusca	0	1	1
141101	Charonia lampas	Mollusca	2	1	1
137704	Colus	Mollusca	2	1	1
138899	Colus gracilis	Mollusca	2	1	1
138903	Colus jeffreysianus	Mollusca	2	1	1
140600	Eledone cirrhosa	Mollusca	2	2	2
140601	Eledone moschata	Mollusca	2	2	2
140529	Euspira fusca	Mollusca	1	1	1
141861	Fusiturris similis	Mollusca	1	1	1
139024	Galeodea rugosa	Mollusca	2	1	1
140019	Gasteropteron meckeli	Mollusca	1	1	1
138180	Mitra	Mollusca	1	1	1
139199	Mitrella gervillii	Mollusca	1	1	1
140048	Neopycnodonte cochlear	Mollusca	4	1	1
379789	Neopycnodonte zibrowii	Mollusca	4	1	1
141447	Neorossia caroli	Mollusca	1	1	1
138922	Neptunea contraria	Mollusca	2	2	1
140604	Octopus salutii	Mollusca	2	2	2
140605	Octopus vulgaris	Mollusca	2	2	2
140652	Opisthoteuthis agassizii	Mollusca	2	2	2
140891	Pteria hirundo	Mollusca	4	1	1
140606	Pteroctopus tetracirrhus	Mollusca	2	2	2
141115	Ranella olearium	Mollusca	2	1	1
141448	Rondeletiola minor	Mollusca	1	1	1
141449	Rossia macrosoma	Mollusca	1	1	1
139488	Scaphander lignarius	Mollusca	1	1	1
141443	Sepia elegans	Mollusca	1	1	1
141445	Sepia orbignyana	Mollusca	1	1	1
141452	Sepietta oweniana	Mollusca	1	1	1
138483	Sepiola	Mollusca	1	1	1
138930	Troschelia berniciensis	Mollusca	2	1	1
835540	Asbestopluma hypogea	Porifera	3	1	1
134410	Asconema setubalense	Porifera	5	3	4
132005	Geodia	Porifera	5	2	3
597246	Geodia pachydermata	Porifera	5	2	3
370778	Hymedesmia paupertas	Porifera	5	2	3
134079	Pachastrella ovisternata	Porifera	5	2	3
132509	Phakellia robusta	Porifera	5	2	3
132511	Phakellia ventilabrum	Porifera	5	2	3
134378	Pheronema carpenteri	Porifera	5	2	3
134185	Podospongia lovenii	Porifera	4	1	2
131818	Spongisorites	Porifera	5	2	3
134106	Thenea muricata	Porifera	4	1	2