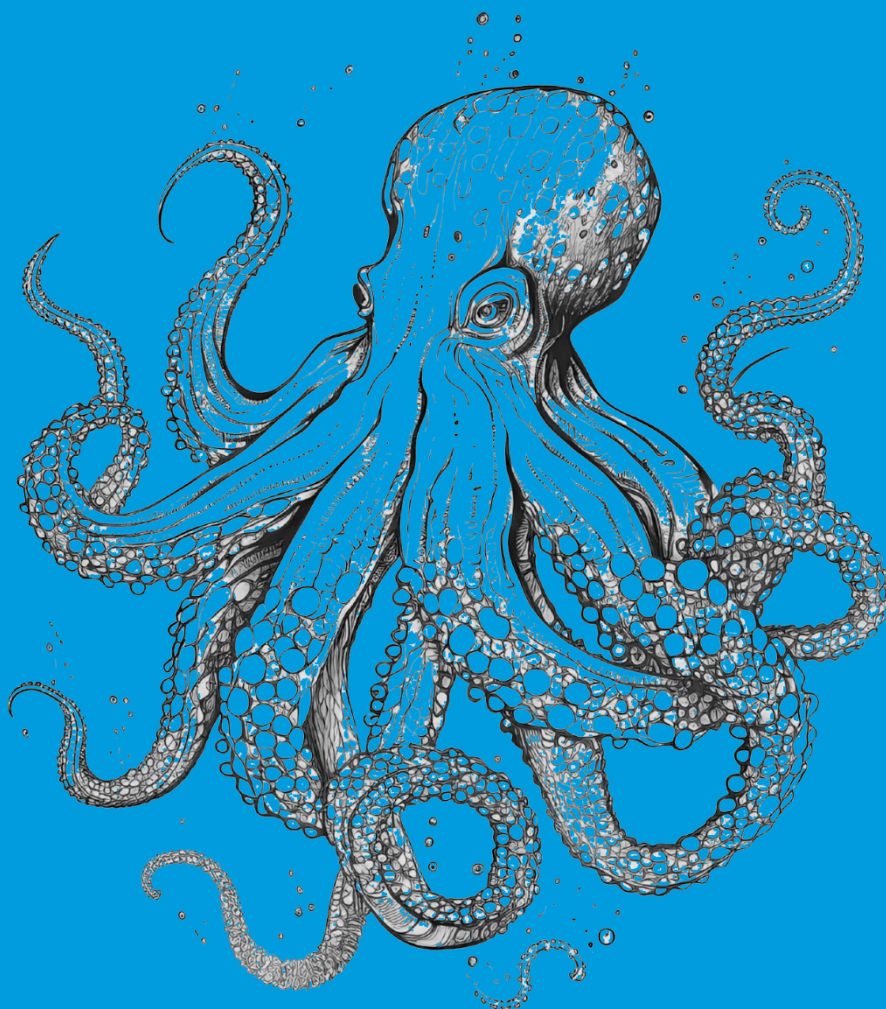


DEMARCACIÓN MARINA NORATLÁNTICA (DMNOR)

TERCER CICLO ESTRATEGIAS MARINAS



MARCO GENERAL



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



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



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

ESTRATEGIAS
MARINAS
Protegiendo el mar para todos



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



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

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

NIPO: XXXXXX

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

MITECO. www.miteco.es



AUTORES DEL DOCUMENTO

Condiciones físico-químicas Equipo IEO-CSIC

- Luis Miguel Fernández Salas
- Patricia Bárcenas Gascón
- Irene Díez García
- Margarita García García
- Antonio García Ledesma
- Raúl Jiménez Romero
- Nieves López González,
- Natalia Martínez Carreño
- Desirée Palomino Cantero
- Olga Sánchez Guillamón
- Miriam Sayago Gil
- Juan Tomas Vázquez Garrido
- Izaskun Villar Menéndez
- César González-Pola Muñiz
- Ana Isabel Aldarias Martos
- Safo Piñeiro Rodríguez
- Eneko Aierbe Sarasola
- Ángela Mosquera Giménez
- Rocío Fernández Graña
- Rosa Balbín Chamorro
- Jesús Mercado Carmona
- María Teresa Camarena Gómez
- Miriam Domínguez Rodríguez
- Isabel Ferrera Ceada
- Candela García Gómez
- Francisco Gómez Jakobsen
- Antonio Sánchez Sánchez
- Nerea Valcárcel Pérez

Hàbitats pelàgics- Equipo IEO-CSIC

- Enrique Nogueira
- Rafael González-Quirós
- Alejandro Isla
- Fernando Rayón Viña
- Esther Velasco-Senovilla

Hàbitats bentònics- Equipo IEO-CSIC

- Jose Manuel González-Irusta
- Alberto Serrano
- Antonio Punzón
- Juan M Ruiz
- David Diaz
- Sandra Mallol
- Ana García-Alegre Garralda
- Maider Plaza Morlote
- Ana Antolínez Boj
- Marian Blanco



- Ana de la Torriente Díez
- Ana Antolínez Boj
- Ulla Fernández-Arcaya
- José Rodríguez-Gutierrez
- Olvido Tello
- Luis Miguel Agudo
- Gerardo Bruque
- Daniel Cano
- Augusto Rodríguez-Basalo
- Marta Sáinz Bariaín
- Jaime Bernardeau Esteller
- María Dolores Belando
- Rocío García Muñoz
- Jose Martínez Garrido
- Marta García Sánchez
- Irene Rojo Moreno
- Mari Carmen Monpean de la Rosa
- Macarena Turpín
- Arantxa Ramos Segura
- Lázaro Marín Guirao
- Nina Larissa Arroyo Hailvoto
- Ana Belén Aja López
- Beatriz Rincón Rincón

Peces y cefalópodos - Equipo IEO-CSIC

- Francisco Velasco
- Pablo Abaunza
- David Diaz Viñolas
- Sandra Mallol Martínez
- Juan Carlos Arronte
- Gemma Hernández-Milian
- María Huerta Rodríguez
- Ignacio Bolado Mantecón
- Alberto Serrano López

Mamíferos y reptiles- Equipo IEO-CSIC

- Camilo Saavedra Penas
- José Antonio Vázquez Bonales
- Paula Gutiérrez Muñoz
- Paula Suarez Bregua
- José Antonio Martínez Cedeira
- Miguel Álvarez González
- Raquel Alves Garaña
- Cristina Gonzalez García
- Julio Valeiras Mota
- Natacha Aguilar de Soto
- Joan Giménez Verdugo
- Jose Carlos Baez Barrionuevo

Aves

- Pep Arcos (SEO/BIRDLIFE)



Especies Alóctonas Invasoras -Equipo IEO-CSIC

- Aina Carbonell Quetglas
- Maite Vázquez Luis
- Lydia Png González
- Robert Comas González
- José Manuel Cañizares González

Principales stoks pesqueros -Equipo IEO-CSIC

- Susana Junquera López
- Isabel Maneiro Estraviz
- Gema Canal Pérez
- Amina Tifoura
- Nuria Zaragoza Vilanova

Redes tróficas- Equipo IEO-CSIC

- Izaskun Preciado Ramirez
- Irene Maria Rabanal Carballido
- Miguel Vivas Salvador
- Oscar García Aguilar
- María De Los Ángeles Torres Leal
- Xavier Corrales
- Encarnación García Rodríguez
- José Miguel García Rebollo
- Daniel glesias Fernández
- Lucía López López
- Eduardo López Díaz
- Isabel María Muñoz De Los Reyes
- Juan José Ortiz García
- Zaida Parra Garrido
- María Valls Mir
- Eva María Velasco Gil

Espacios marinos protegidos- MITECO

- Blanca Ruiz
- Maria Luisa Sanchez
- Lucía Martínez

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

- Itziar Martín Partida
- Marta Martínez-Gil Pardo de Vera
- Lucía Martínez García-Denche
- Francisco Martínez Bedia
- Carmen Francoy Olagüe

COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Alberto Serrano (Coordinación)
- Paula Valcarce Arenas (Coordinación)
- Mercedes Rodriguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carillo de Albornoz (Coordinación)



ÍNDICE

AUTORES DEL DOCUMENTO	3
1. INTRODUCCIÓN	9
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	12
2.1 Características fisiográficas	12
2.1.1 Características morfosedimentarias principales	14
2.2 Meteorología	17
2.2.1 Régimen atmosférico, campos de viento, temperaturas y pluviosidad	17
2.2.2 . Oleaje	23
2.3 Hidrografía y Circulación	24
2.3.1 Aguas superficiales: Propiedades termohalinas y estacionalidad	26
2.3.2 Masas de Agua	30
2.3.3 Circulación	33
2.3.4 Nivel del mar, mareas y tendencias	35
2.4 Ciclos Biogeoquímicos	39
2.4.1 Generalidades sobre la distribución y mecanismos de control del oxígeno y nutrientes inorgánicos disueltos, efectos del Cambio Global	39
2.4.2 Generalidades sobre el sistema del dióxido de carbono (CO ₂) en agua de mar, sus mecanismos de control y los efectos del Cambio Global, la acidificación oceánica	42
2.4.3 Peculiaridades en la distribución, variabilidad e impacto del Cambio Global en el O ₂ , NUT y sistema del CO ₂ en agua de mar de la demarcación noratlántica	44
3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	52
3.1 Hábitats	52
3.1.1 Ecosistemas pelágicos	52
3.1.2 Ecosistema bentónico y demersal	56
3.2 Especies	66
3.2.1 Peces y cefalópodos	66
3.2.2 Mamíferos marinos	77
3.2.3 Reptiles marinos	78
3.2.4 Aves marinas	79
3.2.5 Especies alóctonas	80
3.3 Principales stocks pesqueros	82
3.4 Redes tróficas	84
4. HERRAMIENTAS DE PROTECCIÓN	90
4.1 Especies protegidas	90
4.1.1 Algas y angiospermas marinas	90
4.1.2 Invertebrados	91
4.1.3 Vertebrados	92
	6



4.2 Hábitats protegidos	93
4.3 Espacios Marinos Protegidos	95
4.3.1 Figuras de Protección	96
4.3.2 Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE)	102
4.3.3 Superficie Protegida de la demarcación marina noratlántica	103
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

01



INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

La demarcación marina noratlántica abarca los márgenes continentales gallego y cantábrico de la península Ibérica, y las llanuras abisales de Vizcaya e Iberia. Sus límites norte y sur se sitúan entre los 46°52'N y los 41°23'N de latitud, respectivamente, y su límite oeste se encuentra a 13°47'O de longitud y por el este es la línea de equidistancia con Francia (Fig. 1). Esta demarcación ocupa un área de 314.818 km² y abarca un rango de profundidades que van desde la costa hasta los 5.380 m. Su gran extensión permite incluir una gran variedad de ambientes y biodiversidad marina, convirtiéndola en un área de gran importancia medioambiental.

Aunque los márgenes continentales de esta demarcación son considerados márgenes pasivos, es decir, que no están asociados a límites de placa, sí que han tenido un pasado tectónico complejo. En general, la demarcación noratlántica presenta un perfil escarpado, con una serie de accidentes geográficos, siendo las rías que se encuentran agrupadas al sur de la demarcación y que se adentran en el perfil costero, uno de los rasgos más característicos.

El margen continental gallego tiene una orientación de norte a sur y se clasifica como un margen de tipo rift no volcánico, formado a partir de la prolongación hacia el norte de la apertura del océano Atlántico hace 110 millones de años. Este margen es el más ancho de toda la península Ibérica, alcanzando hasta 350 km desde la costa hasta la cuenca oceánica. Esta amplia extensión está asociada a su complejidad estructural dominada por dos tipos de fallas, unas de dirección norte-sur y noroeste-sureste, y otras de dirección noreste-suroeste.

Por otro lado, el margen cantábrico tiene una dirección este-oeste. Aunque en la actualidad es un margen pasivo, en el pasado, durante el período Paleoceno-Mioceno (hace entre 66 y 5 millones de años), funcionó como un margen activo debido a la colisión entre Iberia y la placa euroasiática. Su formación se remonta al Mesozoico (entre 250 y 66 millones de años), en asociación con la apertura y la expansión del océano Atlántico (Sibuet et al., 2004), y posteriormente, a la rotación antihoraria de la placa ibérica con respecto a la euroasiática que llevó a la progresiva colisión de Iberia hacia el norte, comenzando en los Pirineos, y se fue trasladando hacia el oeste posteriormente (Pulgar et al., 1999), dando lugar al perfil abrupto que conocemos en la actualidad.

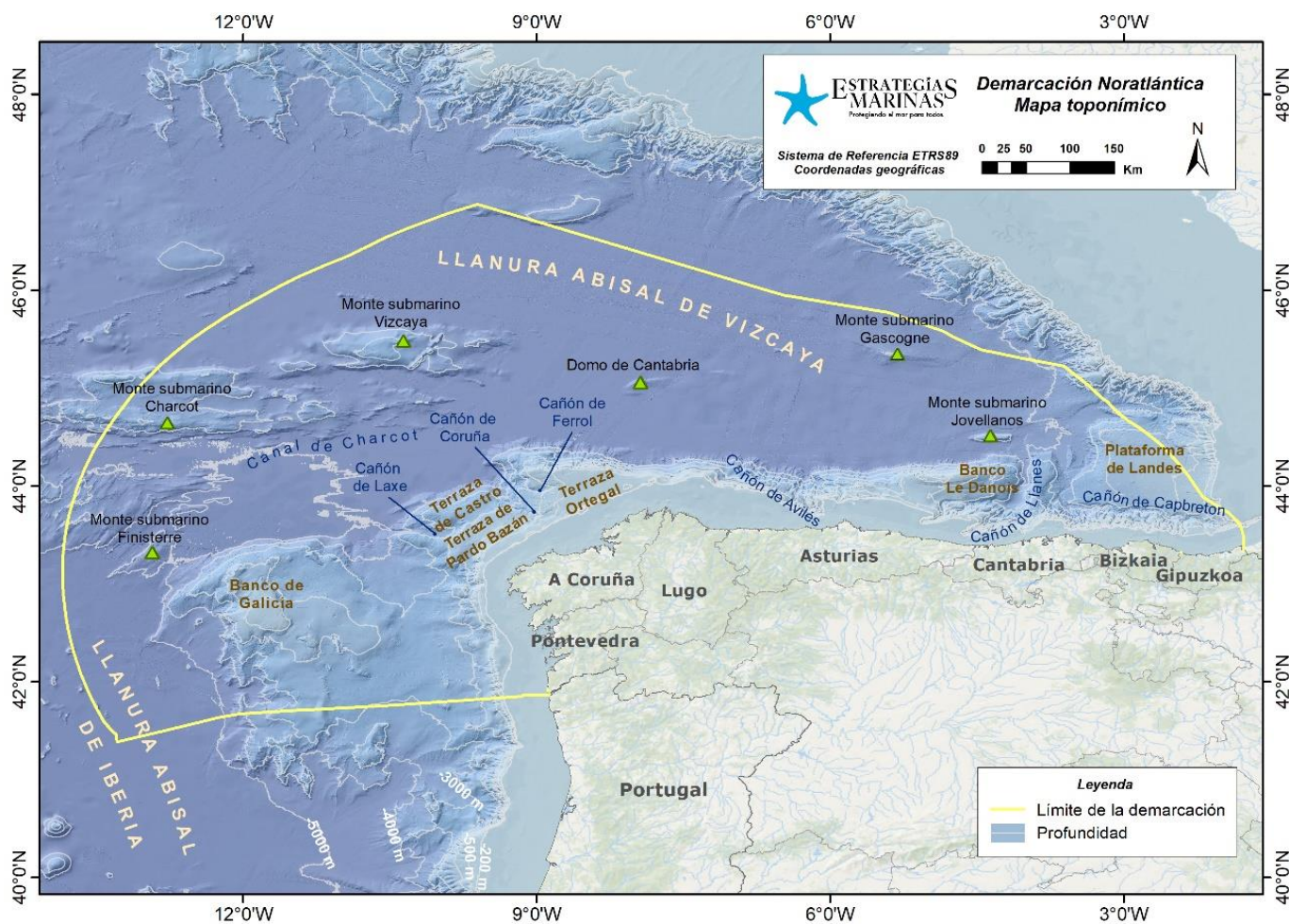
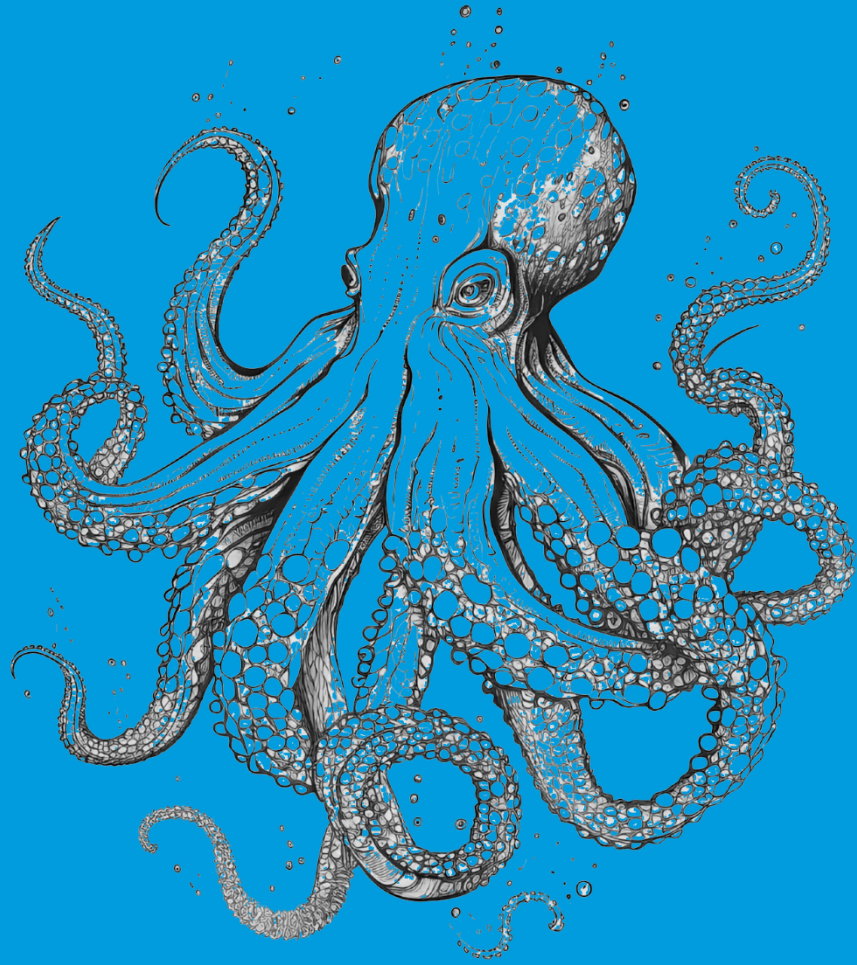


Figura 1. Localización de la demarcación marina noratlántica mostrando los principales elementos morfológicos y topónimos más representativos. Los datos cartográficos utilizados en este mapa provienen de diversas fuentes, incluyendo EMODnet, Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC e IGN. Los topónimos o nombres geográficos están recopilados en Palomino et al. (2023).



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS



2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

2.1 Características fisiográficas

El contexto fisiográfico de la demarcación marina noratlántica es complejo debido a que está formada por dos márgenes continentales diferenciados, cada uno con características geomorfológicas y fisiográficas distintivas: el margen continental gallego y el margen continental cantábrico.

Considerando sus particularidades sedimentarias y morfoestructurales, la demarcación noratlántica puede dividirse en tres grandes provincias fisiográficas: plataforma continental, talud continental y cuenca oceánica.

La plataforma continental es el dominio fisiográfico más cercano a la costa, y en ambos márgenes, discurre de forma subparalela a la línea de costa, extendiéndose hasta una profundidad que oscila entre los 180 y 200 metros (Figura 2). En el margen gallego tiene una anchura media de aproximadamente 35 km y una inclinación que varía entre 0,7° y 1°. En contraste, en el margen cantábrico la plataforma es considerablemente más estrecha, con una anchura media de alrededor de 17 km, y presenta pendientes medias entre 0,3° y 0,5°, con una morfología más abrupta (Fig. 2). En ambos márgenes, la plataforma continental recibe escasos aportes sedimentarios desde el continente, por lo que su espesor sedimentario es reducido, y se concentra en antiguos cauces fluviales y depresiones (Maestro et al., 2018). Se han identificado, especialmente en la plataforma cantábrica, superficies de erosión controladas por fallas, lo que hace que los afloramientos rocosos estén fracturados y plegados (Maestro et al., 2013; Lobo et al., 2015; Arrese et al., 2021).

El talud continental en esta demarcación se extiende desde aproximadamente los 200 m de profundidad hasta una media de 3.000 m (Figura 2). En el margen gallego occidental tiene una anchura promedio de 22 km y una pendiente de 6°. Por otro lado, en su parte norte, existen zonas más abruptas, con pendientes que llegan a los 30° en puntos localizados (Gallastegui et al., 2002). En el margen cantábrico, la anchura media del talud es de 69 km, con pendientes que varían entre 1° en las zonas más suaves y más de 14° en las más escarpadas, siendo modeladas por procesos sedimentarios y erosivos producidos por las corrientes de contorno de la corriente mediterránea de salida, conocida por sus siglas en inglés MOW (*Mediterranean Outflow Water*) (Hernández-Molina et al., 2011) y de la Masa de Agua Profunda del Atlántico Norte (NADW) (Llave et al., 2015).

El talud continental está compuesto por una serie de elementos que influyen en su desarrollo y formación, como bancos submarinos, cuencas interiores, plataformas marginales y cañones submarinos, considerados subdominios dentro de las grandes provincias fisiográficas. Algunos de los bancos submarinos más destacados de la demarcación son el Banco de Galicia y el Banco Le Danois, también conocido como El Cachucho. El Banco Le Danois, que se encuentra a 70 km frente a la costa asturiana y otros bancos dentro de los márgenes presentan relieves por encima de los 3.000 m sobre la cuenca oceánica, con numerosos altos estructurales influenciados por procesos sedimentarios y erosivos asociados a las corrientes de fondo sobre el fondo marino (Llave et al., 2015).

En relación con las cuencas interiores hay que nombrar la cuenca interior de Galicia y la cuenca interior asturiana. La cuenca interior de Galicia tiene una longitud de 150 km y una anchura de 45 km, y en ella son muy significativos los aportes turbidíticos por parte de los cañones submarinos y los depósitos contorníticos debido a la acción de la NADW (Llave et al., 2015). La cuenca interior asturiana se encuentra orientada hacia el este entre los 920 m y 2.000 m de profundidad, delimitada por el Banco Le Danois y el sistema de cañones de Avilés. Se han caracterizado procesos de diapirismo (Iglesias, 2009) y grandes depósitos sedimentarios debidos a la MOW (Hernández-Molina et al., 2008).

Las tres plataformas marginales en el margen gallego son las plataformas de Ortegal, Pardo Bazán y Castro. Son importantes superficies de erosión y se encuentran entre los 200 m y 2.500 m de profundidad. Su origen se vincula a la apertura del Atlántico Norte (Jané, 2015). Por último, la



plataforma marginal de Landes en el margen cantábrico está en el extremo este del Golfo de Vizcaya y es limítrofe con la plataforma continental de Aquitania.

La cuenca oceánica es la región más profunda y distal de la demarcación y abarca profundidades entre los 4.000 m y 5.300 m de profundidad, con pendientes muy suaves que se hacen prácticamente llanas hacia el suroeste (Figura 2). La cuenca oceánica se puede dividir en dos partes: la cuenca oceánica de Iberia, en el área del margen gallego, y la cuenca oceánica de Vizcaya, en el margen cantábrico. La cuenca oceánica de Iberia se encuentra a continuación del talud de Galicia, y en ella afloran algunos sectores de una dorsal considerada el límite entre la corteza continental y la corteza oceánica (Boillot et al., 1980). Por otro lado, la cuenca oceánica de Vizcaya presenta al oeste una zona de montes submarinos que puede considerarse un vestigio de la época de la apertura del Golfo de Vizcaya (Ries, 1978).

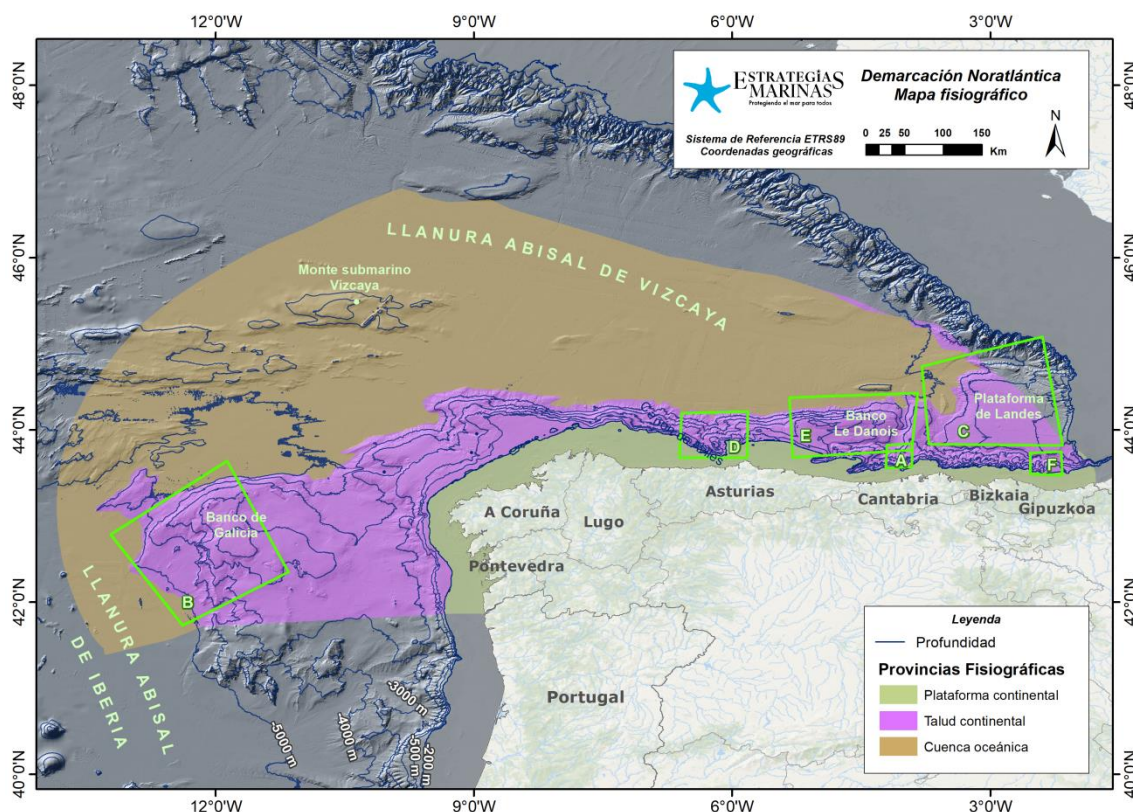


Figura 2. Mapa fisiográfico de la demarcación marina noratlántica donde se diferencian las provincias fisiográficas. Los cuadros A-F se corresponden con la localización de los gráficos 3D de la figura 3. Los datos cartográficos utilizados en este mapa provienen de diversas fuentes, incluyendo EMODnet, Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC e IGN. Los topónimos o nombres geográficos están recopilados en Palomino et al. (2023).



2.1.1 Características morfosedimentarias principales

En la demarcación marina noratlántica el aporte sedimentario hacia la plataforma continental es relativamente escaso, siendo las rías gallegas las principales trampas de sedimento. En la plataforma media de Galicia, destaca un cinturón fangoso, mientras que en el resto predomina el sedimento grueso (grava y arena). En el margen cantábrico, el aporte sedimentario es principalmente terrígeno, proveniente de ríos montañosos de corto recorrido (Fernández-Salas et al., 2015) lo que resulta en una textura mayormente arenosa en las zonas de plataforma. Sin embargo, la sedimentación es limitada debido al transporte de la mayoría de los sedimentos a través de cañones submarinos hacia zonas más profundas.

En la demarcación marina noratlántica, se encuentran diversos rasgos geomorfológicos que se pueden clasificar según su origen en estructurales, gravitacionales (cañones y canales turbidíticos y deslizamientos), deposicionales y por emisión de fluidos.

Los rasgos geomorfológicos de tipo estructural son los más significativos. En la plataforma continental son frecuentes los afloramientos rocosos (Fig. 3A), representando hasta el 35% de la superficie en el margen cantábrico. En el margen gallego también son comunes, especialmente en áreas cercanas a las islas y las entradas de las rías, aunque a menudo están cubiertos parcialmente por una fina capa de sedimento arenoso, tal y como ocurre en la parte oriental de la demarcación. En otros casos se puede observar la roca aflorante, y parches de arena gruesa (Fernández-Salas et al., 2015). En el talud y cuenca oceánica los rasgos estructurales predominantes son los montes submarinos y altos estructurales. Se han podido cartografiar hasta 33 montes submarinos y altos estructurales en esta demarcación, entre los que destacan el banco Le Danois y el promontorio de Santander en el talud del margen cantábrico y el banco de Galicia y los altos de Ordoño y Fernando en el talud del margen gallego. El banco Le Danois es una estructura con orientación este-oeste (Montadert et al., 1974) de 72 km de longitud y 15 km de anchura y su cima, relativamente plana, se sitúa entre los 550 y 600 m de profundidad. El banco de Galicia cuenta con una cima también relativamente plana situada a unos 700 m de profundidad y está limitado por distintos escarpes (Fig. 3B). En la cima de este monte submarino se han podido identificar diversos rasgos geomorfológicos tales como bioconstrucciones, ondas sedimentarias y surcos y canales debidos a la acción erosiva de las corrientes (Sánchez-Guillamón et al., 2019). Los montes submarinos presentan una escasa cobertera sedimentaria, caracterizada principalmente por arena media y fina, predominando los sedimentos mixtos y el sustrato rocoso (Gómez-Ballesteros et al., 2015, Sánchez-Guillamón et al., 2019). Estas morfologías se desarrollan también en la cuenca oceánica, destacando los montes de Jovellanos, Vizcaya, Charcot, Finisterre y Coruña. Estos montes submarinos se sitúan entre los 3.200 y 4.500 m de profundidad y dan como resultado relieves que varían entre los 650 y los 1.800 m de altura (Llave et al., 2018).

Otro tipo de rasgo estructural que caracteriza el talud de esta demarcación son las plataformas marginales. Una de las más destacadas es la plataforma de Landes, situada en la parte interna del golfo de Vizcaya, entre los 400 y los 2.800 m de profundidad (Fig. 3C). Esta plataforma, que conecta directamente con la plataforma continental francesa al este, tiene una morfología en planta semicuadrada, con una longitud y anchura que supera los 90 km y se caracteriza por presentar pendientes suaves entre 0,1° y 3° (Iglesias, 2009). Hacia la parte oeste de la demarcación se encuentran las plataformas marginales de Ortegal, Castro y Pardo Bazán. La plataforma de Ortegal está situada entre los 200 y 400 m de profundidad y tiene una longitud de unos 37 km. La plataforma de Pardo Bazán se extiende desde los 900-1.000 m de profundidad hasta alcanzar los 1.800-2.000 m, y presenta una orientación noreste-suroeste, una longitud de unos 80 km y una anchura de 25 km. A más profundidad se sitúa la plataforma de Castro, la cual se extiende hasta los 2.200-2.400 m.

Los rasgos turbidíticos de carácter erosivo son más importantes en el talud continental y cuenca oceánica. En el talud destacan la presencia de cañones submarinos y barrancos. Los más importantes por sus dimensiones se sitúan en el margen oriental de la demarcación y son, de este a oeste, los cañones de Capbreton, Santander, Llanes, Lastres y Avilés. El cañón de Capbreton con sus 300 km de recorrido es sin duda el más extenso, cuya cabecera se sitúa a tan solo 250 m de la costa francesa. Su



mayor peculiaridad es la posición de su trazado meandriforme paralelo a la costa hasta su tramo final, donde cambia de dirección a noreste-suroeste uniéndose al cañón de Santander (Gómez-Ballesteros et al., 2023). A lo largo de su recorrido, el cañón de Capbreton se alimenta de numerosos cañones tributarios, entre los cuales se desarrollan plataformas intertributarias, caracterizadas por sus pendientes más suaves. En este sistema de cañones los sedimentos tienen textura fangosa y fango-arenosa (Gómez-Ballesteros et al., 2023). Los cañones de Lastres y Llanes presentan una orientación noreste-suroeste y sus cabeceras se sitúan a unos 20 km frente a la costa. Ambos cañones confluyen en mitad de su recorrido con el cañón de Torrelavega. El cañón de Avilés, el más profundo de la demarcación, tiene una orientación sureste-noroeste (Fig. 3D). Abarca unas profundidades que van desde los 120 m en su cabecera hasta los 4.766 m en su tramo final. La longitud de este cañón es de 75 km, aproximadamente, hasta su confluencia con otros cañones de la zona (El Corbiro y La Gaviera) (Fig. 3D) (Arrese et al., 2021). La orientación de estos cañones, así como los cambios que se producen en sus cursos sugieren un fuerte control por fallas (Arrese et al., 2021; Gómez-Ballesteros et al., 2023). El cañón de Avilés tiene un carácter fundamentalmente deposicional (IEO, 2014; Sánchez et al., 2014), aunque tanto en su cabecera como en algunos sectores de su tramo medio aparecen fondos rocosos o endurecidos (Arrese et al., 2021). En su parte más proximal, las paredes y base de los cañones de Avilés, El Corbiro y La Gaviera están cubiertos por sedimentos de tipo arena fina que pasa a arena fangosa hacia zonas más profundas del cañón. En el margen gallego destacan los cañones de El Ferrol, A Coruña y Laxe. Una característica de los cañones del margen gallego es que su alineación es oblicua a la pendiente y que están aislados de las zonas de aportes fluviales, lo que sugiere que sus orígenes sean el resultado de la topografía antigua unido a la existencia de fallas (Fernández-Salas et al., 2015).

Si en el talud destacan los cañones submarinos, en la cuenca oceánica son característicos los canales turbidíticos, especialmente importantes en el margen occidental de la demarcación. Destacan especialmente los que forman parte del sistema de canales meso-oceánicos Charcot, como los canales Vizcaya, Hespérides y Charcot. Estos canales tienen una profundidad de aproximadamente 2 a 10 m y están acompañados por varios canales de menor tamaño, con dimensiones que oscilan entre 3 y 14 km de ancho, 100 km de largo y profundidades de 3 a 10 m (Llave et al., 2018). Además, en el margen cantábrico también se encuentran importantes canales submarinos, con dos canales principales con profundidades entre 15 y 20 m, que convergen en el pasaje Theta, formando un canal más pronunciado de alrededor de 200 m de profundidad y un perfil en forma de V (Llave et al., 2018). Estos canales submarinos desempeñan un papel crucial en el transporte de los aportes sedimentarios de los sistemas turbidíticos, y tienen un fuerte impacto erosivo sobre la cuenca oceánica. La cuenca oceánica está compuesta principalmente por sedimentos finos de tipo hemipelágico, que se depositan por la caída de partículas desde la columna de agua.

Sin embargo, uno de los rasgos geomorfológicos asociados a procesos gravitacionales más destacable por sus dimensiones se desarrolla en la cuenca oceánica y es el sistema turbidítico de Cap Ferret. Este sistema se extiende a lo largo del margen cantábrico, asturiano y el norte del margen gallego (Crémer, 1983; Faugères et al., 1998; Iglesias, 2009). El sistema está alimentado por el cañón de Cap Ferret y por los cañones de Capbreton, Santander y Torrelavega (Fig. 3E). Cabe destacar como una singularidad de este sistema turbidítico el desarrollo de un único levee o dique en el margen derecho del canal turbidítico de Cap Ferret (Iglesias, 2009), sobre el cual se desarrollan ondas de arena (Fig. 3E).

Los rasgos geomorfológicos asociados a deslizamientos más destacables aparecen en la zona del talud continental y en la cuenca oceánica. En el talud continental, se observan varios deslizamientos de gran magnitud: (a) al sureste de la plataforma de Landes se encuentra un deslizamiento que abarca una extensión de 280 km², con diversos lóbulos de deslizamiento y bloques deslizados (Gómez-Ballesteros et al., 2023). Las escasas muestras de sedimento recogidas sobre el mismo sugieren que el material no consolidado circundando a los bloques deslizados corresponde a sedimento de textura fangosa (Gómez-Ballesteros et al., 2023); (b) los deslizamientos o depósitos de transporte en masa generados en la región del banco de Galicia, que se desarrollan entre los 2.000 y los 5.300 m de profundidad, ocupando áreas que varían entre 63 y menos de 500 km² (Ercilla et al., 2011); y (c) el situado sobre la plataforma marginal de Ortegal, que tiene 19 km de largo y 26 km de ancho y está constituido por



varios lóbulos (superficiales y enterrados), indicando que su formación se ha producido en varias fases, y cuyo origen se atribuye a la actividad de fallas (León et al., 2021). En la cuenca oceánica, León et al. (2021) describieron varios deslizamientos en el monte submarino Charcot, cuyo origen fue atribuido a las características morfoestructurales del monte, en particular sus pendientes pronunciadas.

En cuanto a los rasgos deposicionales, en la plataforma continental podemos destacar las cuñas progradantes infralitorales, formadas por sedimento grueso, asociadas a la desembocadura de los principales ríos del margen cantábrico (Galparsoro et al., 2010), y en el interior de las rías en el margen gallego (Durán, 2005; Díez, 2006; Martínez-Carreño and García-Gil, 2017). Además, en la entrada de las rías Baixas también se han cartografiado cuerpos sedimentarios, de material grueso, con forma de delta, denominados abanicos de tormenta, y cuyo origen está asociado, entre otros factores, a la presencia de las islas Atlánticas en la entrada de esas rías. (Durán, 2005; Martínez-Carreño et al., 2017).

En el talud continental destacan rasgos deposicionales asociados a corrientes de fondo, como los depósitos contorníticos cuyos sedimentos presentan una textura de arenosa a fango-arenosa, y que pueden ser: laminares adosados al talud, monticulares elongados o separados. Estos depósitos contorníticos aparecen al sur del banco Le Danois, donde se generan por la interacción del agua mediterránea de salida (Mediterranean Outflow Water, MOW) con la topografía local (Iglesias, 2009), en la zona del banco de Galicia, de nuevo asociados a la MOW (Iorga y Lozier, 1999), y sobre la plataforma marginal de Castro, en este último caso, originados por la acción de corrientes durante periodos fríos y de bajada del nivel del mar (León et al., 2021).

Otro rasgo geomorfológico característico dentro de la demarcación noratlántica presente tanto en la plataforma como en el talud continental, son las depresiones asociadas al escape de fluidos o pockmarks. Los pockmarks son depresiones en el sedimento, que suelen presentar una textura fangosa o fango arenosa, pueden tener una morfología en planta que va desde circular a alargada y cuyos diámetros varían desde metros a varios kilómetros (Fig. 3F). En la plataforma continental estas estructuras aparecen fundamentalmente en el interior de las rías Baixas gallegas, concretamente en las rías de Muros, Arousa y Vigo. El fluido que expulsan tiene origen biogénico (García-Gil, 2003), y presentan diámetros que varían entre 4 y 59 m y profundidades que no superan los 2,5 m (García-García et al., 1999; García-Gil, 2003; Díez, 2006; Martínez-Carreño y García-Gil, 2013). En el talud continental del margen cantábrico estas estructuras aparecen fundamentalmente en el talud superior, concretamente sobre las plataformas intertributarias del cañón de Capbreton (Fig. 3F). En estas zonas los pockmarks aparecen a partir de la isobata de 400 m y tienen diámetros que van desde 30 a 600 m, con una profundidad media de 6 m, aunque pueden llegar a superar los 80 m (Gómez-Ballesteros et al., 2023). En la plataforma marginal de Landes también se han cartografiado depresiones con diámetros que oscilan entre 1 y 2,5 km y con relieves negativos de 35-40 m (Fig. 3C). Los pockmarks también están presentes en la plataforma marginal de Ortegal, concretamente entre las isobatas de 200 y 400 m. Presentan diámetros que oscilan entre 29 y 448 m. Asimismo, en el margen atlántico destacan tres depresiones de grandes dimensiones (3-5 km de diámetro y 100-370 m de profundidad) ubicadas en la zona transicional (Vázquez et al., 2009; Ercilla et al., 2011). Dichas depresiones se han interpretado como grandes colapsos asociados con la dinámica de fluidos viscosos en el subsuelo del margen (Ercilla et al., 2008; Vázquez et al., 2008).

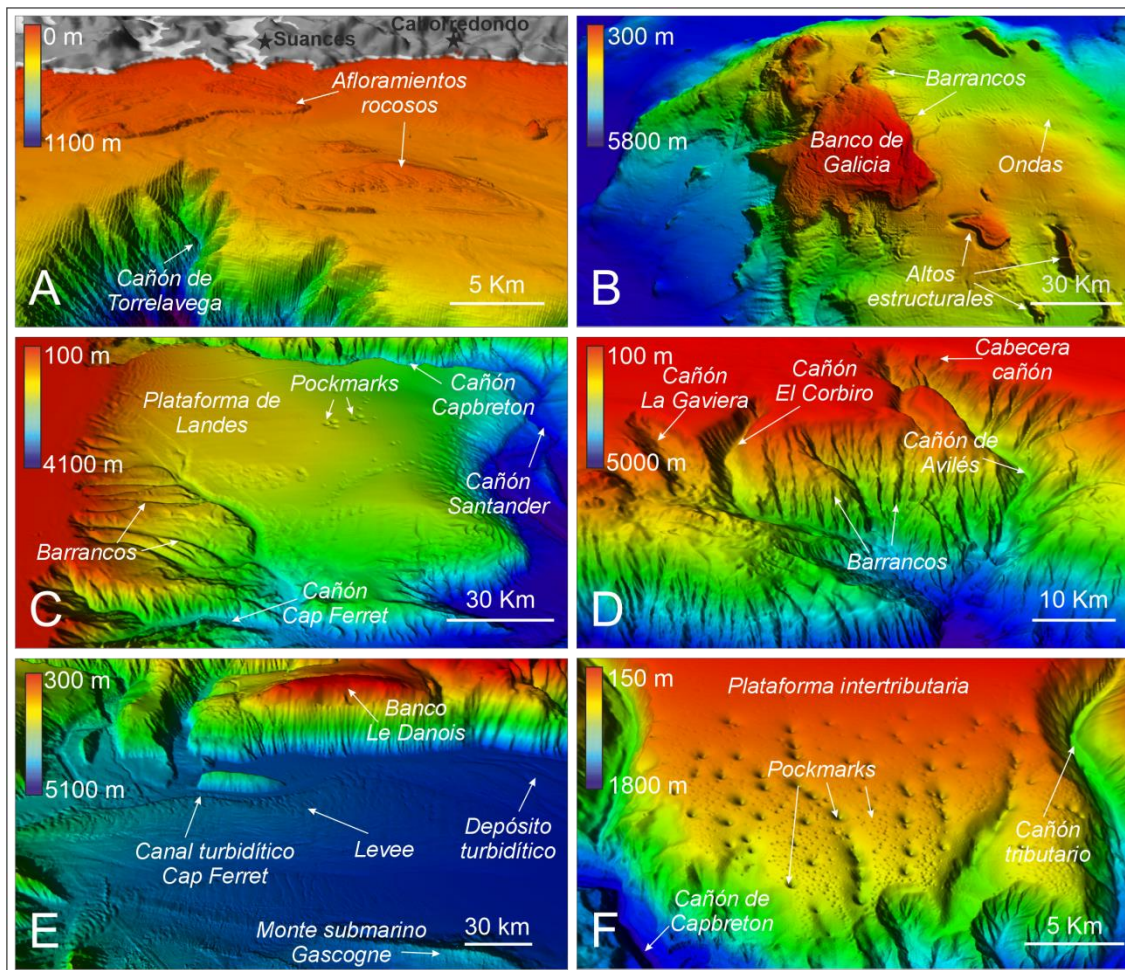


Figura 3. Ejemplos de los tipos morfológicos en la demarcación marina noratlántica donde se muestran A) Afloramientos rocosos en la plataforma continental al N de Cantabria. Exageración Vertical (E.V.) x10; B) Banco de Galicia y altos estructurales situados en el talud continental del margen gallego E.V.: x8; C) Plataforma marginal de Landes E.V.: X7; D) Cañones y barrancos submarinos situados en el talud continental al N de Asturias E.V.: x6; E) Sistema turbidítico de Cap Ferret, donde se aprecia al canal turbidítico, el levee que se forma al norte del canal y parte del depósito turbidítico E.V.: x10; F) Pockmarks de diversos tamaños, ubicados en la plataforma intertributaria de Kostarrenkala, frente a la costa del País Vasco E.V.: x4. Para la localización ver la figura 2.

2.2 Meteorología

2.2.1 Régimen atmosférico, campos de viento, temperaturas y pluviosidad

La circulación atmosférica en la región Ibérica, incluyendo la demarcación noratlántica, está regulada por la existencia de una zona anticiclónica con aire tropical marítimo al sur del paralelo 40° N, centrada cerca de las Azores (el Anticiclón de las Azores), y una zona de bajas presiones centrada sobre el paralelo 60° N, cerca de Islandia, que canaliza las borrascas del frente polar y transporta aire polar marítimo (la Depresión de Islandia). Los cambios en la magnitud, distribución y extensión de estos centros de presiones a lo largo del año (i) determinan la estacionalidad de los vientos predominantes, con fuertes contrastes en la componente este-oeste (Figura 6). La región se caracteriza por una marcada estacionalidad con vientos predominantes de componente norte y nordeste en primavera y verano, y vientos predominantes del suroeste en otoño e invierno que facilitan la penetración de masas de aire húmedas activando mayor pluviosidad. (Lavín *et al.*, 1991, 2000).



Figura 5. Campos de presión estacionales (mbar) a partir de la base del Reanálisis atmosférico NCEP/NCAR II.

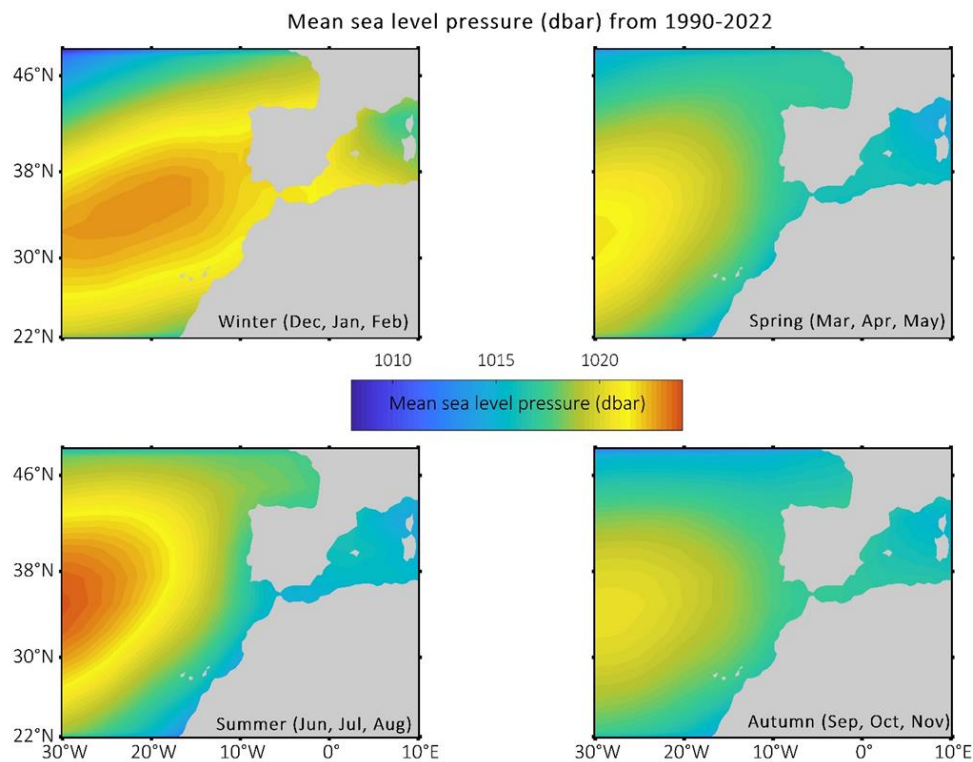


Figura 4. Campos de presión estacionales (mbar) a partir de la base del Reanálisis atmosférico NCEP/NCAR II.

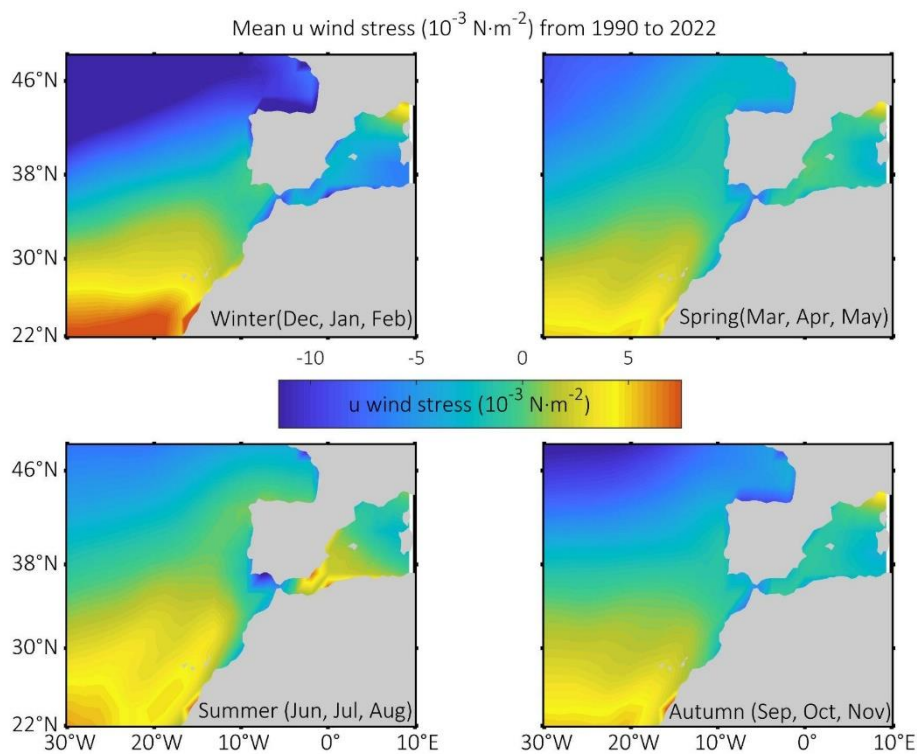
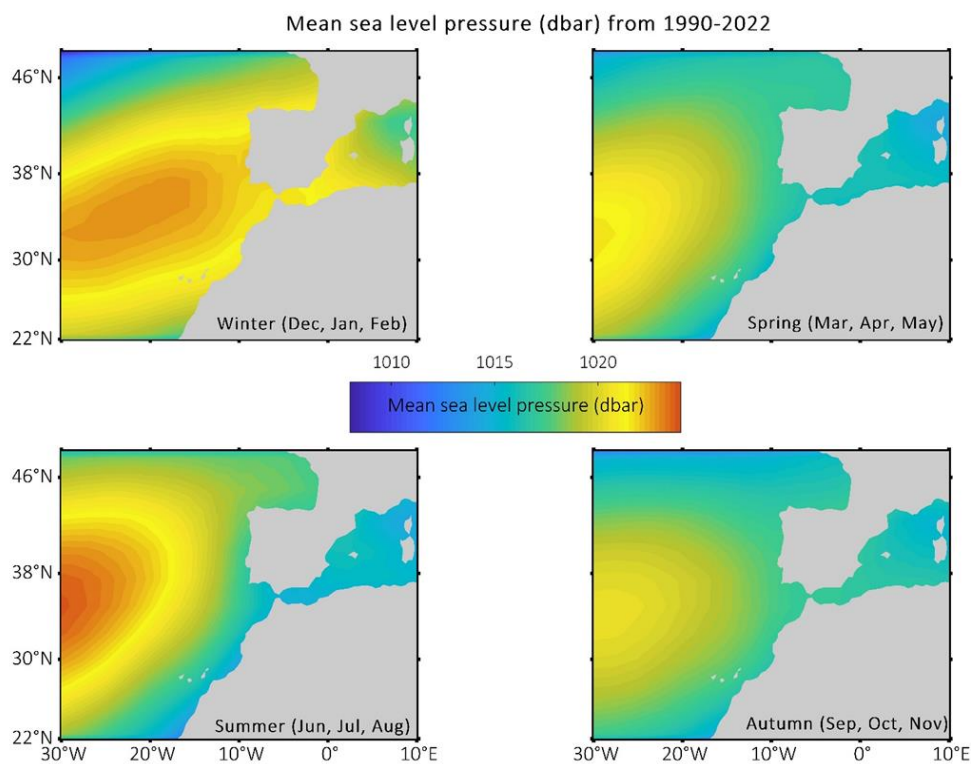


Figura 5. Campos de presión estacionales (mbar) a partir de la base del Reanálisis atmosférico NCEP/NCAR II.



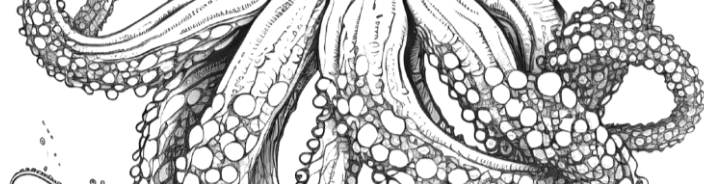


Figura 6 Campos de tensión del viento (wind stress) estacionales a partir de la base del Reanálisis atmosférico NCEP/NCAR II

En el patrón invernal, el anticiclón de las Azores se debilita y se extiende hacia el continente europeo. Al mismo tiempo la región de bajas presiones en el Atlántico Norte se profundiza (Figura 5, invierno), dando lugar al llamado “frente polar” asociado a un flujo dominante del suroeste (Figura 6, invierno) e inestabilidades que generan depresiones sobre el océano Atlántico conocidas como “borrascas noratlánticas”. El régimen de precipitaciones asociado a este patrón, así como los caudales de los ríos que desembocan en la demarcación noratlántica hacen que el balance evaporación-precipitación regional sea negativo, siendo el único caso en las demarcaciones españolas (Figura 7). Las tendencias recientes apuntan a que el gradiente norte sur en el balance evaporación-precipitación se está intensificando, siendo más negativo en la demarcación noratlántica (las precipitaciones superan más ampliamente la evaporación) y más positivo en la región canaria.

Por otro lado, en primavera y en verano el anticiclón de las Azores se extiende en forma de cuña hacia Islandia (Figura 6, primavera y verano), y se establece una zona de bajas presiones al este de las islas británicas, dando lugar a un régimen de vientos suaves o moderados del noreste que soplan sobre las aguas de las distintas demarcaciones (Figura 6) y determinan regímenes de afloramiento.

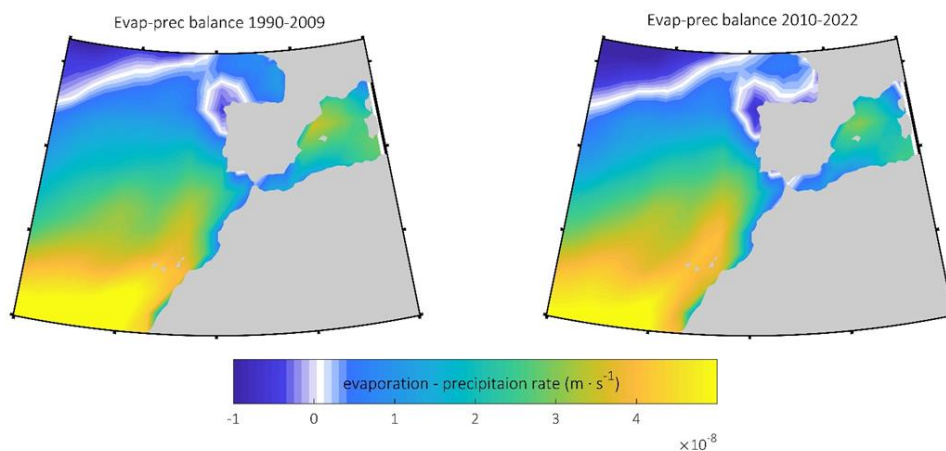


Figura 7. Campos de balance evaporación precipitación promedios para los períodos indicados a partir de la base del Reanálisis atmosférico NCEP/NCAR II

La estacionalidad es aún más marcada en lo referente a las temperaturas. Dado el aumento de la radiación solar, la temperatura superficial del mar aumenta desde la primavera por la ganancia de calor desde la superficie y disminuye desde finales de verano hacia el otoño cuando el océano comienza a ceder el calor que ha acumulado en esos meses a la atmósfera. El momento en que se alcanza el mínimo de temperatura superficial en primavera varía desde el mes de febrero en las demarcaciones del Mediterráneo, Golfo de Cádiz y Canarias hasta mediados de marzo en la demarcación noratlántica (Figura 8).

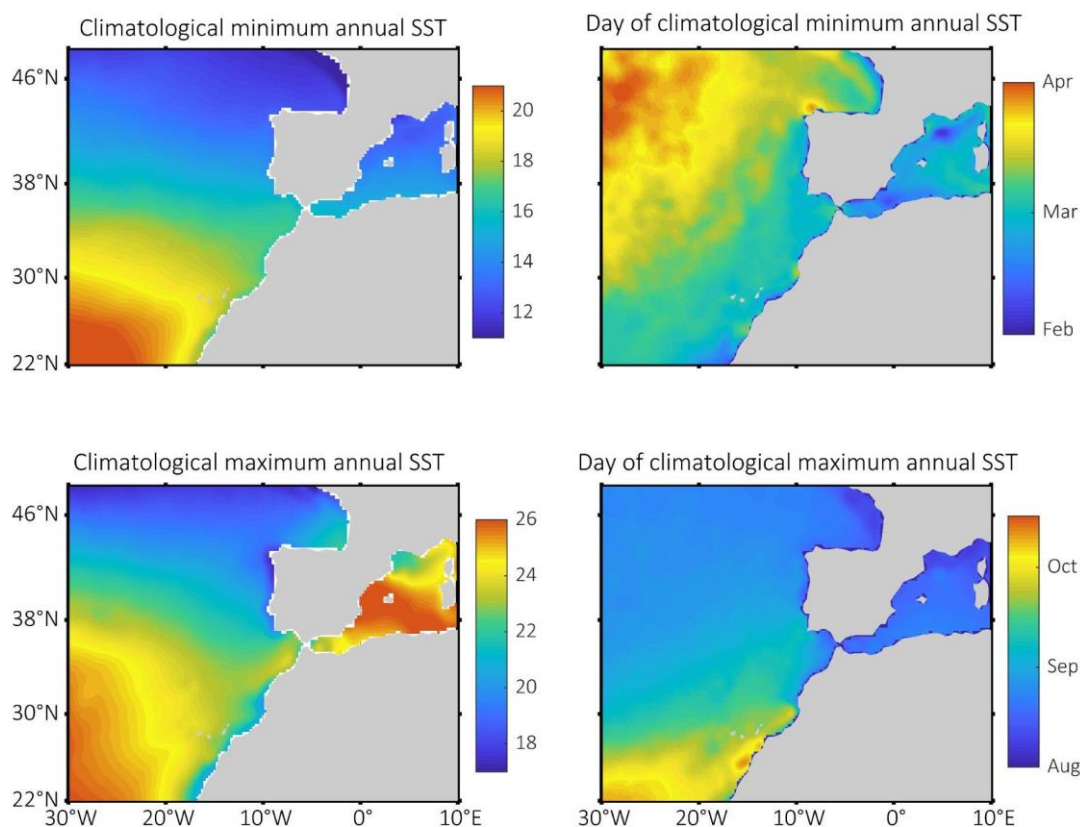


Figura 8. Temperatura superficial del mar climatológica máxima y mínima a lo largo del año y días en que se alcanzan cada una de ellas a partir de datos de temperatura superficial [NOAA OI SST V2 High Resolution Dataset](#)

En cuanto a las tendencias de temperatura superficial del mar (Figura 9) se observa como las tendencias en todas las demarcaciones están por encima de la tendencia media de calentamiento de las aguas superficiales de $0.15^{\circ}\text{C}/\text{década}$ identificada por el color blanco en la Figura 9. Esto significa que en todas las demarcaciones las aguas se están calentando más rápido que la media global. Las únicas áreas que no muestran este comportamiento son las zonas de afloramiento que muestran tendencias nulas e incluso de enfriamiento, y que siguen así presentándose como un refugio frente al calentamiento global.

Los patrones atmosféricos presentan variabilidad en escalas interanual y decadal, que se capturan por medio de índices climáticos asociados a modos de oscilación de baja frecuencia del sistema (Figura 10). La oscilación noratlántica (NAO), definida como la anomalía de la diferencia de presión entre el anticiclón de las Azores y la borrasca de Islandia, da cuenta de las rutas preferentes de las cadenas de borrascas (Hurrell, 2003). El patrón oriental del Atlántico EA está relacionado con situaciones de bloqueo atmosférico que inyectan aire frío continental hacia el sur de Europa.

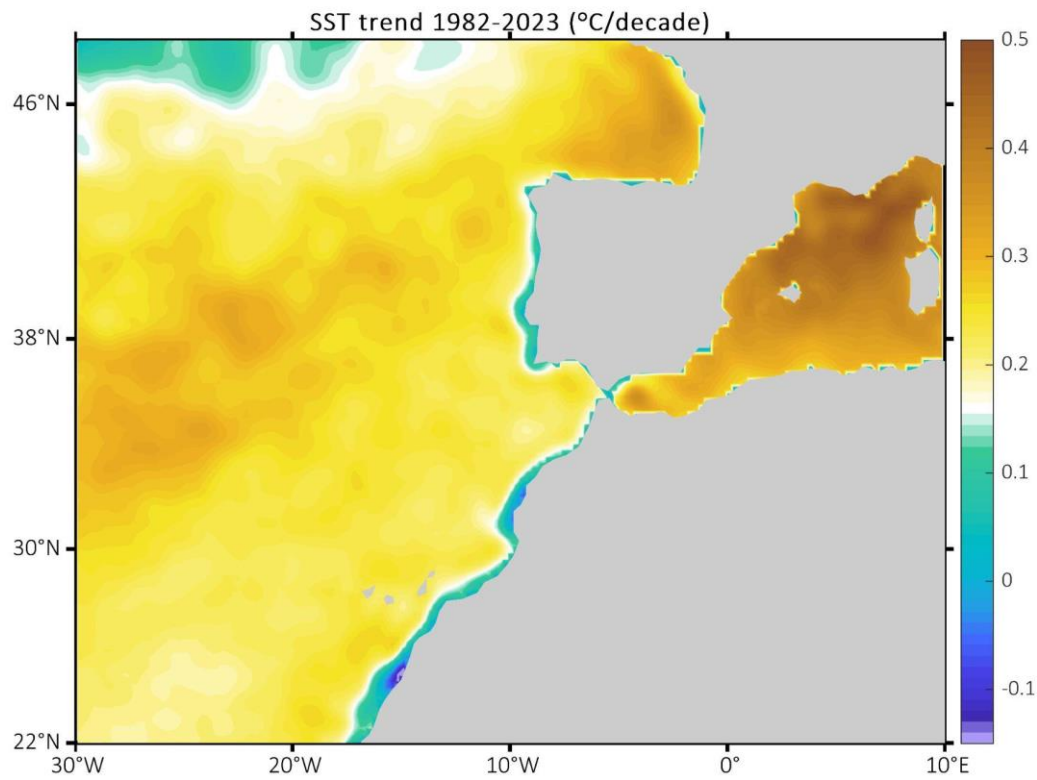


Figura 9. Tendencias de la temperatura superficial del mar (SST) para el período 1982 a 2023. Las tendencias de SST están indicadas por la escala de colores. El color blanco marca la tendencia promedio de calentamiento global de la SST (0.15°C/década) para el período de referencia de 1980 a 2020. [NOAA OI SST V2 High Resolution Dataset](#)

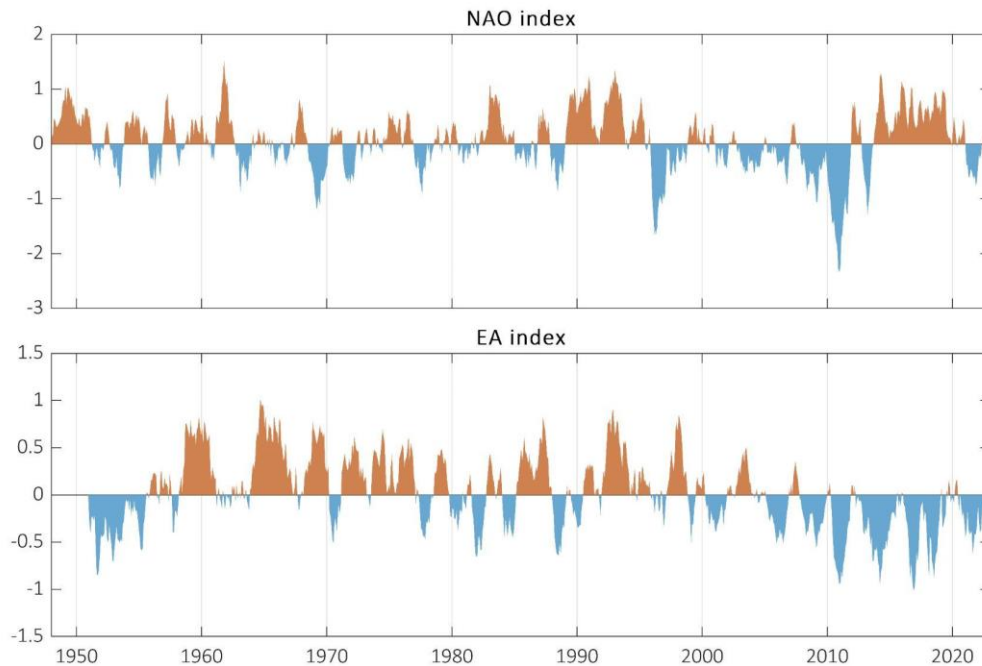


Figura 10. Índices NAO y EA que resumen las oscilaciones interanuales y decadales en los patrones de circulación atmosférica en el Atlántico Norte.

2.2.2 . Oleaje

El viento transfiere energía a la superficie del mar provocando ondulaciones en su superficie (olas), que se propagan libremente. El oleaje, caracterizado por su altura y por su longitud y periodo, viene determinado por la velocidad del viento, la distancia en la que actúa, el tiempo durante el cual actúa sobre la superficie del mar y la profundidad. La altura media de las olas en la demarcación noratlántica es superior a los dos metros, excediendo frecuentemente los siete metros en temporales invernales (Medina, 2008).

El organismo público Puertos del Estado proporciona información sobre el régimen de oleaje en las aguas costeras de España a partir de los datos obtenidos por las boyas repartidas por la costa. Los diagramas de la Figura 11 muestran rosas de oleaje en la red de aguas profundas de la demarcación noratlántica (datos disponibles en <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>). Además, los puertos españoles cuentan con una red de boyas costeras que facilitan datos del oleaje en aguas poco profundas.

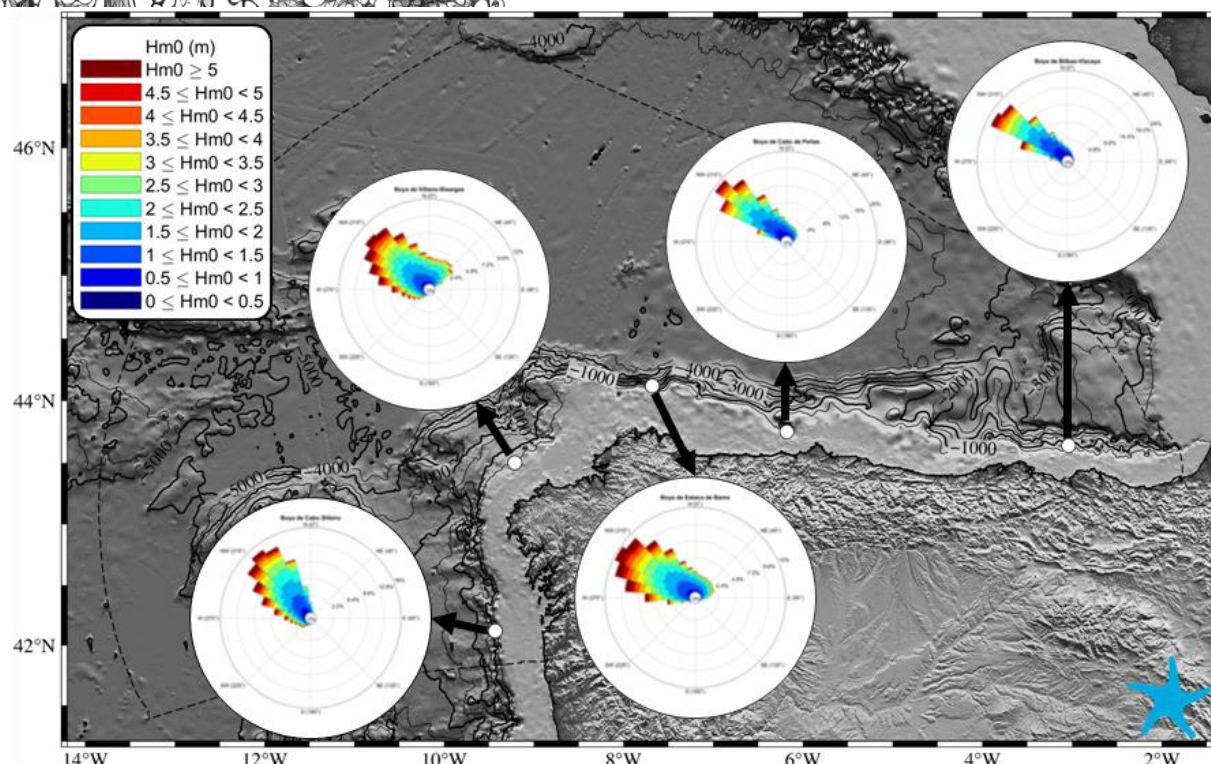


Figura 11. Diagrama de rosa de la altura significativa y dirección media de procedencia del oleaje para las boyas de (empezando desde la del sur de Galicia recorriendo la costa hasta el País Vasco): a) Cabo Silleiro (Datos de Puertos del Estado). Datos del 6 de julio de 1998 al 16 de abril de 2024. b) Villano-Sisargas (Datos de Puertos del Estado). Datos del 13 de mayo de 1998 al 16 de abril de 2024. c) Estaca de Bares (Datos de Puertos del Estado). Datos del 19 de julio de 1996 al 16 de abril de 2024. d) Cabo de Peñas (Datos de Puertos del Estado). Datos del 18 de marzo de 1998 al 16 de abril de 2024. e) Bilbao-Vizcaya (Datos de Puertos del Estado). Datos del 7 de noviembre de 1990 al 16 de abril de 2024.

2.3 Hidrografía y Circulación

El margen noroccidental de la Península Ibérica, donde se sitúa la demarcación noratlántica, se encuentra entre el borde noreste del giro anticiclónico subtropical y lo que se conoce como región de intergiros. Se caracteriza por una circulación superficial débil, con un flujo medio hacia el sur de unos pocos cm s^{-1} (Paillet y Mercier, 1997) y dominado por la actividad de mesoescala (Mémery et al., 2005). El golfo de Vizcaya en particular se considera un mar adyacente a este sistema con circulación débil de carácter anticiclónico (Pingree, 1993; van Aken, 2002). Estos patrones generales de circulación están asociados a las distribuciones regionales de las masas de agua. Tanto la circulación como las características de las masas de agua varían en diferentes escalas de tiempo, afectando la evolución de los ecosistemas marinos y a la capacidad del océano de modular el sistema climático. Cuantificar esta variabilidad requiere una monitorización continuada en el tiempo. La Figura 12 muestra los patrones generales de circulación en las diferentes capas/masas de agua, que se describen en la presente sección.

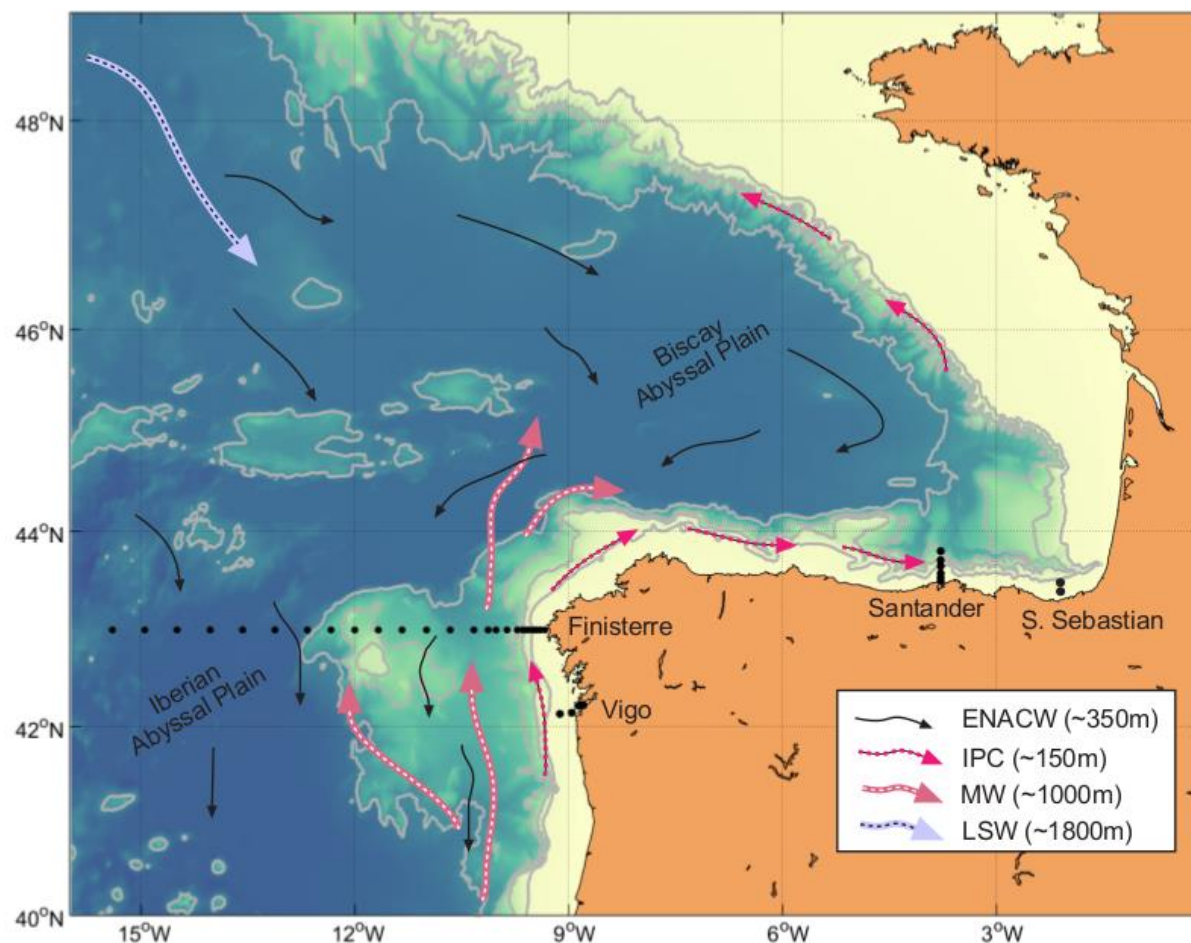


Figura 12. Vista esquemática de la circulación oceánica en el Golfo de Vizcaya mostrando los diferentes patrones encontrados en los principales niveles de la termoclina permanente, hasta unos 2000 metros de profundidad.

Desde finales del siglo XX se han venido desarrollando proyectos tanto nacionales como internacionales en la zona del Golfo de Vizcaya y noroeste de Galicia que han ayudado a comprender y describir mejor los procesos de circulación, mezcla y transporte. Modelos hidrodinámicos, imágenes de satélite y sistemas oceanográficos operacionales han reforzado la hidrografía tradicional. Además de los numerosos proyectos específicos de duración determinada, el IEO inició en 1988 un programa de muestreo periódico del ecosistema pelágico en la costa y plataforma continental de A Coruña que se consolidó en 1993 como el proyecto estructural RADIALES (Estudio de la serie temporal de datos oceanográficos) que se extendió gradualmente a diferentes ubicaciones de la costa española (Valdés et al., 2021, Tel et al., 2016). El Centro Tecnológico experto en Investigación Marina y Alimentaria “AZTI-Tecnalia” en San Sebastián opera también una sección hidrográfica complementaria (Valencia et al., 2019). A principios de la década de los 2000’s se iniciaron también muestreos regulares de toda la columna de agua sobre las llanuras abisales ubicadas en el entorno de la demarcación noratlántica. La boyas océano-meteorológica y de biogeoquímica AGL (Augusto González de Linares) completa el sistema de observación regular (Somavilla et al., 2011). Tanto en el marco del grupo de hidrografía



oceánica del ICES (González-Pola et al., 2019; González-Pola, et al., 2023) como en OceanSITES (www.oceansites.org) se hace seguimiento anual de las condiciones ambientales en la región.

2.3.1 Aguas superficiales: Propiedades termohalinas y estacionalidad

La plataforma continental en el N-NO de la península Ibérica presenta una zonificación térmica marcada desde una parte occidental fría, donde la influencia oceánica es mayor, a la parte oriental, donde la influencia continental es mayor (Figura 13). El ciclo anual de temperatura superficial se puede dividir en dos períodos principales, en el primero, de diciembre a abril, las isotermas siguen el patrón general del Atlántico Nororiental, caracterizado por un gradiente de temperatura meridional. En el segundo, de junio a octubre, el golfo de Vizcaya se aísla y desarrolla un patrón independiente en la distribución de isotermas. La transición entre los dos periodos ocurre en mayo y en noviembre (Moreno-Ventas *et al.*, 1997). En la zona más occidental, el rango estacional de temperatura está limitado por el enfriamiento estival del agua causado por los afloramientos. El rango medio de temperatura superficial entre el verano y el invierno es de unos 4 °C (Valdés *et al.*, 1991), incrementándose en la parte oriental donde hay más influencia del continente (Valencia *et al.*, 2004) por lo cual las temperaturas son más altas en el verano y más bajas en el invierno que en la zona circundante (efecto bahía). Cerca de la superficie las temperaturas medias mensuales en la barrera continental indican la existencia de un máximo típico de verano (agosto) y de un mínimo en el invierno tardío (febrero-marzo). La amplitud del ciclo es de aproximadamente 9 °C. Debido al desarrollo estacional de la capa de mezcla, el máximo de temperatura ocurre más tardíamente a mayor profundidad hasta alcanzar el máximo en torno a unos 250 metros en promedio (González-Pola, 2007).

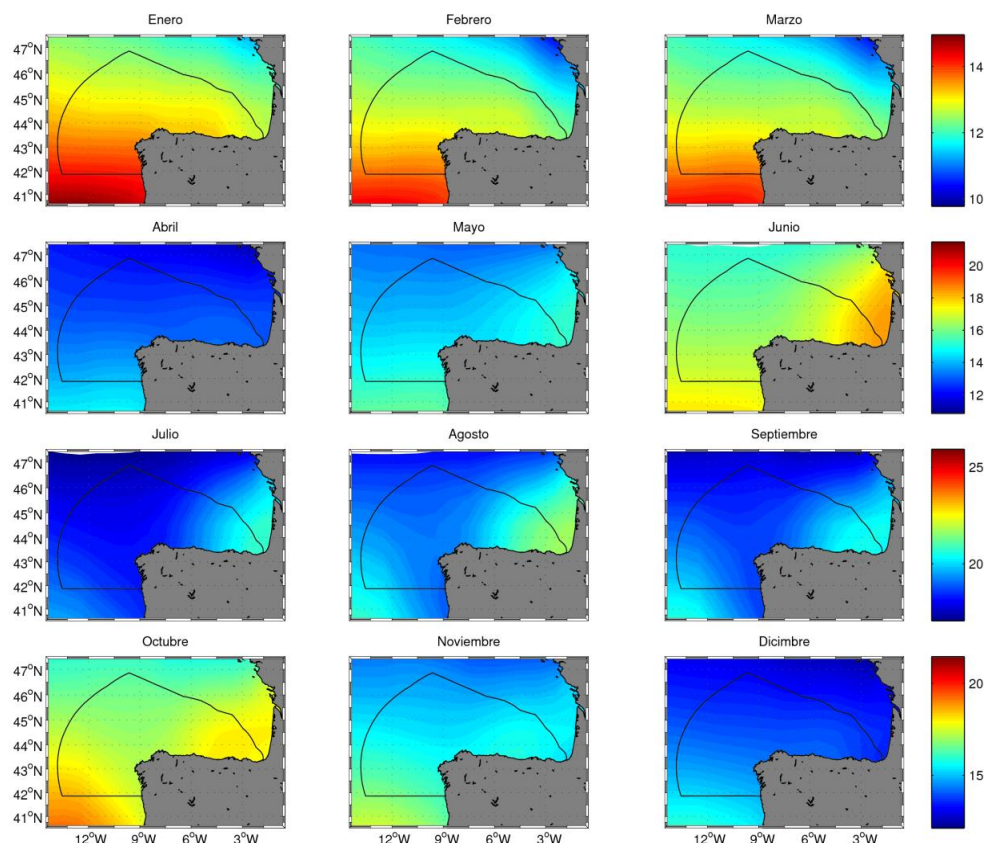


Figura 13. Promedio de largo término de la señal SST en el Golfo de Vizcaya a partir de la base de datos NOAA_OI_SST_V2.

La Figura 14 muestra las series temporales de temperatura y salinidad de la columna de agua en cinco estaciones en la plataforma continental media recorriendo las regiones gallega y cantábrica desde 1992 hasta 2023. La variabilidad de interanual a partir de estas series se describe en literatura científica (e.g. Otero et al., 2023; Bode et al. 2019; Bode et al., 2020; Prieto 2013, Prieto 2015, Somavilla et al., 2016), y además nutre los informes periódicos de clima oceánico, destacando el informe anual del ICES de clima oceánico (González-Pola, C., et al., 2023 y anteriores), pero también los Quality Status Report de OSPAR (OSPAR, 2023) o los informes de estado de cambio climático (Kersting 2016). En esta figura se identifica el patrón de calentamiento y enfriamiento estacional que determina el proceso de estratificación y mezcla de la columna de agua, y que es muy diverso entre las distintas regiones. El periodo de estratificación tiene lugar entre mayo y octubre, en una capa con una profundidad de pocas decenas de metros.

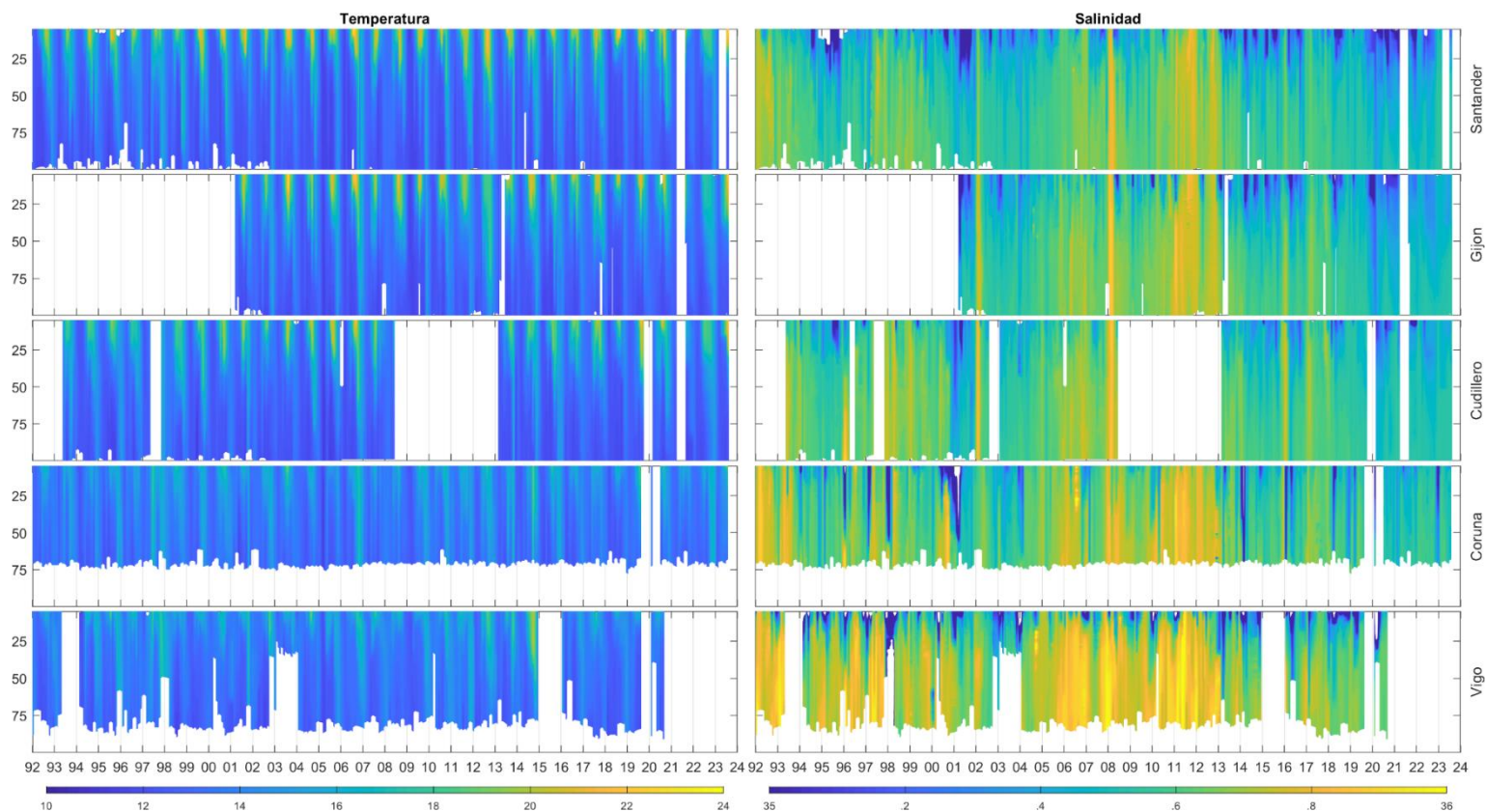
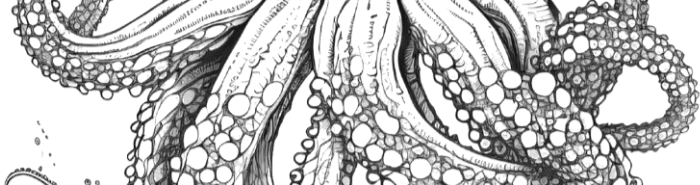


Figura 14. Series de temperatura y salinidad (1992-2023) en estaciones de plataforma media (≈ 100 m) de la costa gallega y cantábrica. En Vigo y en Coruña las estaciones más profundas alcanzan tan solo unos 75 m (actualizado de González-Pola et al., 2012).



La salinidad superficial está más influenciada por fenómenos de tipo advectivo que por el propio ciclo estacional local de precipitación y evaporación, y esto se acentúa especialmente en la región de plataforma donde las descargas de los ríos tienen un efecto notable. En la costa gallega los mínimos de salinidad superficial se alcanzan en torno al invierno y están relacionados con los máximos de descarga pluvial de las rías (Otero et al., 2010). Por el contrario, el mínimo de salinidad en el Cantábrico se alcanza en verano y está asociado a la descarga de los principales ríos franceses, alimentados por los deshielos primaverales que tienen lugar en los Pirineos (Somavilla et al., 2013), en combinación con el régimen advectivo hacia el oeste que tiene lugar en la zona en la época estival. Estas advecciones de agua dulce producen variaciones significativas en el ciclo estacional de salinidad. Durante la primavera y el verano se observan valores bajos de salinidad en superficie en gran parte de la plataforma continental, debido al aporte de aguas continentales y a la advección de aguas de baja salinidad del este. La contribución de aguas continentales fluviales se ve diluida en toda la columna de agua, bajando la salinidad y la temperatura de la parte más interna de la plataforma y ayudando a sostener un gradiente a través del litoral entre el agua de la plataforma y la corriente de talud. A finales de otoño e invierno el patrón de salinidad de la capa superficial de la zona meridional de la demarcación noratlántica se ve afectado por la advección de agua atlántica del oeste de la Península Ibérica. Estas intrusiones de aguas más templadas y saladas, de origen subtropical, son más intensas durante el invierno, cuando las condiciones de los vientos son más favorables, pero también se han reportado eventos primaverales sobre la parte occidental de la plataforma cantábrica durante otras estaciones (Bode et al., 1990; Lavín et al., 2001).



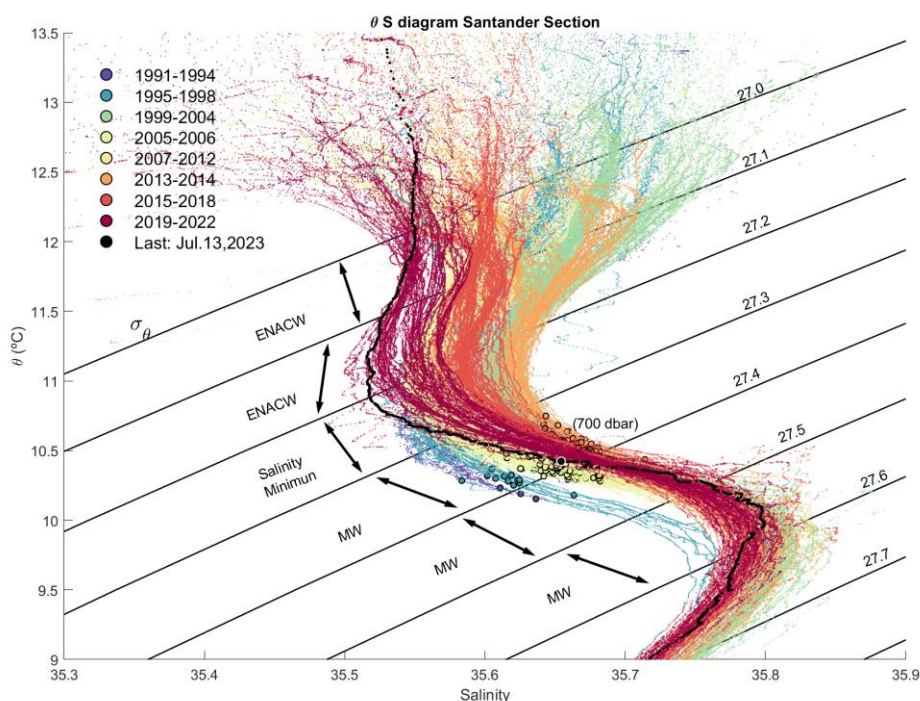
2.3.2 Masas de Agua

La mayoría de las masas de agua de esta demarcación tienen origen en el Atlántico Norte, incluyendo aquellas que se han transformado tras mezclarse con el agua del Mediterráneo que fluye a través de Gibraltar. La parte septentrional del Golfo de Vizcaya es también una zona de formación de masas de agua invernales debido a la fuerte convección vertical, con una marcada variabilidad interanual (Pollard *et al.*, 1996).

Haciendo uso de los diagramas T-S, que son representaciones gráficas de las dos variables fundamentales (temperatura y salinidad) que permiten establecer la ecuación de estado del agua de mar, en la demarcación noratlántica se pueden distinguir varias masas de agua, cuya estructura para varias zonas se infiere en el diagrama de θS de las figuras 2.12 y 2.13. Son las siguientes:

Aguas centrales

Bajo la capa de mezcla se encuentra el Agua Central del Atlántico Nororiental (Eastern North Atlantic Water, ENACW) (Harvey, 1982). Esta masa de agua se representa como una línea recta en el diagrama θS , abarcando niveles de densidad desde $\sigma_\theta \sim 27.1$ hasta 27.3, donde la temperatura y la salinidad disminuyen hasta alcanzar un mínimo relativo de salinidad alrededor de 500-600 dbar. En el diagrama θS se observa una forma de “S” invertida con un mínimo de salinidad que marca el límite inferior de las aguas centrales (Figura 15). Según su zona de formación, se identifican dos variedades principales: agua modal subpolar, con origen en la zona sur de la corriente del Atlántico Norte (NAC) y que se extiende hacia el sur (Pollard *et al.*, 1996), y una rama formada en el extremo septentrional de la corriente de las Azores (CA), que se mueve hacia la costa Ibérica (Pingree, 1997). La variabilidad interanual de las aguas centrales al sur del golfo de Vizcaya ha sido descrita en detalle a partir de la serie SATS-Santander Atlantic Time-Series Station (González-Pola *et al.*, 2005; Somavilla *et al.* 2009).



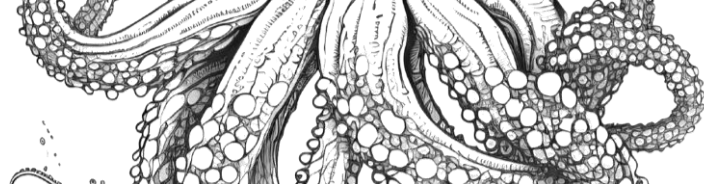


Figura 15. Diagrama de temperatura potencial-salinidad de la sección de Santander en la demarcación noratlántica (perfiles desde 1992 hasta 2023). <https://www.seriestemporales-ieo.net/>

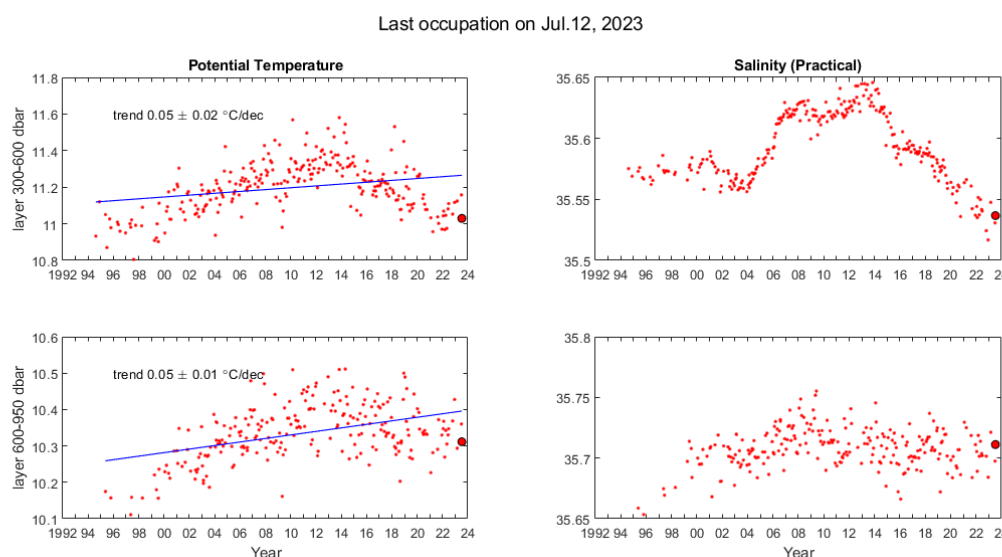


Figura 16. Series de temperatura y salinidad (1992-2023) representativas de ENACW regional medidas en SATS (Santander Atlantic Time-Series Station).

En la Figura 16, se presentan series temporales de temperatura y salinidad medidas en SATS, representativas de ENACW regional (actualizado de González-Pola et al., 2005). Se identifica un periodo muy salino en las aguas centrales iniciado en 2005 a partir de una mezcla invernal anómalamente intensa (Somavilla et al., 2009) que se mantuvo hasta aproximadamente 2014 cuando la propagación de una anomalía salina por el Atlántico (Holliday et al., 2020) alcanzó nuestras regiones iniciando una bajada sostenida de la salinidad que se mantiene hasta hoy (González-Pola, C., et al., 2021).

Aguas intermedias

Bajo las aguas centrales, entre 500 y 1.000 m de profundidad, se encuentra la capa de agua mediterránea, (Mediterranean Water, MW), la cual se forma a partir de la mezcla de aguas de desborde (outflow) del Mediterráneo por el Estrecho de Gibraltar con las aguas residentes en el Golfo de Cádiz (p. ej. Sánchez et al., 2017). La MW se mueve en dirección norte, abrazando el talud continental de Portugal (Daniault 1994). El núcleo principal se caracteriza por un claro máximo de salinidad que se extiende desde el Cabo San Vicente como una corriente profunda de contorno hacia el norte a lo largo del margen oceánico europeo, alcanzando latitudes altas como el banco Porcupine a 53° N. La salinidad de este núcleo disminuye hacia el norte a lo largo del talud continental debido a la mezcla con tipos de agua menos salinas (Díaz del Río *et al.*, 1998; van Aken, 2000b) y origina una fuerte anomalía térmica y salina en todo el Atlántico Norte. Los valores de salinidad son menores sobre la llanura abisal. En el extremo noroccidental de la Península Ibérica, el máximo nivel de MW se encuentra mar adentro, pero desde cabo Ortegal la vena vuelve a estar atrapada cerca de la parte superior del talud, fluyendo en dirección este a lo largo de la costa norte Ibérica (Iorga y Lozier, 1999). En todo caso, la vena de MW presenta una fuerte estacionalidad permaneciendo constreñida al borde de la plataforma continental durante el verano y dispersándose hacia la zona oceánica durante el invierno (Prieto et al., 2013).

Bajo la MW, a una profundidad de aproximadamente 1.900 m, se observa el núcleo del agua del Labrador LSW, que representa el último estado de la modificación de las aguas modales del giro



subpolar originadas por la convección invernal profunda en el Mar del Labrador y se caracteriza por un mínimo de salinidad en profundidad más evidente en la parte septentrional y occidental del Golfo (Figura 17, Pingree, 1973).

Aguas de fondo y profundas

Entre 2.500 y 3.000 m de profundidad, por debajo de las aguas intermedias, se encuentra el núcleo de aguas profundas del Atlántico Noreste (North Atlantic Deep Water, NADW), que se genera a partir del rebose de los Mares Nórdicos por los pasos del estrecho de Dinamarca y el canal de las Faroes (van Aken, 2000a).

Por último, en los niveles más profundos se encuentra el agua de fondo (Lower Deep Water, LDW) resultado de la mezcla de masas de agua polares de diferente procedencia incluida una componente de agua antártica (van Aken, 2000a). Se encuentra a profundidades mayores de 4000 m, representando el segmento más profundo del diagrama T-S en la Figura 16. Su flujo predominante es hacia el noreste (Arhan *et al.* 1994).

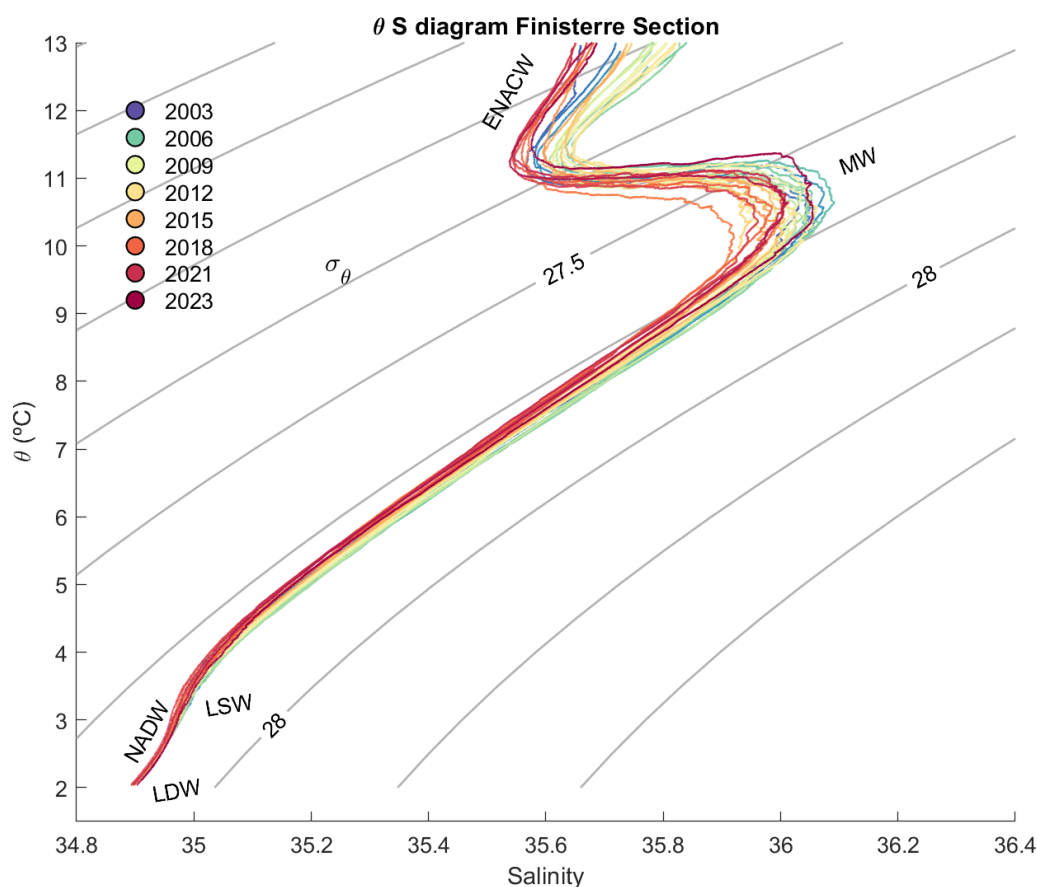


Figura 17. Diagrama de temperatura potencial-salinidad en la sección hidrográfica de Finisterre (campaña RadProf).



2.3.3 Circulación

2.3.3.1 Dinámica General

El océano Atlántico Norte tiene una circulación general compuesta por dos giros que siguen al patrón meteorológico: el giro subtropical anticiclónico y el giro subpolar ciclónico. La demarcación noratlántica se encuentra en latitudes medias entre los límites de ambos giros: de la corriente de las Azores del giro subtropical y de la corriente del Atlántico Norte del giro subpolar.

El sistema de corrientes de contorno del Atlántico Norte se caracteriza por corrientes débiles, de talud y afloramientos costeros (Barton, 1998), compartiendo estas características con la mayoría de los sistemas de contorno orientales. La región que abarca el golfo de Vizcaya y el noroeste de la península Ibérica corresponde a lo que se conoce como la "región intergiro", un área sombreada apartada de las corrientes principales de circulación del Atlántico Norte que puede ser percibida como estancada en mapas de circulación a gran escala (Reid, 1994; Tomczak y Godfrey, 2001; Talley, 2011)

El Golfo de Vizcaya funciona por tanto como un mar regional al este del Atlántico Norte (Lavín et al., 2006). Un primer esbozo de la circulación regional basado en la literatura disponible se presentó en Koutsikopoulos y Le Cann (1996). Desde entonces, se han producido versiones posteriores consistentes con ese primer diagrama incluida la figura 2.8 que reproduce este documento y a partir de la descripción regional en informe del ICES sobre el clima oceánico (González-Pola et al., 2023). Sobre la llanura abisal, la circulación a nivel de las aguas centrales muestra un patrón general anticiclónico con una componente débil hacia el sur. En plataforma y talud la topografía, y sobre todo la orientación de la costa y los vientos, condicionan el patrón de circulación con fuerte estacionalidad. En otoño-invierno la influencia de vientos del suroeste y las anomalías de densidad originan una corriente de talud que fluye hacia el norte a lo largo del contorno continental que se conoce como Iberian Poleward Current (Frouin *et al.*, 1990; Haynes y Barton, 1990; Pingree and Le Cann, 1990). Esta corriente intermitentemente, llega a la costa norte española más o menos en el periodo navideño, por lo que Pingree y Le Cann (1992) la llamaron "Corriente de Navidad". Una vez entra en el Golfo de Vizcaya, continúa en dirección este a lo largo de la plataforma y el talud continental cantábrico (Gil, 2008).

La Cuando la topografía cambia repentinamente, como en el cabo Ortegal, el cañón de cabo Ferret o la Cresta de Goban, la circulación se desestabiliza inyectando aguas de talud en la región oceánica para formar giros anticiclónicos con núcleo de agua templada, disipándose más adelante en el interior del golfo (Pingree y Le Cann, 1989, 1990; Paillet et al., 1999). La corriente de talud se va debilitando al finalizar el invierno, dejando de existir como tal al comenzar la primavera. En verano, en la vertiente Atlántica, debido al cambio en el régimen de vientos (del SO al N), la corriente superficial circula hacia el sur, y la subsuperficial hacia el norte. En la plataforma Cantábrica, la corriente superficial también se invierte y se mueve hacia el oeste (Cabanias, 1999).

2.3.3.2 Procesos costeros y de mesoescala.

Los procesos de mesoescala que se dan en la demarcación son muy relevantes (Le Cann 2005) desde el punto de vista biológico. En concreto, se forman frecuentemente "eddies" (remolinos coherentes de decenas de kilómetros) asociados a la interacción de la corriente Ibérica hacia el Polo con las



irregularidades del talud continental, las fases de afloramiento provocan la formación de grandes filamentos que se extienden cientos de kilómetros al Oeste de Finisterre y las descargas de los grandes ríos como el Duero y el Miño en Galicia o el Loira y el Garona causan grandes plumas de agua dulce que se extienden por las regiones de la plataforma de la demarcación y llevan asociadas la formación de *eddies*.

2.3.3.3 Afloramientos

La Península Ibérica está situada en el borde norte del sistema de afloramiento del Atlántico oriental (Wooster et al., 1976). En esta región septentrional, el afloramiento presenta un fuerte carácter estacional alineado con vientos favorables en verano (McClain et al., 1986). Cuando el viento sopla sobre la superficie del mar, la capa de agua superficial tiende a desplazarse en su misma dirección. En el hemisferio norte, debido al efecto de Coriolis, después de un cierto tiempo se produce un transporte neto de la capa de agua superficial hacia la derecha con respecto a la dirección del viento (transporte de Ekman). Cuando el viento sopla paralelo a la costa, y ésta queda a su izquierda, el desplazamiento de la capa superficial de agua es hacia mar abierto, generando un vacío en la costa que induce el ascenso de aguas subsuperficiales más frías y con mayor contenido en nutrientes. Este proceso, conocido como afloramiento costero, es intenso en el margen Íbero-Atlántico y, si bien es más débil en el Cantábrico, es bien conocido y fue descrito hace décadas (Botas 1990). El afloramiento de agua subsuperficial rica en sales nutrientes da lugar a un incremento de su concentración en la capa superficial, iluminada, que es donde tiene lugar el desarrollo del fitoplancton.

El afloramiento es de una gran importancia en la plataforma Atlántica por su efecto fertilizador y potenciador de la producción biológica. Sus causas y efectos biológicos, así como su variabilidad anual, están ampliamente documentados, tanto en la plataforma como en las rías (Cabanias, 1999). Los vientos nororientales en la plataforma gallega producen afloramientos principalmente al final de la primavera, alcanzando su intensidad máxima en verano. Los vientos de componente este favorece procesos de afloramientos costeros a lo largo del litoral cantábrico principalmente en primavera y verano, aunque éstos son menos persistentes o continuados en el tiempo que los que tienen lugar en la costa de Galicia (Gil, 2008; Lavín *et al.*, 1998; Llope *et al.*, 2003). La intensidad del afloramiento va disminuyendo a partir de cabo Finisterre, hasta Santander que se considera el límite del afloramiento ibérico (Molina, 1972). La Figura 18 muestra la temperatura superficial en una situación de afloramiento desarrollado a partir del producto MUR (Multi-scale Ultra-high Resolution SST data).

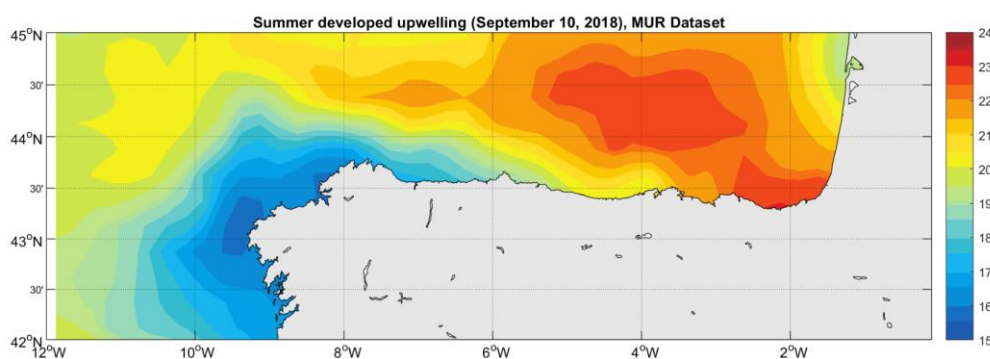


Figura 18. MUR SST data a lo largo del mar Cantábrico 10 de septiembre del 2018. (NASA/JPL, 2015)

2.3.4 Nivel del mar, mareas y tendencias

Nivel del mar

El nivel del mar está constantemente en cambio debido a una variedad de factores, como las mareas, la presión atmosférica, el viento, los movimientos tectónicos, la circulación oceánica y el deshielo de los casquetes polares (Vargas et al, 2021). Uno de los efectos del cambio climático es el aumento del nivel del mar, causado por el deshielo de los polos y glaciares, así como por la expansión térmica. Se espera que el deshielo de las masas de hielo polar tenga un impacto cada vez mayor y los efectos de las tormentas intensas también se vean exacerbados por este aumento. Las medidas del nivel del mar tienen diversas aplicaciones científicas, comerciales y prácticas, como la cartografía náutica y terrestre, la navegación marítima y la ingeniería costera (García et al., 2012). Actualmente, se utilizan mareógrafos y altimetría por satélite para realizar estas mediciones. Los mareógrafos miden cambios relativos en el nivel del mar con respecto a un punto de referencia local, lo que requiere una referencia fija para comparar mediciones (Pons, J.M., 2009). En contraste, la altimetría por satélite proporciona valores globales con una referencia única.

La variación del nivel del mar se compone de varias componentes, incluyendo cambios en la circulación oceánica, distribución de masa, efectos gravitacionales, volumen de hielo y agua terrestres, ajuste isostático post-glacial (GIA) y cambios estéricos debido a la densidad del agua (Peltier, 1998; Cha et al., 2023; Jordà et al., 2013). Estos factores interactúan de manera compleja y pueden variar a nivel regional.

Los estudios recientes han demostrado un aumento constante en el nivel medio del mar a lo largo de diferentes períodos. Globalmente, se ha observado un aumento de aproximadamente $1,7 \pm 0,3$ mm/año durante el siglo XX y de $3,1 \pm 0,4$ mm/año entre 1993 y 2008 (Church et al., 2006; Freeden et al., 2015). Además, reconstrucciones históricas sugieren un aumento del nivel del mar de 28 cm entre



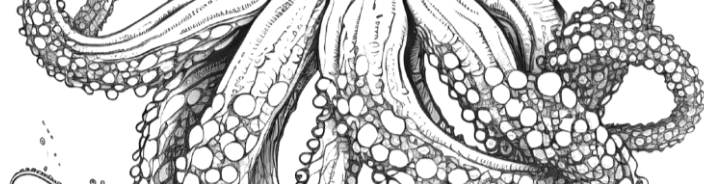
1700 y 2000, con proyecciones que indican un aumento de hasta 34 cm para el período 1990-2090 (Jevrejeva et al., 2008).

En 1988, se creó el panel IPCC para estudiar el cambio climático. El reciente informe del Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC, 2023) muestra que el nivel del mar aumentó 0,2 m entre 1901 y 2018, con tendencias de 1,3 mm/año entre 1901 y 1971, 1,9 mm/año entre 1971 y 2006, y 3,7 mm/año entre 2006 y 2018. Los informes describen diferentes escenarios en función del aumento de temperatura. El rango de aumento del nivel del mar hasta 2100, oscila entre 0,5 - 1,0 m para 2100. Extendido hasta 2300, este último escenario podría resultar en un aumento de 2 a 7 m respecto a 1900.

En España, varias instituciones mantienen redes de mareógrafos para sus propios fines y para contribuir a estudios científicos. Estas redes, han permitido la realización de estudios para determinar las variaciones a largo plazo del nivel del mar en las costas españolas y en los factores que contribuyen a ello a escala local y regional en distintos periodos. Recientemente, Vargas-Yáñez et al. (2023) analizaron datos del nivel del mar de 17 mareógrafos en tres áreas: norte y oeste de la Península Ibérica, Islas Canarias y sur y este de la Península Ibérica e Islas Baleares. El promedio global fue de $1,58 \pm 0,19$ mm/año. Para 1993-2019, la subida fue de $2,8 \pm 0,5$ mm/año según mareógrafos y $2,5 \pm 0,7$ mm/año mediante altimetría. La comparación con 1948-2019 indica una aceleración clara en la subida del nivel del mar.

En estudios previos en el norte de España, García et al. (2012) analizaron los períodos 1943-2010 y 1998-2008 utilizando datos de la Red Mareográfica del IEO. Las tendencias de aumento del nivel del mar fueron de 2,38 mm/año, 2,45 mm/año y 2,65 mm/año para 1943-2010, y de 3,25 mm/año, 2,79 mm/año y 3,95 mm/año para 1998-2008 en Santander, A Coruña y Vigo respectivamente.

Los resultados de todos estos estudios muestran aumentos significativos en el nivel del mar, superiores a las tendencias reportadas por el IPCC. Mientras el IPCC establece una subida global de 1,3 mm/año



(1901-1971), 1,9 mm/año (1971-2006) y 3,7 mm/año (2006-2018), estos estudios indican valores mayores, con variaciones regionales debido a factores como meteorología y orientación costera.

Los mareógrafos actualmente activos en la demarcación noratlántica se muestran en la Figura 19. En algunas de las localizaciones, hay varios mareógrafos pertenecientes a distintas instituciones.



Figura 19. Localización de los mareógrafos de la demarcación noratlántica. En esta demarcación hay 3 mareógrafos pertenecientes al IEO, 15 a PdE y 1 al IGN. El color azul hace referencia a los mareógrafos del IEO, el rojo a los del IGN y el verde a los de PdE.

Mareas

Las mareas son cambios en el nivel del mar producidos por la fuerza de atracción gravitacional ejercida por la Luna, y en menor medida por el Sol, influenciadas por factores fijos como la topografía y variables como fenómenos meteorológicos. Cambios en la presión atmosférica y vientos pueden afectar el nivel del mar, aumentándolo o disminuyéndolo según la dirección del viento. En la demarcación noratlántica, el apilamiento de agua debido al viento puede llegar a 50 cm. La onda de marea creciente se propaga de sur a norte por el océano Atlántico, originando en las costas una corriente de marea cuya influencia se empieza a notar en la plataforma continental gallega sobre la isobata de los 100 m, haciéndose más sensible al irse aproximando a tierra (Cabanás, 1999). La propagación de la marea hacia el norte y el refluo hacia el sur determinan la formación de corrientes en la plataforma con sentido de giro antihorario y una velocidad media de 5 cm s^{-1} . El Golfo de Vizcaya es una región con gran amplitud de marea (3-6 metros) y es bien conocido por sus enérgicas mareas internas causadas por la combinación de la estratificación estival, la topografía del talud continental (de pendiente muy acusada) y las fuertes corrientes de marea que cruzan el talud, especialmente durante la pleamar viva equinoccial (Lam *et al.*, 2003).

La variabilidad estacional muestra alturas máximas en otoño-invierno debido al apilamiento de agua en la costa y mínimas en primavera-verano debido al afloramiento, con Vigo mostrando la mayor diferencia y A Coruña y Santander las menores (Lavín y García, 1992).

Las mareas tienen una gran relevancia en los estuarios de la demarcación noratlántica, pues pueden generar corrientes rápidas en sus bocas que dan lugar al movimiento de grandes volúmenes de agua.

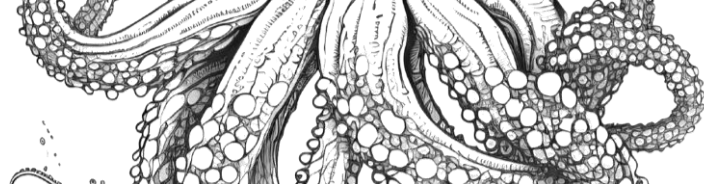


Las horas y alturas astronómicas de las pleamares y bajamares de todos los días del año, para diferentes puertos de la demarcación noratlántica, vienen dadas en el Anuario de Mareas (Instituto Hidrográfico de la Marina, 2024). Las mencionadas alturas están referidas al cero hidrográfico o nivel de la mayor bajamar teórica. El intervalo lunitidal caracteriza las mareas, y se define como la diferencia horaria entre el tránsito de la luna sobre el meridiano local y la bajamar y tiene unos valores de 3h18min para Santander, 3h en A Coruña y 2h 41 min en Vigo.

Tendencias

Para los periodos 1943-2010 y 1998-2008 considerados por García et al. (2012) una vez corregidos los valores medios calculados por el efecto del GIA, obtuvieron los siguientes resultados para la tendencia en la subida del nivel del mar: 2,38 mm/año y 3,25 mm/año respectivamente en Santander, 2,45 mm/año y 2,79 mm/año en A Coruña, y 2,65 mm/año, y 3,95 mm/año en Vigo. Prestando atención a los periodos 1948-2019 y 1993-2019 analizados por Vargas-Yáñez et al. (2023), las tendencias lineales en los mareógrafos de la demarcación noratlántica se recogen en figura 2.16 que muestra la evolución temporal del nivel del mar (en negro) y la tendencia lineal corregida por el efecto del GIA (en rojo). Para el periodo 1948-2019, los 3 mareógrafos de esta demarcación presentan tendencias de la subida del nivel del mar superiores a los 2 mm/año, oscilando entre los $2,08 \pm 0,21$ mm/año en Santander y los $2,66 \pm 0,24$ mm/año en Vigo. Las componentes del viento apenas influyeron, la presión atmosférica presentó una tendencia de $0,02 \pm 0,01$ dbar/año en los tres casos y la mayor componente termostérica se dio en Vigo con $1,72 \pm 0,16$ mm/año casi triplicando a la de Santander. Promediando los resultados para esta demarcación y para el periodo 1948-2019, los autores obtuvieron un aumento del nivel medio del mar de $2,05 \pm 0,21$ mm/año.

Atendiendo al periodo 1993-2019, el incremento del nivel del mar registrado por los mareógrafos osciló entre los $1,4 \pm 0,9$ mm/año en Vigo y los $3,0 \pm 0,9$ mm/año en A Coruña. Llama la atención que, en este periodo, el mareógrafo de Vigo fue el que menos aumento del nivel del mar registró, mientras que para



el periodo anterior fue el que registraba mayor incremento.

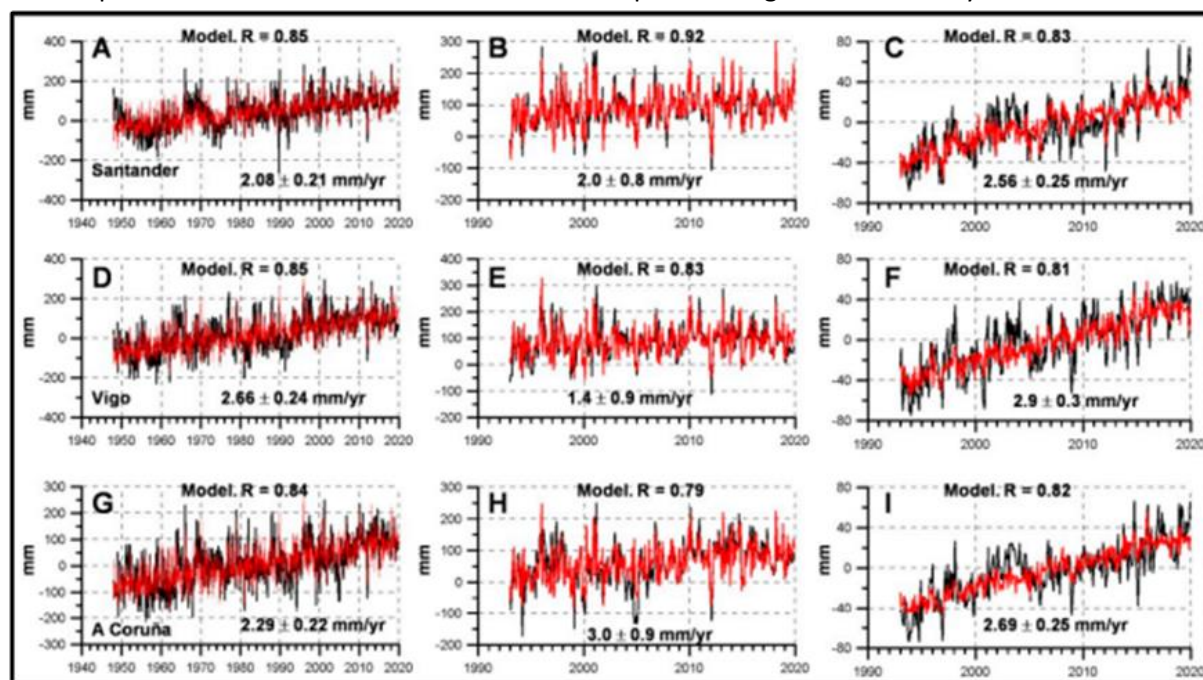


Figura 20. Series temporales de las anomalías del nivel del mar en: Santander (A-C), Vigo (D-F) y A Coruña (G-I). Las columnas izquierda, central y derecha corresponden a los datos de mareógrafos para el periodo 1948-2019, los datos de mareógrafo para el periodo 1993-2019 y los datos de altimetría para el periodo 1993-2019 respectivamente. Fuente: Vargas-Yáñez et al. (2023).

2.4 Ciclos Biogeoquímicos

2.4.1 Generalidades sobre la distribución y mecanismos de control del oxígeno y nutrientes inorgánicos disueltos, efectos del Cambio Global

La distribución de oxígeno disuelto (O_2) y nutrientes inorgánicos disueltos (NUT) (nitrato, fosfato y silicato) en los océanos y costas está gobernada por la interacción de procesos físicos, químicos y biológicos (Figura 21) que les afectan en sentido opuesto. Es por ello que, habitualmente, se correlacionan y distribuyen de manera inversa en el océano, tanto en la columna de agua como horizontalmente. Además, la contribución de estos procesos al control de la variabilidad de estas propiedades no conservativas del océano no es homogénea en tiempo y espacio, variando de manera estacional y local.

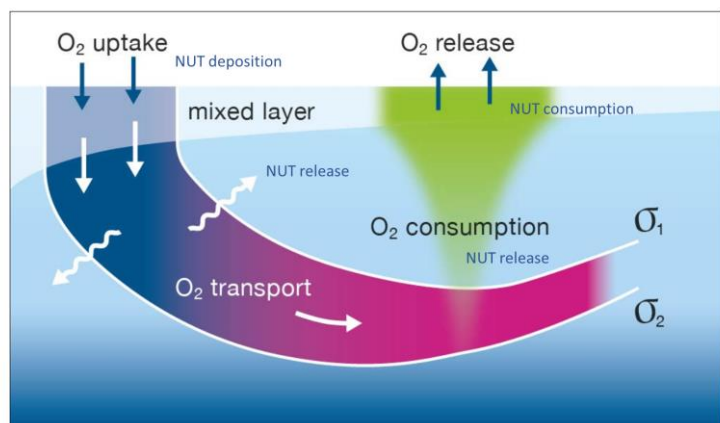


Figura 20. Esquema de los procesos físicos y biológicos que afectan a la producción, el consumo y el transporte de O_2 y NUT en el océano. En la capa fótica asociada con la capa de mezcla se capta O_2 de la atmósfera, sobre todo a latitudes altas donde las aguas frías disuelven más O_2 .

En la capa fótica, los procesos de mezcla invernal introducen NUT que el fitoplancton convertirá en materia orgánica en primavera/verano (nube verde) dando lugar a una producción de O_2 y un consumo de NUT estacional. La deposición atmosférica introduce NUT en la capa fótica. El transporte de O_2 (y NUT) en el océano está asociado al movimiento de masas de agua por niveles de densidad (σ_1 - σ_2) donde el O_2 disminuye (NUT aumentan) desde zonas polares a ecuatoriales (paso de azul a rosa) principalmente por remineralización de la materia orgánica (nube verde) que cae desde la capa fótica, proceso que produce una regeneración de los NUT. Figura adaptada de Gregoire et al. (2023).

Figura 21. Esquema de los procesos físicos y biológicos que afectan a la producción, el consumo y el transporte de O_2 y NUT en el océano.

La capa superficial del océano está normalmente saturada en O_2 , debido al intercambio aire-agua. Las aguas más frías de altas latitudes son capaces de almacenar más O_2 que las aguas más calientes y salinas de latitudes ecuatoriales. A su vez, procesos biológicos como las proliferaciones de fitoplancton de primavera y verano provocan una sobresaturación de O_2 superficial y/o en el llamado máximo de clorofila profundo. Esta producción de materia orgánica se da en la capa fótica ya que producción primaria está limitada por la irradiancia y la disponibilidad de NUT, principalmente nitrógeno en forma de nitrato y fósforo en forma de fosfato, mientras que el silicio, en forma de silicato, es requerido específicamente por organismos con esqueletos silíceos como las diatomeas.

El principal mecanismo físico de introducción de NUT en la capa fótica del océano abierto es la convección invernal vertical que da lugar a una capa de mezcla profunda que alcanza niveles donde las concentraciones de NUT son mayores, enriqueciéndose así las capas más superficiales (Figura 21). Así mismo, procesos locales de advección horizontal, procesos de meso-escala y los afloramientos costeros introducen aguas enriquecidas en NUT en la capa fótica. La deposición atmosférica de NUT, además de los aportes fluviales, son fuentes de NUT con relevancia en el océano costero (Figura 22).

Una vez que las masas de agua se hunden y dejan de tener contacto directo con la atmósfera, los procesos biológicos de remineralización de materia orgánica van disminuyendo sus niveles de O_2 y aumentando las concentraciones de NUT (Figura 21). Durante esta circulación aislada del intercambio con la atmósfera, las zonas de mayor actividad heterotrófica y de mayor tiempo de residencia (menor velocidad) dan lugar a mínimos de O_2 a niveles intermedios, entre 500 y 1000 metros de profundidad en todos los océanos. Este mínimo de O_2 se ve acentuado en zonas de alta productividad biológica, donde la mayor cantidad de materia orgánica producida que sedimenta y se remineraliza en la columna





2.4.2 Generalidades sobre el sistema del dióxido de carbono (CO_2) en agua de mar, sus mecanismos de control y los efectos del Cambio Global, la acidificación oceánica

El dióxido de carbono (CO_2) es uno de los productos de las actividades industriales y el principal gas de efecto invernadero. Además de su importante contribución al incremento del forzamiento radiactivo en la Tierra (IPCC, 2007), el incremento de CO_2 en la atmósfera altera los ciclos biogeoquímicos, principalmente del carbono, en los océanos. Se estima que los océanos han absorbido aproximadamente el 30 % del CO_2 antropogénico emitido a la atmósfera desde la revolución industrial (Friedlingstein et al., 2023) y probablemente absorberán aproximadamente el 85 % de las emisiones de CO_2 antropogénico en escalas temporales de varios miles de años (Archer et al., 2009). Además del CO_2 , el océano absorbe un 90 % del exceso de calor en la atmósfera (Johnson et al., 2023), actuando como un importante mitigador del Cambio Global, cuyas consecuencias directas son el aumento de la temperatura del océano, la reducción del O_2 (desoxigenación), y la alteración del estado químico del océano conocido como acidificación oceánica, dando lugar a la conocida triple amenaza sobre los ecosistemas marinos (Gruber, 2011).

Cuando la presión parcial de CO_2 en la atmósfera ($p\text{CO}_{2\text{atm}}$) es mayor que la presión parcial de CO_2 en el agua de mar ($p\text{CO}_{2\text{sw}}$), el CO_2 gas de la atmósfera se difunde hacia la superficie del océano y se disuelve rápidamente pasando a ácido carbónico que, puesto que es un ácido débil, se disocia en iones bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3^{2-}) (Figura 23), la suma de estas especies con una contribución de 1 %, 90 % y 10 %, respectivamente, es el carbono inorgánico total disuelto (DIC) que es una de las variables medibles del sistema del CO_2 en agua de mar. Otra de las mismas, es el pH, o la cantidad de protones en el agua de mar que representa el grado de acidez/basicidad de la misma. La alcalinidad total (TA) compensa el exceso de cationes fuertes en agua de mar, siendo la suma de las distintas especies de ácidos débiles que pueden compensar un exceso de protones en el medio, siendo otra variable medible del sistema del CO_2 en agua de mar. El sistema del CO_2 en agua de mar, junto con el de borato y otras especies menores, provoca que el océano sea una enorme disolución tampón, donde las variaciones de pH están muy acotadas, entre 7.1 y 8.4 (Figura 24). Estas cuatro variables medibles del sistema del CO_2 en agua de mar, $p\text{CO}_2$, pH, TA y DIC están intrínsecamente relacionadas termodinámicamente, por ello, un aumento de la $p\text{CO}_2$ debido, por ejemplo, a la absorción oceánica de CO_2 de la atmósfera, provoca un aumento del DIC y una reducción del pH, aunque la TA no cambia (Figura 23, línea azul). Este es el llamado proceso de acidificación oceánica, lento, global y a largo término, ya que el aumento de DIC proviene de la captura por parte del océano del exceso de CO_2 vertido a la atmósfera por actividades humanas. Los procesos de eutrofización costera (Figura 24) también provocan una acidificación local, rápida y puntual, ya que se deriva de un aumento del DIC debido a la descomposición de materia orgánica (Figura 24, línea naranja clara). Ambos procesos de acidificación provocan una disminución de la concentración de ion carbonato, reduciendo así los estados de saturación de los minerales de carbonato de calcio, como el aragonito y la calcita, lo que pone en riesgo el desarrollo de organismos calcificantes, los ecosistemas y las comunidades humanas dependientes (e.g., Doney et al., 2020).

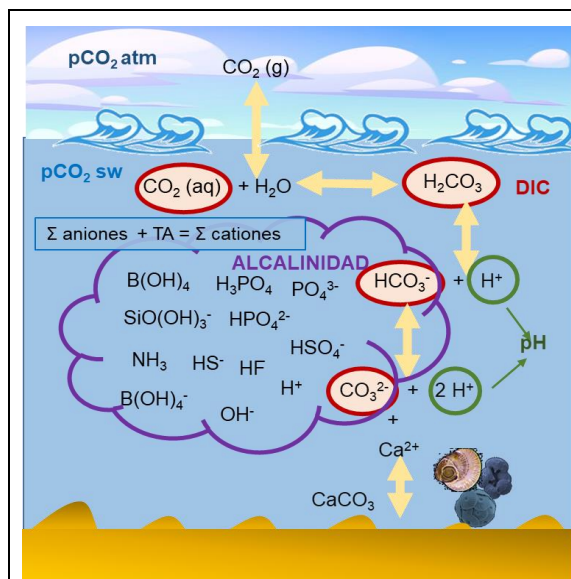


Figura 23. Esquema de los equilibrios, especies químicas y variables medibles del sistema del CO_2 en agua de mar. Especies del DIC en rojo, especies de la TA en lila, y pH en verde.

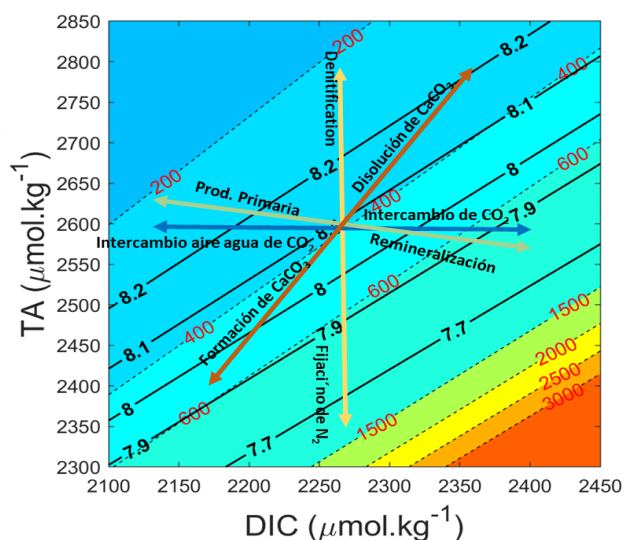


Figura 24. Diagrama de relación entre TA y DIC, donde las isóneas sólidas son los correspondientes valores de pH y los colores y líneas punteadas los valores de $p\text{CO}_2$ (en μatm). Las flechas indican procesos físicos y biológicos que afectan al sistema del CO_2 en agua de mar.

La variabilidad en la columna de agua del DIC está intrínsecamente asociada a tres tipos de bombas, la física o bomba de solubilidad y dos bombas biológicas, la del carbono orgánico o de tejidos blandos y la del carbonato o de tejidos duros (Figura 25). La circulación termohalina hunde aguas frías y densas que transportan una mayor concentración de DIC capturado desde la atmósfera, así como una mayor contribución de la señal antropogénica en el DIC. A esta bomba de solubilidad, se suma la contribución al *pool* de DIC de la remineralización de la materia orgánica que cae desde superficie. Los procesos de síntesis de carbonato cálcico en la formación de esqueletos de diversos organismos provocan una disminución de la TA lo que conlleva un aumento de la $p\text{CO}_2$ (Figura 24, línea naranja oscuro) promoviendo así una liberación de CO_2 hacia la atmósfera mientras que el carbonato cálcico producido sedimenta y únicamente se disuelve en condiciones de subsaturación con respecto al ion carbonato.

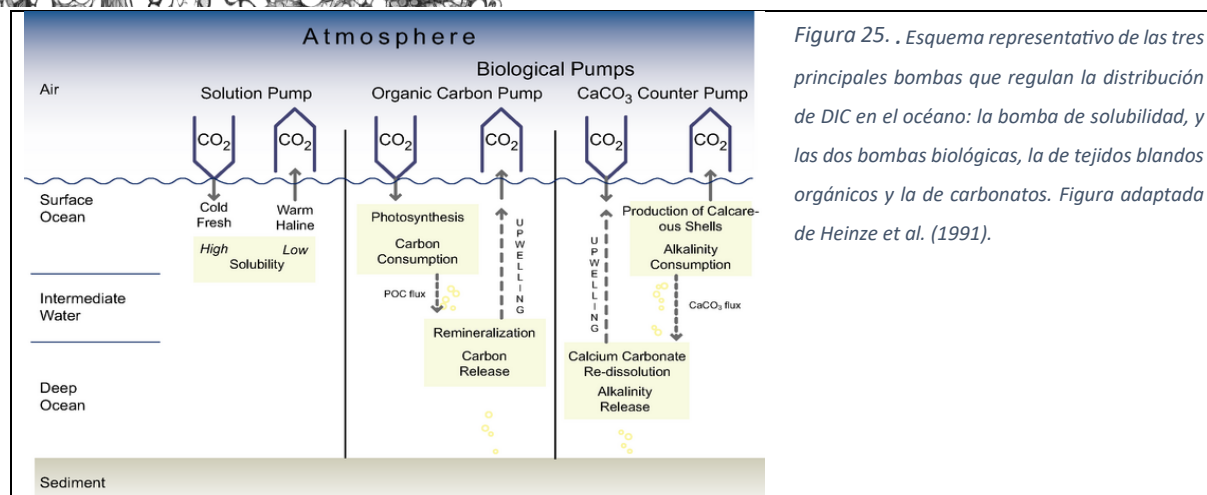


Figura 25. . Esquema representativo de las tres principales bombas que regulan la distribución de DIC en el océano: la bomba de solubilidad, y las dos bombas biológicas, la de tejidos blandos orgánicos y la de carbonatos. Figura adaptada de Heinze et al. (1991).

En la capa superficial, es la variabilidad de $p\text{CO}_2$ la que marca si una zona es fuente o sumidero de CO_2 hacia la atmósfera. En océano abierto la variación estacional de la temperatura es el principal factor de control del $p\text{CO}_2$ (Takahashi et al., 2002), mientras que en zonas costeras otros procesos biogeoquímicos pueden alterar la magnitud y dirección de los flujos de CO_2 aire agua (Figura 24).

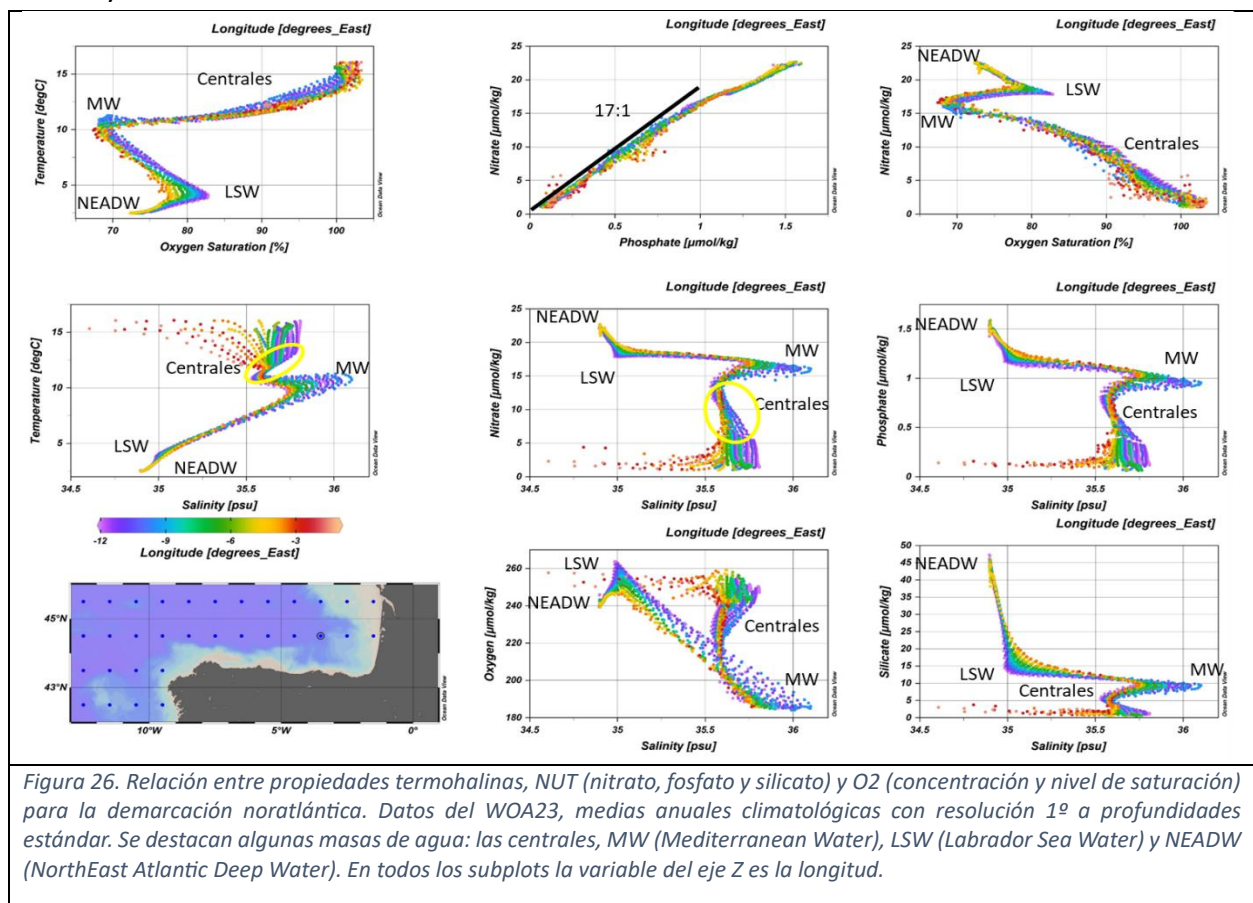
La compleja físico-química del CO_2 en agua de mar es todavía una asignatura pendiente en oceanografía química quedando cuestiones muy específicas por resolver, como la metrología y referenciación de cada una de las variables medibles del sistema del CO_2 en agua de mar, en especial el pH y la TA, y la parametrización de las constantes de equilibrio a distintas condiciones de salinidad, temperatura y presión que permiten una reducción de las incertidumbres en las variables calculadas.

2.4.3 Peculiaridades en la distribución, variabilidad e impacto del Cambio Global en el O₂, NUT y sistema del CO₂ en agua de mar de la demarcación noratlántica

Las propiedades termohalinas (salinidad y temperatura potencial), así como los NUT (nitrato, fosfato y silicato) y O₂ de las masas de agua de la región se han tomado del *World Ocean Atlas 2023* (WOA23) (Reagan et al., 2023) que ofrece la NOAA donde se provee a la comunidad de la distribución normal o climatológica de estas variables esenciales del océano. WOA23 ofrece las llamadas distribuciones normales (más de 30 años de datos promediados) en intervalos estándar de profundidad y con una resolución de 5, 1 ó 0.25 grados de latitud y longitud, y con una resolución temporal anual o estacional. En la Figura 26 se muestran las relaciones entre las medias anuales de las propiedades climatológicas o normales con una resolución de 1° para la demarcación noratlántica. El diagrama Temperatura – Salinidad muestra claramente las distintas masas de agua. El agua del nordeste atlántico de fondo (NEADW, *North East Atlantic Deep Water*) con una relación casi lineal entre temperatura y salinidad, y un contenido en O₂ en torno a 240 $\mu\text{mol/kg}$ y cerca del 70 % de saturación, la influencia de



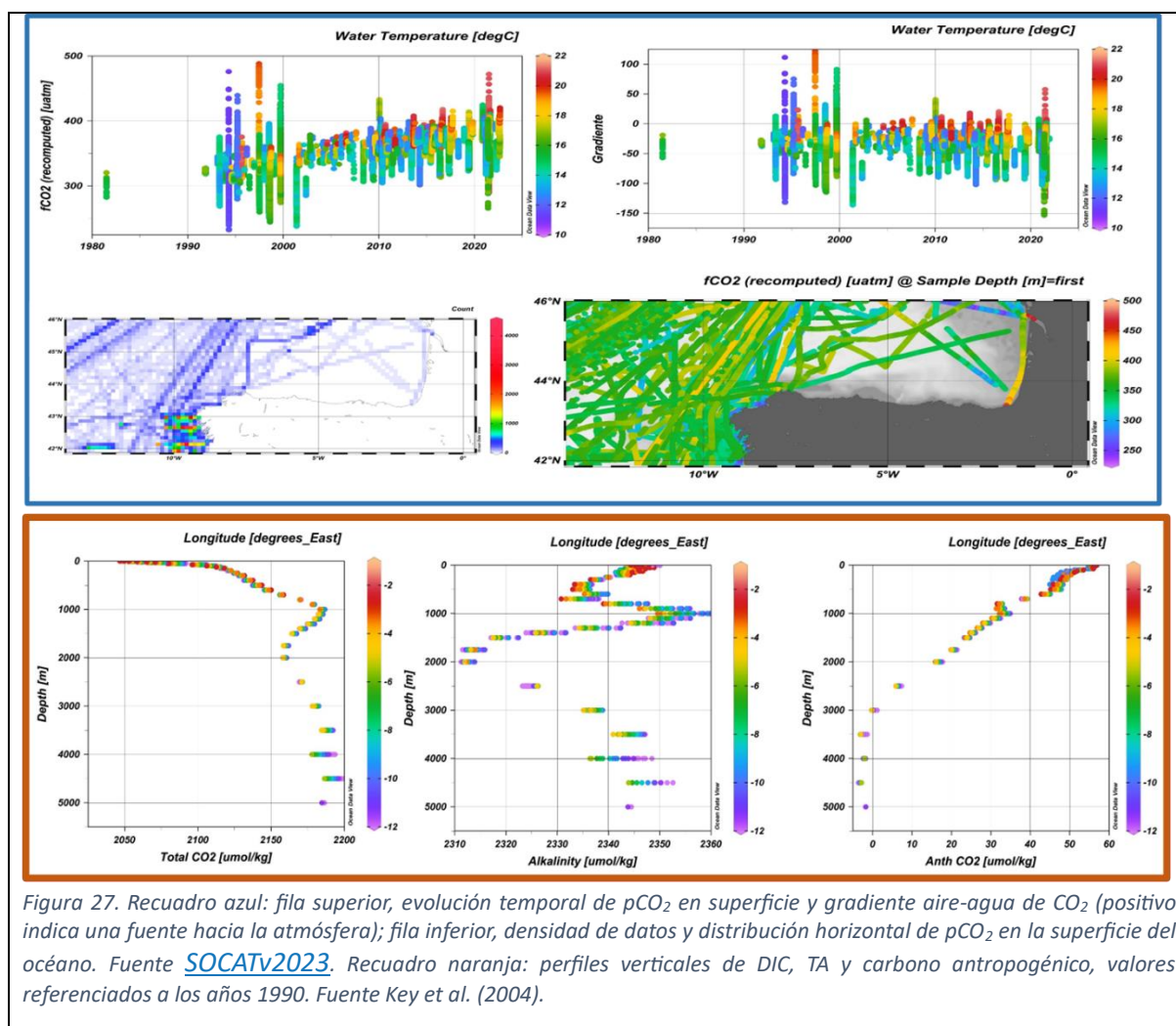
agua de origen antártico en la NEADW se evidencia por el alto contenido en silicato de la componente más fría situada a más de 4000 metros de profundidad. Por encima de NEADW se sitúa el agua del Mar de Labrador (LSW, *Labrador Sea Water*) que se identifica con un mínimo de salinidad en torno a 1500-2000 metros de profundidad, y un máximo de O₂ en concentración y saturación, que se acentúa hacia el oeste. El Agua Mediterránea (MW, *Mediterranean Water*), se identifica en torno a los 1000 metros por su máximo de salinidad, temperatura y NUT, y mínimo de O₂, siendo su influencia mayor hacia el oeste y al sur, ya que proviene del Golfo de Cádiz. Las aguas centrales (Figura 26, óvalo amarillo) se caracterizan por una relación casi lineal entre temperatura y salinidad, y un mayor contenido en NUT hacia el norte y el este debido a una mayor influencia de la componente subpolar (más fría y menos salina, con más NUT) frente a la subtropical (más cálida y salina, con menos NUT). Destaca en la capa superficial la influencia del aporte de los ríos en la zona más cercana a la costa francesa que no presentan una elevada carga de NUT. Por otro lado, destaca la relación casi 17:1 entre nitrato y fosfato.



La cantidad y calidad de datos disponibles de las variables del sistema del CO₂ en agua de mar es muchísimo menor que los datos de NUT y O₂, por ello no se incluyen en el WOA23 y en cambio se ponen a disponibilidad de la comunidad oceanográfica a través de iniciativas específicas donde se hace especial atención al control de calidad de los datos. Iniciativas como GLODAP ([Global Ocean Data Analysis Project](#), Tanhua et al., 2021) recopilan datos hidrográficos y químicos tomados en la columna de agua desde buques oceanográficos, centrándose en datos de TA, DIC y pH junto con otras variables básicas como O₂, NUT, temperatura, salinidad



y posición. Estos datos informan principalmente sobre el almacenamiento y transporte de carbono antropogénico por el océano, su acidificación a largo término y cambios en la ventilación, y circulación de las masas de agua. Por otra parte, los datos de $p\text{CO}_2$ obtenidos de buques oceanográficos y otros de oportunidad se utilizan principalmente para estudiar la evolución temporal del intercambio aire-agua de CO_2 y la captura de CO_2 en la superficie del océano y, por ello, se recopilan con un control de calidad estricto en iniciativas como SOCAT ([Surface Ocean \$\text{CO}_2\$ Atlas](#), Baker et al., 2016).



El recuadro azul de la Figura 27 muestra la distribución de $p\text{CO}_2$ superficial en la demarcación noratlántica basada en datos públicos disponibles, el gráfico de densidad de datos muestra la abundancia relativa de datos en la costa gallega y la escasez en la costa cantábrica. La evolución temporal del $p\text{CO}_2$ muestra como aumenta debido al aumento del CO_2 en la atmósfera, y la gráfica del gradiente muestra como es principalmente negativo indicando que esta demarcación se comporta como un sumidero de CO_2 desde la atmósfera al océano. Existen zonas y momentos con valores altos de $p\text{CO}_2$, asociados a momentos de alta temperatura y/o zonas cercanas a desembocadura de ríos de la costa francesa.

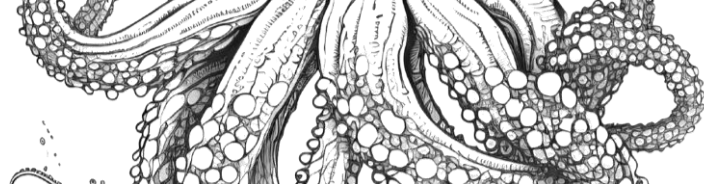


El recuadro naranja de la Figura 27 muestra los perfiles de DIC y su fracción antropogénica, y de TA. En las capas más someras el DIC presenta valores menores que a mayores profundidades debido al consumo por parte del fitoplancton, que aumentan con la profundidad debido a la remineralización de materia orgánica. El máximo de DIC a 1000 metros se asocia a MW y el mínimo a 2000 metros a LSW. Por otra parte, la variación vertical de TA está muy asociada a la de salinidad, apreciándose un máximo a 1000 metros asociado a MW y un mínimo a 2000 metros a LSW. El perfil de carbono antropogénico es típico de un trazador transitorio que penetra desde la superficie del océano de manera pasiva, mostrando valores mayores en la capa superior y disminuyendo exponencialmente hacia el fondo. Se puede apreciar un máximo relativo de carbono antropogénico en torno a 1000 metros asociado a MW ya que el mecanismo de formación de esta masa de agua arrastra carbono antropogénico desde superficie a profundidades intermedias.

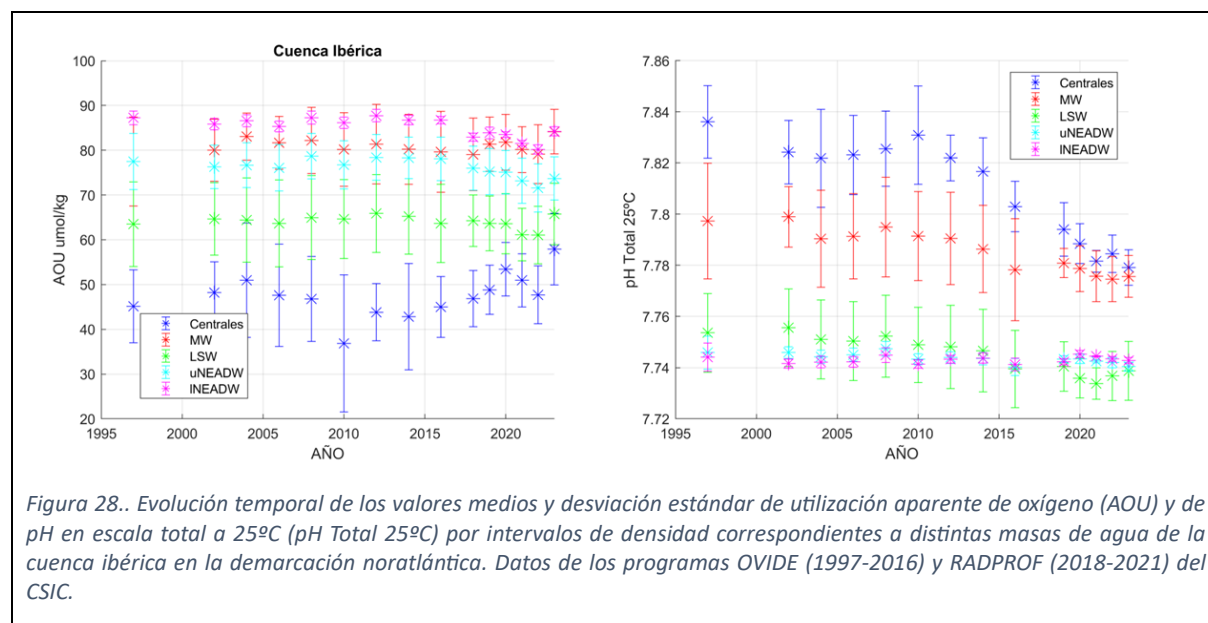
En el Mar Cantábrico, la profundidad de la capa de mezcla y la estratificación determinan la disponibilidad de NUT. Algunos trabajos indican una disminución de los NUT por el aumento de la estratificación (Llope et al., 2007; Valdés et al., 2007; Chust et al., 2011). En la costa gallega la variabilidad de los NUT presenta múltiples modos de variación (Bode et al., 2019) debidos a la influencia de los aportes fluviales a escala estacional y a la intensidad del afloramiento a escala anual. No existe una conclusión clara sobre el aumento o disminución del afloramiento en las costas gallegas. Algunos trabajos indican una disminución entre 1965-2010, con una menor entrada de NUT en el sistema (Pérez et al., 2010; Pardo et al., 2011), mientras que los modelos climáticos concluyen que no hay cambios (Casabella et al., 2012).

La variabilidad temporal a largo término de estas componentes biogeoquímicas, NUT, O_2 y CO_2 , en la demarcación será el resultado de la complicada interacción entre procesos locales (afloramiento, mezcla invernal, aportes de ríos) y climáticos (circulación termohalina, cambios en la estratificación, régimen de vientos), además de posibles cambios en las comunidades plantónicas que puedan dar lugar un consumo preferencial de una especie de NUT. La sostenibilidad a largo término de programas multidisciplinares de observación del océano garantizará disponer de esta información.

La demarcación noratlántica se enmarca en la parte norte del Océano Atlántico, que es una de las zonas en las que se acumula la mayor cantidad de CO_2 antropogénico del planeta (Gruber, 1998), aunque se ha detectado una reducción en la cantidad de CO_2 antropogénico acumulado entre 1994 y 2007 debido, probablemente, a una ralentización y reorganización de la circulación de renovación u *overturning* en el Atlántico Norte (Gruber et al., 2019). De aquí la relevancia de sostener series temporales hidrográficas como el programa OVIDE o RADPROF liderados por grupos de oceanografía química gallegos del CSIC. Basándose en datos de pH referido a 25°C en escala total y en datos de la utilización aparente de oxígeno (AOU, *Apparent Oxygen Utilization*), la cual elimina en cierta manera la variación por solubilidad del O_2 , quedando las componentes debidas a la bomba biológica y a la circulación, se pueden apreciar el aumento de AOU (disminución de O_2) y disminución de pH en las aguas centrales situadas en la cuenca ibérica frente a las costas gallegas (Figura 28). En aguas profundas



(NEADW) no se observan grandes cambios, aunque el AOU parece aumentar, mientras que en MW la acidificación oceánica (disminución del pH) es evidente, y en menor medida en LSW.



Las tasas de acidificación oceánica publicadas para la demarcación noratlántica basadas en datos de la sección OVIDE y otras de la zona entre 1980 y 2008 por Vázquez-Rodríguez et al. (2012) se muestran en la Figura 29 donde se observan tasas de disminución de pH de -0.001 ± 0.0001 unidades de pH/año en las aguas centrales y LSW de reciente formación y menores en aguas más viejas como MW y las de fondo. Los valores del agua central son muy similares a los obtenidos en la Región IV de OSPAR (Costa ibérica y Golfo de Vizcaya) basándose en productos de reanálisis de pH a partir de datos de pCO_2 superficial (McGovern et al., 2022). En este informe, el *Quality Status Report* para el Atlántico Noroeste de la comisión OSPAR, se ha detectado que las tasas en océano abierto son mucho menores que las detectadas con las pocas series temporales largas y sostenidas en el océano costero, que parece se está acidificando más rápidamente.

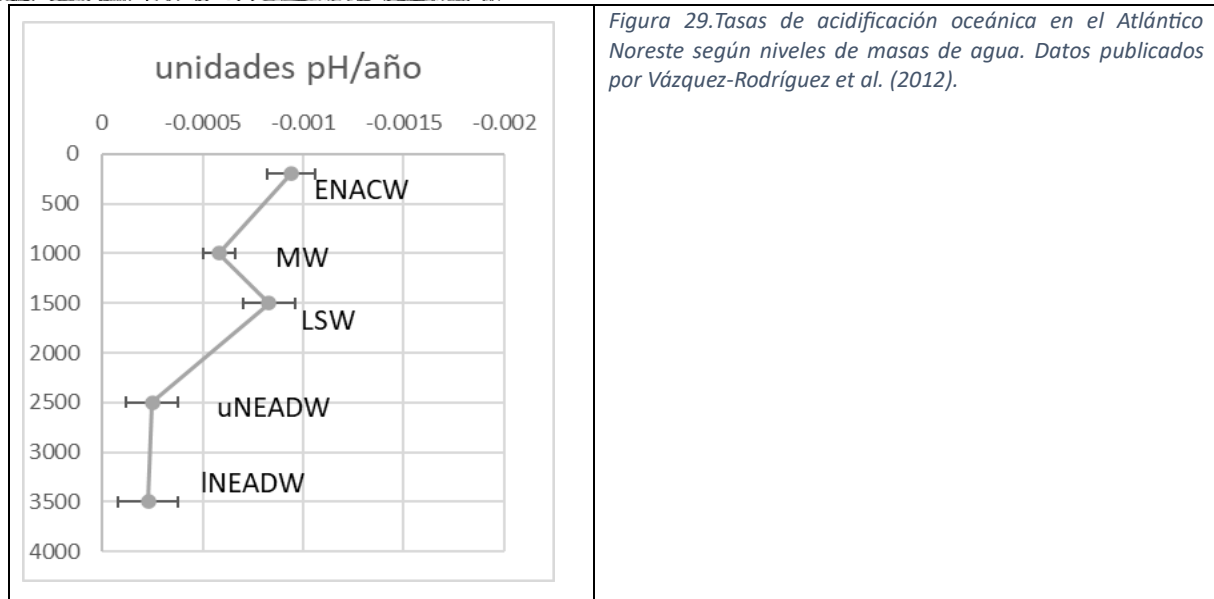
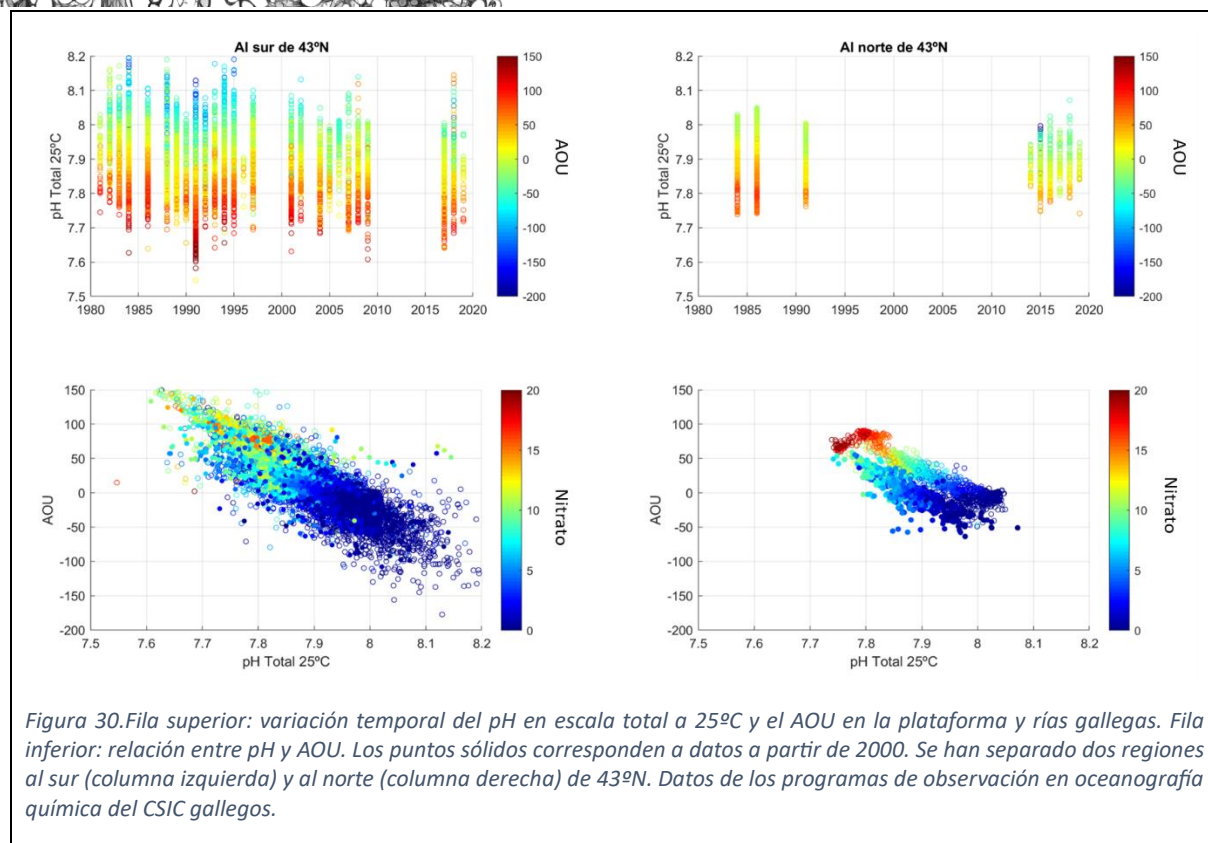


Figura 29. Tasas de acidificación oceánica en el Atlántico Noreste según niveles de masas de agua. Datos publicados por Vázquez-Rodríguez et al. (2012).

Tal y como se muestra en la Figura 22, los procesos costeros son intensos y la detección de la acidificación debida a la captación de carbono antropogénico requiere de series temporales sostenidas de más de 10 años. Este era el requerimiento de OSPAR para incluir las series en su evaluación. Lamentablemente ninguna serie española cumple este requerimiento en sus Demarcaciones. Una de las áreas más muestreadas para variables del sistema del CO₂ es la plataforma y rías gallegas debido a la iniciativa del Prof. Fernando Fraga en el IIM-CSIC de Vigo. Gracias a la recopilación de datos de Padín et al. (2020) en la plataforma y rías gallegas entre 1980 y 2009, junto a datos de la Radial de A Coruña desde 2014 (Lange et al., 2024), se puede observar una disminución temporal del pH al sur de 43°N (Cabo Finisterre) (Figura 30). que incluye una señal antropogénica pero también biológica ya que se asocia a una mayor AOU y contenido en nitratos, indicando una mayor intensidad de procesos de remineralización. En cambio, al norte de 43°N la tendencia temporal en pH no es tan clara, pero sí se aprecian dos nubes de puntos paralelas en la relación pH-AOU, con los datos más recientes de la Radial de A Coruña (puntos sólidos) con menores valores de pH.





CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS



3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

3.1 Hábitats

3.1.1 Ecosistemas pelágicos

La comunidad de plancton presenta una alta diversidad, estando integrada por protistas y metazoos que abarcan un amplio rango de tamaños y modos tróficos (Bucklin et al. 2021). El plancton resulta esencial en el funcionamiento de la red trófica contribuyendo a propagar los cambios ambientales a todo el sistema pelágico (Chiba et al. 2006). Desempeña además un papel clave en los ciclos biogeoquímicos, en particular en el ciclo de carbono relacionado con el calentamiento global y la acidificación de los océanos (Steinberg y Landry 2017). Por otra parte, el plancton es muy sensible a los cambios ambientales (Hays et al. 2005). Todas estas características hacen del plancton un buen indicador para caracterizar el funcionamiento y dinámica del ecosistema pelágico y un buen centinela por tanto de las alteraciones que se produzcan en su estado, ya sean promovidas por la variabilidad natural o inducidas por el hombre.

Las zonas templadas del Atlántico nororiental experimentan un ciclo climático estacional que afecta significativamente al sistema pelágico a través de tres factores interrelacionados: la disponibilidad de luz solar, el intercambio de calor con la atmósfera y el forzamiento mecánico ejercido por la acción del viento. El efecto de estos factores produce un patrón anual en las condiciones hidrográficas caracterizado por procesos de mezcla en invierno y estratificación estival, con periodos de transición entre ambos periodos en primavera y otoño. Este ciclo determina a su vez la estacionalidad de la comunidad planctónica: en primavera, coincidiendo con la transición entre los dos periodos descritos, se da una elevada disponibilidad de luz y nutrientes en la capa superficial que desencadena una proliferación de fitoplancton, cuya abundancia va disminuyendo progresivamente hacia el verano según se van agotando los nutrientes. En otoño se vuelve a mezclar la columna de agua al enfriarse la capa superficial originando un nuevo aporte de nutrientes que causa una segunda proliferación de fitoplancton, aunque menos intensa que la primaveral (Nogueira y Figueiras 2005). Esta estacionalidad se aprecia también en el componente microbiano del plancton (Morán et al. 2015; Figueiras et al. 2020). El zooplancton, al alimentarse fundamentalmente de fitoplancton, muestra un patrón estacional similar con valores máximos de abundancia en primavera-verano y un segundo pico menos importante en otoño, como respuesta a las proliferaciones de fitoplancton (Bode et al. 2009).

En la demarcación noratlántica este patrón general puede verse modificado en las zonas costeras por procesos de afloramiento de aguas profundas ricas en nutrientes que estimulan la producción planctónica en las capas superficiales. La morfología y orientación de la costa provoca que estos afloramientos, causados por los vientos, presenten habitualmente una mayor intensidad y duración frente a la costa de Galicia que en el Mar Cantábrico (Alvarez et al. 2011), lo que redundará en diferencias en la dinámica planctónica entre estas dos zonas. El ciclo estacional en aguas del Cantábrico se ajusta habitualmente al modelo descrito para zonas templadas, mientras que en Galicia está dominado por los intensos pulsos de afloramiento que ocasionan una elevada abundancia de plancton desde primavera a otoño. Además del diferente patrón estacional, durante el periodo en que son más



frecuentes los fenómenos de afloramiento (entre abril y septiembre) en general se registran concentraciones más altas de los distintos componentes de la comunidad planctónica en las costas gallegas que en las cantábricas (Figura 31). Estas diferencias sugieren la diferenciación de la demarcación noratlántica en dos subregiones: Galicia y Mar Cantábrico.

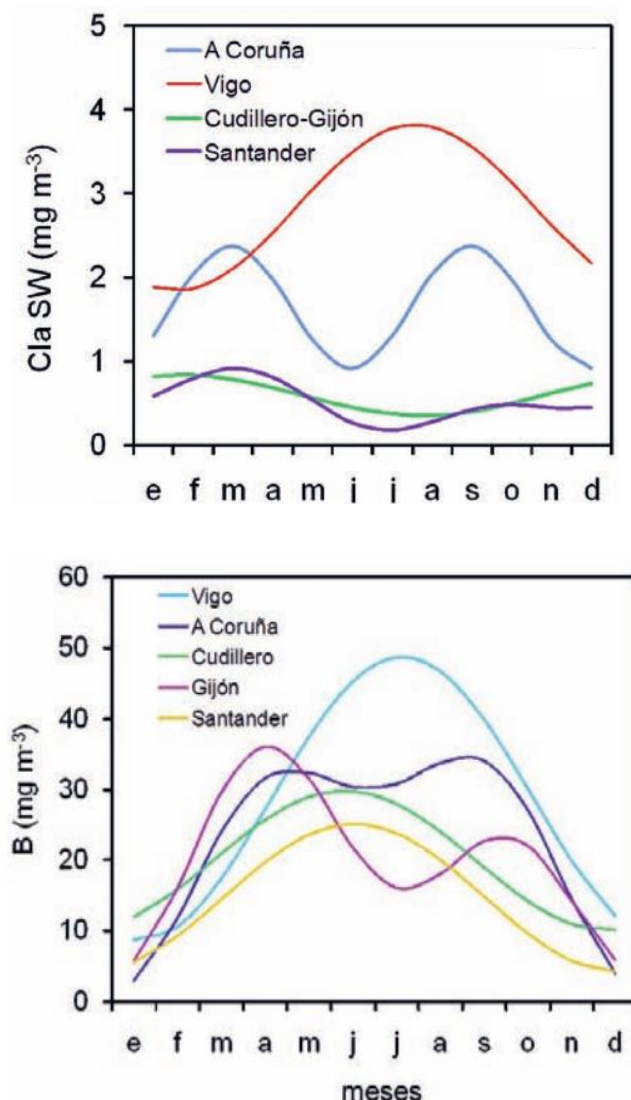


Figura 31. Ciclos medios estacionales de (a) concentración de fitoplancton en superficie, estimada como mg Clorofila m^{-3} a partir de las medidas del satélite SeaWiifs, y (b) biomasa de zooplancton (B , $mg m^{-3}$) de las zonas costeras frente a las localidades indicadas en la leyenda. (Modificado de Bode et al. 2012b).

El patrón para cada subregión está a su vez condicionado por la distancia a la costa: la magnitud de las proliferaciones estacionales disminuye al alejarse de la costa. Además, dentro de la demarcación noratlántica los afloramientos de aguas ricas en nutrientes se dan únicamente en las zonas costeras y parte media de la plataforma continental. En consecuencia, la caracterización de las comunidades planctónicas considerando su composición, abundancia, y variabilidad estacional permite discriminar



las subregiones cantábrica y gallega especialmente en las zonas costera y de plataforma, siendo más homogéneas en las zonas oceánicas más alejadas de costa (Buttay 2018).

3.1.1.1 Fitoplancton

Las condiciones hidrográficas que determinan el ciclo estacional de las comunidades planctónicas afectan también a su composición. En el caso del fitoplancton, las proliferaciones descritas en el apartado anterior están dominadas por el grupo de las diatomeas, mientras que en los periodos de menor producción suelen ganar importancia las especies del grupo de los dinoflagelados, mejor adaptados a situaciones de estratificación y bajas concentraciones de nutrientes. Esto se traslada a un diferente patrón para cada uno de estos grupos en las dos subregiones identificadas (Figura 32), mostrando además una mayor importancia relativa del grupo asociado a altas concentraciones de fitoplancton (diatomeas) en Galicia. La estructura de tamaños del fitoplancton presenta también diferencias espaciales, al estar estrechamente relacionadas la contribución del fitoplancton de mayor tamaño con la productividad del sistema (Bode et al. 1994).

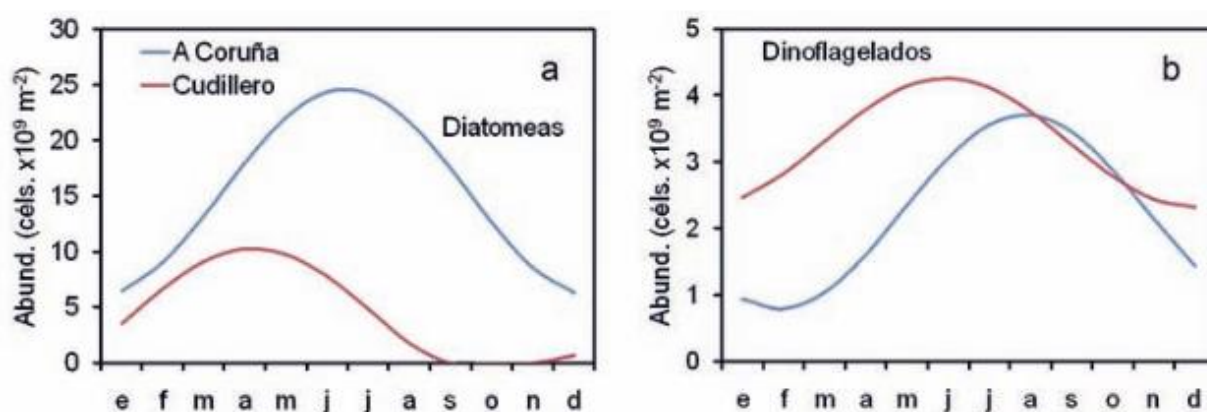


Figura 32. Variación estacional de la abundancia de diatomeas (a) y dinoflagelados (b) en dos zonas costeras representativas de Galicia (A Coruña) y el Cantábrico (Cudillero), respectivamente. (Modificado de Bode et al. 2012b).

Las especies de diatomeas características de las proliferaciones son *Chaetoceros socialis*, *Ch. dydimus*, *Lauderia borealis*, *Thalassiosira fallax*, *Schroderella delicatula* y *Rhizosolenia setigera*, mientras que en el verano predominan *Leptocyclindrus danicus*, *Chaetoceros affinis* y *Rhizosolenia delicatula* y dinoflagelados como *Dinophysis acuminata*, *D. acuta*, *Gyrodinium spirale*, *Protoperidinium bipes* y especies del género *Tripes* (antiguamente *Ceratium*). En invierno son características especies perennes y diatomeas de pequeño tamaño (*Skeletonema costatum*, *Nitzschia longissima*, *Pseudo-nitzschia* spp.), dinoflagelados (*Gyrodinium glaucum*, *G. spirale*) y otras microalgas flageladas e incluso fitobentos resuspendido (*Paralia sulcata*). En los eventos de afloramiento estival el fitoplancton se compone principalmente de diatomeas de pequeño tamaño celular pero formadoras de largas cadenas como *Chaetoceros socialis*, *Rhizosolenia delicatula* y *Pseudo-nitzschia* spp. (Fernández y Bode 1994). Destacar que en la subregión de Galicia se producen periódicamente episodios de proliferación de especies productoras de floraciones algales nocivas (FAN) que comprometen las actividades de maricultura en la zona (Fernandes-Salvador et al. 2021). Entre las especies más problemáticas se encuentran diversas



especies del género *Dinophysis*, *Alexandrium minutum* y *Pseudo-nitzschia australis*, productoras de toxinas diarreicas, paralizantes y amnésicas (DSP, PSP y AMP, respectivamente) (Díaz et al. 2014; Reguera et al. 2014; Nogueira et al. 2022).



3.1.1.2 Zooplancton

El zooplancton constituye el nivel trófico inmediato superior al fitoplancton, por lo que sus ciclos están estrechamente acoplados (Figura 31). Además del patrón de variación estacional la biomasa de zooplancton también varía regionalmente, con valores más altos en las costas gallegas que en las cantábricas vinculado a la mayor frecuencia e intensidad de los afloramientos (Valdés et al. 2007).

Las comunidades de zooplancton en la demarcación noratlántica son muy ricas en número de grupos taxonómicos y de especies. A pesar de la diversidad de grupos, la composición del zooplancton está ampliamente dominada por los copépodos, que llegan a representar hasta el 80% de la abundancia total. La composición específica de este grupo es muy homogénea a lo largo de toda la región, predominando especies de amplia distribución como *Acartia* spp., *Calanus helgolandicus*, *Oncaea media*, *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus* spp., *Oithona* spp., *Pseudocalanus elongatus* y *Temora* spp. En concreto, *Calanus helgolandicus* y *Acartia* spp. (*A. clausi*, principalmente) son invariablemente las especies más abundantes. La contribución a la abundancia total de otras especies puede sin embargo cambiar espacialmente. La importancia relativa de *Paracalanus parvus* es por ejemplo mucho mayor en las costas gallegas que en las cantábricas, mientras que con *Clausocalanus* spp. sucede lo contrario (Bode et al. 2012a).

Temora stylifera resulta particularmente interesante por su carácter termófilo que la convierten en especie objetivo para comprender los efectos del cambio climático sobre las poblaciones de plancton (Villate et al. 1997). En este sentido, su tendencia ascendente en la región desde que fue detectada por primera vez hacia 1980 se relaciona con un progresivo calentamiento de las aguas superficiales. La relación de *T. stylifera* con aguas más cálidas explica asimismo su mayor abundancia en las costas cantábricas que en las gallegas (Valdés et al. 2007), donde los afloramientos de aguas frías son más recurrentes. No obstante, se ha apreciado un aumento significativo en la abundancia de esta especie en la subregión de Galicia (Nogueira et al. 2024).

El ictioplancton presenta también una gran diversidad en esta demarcación. Tanto el número de especies como la abundancia son mayores en las aguas cantábricas que en las gallegas, siendo las larvas de *Sardina pilchardus* y *Scomber scombrus* las más ubicuas y abundantes (Rodríguez 2019).

3.1.2 Ecosistema bentónico y demersal

3.1.2.1 Sustratos blandos

3.1.2.1.1 Zona circalitoral y batial sedimentaria

Los fondos blandos circalitorales se extienden a lo largo de toda la demarcación noratlántica abarcando profundidades comprendidas entre los 30 y los 200 m. Esta zona incluye la plataforma continental cantábrica, estrecha y con notables irregularidades batimétricas (afloramientos rocosos, montes submarinos, cañones submarinos, plataformas marginales). Por otro lado, los fondos blandos batiales de la demarcación noratlántica (con profundidades superiores a los 200 m y hasta los 2500 m aproximadamente) abarcan el talud continental y terminan en el límite superior de la zona abisal, parte del lecho marino más extensa y menos conocida de nuestros mares. Dentro de esta demarcación encontramos nueve hábitats circalitorales y batiales sedimentarios, dentro de la categoría más amplia



que establecen las estrategias marinas, en relación a su profundidad y tipo de sedimento: sedimento batial superior, arena circalitoral profunda, lodos circalitorales profundos, sedimento mixto circalitoral profundo, sedimento grueso circalitoral, fango circalitoral, arena circalitoral, sedimento grueso circalitoral profundo y sedimento batial superior o roca batial superior y arrecife biogénico. Para añadir el componente biológico a los hábitats tenemos que conocer las comunidades que habitan en esos fondos, siendo en la demarcación noratlántica las comunidades circalitorales y batiales menos profundas (hasta 1000 m) bentónicas de sustratos blandos el componente bentónico más estudiado.

Dentro de estos fondos blandos circalitorales y batiales destacan por su importancia ambiental dos hábitats incluidos dentro de la lista OSPAR de hábitats amenazados o en declive (OSPAR, 2010); las comunidades de pennatuláceos y las agregaciones de esponjas, que son englobados en la clasificación de hábitat 1170 Arrecifes de la Directiva Hábitats y considerados Ecosistemas Marinos Vulnerables. Dentro de la clasificación de la Lista Patrón de hábitats encontramos dentro de este grupo: fangos batiales con dominancia de *Kophobelemnon stelliferum* (Figura 33C), fangos batiales con pennatuláceos, arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales con Pennatuláceos, fangos blandos batiales con *Funiculina quadrangularis* y/o *Aporrhais serresianus*, fangos batiales con *Pheronema carpenteri* (Figura 33A), y fangos batiales con hexactinélidas. En el caso de las comunidades de pennatuláceos encontramos comunidades con *Funiculina quadrangularis* ó/y *Pennatula spp.* (Figura 33B) y en el caso de las esponjas se pueden encontrar agrupaciones de los géneros *Geodia*, *Phakellia* ó *Hyalonema*. Además de estos Ecosistemas Marinos Vulnerables, dentro de los fondos blandos circalitorales y batiales de la costa norte española existen otras comunidades biológicas, que, sin ser tan sensibles a las presiones antrópicas, también pueden verse afectadas por estas como por ejemplo los fondos dominados por equinodermos. En la demarcación noratlántica existen hábitats formados por especies pertenecientes a las cinco clases de equinodermos descritas (Echinoidea, Holoturoidea, Asteroidea, Ophiuroidea y Crinoidea), incluyendo fondos dominados por holoturias, como por ejemplo los fondos dominados por *Laetmogone violacea* en fondos batiales (Figura 33D). Otros equinodermos que forman facies son: la estrella de mar *Astropecten irregularis*, el erizo de mar *Gracilechinus acutus*, el crinoideo *Leptometra celtica* y las ofiuras *Ophiothrix fragilis* y *Ophiura ophiura* (Figura 33F). Además de los equinodermos, otras especies de invertebrados también aparecen en número suficiente como para considerarse especies estructurantes. Este es el caso de la actinia *Actinauge richardi*, que forma hábitat, especialmente en fondos fangosos y/o de arenas fangosas (Arenas y arenas fangosas circalitorales dominadas por Hormathiidae), de los ceriantarios que dominan algunos fondos batiales (Fangos batiales con dominancia de ceriantarios) así como es el caso de las munidas en fondos fangosos (Figura 33E). Por último, están identificados dos hábitats dentro de la lista patrón dominados por poliquetos: fangos batiales con dominancia de poliquetos tubícolas y fangos batiales con *Lanice conchilega*, así como encontramos también, fangos batiales con fauna excavadora en las que se han podido filmar madrigueras e individuos de *Nephrops norvegicus* (Figura 33 G).

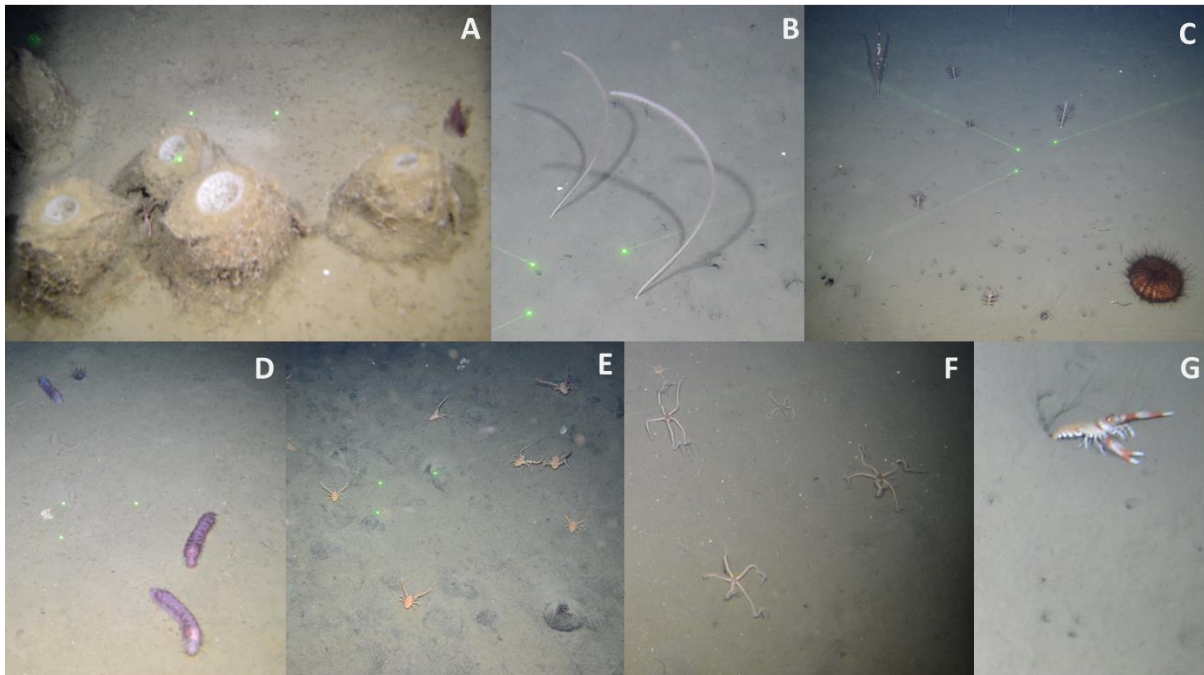


Figura 33. Muestra de hábitats circalitorales y batiales sedimentarios de la demarcación noratlántica obtenidas durante las campañas del proyecto ESMARES CIRCASED. A) Fangos batiales con *Pheronema carpenteri*, B) Fangos batiales con *Funiculina quadrangularis*, C) Fangos batiales con dominancia de *Kophobelemnion stelliferum* acompañada con *Funiculina quadrangularis* y *Araeosoma fenestratum* D) Fangos batiales con dominancia de *Laetmogone violacea*, E) Fangos batiales con murex F) Arenas finas circalitorales dominadas por *Ophira ophiura* acompañada con *Ophiothrix fragilis*, G) Fangos batiales con *Nephrops norvegicus*.

3.1.2.2 Sustratos rocoso

3.1.2.2.1 Zona infralitoral

Los fondos rocosos infralitorales de la costa norte española se extienden a lo largo de toda la zona de estudio en aproximadamente 908 km². En general, prácticamente la mitad de los fondos infralitorales de la demarcación noratlántica son rocosos, siendo el País Vasco la comunidad con una mayor proporción de este tipo de fondos (58,3%) y Galicia (40,55%) la que presenta una menor extensión, debido a los fondos blandos de las rías. Los fondos rocosos infralitorales, al igual que los fondos rocosos circalitorales y profundos se encuentran englobados dentro del hábitat 1170 de la Red Natura 2000: Arrecifes, tal y como se describe en el anexo I de la Directiva 92/43/CEE. En la zona infralitoral, estos fondos engloban ricas comunidades biológicas dominadas principalmente por macroalgas, ya sean quelpos (códigos EUNIS A3.11, A3.12, A3.21, A3.22) u otras macroalgas frondosas como *Gelidium* sp. o *Gongolaria baccata* (A3.15), si bien también pueden observarse otras comunidades, como los fondos dominados por algas incrustantes (A3.14), dentro de las cuales podrían incluirse los páramos de erizos, fondos dominados por comunidades animales (A3.24) o comunidades infralitorales de cuevas o extraplomos (A3.71 y A3.74), dentro de las cuales puede haber hábitats presentes en el anexo V de OSPAR (aprobado en la decisión 2000/340/CE) dentro de la lista de hábitats amenazados y/o en declive como los jardines de coral o las agregaciones de esponjas. Las laminarias o quelpos son algas pardas (Cl. Phaeophyceae) pertenecientes a los órdenes Laminariales y Tilopteridales. Se trata de algas que suelen alcanzar un gran porte y que en algunas zonas forman extensos “bosques” que juegan un importante



papel como zonas de cría para gran variedad de organismos (Schultze et al, 1990; Sjøtun et al, 1993; Shaffer, 2003). Los bosques de quelpos están en regresión a escala mundial debido fundamentalmente al cambio climático, la contaminación y las prácticas de pesca destructivas, y en la zona del Atlántico norte, en Europa, están sufriendo importantes cambios en su distribución (de Bettignies et al., 2021), por lo que en 2021 OSPAR emitió una recomendación para incentivar su protección en toda la región (OSPAR, 2021). En la demarcación noratlántica las comunidades de quelpos se encuentran presentes a lo largo de toda la costa, si bien tanto su distribución batimétrica como su composición varían a lo largo del gradiente térmico natural existente en esta zona del Golfo de Vizcaya. Las costas gallegas son las que presentan una mayor abundancia y diversidad de este hábitat, al presentar unas condiciones hidrográficas, (principalmente de temperatura) más apropiadas para los quelpos. En esta comunidad se pueden observar hasta cuatro especies autóctonas del orden Laminariales: *Chorda filum*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca*, y *Saccharina latissima* y 4 del orden Tilopteridales: *Saccorhiza polyschides*, *Phyllariopsis purpurascens*, *Phyllariopsis brevipes*, *Phyllariopsis brevipes* subsp. *pseudopurpurascens*. En las Rías Baixas gallegas aparecen extensas formaciones de *S. polyschides* (Figura 34 A) durante la época estival en zonas de aguas claras y relativamente poco profundas, acompañada por otras especies de algas pardas como *Gongolaria baccata* (Figura 34B), *Dictyota dichotoma*, o *Desmarestia ligulata*, y algas rojas calcáreas erectas como *Corallina* sp. o *Ellisolandia elongata* o incrustantes como *Mesophyllum expansum*. La fauna acompañante de este hábitat está formada por pequeños corales (como *Balanophyllia regia*), esponjas (como *Cliona celata*, *Crambe crambe*, *Haliclona* sp o *Amphilectus fucorum*), la estrella espinosa *Marthasterias glacialis*, o equinodermos (como la holoturia *Holothuria forskali* o el erizo *Sphaerechinus granularis*). Como especies acompañantes de peces destaca la presencia *Pomatoschistus flavescens*, *Labrus bergylta*, *Diplodus vulgaris*, *Symphodus melops*, *Parablennius pilicornis*, *Parablennius gattorugine*, *Boops boops*, *Coris julis*, *Trisopterus luscus*, *Spondylusoma cantharus*, *Pollachius pollachius*, *Centrolabrus exoletus* y *Symphodus bailloni*. Cabe destacar el elevado número de cardúmenes de *Pomatoschistus flavescens* con ejemplares de pequeño tamaño, ya que es habitual que esta especie ponga sus huevos en la base de *Saccorhiza* (Miller, 1986). En algunas zonas de las Rías Baixas, menos batidas y de menos profundidad, *S. polyschides* aparece en asociación con *C. usneoides* y ejemplares de *L. ochroleuca*, en zonas menos batidas y de menor profundidad (Figura 34D). La fauna invertebrada acompañante de esta asociación está formada por esponjas (como *Crambe crambe*, o *Cliona celata*), gasterópodos (diversas especies del género *Calliostoma* o *Tritia* y nudibranchios como *Felimare tricolor*) y holoturias (como *Holothuria forskali*). También son típicas numerosas especies de peces típico del infralitoral como *Pomatoschistus flavescens*, *Boops boops*, *Serranus cabrilla*, *Coris julis*, *Labrus bergylta*, *Centrolabrus exoletus*, *Parablennius pilicornis*, *Ctenolabrus rupestris*, *Diplodus vulgaris*, *Symphodus melops* y *Labrus mixtus*.

En las Rías Altas, además de bosques de *S. polyschides*, se pueden encontrar todavía formaciones densas de *L. hyperborea* y *L. ochroleuca*, si bien cada vez en zonas más reducidas. De hecho, *L. hyperborea* presenta aquí su límite meridional de distribución.

Otro hábitat formado por macroalgas de gran importancia en la demarcación noratlántica, sobre todo en las zonas más someras, entre los 5 y los 15 metros, son los fondos rocosos dominados por algas del género *Gelidium* (Figura 34 A). Este género alberga algunas de las algas más características de las costas del Mar Cantábrico, tanto por su abundancia como por su importancia socioeconómica para las poblaciones costeras. *Gelidium corneum* y *Gelidium spinosum* (esta última con una distribución más ligada a la costa occidental del Mar Cantábrico) son las dos especies más comunes de este género en



esta zona, si bien es la primera la que presenta las mayores abundancias. Se trata de algas frondosas, de intenso color rojo-granate que forman extensas praderas en los fondos rocosos batidos de la costa norte española. La distribución geográfica de ambas algas es prácticamente global y existen citas de ambas en prácticamente toda Europa, en las costas de América y en el Océano Índico (Guiry, 2011). En las costas del Mar Cantábrico estas especies presentan una distribución batimétrica que se extiende por la práctica totalidad de la zona infralitoral, desde el nivel mínimo de la bajamar hasta profundidades de más de 20 metros. En Cantabria Guinda et al., (2011) observaron las máximas abundancias de estas algas a profundidades de entre 5 y 15 m, mientras que, en las costas de Guipúzcoa, Borja (1987) estimó que prácticamente el 90% de la biomasa de estas algas se encuentra en los primeros 10 m. Estas algas son conocidas como ocle en Asturias o caloca en Cantabria y son usadas desde antiguo como abono para los pastos. Además, durante la segunda guerra mundial, el ocle o caloca pasó a ser una producto comercial al desarrollarse una industria entorno a la extracción del agar presente en estas algas (Juanes y Borja, 1991). La explotación del ocle se realiza por diversos métodos (Fernández, 1991): recogida de algas de arribazón, captura con redes desde embarcación, arranque manual y corte con escafandra autónoma. En las zonas clareadas, correspondientes a zonas degradadas o que han sufrido arranque por explotación de los bosques de *Gelidium corneum* se aprecia la presencia de *Chondria coerulescens*, En las zonas más degradadas, el hábitat aparece sustituido por un césped de especies oportunistas filamentosas ("turf") no diferenciadas, y colonizado por especies de algas invasoras como *Asparagopsis armata*, *Codium fragile* o *Dictyota cyanoloma*. Las especies típicas de invertebrados acompañantes en estas comunidades son el bivalvo perforador *Rocellaria dubia*, numerosas esponjas entre las que destaca la esponja roja incrustante *Crambe crambe*, o *Cliona celata*, holoturias como *Holothuria forskali*, pequeñas anémonas y corales como *Balanophyllia regia*, nudibranquios como *Felimare tricolor* o erizos como *Sphaerechinus granularis*. Entre los peces, destaca la presencia de *Coris julis*, *Serranus cabrilla*, *Labrus bergylta*, *Parablennius pilicornis*, *Symphodus melops*, *Ctenolabrus rupestris*, *Diplodus vulgaris*, *Centrolabrus exoletus*, *Pomatoschistus flavescens*, *Boops boops* y *Diplodus sargus*.

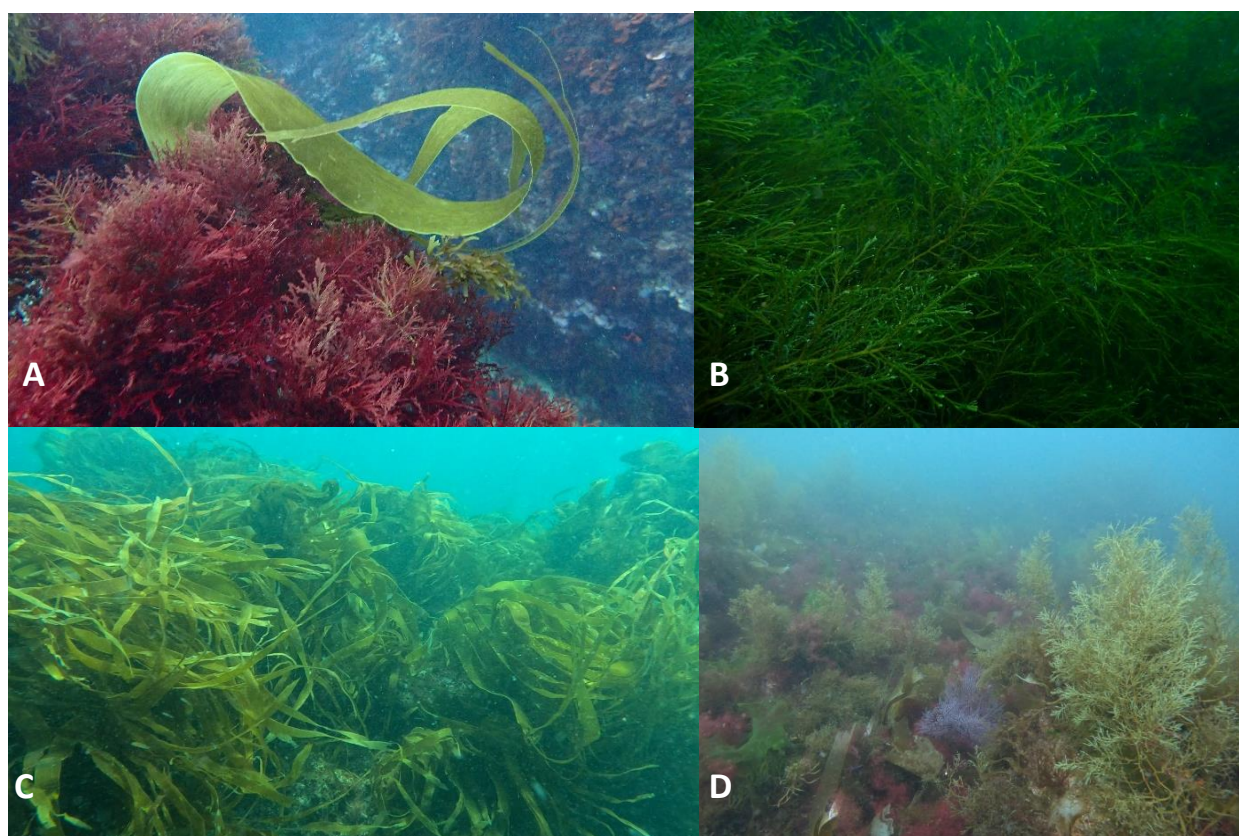


Figura 34. Aspecto general de los hábitats algales encontrados en la demarcación Noratlántica. A. Roca infralitoral expuesta con *Gelidium* spp; B. Roca infralitoral superior expuesta con *Cystoseira* spp; C. Bosque de *Saccorhiza polyschides* sobre roca infralitoral expuesta; D. Roca infralitoral medianamente iluminada con *Cystoseira usneoides*/*Saccorhiza polyschides*/*Laminaria ochroleuca*.



Además de los hábitats infralitorales caracterizados por macroalgas, los fondos rocosos infralitorales también presentan comunidades dominadas por invertebrados, como por ejemplo las presentes en cuevas y extraplomos. Se trata de comunidades con una fauna única y más típica de ambientes circalitorales, al estar dominada por especies esciáfilas.

En las paredes verticales y extraplomos esciáfilos del infralitoral superior, se encuentra un hábitat dominado por esponjas incrustantes, ascidias, briozoos y cnidarios. Es el hábitat mayoritario en la demarcación, ocupando grandes extensiones en las cuatro comunidades autónomas del mar Cantábrico y Atlántico gallego. La baja intensidad lumínica imposibilita en gran medida la fijación de las algas al sustrato, permitiendo establecerse a una rica variedad de especies de invertebrados sésiles, principalmente esponjas incrustantes, pero también ascidias coloniales, briozoos incrustantes y erectos y cnidarios. Este hábitat presenta varias facies diferentes según la especie dominante, y muestra una patente diferenciación biogeográfica: en la parte oriental de Lugo y hasta Cabo Peñas en Asturias, domina la comunidad la especie de esponja incrustante roja *Crambe crambe*, mientras que en el País Vasco la esponja dominante es *Clathrina coriácea*. En la zona biogeográfica entre estas dos facies, existe una de transición en la que se da una codominancia de las dos especies: *Crambe crambe* y *Clathrina coriácea*. La facie de *Crambe crambe* presenta otras esponjas, aunque en menor proporción, como *Cliona celata* Grant, 1826, *Darwinella* sp y diversas especies del género *Haliclona*. La fauna acompañante de esta comunidad está formada por briozoos incrustantes (como *Watersipora* cf *subatra* (especie introducida) y erectos (de la familia Crisiidae), ascidias coloniales (como *Aplidium punctum* o *Lissoclinum perforatum*), cnidarios antozoos (como *Cayophyllia* sp o *Aiptasia couchii* Gosse) e hidrozoos (del género *Aglaophenia* u *Obelia bidentata*), y balanos.

La facie de la pequeña esponja calcárea *Clathrina coriacea*, presenta otras especies calcáreas muy abundantes como *Clathrina rubra* Sarà, 1958, o especies del género *Sycon*. Así como demospongias (como *Crambe crambe*, *Pachymatisma johnstonia* o *Axinella damnicornis*). Además, se da una diversa fauna acompañante de cnidarios (como la margarita de mar *Actinothoe sphyrodeta*), anélidos tubícolas (como *Protula tubularia*) o el briozoo introducido *Beania serrata*.

La facie de transición se localiza geográficamente en el infralitoral rocoso de Cantabria, donde la comunidad sigue dominada por la especie de esponja incrustante *Crambe crambe* (Figura 35D), pero aumenta la presencia de *Clathrina coriacea*. Presenta además otras esponjas (como *Aplysina cavernicola* o *Vosmaeropsis hispánica*, briozoos (como *Electra pilosa*), cnidarios (hidrozoos Aglaofénidos o la anémona joya *Corynactis viridis*) y anélidos tubícolas (como *Protula tubularia*)

Otras comunidades definidas por invertebrados incluyen las encontradas en paredes verticales y extraplomos donde dominan esponjas masivas (como *Tedania pilarriosae*, Figura 35 E). Este hábitat aparece en el infralitoral del sur de Pontevedra, y como especies acompañantes presenta también pequeñas esponjas calcáreas del género *Sycon*, demospongias del género *Haliclona*, la estrella espinosa *Marthasterias glacialis*, y el nudibranquio *Felimare cantabrica* alimentándose de las esponjas.

También en zonas rocosas esciáfilas como galerías, grutas, o huecos entre grandes rocas, se da un hábitat dominado por invertebrados con esponjas y ascidias coloniales (Clavelinidae y Didemnidae,



Figura 35F). Este hábitat se encuentra en el infralitoral de las islas Cíes, en Galicia. Entre las esponjas destacan las del género *Haliclona*, o *Ircinia dendroides*. Entre las ascidias se encuentran colonias del género *Pycnoclavella* (Clavelinidae), que cubren amplias zonas del sustrato, así como *Lissoclinum perforatum* (Didemnidae). También son abundantes los pequeños corales (*Balanophyllia regia*) o las anémonas joya (*Corynactis viridis*).

En el interior de las cuevas son habituales las comunidades dominadas por esponjas incrustantes como *Clathrina coriácea* (Figura 35C), ascidias coloniales como *Dendrodoa grosularia* y anémonas como *Corynactis viridis* (Códigos EUNIS A3.712, A3.713, A3.714 y A3.715). Pueden encontrarse también fondos infralitorales dominados por gorgonias, entre 15 y 30 metros de profundidad, en costas batidas y semibatidas (Urgorri et al, 2007; Aguilar et al, 2009). Son fondos donde las algas son escasas, y dominan los cnidarios y poríferos, siendo las especies estructurantes gorgonáceos como *Leptogorgia sarmentosa*, *L. lusitánica* y *Eunicella verrucosa* y frecuentes otros cnidarios como *Alcyonium digitatum*, *Caryophyllia smithii* y *Parazoanthus axinellae*. En el caso de los fondos dominados por *Leptogorgia sarmentosa* (Figura 35A), la fauna acompañante de los bosques de estas gorgonias incluye esponjas como *Phorbas ficticius*, *Crambe crambe* o diversas especies del género *Haliclona*, ascidias como *Stolonica socialis*, cnidarios como *Balanophyllia regia*, el balano *Balanus perforatus* y el erizo de mar *Sphaerechinus granularis*. En las partes fotófilas, aparecen algas pardas como *Saccorhiza polyschides* o diversas especies de dictiotales.

Un hábitat de gran interés son los arrecifes de *Sabellaria sp*, encontrados de las especies *Sabellaria alveolata* y *Sabellaria spinulosa* (Figura 35B) a lo largo de toda la demarcación (Rioja, 19917, 1923, 1925; Anadón, 1980; Campoy, 1982; Urgorri et al, 2007). Se desarrollan en el nivel superior del piso infralitoral, en ambientes bien iluminados. En Galicia se encuentra parcheado en hábitats algales de *Saccorhiza polyschides* de mayor superficie. El pequeño anélido poliqueto *Sabellaria sp* construye tubos mediante la compilación de mucus y granos de arena o sedimento. La agregación de estos tubos da lugar a grandes arrecifes biogénicos que pueden abarcar grandes extensiones, y que permiten la consolidación de cantos, guijarros y grava, proporcionando así un sustrato estable en el que pueden fijarse especies epifitas. Además, proporciona refugio a especies de invertebrados y peces, aumentando así la diversidad de especies en el ecosistema (Dubois et al, 2002). Por ello, el hábitat formado por estos poliquetos es de gran interés para la conservación en áreas marinas y los formado por la especie *Sabellaria spinulosa* han sido incluidos en la lista de hábitats amenazados o en declive por la comisión OSPAR (OSPAR comisión, 2013).

Otras comunidades dominadas por invertebrados son las del erizo de mar *Paracentrotus lividus*. El erizo de mar *P. lividus* es una especie comestible y explotada en gran parte de los países donde habita, incluyendo las costas del norte de España (González-Irusta et al, 2010). Ejerce un papel clave como especie reguladora de las poblaciones de algas, limitando el crecimiento de aquellas especies de las que se alimenta y favoreciendo de este modo el desarrollo de las especies que no ingiere (Boudouresque y Verlaque, 2001).

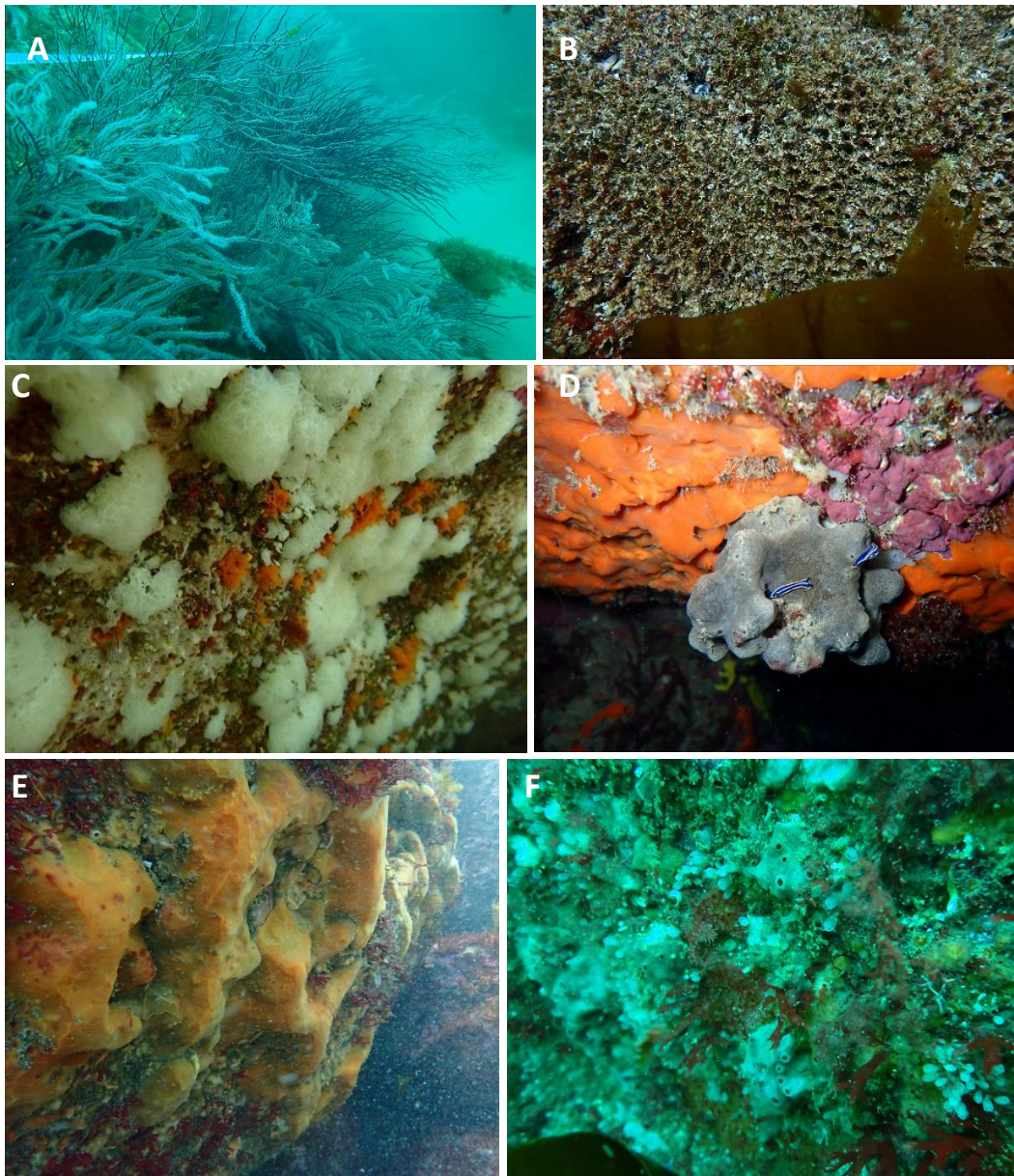


Figura 35. Aspecto general de los hábitats de fauna invertebrada encontrados en la demarcación noratlántica. A. Roca infralitoral superior con *Leptogorgia sarmentosa*; B. Arrecife de *Sabellaria* sp en roca infralitoral; C. Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes, con *Clathrina coriacea*; D. Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes, con *Crambe crambe*; E. Paredes verticales y extraplomos esciáfilos dominados por invertebrados con esponjas masivas (*Tedania pilarriosae*); y F. Roca infralitoral escasamente iluminada dominada por invertebrados con esponjas y ascidias coloniales (*Clavelinidae* y *Didemnidae*).

3.1.2.2.2 Zona circalitoral y batial rocosa

La zona circalitoral comprende los fondos situados entre el límite inferior de las algas laminariales y el borde del talud continental, que en el demarcación noratlántica se localiza entre los 30 y los 200 m de profundidad aproximadamente, mientras que la zona batial abarca el talud continental hasta las llanuras abisales, comprendiendo los fondos entre los 200 y los 2.500 m de profundidad.



Los fondos rocosos se extienden a lo largo de toda la plataforma y el talud continental de la demarcación noratlántica, tanto en la zona circalitoral como batial. En el marco de las estrategias marinas, los hábitats bentónicos existentes en estos fondos se dividen, siguiendo la clasificación de EMODNET, en ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ cuando sólo se tienen en cuenta la profundidad y el tipo de sustrato, y en ‘otros hábitats bentónicos’ cuando adicionalmente se tiene en cuenta la componente biológica, es decir, las comunidades biológicas que habitan en estos fondos.

En las zonas circalitoral y batial de la demarcación noratlántica existen cuatro ‘tipos generales de hábitats bentónicos’ diferentes: (i) Roca circalitoral y arrecife biogénico, (ii) Roca circalitoral profunda y arrecife biogénico, (iii) Roca batial superior y arrecife biogénico, y (iv) Roca batial inferior y arrecife biogénico. Si consideramos además la componente biológica, existe una gran diversidad de ‘otros hábitats bentónicos’ distribuidos por la demarcación y caracterizados por una mayor complejidad ecológica debido a la estructura tridimensional que generan algunas especies, principalmente esponjas (phylum porífera) y corales blandos y duros (phylum cnidaria). Estas especies pueden generar hábitats monoespecíficos, dominados por una única especie o pueden combinarse para formar hábitats mixtos o multiespecíficos y a nivel nacional, están englobados en la categoría “030202 Roca Circalitoral dominada por invertebrados” del Inventario Español de Hábitats Y Especies Marinos (IEHEM, 2012), mientras que a nivel internacionales se encuentran recogidos en la categoría EUNIS “MC12 Roca circalitoral Atlántica”.

En el circalitoral, las esponjas forman densas agregaciones, como los campos monoespecíficos de *Stylocordila* sp., de *Artemisina transiens* (Figura 36 D) o de *Cliona celata*, así como de otras especies del orden Haplosclerida (*Haliclona* spp, *Petrosia crassa*) que aparecen puntualmente ocupando los sustratos rocosos. Entre los cnidarios, destacan los jardines de gorgonias dominados por *Eunicella verrucosa* (Figura 36E), *Paramuricea grayi* (Figura 36A) y *Leptogorgia sarmentosa* (Figura 36C) que, si bien en determinadas zonas forman densas agrupaciones monoespecíficas, en muchas otras aparecen mezcladas con una gran diversidad de especies formando jardines de gran colorido (Figura 36H). Sin embargo, a lo largo de toda la demarcación, son los hábitats mixtos o multiespecíficos los que ocupan mayores extensiones. Entre la enorme diversidad de combinaciones existentes, destacan por su mayor frecuencia en el circalitoral rocoso los campos mixtos de esponjas *Artemisina transiens*, *Cliona celata*, *Pachymatisma johnstonia*, *Phakellia ventilabrum*, *Phakellia robusta*, y *Poecilastra compressa* y de cnidarios como las gorgonias anteriormente mencionadas (*Eunicella verrucosa* (Figura 36E), *Paramuricea grayi* (Figura 36A) y *Leptogorgia sarmentosa*), además de otras de menor tamaño (*Swiftia* cf. *dubia* y *Muriceides lepida*), así como *Dendrophyllia cornigera* y *Parazoanthus axinellae*. Adicionalmente, algunos hidrozooos (*Diphasia alata*, *Plumularia setacea*, *Polyplumaria flabellata*, *Schizothricha frutescens*), aunque de menor tamaño que las especies estructurantes anteriormente mencionadas, aparecen frecuentemente formando densas coberturas.

En el circalitoral más profundo y batial superior, igualmente son esponjas y corales las especies estructurantes más importantes. Destacan las agregaciones de colonias de corales blancos *Madrepora oculata*, que forma una estructura tridimensional de gran importancia como refugio y zona de desove para numerosas especies incluso cuando sólo existe la estructura formada por el esqueleto del coral muerto. Además, campos mixtos de esponjas *Pachastrella* sp., gorgonias *Acanthogorgia hirsuta* y corales negros *Antipathella subpinnata*, *Antipathes dichotoma* y *Parantipathes* spp., se distribuyen a lo largo de toda la demarcación.



Si bien algunos hábitats, como los fondos dominados por *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, son más frecuentes en los fondos frente a la costa gallega, o los campos de *Letoporgia sarmentosa* se localizan frente a la costa de Cantabria, en general las diferentes combinaciones se van sucediendo unas tras otras a lo largo de toda la demarcación, formando en conjunto una distribución en mosaico que caracteriza mayoritariamente el sustrato rocoso. Estos fondos estructurados por comunidades biológicas proporcionan el hábitat idóneo para muchas otras especies de invertebrados, incluyendo equinodermos, moluscos y crustáceos. De todos ellos, los equinodermos con especies de erizos como *Echinus melo* y *Gracilechinus acutus*, estrellas como *Chaetaster longipus*, *Echinaster sepositus* y *Marthasterias glacialis* y holoturias como *Holothuria forskali* y *Paratichopus regalis* son muy frecuentes sobre la roca a lo largo de toda la demarcación.

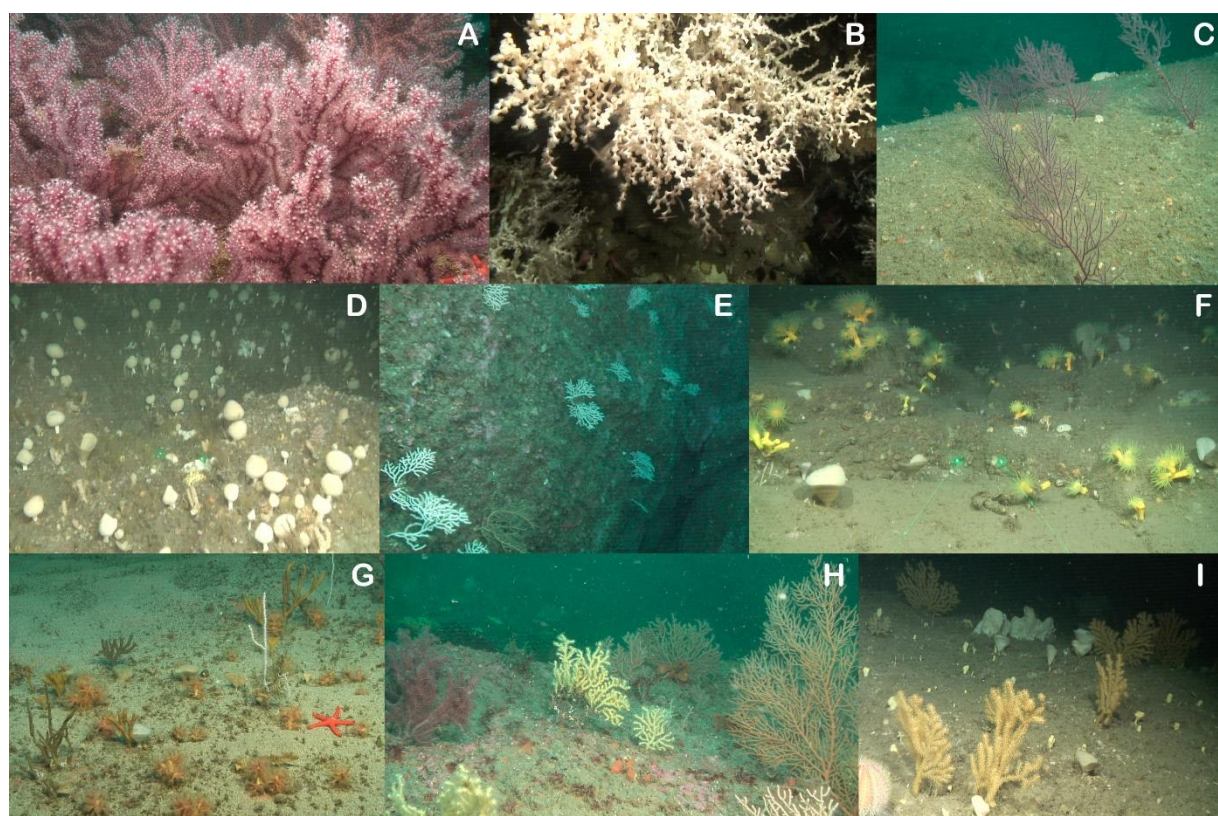


Figura 36. Muestra de hábitats circalitorales y batiales rocosos de la demarcación noratlántica obtenidas durante las campañas del proyecto ESMARES CIRCAROCK. A) Roca circalitoral dominada por *Paramuricea grayi* B) Roca batial dominada por *Madrepora oculata*, C) Roca circalitoral con dominancia de *Leptogorgia sarmentosa* D) Roca circalitoral profunda dominada por *Artemisia transiens*, E) Pared rocosa vertical dominada por *Eunicella verrucosa* F) Roca circalitoral profunda dominada por una comunidad mixta de *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, G) Roca circalitoral dominada por una comunidad mixta de esponjas *Axinellidae* y el zoantario *Parazoanthus axinellae*, H) Roca circalitoral dominada por gorgonias (*Paramuricea grayi* y *Leptogorgia sarmentosa*), I) Roca circalitoral profunda dominada por una comunidad mixta de esponjas (*Phakellia robusta*, *Poecilastra compressa*) y gorgonias (*Acanthogorgia hirsuta*).

Internacionalmente, por su importancia ambiental, todos estos ‘otros tipos de hábitats’ están considerados dentro de la categoría del hábitat 1170-‘Arrecifes’ de la Directiva Hábitats (DH, 92/43/CEE), por lo que se requiere la designación de Zonas Especiales de Conservación dentro de la Red Natura 2000 para asegurar su conservación. Además, están englobados en dos de los hábitats de la lista de hábitats amenazados y/o en declive de OSPAR, ‘jardines de gorgonias’ y ‘agregaciones



profundas de esponjas' (OSPAR, 2008), por lo que se recomienda adoptar medidas enfocadas en su protección. En el marco global, son también categorizados como Ecosistemas Marinos Vulnerables (EMV- Fago, 2009) al estar estructurados por especies sensibles a las presiones antropogénicas, en especial, a la actividad pesquera.

3.2 Especies

3.2.1 Peces y cefalópodos

3.2.1.1 Peces costeros

Los peces costeros son aquellos que se habitan próximos a la costa, a poca profundidad. Grosso modo, podemos agrupar las especies que encontramos en tres grandes grupos: especies bentopelágicas que viven asociados al fondo, especies pelágicas que se desplazan en busca de alimento y especies crípticas que se esconden de sus depredadores en las grietas y oquedades (Figura 37).

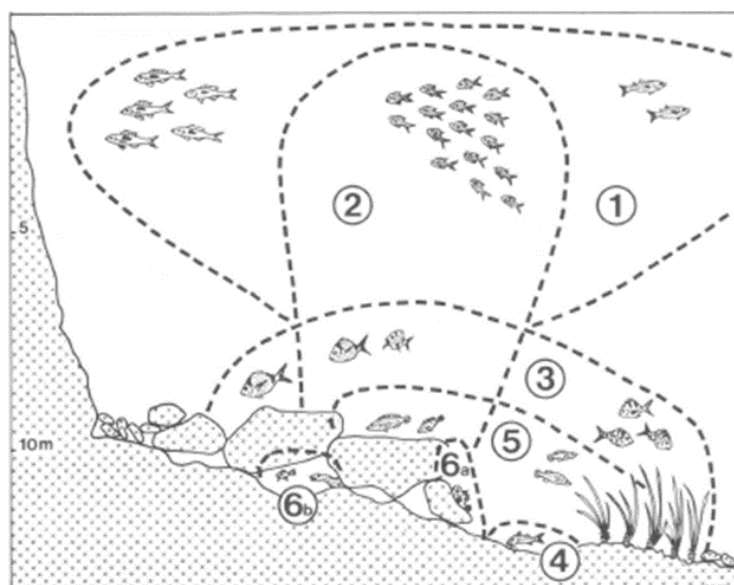


Figura 37. Grupos funcionales de peces costeros según Harmelin, 1987.

En la demarcación marina noratlántica se evaluaron los peces costeros pertenecientes a "roca infralitoral y arrecife biogénico" y predominan principalmente dos ambientes, los fondos con algas (fotófilo) y oquedades (esciáfilo).

Las especies de peces características en las comunidades infralitorales de sustratos duros recubiertos de algas de la demarcación noratlántica son los lábridos como el pinto o maragota (*Labrus bergylta*), las julias (*Coris julis*) o los romeros (*Symphodus spp.*) y de menor tamaño la falsa vieja (*Centrolabrus exoletus*) o el tabernero (*Ctenolabrus rupestris*), junto con los espáridos como los sargos (*Diplodus spp.*) o la boga (*Boops boops*) entre otros.



Figura 38. *Labrus bergylta*, *Coris julis* y cardumen de mojarras *Diplodus vulgaris* acompañado de sargo picudo *Diplodus puntazzo* en el centro de la imagen.

En las oquedades de los fondos rocosos encontramos como especies crípticas, blénidos (*Parablennius spp.*) y rascacios (*Scorpaena spp.*), así como juveniles protegiéndose de los depredadores. Estas oquedades también sirven de refugio a predadores como las cabrillas (*Serranus cabrilla*) o el congrio (*Conger conger*) (Figura 37 y 38).



Figura 39. *Parablennius pilicornis* (izquierda) y *Serranus cabrilla* (derecha).

3.2.1.2 Peces pelágicos

Los peces pelágicos pertenecen al necton, es decir, son animales capaces de nadar activamente y cuyo desplazamiento no está determinado por las corrientes de agua. Esto les permite desplazarse grandes distancias en un día, por lo que están adaptados a las exigencias de natación continua, con siluetas fusiformes y un sistema circulatorio eficiente (Helfman *et al.*, 1997). El término 'peces pelágicos' se usa aquí como sinónimo de peces epipelágicos, o sea, aquellos peces que nadan en los 200 m superiores de zonas costeras y de mar abierto.

La situación geográfica de la demarcación noratlántica favorece la diversidad de ictiofauna pelágica, donde especies típicas de las aguas frías noratlánticas como el arenque (*Clupea harengus*) comparten la zona con aquellas de aguas más templadas subtropicales como el estornino (*Scomber colias*). El fenómeno del calentamiento global parece haber provocado un incremento en la presencia de especies de peces de aguas templadas en el Golfo de Vizcaya (p. ej. entre los peces pelágicos *Megalops atlanticus* o *Seriola rivoliana*) en los últimos veinte años (Quéro *et al.*, 1998; Stebbing *et al.*, 2002). Desde el punto de vista ecológico y también con respecto a la actividad pesquera, los peces pelágicos se pueden dividir en tres grandes grupos: pelágicos pequeños, pelágicos medianos y grandes



migratorios (Bas, 1995).

Peces pelágicos pequeños

Los peces pelágicos pequeños se distinguen por su bajo nivel trófico. Se alimentan típicamente de fitoplancton y zooplancton en afloramientos y zonas circundantes. Su crecimiento es rápido, su reproducción temprana y su vida corta, dando lugar a poblaciones muy grandes (Bas, 1995). La dinámica de la población de estas especies está dominada por la fortaleza de la generación que nace cada año (reclutamiento). Las especies más representativas de este grupo en la demarcación noratlántica son la anchoa (*Engraulis encrasicolus*) y la sardina (*Sardina pilchardus*). Otra especie típica es el espadín (*Sprattus sprattus*).

La anchoa (*E. encrasicolus*) puede sobrepasar los 20 cm en el Golfo de Vizcaya y raramente vive más de tres años. Forma grandes bancos situados entre 5 y 15 m sobre el fondo durante el día (Massé, 1996). Es un desovante múltiple (varios desoves al año) y se reproduce en la primavera. La zona de desove se extiende al sur de la latitud 47° N y al este del meridiano 5° O. La mayoría del desove se realiza sobre la plataforma continental en áreas bajo la influencia de plumas fluviales de los ríos Gironde, Adour y cantábricos (Figura 40) (Motos *et al.*, 1996). A medida que avanza la primavera y el verano, la anchoa migra desde el interior del Golfo de Vizcaya hacia el norte a lo largo de la costa francesa y hacia el este a través del mar Cantábrico. Pasa el otoño en estas zonas y en el invierno migra en la dirección opuesta hacia el sureste del Golfo de Vizcaya (Prouzet *et al.*, 1994). Tiene una mortalidad natural alta y muy variable. Los procesos mesoescalares en relación con la estructura vertical de la columna de agua (estratificación, afloramiento y extensión de la pluma fluvial) tienen aparentemente un gran efecto sobre la supervivencia de las larvas (Allain *et al.*, 2001). En el noreste Atlántico, la población mayor y más estable de anchoa parece ser la del Golfo de Vizcaya (Uriarte *et al.*, 1996).

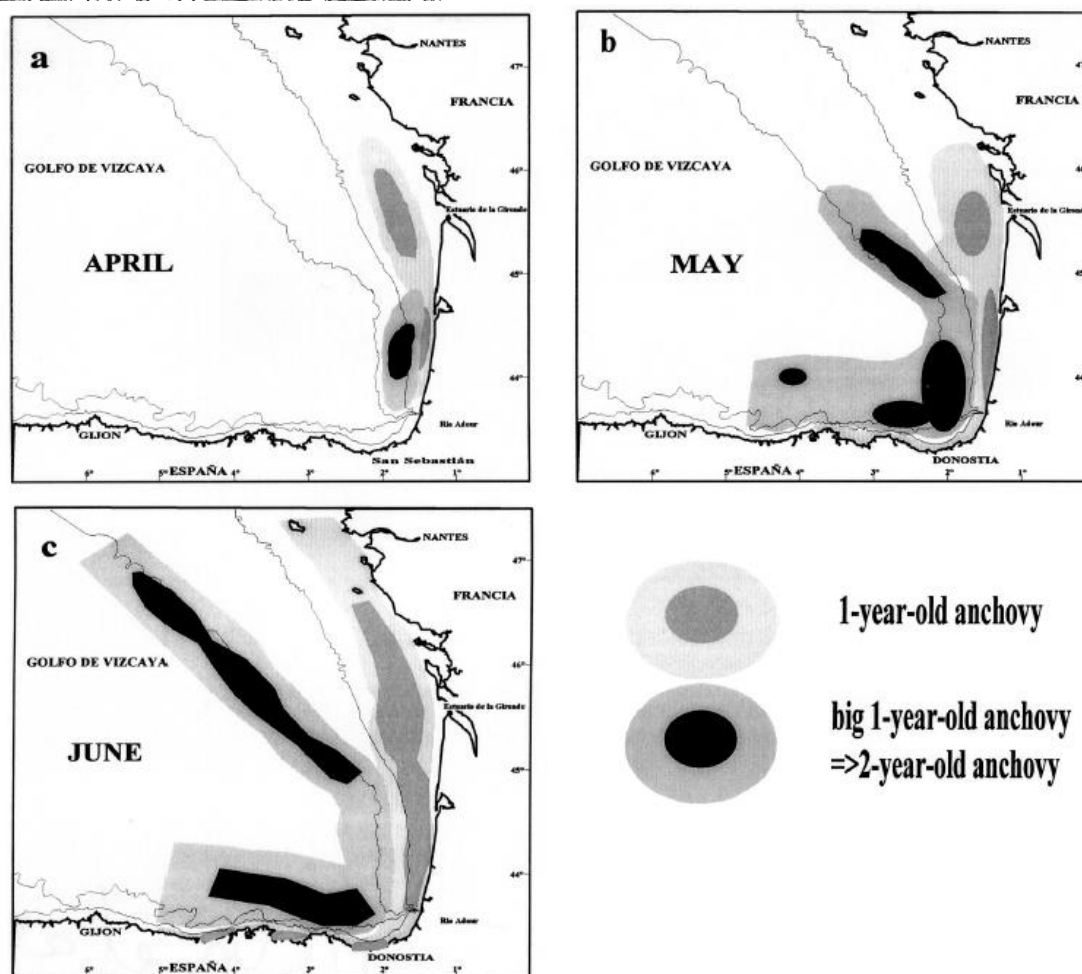


Figura 40. Zonas de desove de anchoa en el Golfo de Vizcaya (Motos *et al.*, 1996).

La sardina (*Sardina pilchardus*) puede alcanzar 25 cm de largo en el Golfo de Vizcaya, y llega a vivir más de diez años. Forma grandes bancos, normalmente cerca de la costa y hasta unos 50 m por debajo de la superficie del mar. Es un desovante múltiple. En general, el punto álgido del desove es en primavera, aunque hay un segundo pico en otoño (Solá *et al.*, 1992). Estos dos puntos máximos pueden corresponder a la existencia de sardinas de primavera y otoño simpátricas (o parapátricas) (Wyatt y Porteiro, 2002), aunque no se ha hallado evidencia concluyente. El concepto de metapoblación para la sardina residente en el Golfo de Vizcaya podría ayudar a explicar las importantes variaciones en abundancia que han tenido lugar, especialmente en el sureste de la región durante la última década (Carrera y Porteiro, 2003). La disminución en reclutamiento de la sardina se ha relacionado con el calentamiento global (Lavín *et al.*, 1997; Cabanas y Porteiro, 1998; Guisande *et al.*, 2001; Valdés y Lavín, 2002; Wyatt y Porteiro, 2002) y esta hipótesis se está estudiando actualmente.

Peces pelágicos medianos

Los peces pelágicos medianos se caracterizan por su mayor plasticidad en el espectro alimenticio con respecto a peces pelágicos pequeños. Están estrechamente asociados a zonas de alta productividad, pero la relación es más laxa y menos directa que la de los peces pelágicos pequeños (Bas, 1995). La dieta se compone principalmente de grandes copépodos y mesozooplankton. Tienen mayor movilidad y realizan migraciones de mayor distancia, tanto horizontal como verticalmente, que los peces pelágicos pequeños. También tienen una vida más larga y las poblaciones están compuestas por varios grupos de edad. Todas estas características favorecen la estabilidad en la abundancia de estas especies



(Bas, 1995).

Esta categoría incluye principalmente especies de las familias Scombridae y Carangidae. En el Golfo de Vizcaya, las más importantes son la caballa (*Scomber scombrus*) y el jurel (*Trachurus trachurus*). También son típicas otras especies más comunes en aguas templadas y subtropicales, como el estornino (*S. japonicus*), jurel del mediterráneo (*T. mediterraneus*) y el jurel de altura (*T. picturatus*). Otras familias con especies en esta categoría son las Mugilidae y Belonidae.

La caballa (*S. scombrus*) está extendida en todo el noreste Atlántico-mar Mediterráneo y en el noroeste Atlántico. Es un pez migratorio activo que forma bancos que a veces alcanzan una gran densidad. Es un desovante múltiple cuya zona de desove se extiende por toda el área oeste de las islas Británicas, el Golfo de Vizcaya y el mar del Norte. La caballa desova a principios de primavera y cuando acaba el desove, a finales de primavera, empieza una migración en busca de alimento a lo largo del oeste de las islas Británicas y al norte del mar del Norte. De septiembre a diciembre se encuentran caballas en el mar de Noruega y la parte norte del mar del Norte. Durante el invierno, la caballa migra hacia el sur otra vez, a la zona de desove, a través de aguas al oeste de las islas Británicas (Uriarte *et al.*, 2001). Este comportamiento migratorio parece estar asociado con las aguas de la corriente de talud (Reid, 2001).

El jurel (*T. trachurus*) es un carángido con una distribución que va desde las costas de Cabo Verde hasta la parte septentrional del mar del Norte, así como el Mediterráneo. Su comportamiento es más demersal que el de las caballas y otras especies pelágicas. Es un desovante múltiple cuya zona de desove se extiende desde las islas Británicas hacia el sur, por toda su zona de distribución. En el Golfo de Vizcaya, el desove tiene lugar principalmente en la primavera y el principio del verano. Es un pez longevo que puede llegar hasta los 40 años (Abaunza *et al.*, 2003). Realiza migraciones para el desove y para alimentarse, pero son menos evidentes que en el caso de las caballas.

Peces pelágicos migratorios grandes

Se trata de peces de grandes dimensiones y fuertes nadadores, lo que les permite realizar largas migraciones. En general, los peces pelágicos pequeños y medianos constituyen su fuente de alimentación primaria, posicionándolos en los niveles más altos de la cadena trófica. Algunas familias del suborden Scombroideae (túnidos) y tiburones de los Carcharhiniformes y Lamniformes pertenecen típicamente a este grupo. Los peces túnidos son desovantes múltiples, cuya zona de desove se encuentra normalmente en aguas tropicales y subtropicales. En las zonas tropicales, el alimento es relativamente escaso de modo que los atunes deben buscar activamente las zonas de alimento. Esto significa que su vida es nómada, basada en desplazamientos distantes continuos (Helfman *et al.*, 1997). En el Golfo de Vizcaya, las especies más características son el atún blanco (*Thunus alalunga*) y el atún azul (*Thunnus thynnus*). También pueden encontrarse otros atunes o peces túnidos como el patudo (*Tunus obesus*), el bonito del Atlántico (*Sarda sarda*), el atún barrilete (*Euthynnus pelamis*) y el pez espada (*Xiphias gladius*).

La presencia de atún azul y atún blanco en el Golfo de Vizcaya es estacional. Normalmente aparecen a principios de verano y desaparecen a principios de otoño, siguiendo una migración trófica en la búsqueda de alimento. En el caso del atún azul, son normalmente ejemplares jóvenes (Cort, 1990). Variables abióticas, como la temperatura de la superficie e índices generales climáticos y oceanográficos, juegan un papel importante en su distribución y su comportamiento migratorio (ICCAT,



2003).

Los tiburones son grandes peces predadores, que tienen fertilización interna y cuyas hembras pueden poner huevos o nutrir sus embriones internamente durante varios meses antes de parir (Helfman *et al.*, 1997). El tipo de reproducción, con un número limitado de crías, hace que sus poblaciones sean muy vulnerables a la presión de la pesca. En el Golfo de Vizcaya son comunes los tiburones epipelágicos: el tiburón azul o tintorera (*Prionace glauca*), el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) y el tiburón cailón (*Lamna nasus*). Se nutren de una amplia gama de peces pelágicos y demersales. El mayor tiburón del Golfo de Vizcaya es el tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) con una longitud de más de 9 m. También se caracteriza por su alimentación planctónica (Quéro, 1984).

3.2.1.3 Peces bentónicos y demersales

Los peces demersales y bentónicos viven asociados al fondo marino. La mayoría son especies longevas (más de 10 años), con un ritmo de crecimiento menor si se les compara con peces pelágicos pequeños. Se alimentan principalmente de plancton suprabentónico o son predadores que se alimentan de bentos y de peces. Están caracterizados por su diversidad, con casi 200 especies de peces demersales y bentónicos registrados en la zona, de las cuales alrededor de 100 tienen interés comercial.

Tantos los procesos físicos que tienen lugar en esta demarcación, como la complejidad topográfica y ambiental de la misma, condicionan la biología de las especies demersales (distribución, reproducción o reclutamiento) y de sus presas (Sánchez, 1990; Rodríguez-Marín y Olaso, 1993; Fariña, 1996; Rodríguez-Marín, 2002). Los adultos y reclutas normalmente tienen áreas de distribución distintas. En la demarcación noratlántica se observa una mezcla de especies típicamente de aguas templadas con otras de afinidades boreales y subtropicales. Muchas especies alcanzan sus límites de distribución en el Golfo de Vizcaya en esta demarcación. Algunas especies típicas de aguas frías, como el merlán (*Merlangius merlangus*) o la limanda (*Limanda limanda*), alcanzan aquí sus límites meridionales, mientras otras especies de aguas templadas, como la perca regia o corvina (*Argyrosomus regius*), varios sargos (*Diplodus* spp.), el lenguado senegalés (*Solea senegalensis*) y la acedía (*Dicologlossa cuneata*) alcanzan aquí sus límites septentrionales.

La Figura 41 muestra la distribución de los índices ecológicos para todas las especies y la Figura 42 solo para peces. No se observa un patrón claro ni en la riqueza ni en la diversidad, fiel reflejo de la distribución en mosaico de las estructuras sedimentarias, como los afloramientos rocosos. Los puntos de mayor riqueza total se dan en algunas zonas de la plataforma interna-media de Galicia, y en la plataforma del Cantábrico entre Ajo (Cantabria) y Bidasoa (País Vasco).

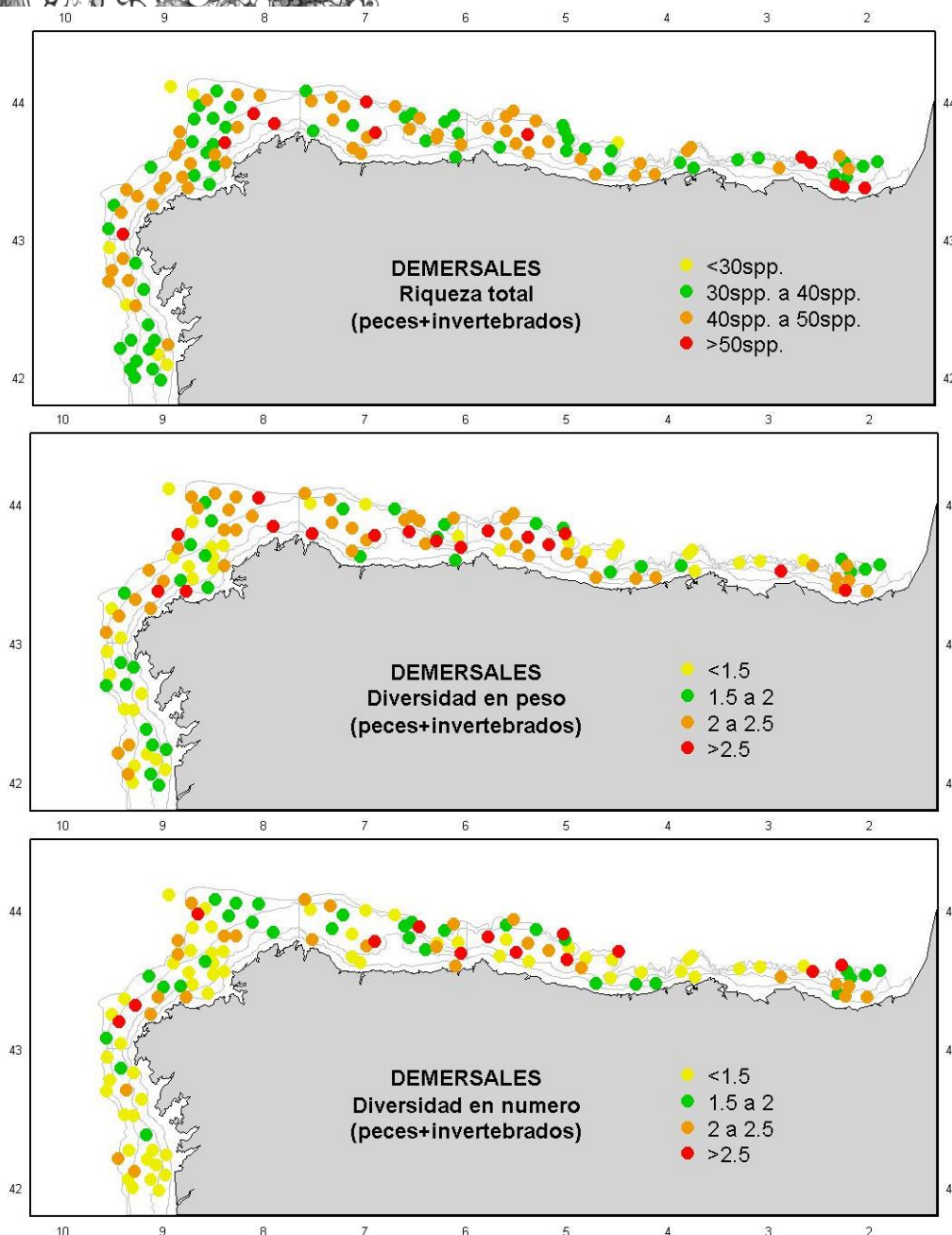
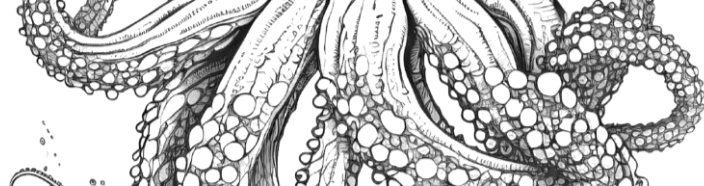


Figura 41. Distribución de la riqueza (número de especies), diversidad de Shannon en peso y número, para todas las especies (peces e invertebrados). Campaña de investigación Demersales IEO.

Atendiendo únicamente a los peces, las máximas riquezas se han detectado en la plataforma medio-externa gallega y cántabra. Respecto a la diversidad, los patrones no son muy claros, aunque parece más diversa la plataforma cantábrica que la gallega.

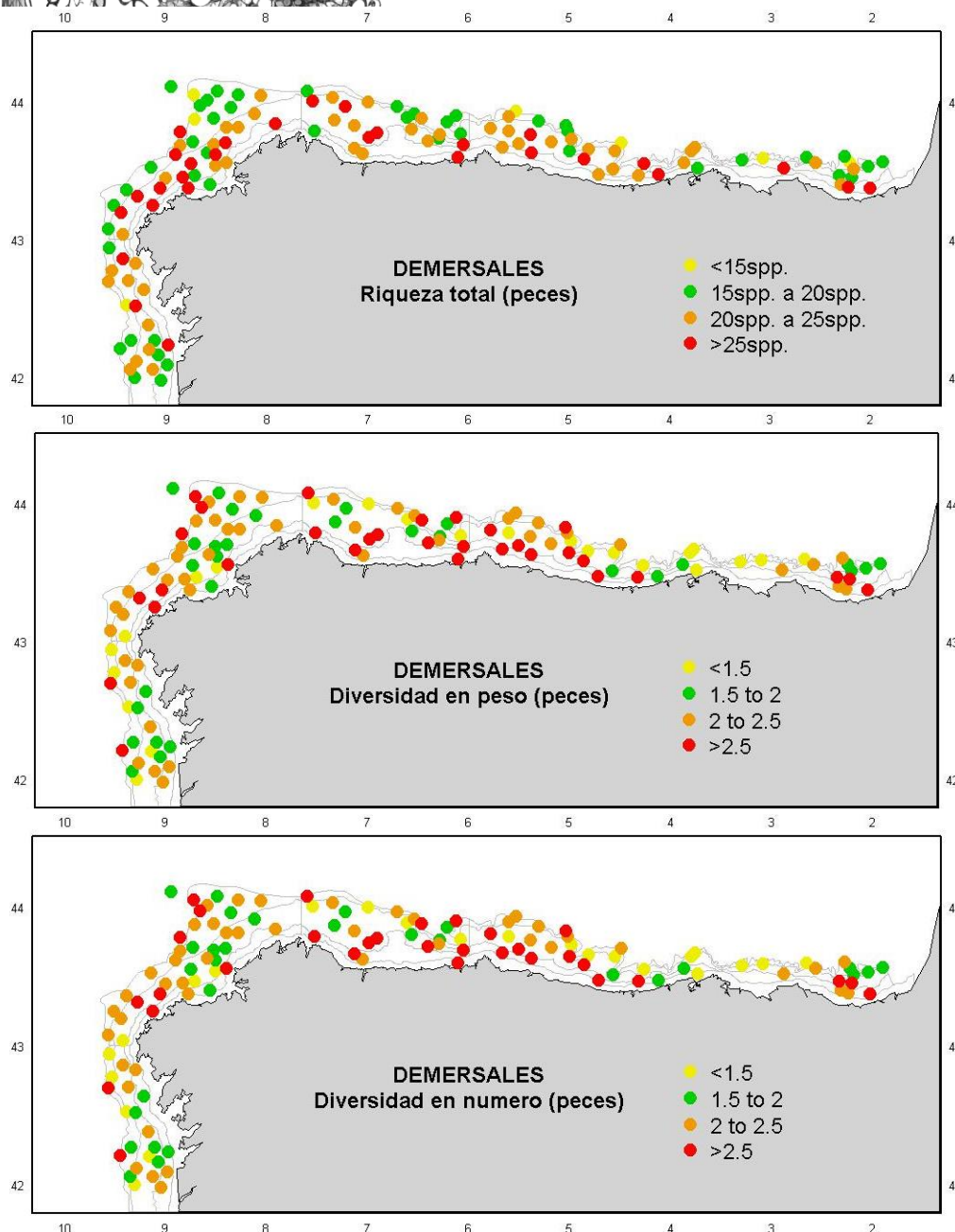
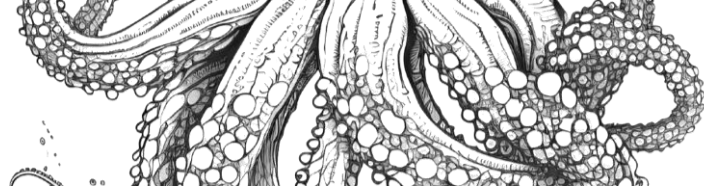


Figura 42. Distribución de la riqueza (número de especies), diversidad de Shannon en peso y número, para todas las especies de peces. Campaña de investigación Demersales IEO.

Más del 80 % de la biomasa de peces demersales corresponden a siete especies, en orden de importancia: bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), jurel (*T. trachurus*), pintarroja (*Scyliorhinus caniculus*), merluza (*Merluccius merluccius*), rape blanco (*Lophius piscatorius*) marujito (*Gadiculus argenteus*) y gallo (*Lepidorhombus boscii* y *Lepidorhombus whiffiagonis*). Las comunidades características de la zona son las de aguas someras costeras, plataforma media, plataforma externa, borde de talud y talud.

Las especies gregarias más abundantes, como la bacaladilla y el marujito que son una importante fuente de alimento para otras especies, se encuentran fundamentalmente entre los 100 y 300 m. Los predadores de interés comercial ocupan principalmente esta área, dado que es donde se localizan sus principales fuentes de alimento y, como consecuencia, esta zona es la zona más intensamente



explotada por las pesquerías. Los grandes predadores, como la merluza, los rapés y la bacaladilla como especie forraje, son particularmente importantes en términos de transferencia de energía a través del ecosistema.

Se han realizado numerosos estudios con el objeto de caracterizar la distribución y la variabilidad estacional de las comunidades demersales (Fariña *et al.*, 1997; Gomes *et al.*, 2001; Sousa *et al.*, 2005). Las comunidades demersales están distribuidas de acuerdo con la profundidad, fondo y latitud, y esta distribución es estable a lo largo del tiempo a pesar de las variaciones en las abundancias de las especies (Souissi *et al.*, 2001; Poulard *et al.*, 2003; Gomes *et al.*, 2001; Sousa *et al.*, 2005). Según los estudios realizados por Sánchez (1993) y Sánchez y Serrano (2003), sobre las comunidades de peces en el mar Cantábrico, encontramos 5 grupos (sin tener en cuenta la zona del talud continental):

- a) Costa (profundidad <70 m): representado por espáridos (*Pagellus erythrinus* y juveniles de *Pagellus bogaraveo*), peces planos (*Solea lascaris*, *Buglossidium luteum*), *Trachinus draco* y *Mullus surmuletus*.
- b) Plataforma interna (70-120 m): caracterizado por la pintarroja (*Scylliorhinus canicula*), la merluza (*M. merluccius* clases de edad 0 y 1), el gallo (*L. whiffiagonis* clase de edad 0) y los rapés (*Lophius budegassa* clase de edad 1+ y *L. piscatorius* clase de edad 0)
- c) Plataforma media (120-200 m): tipificado por la bacaladilla (*M. poutassou*), el rape (*L. budegassa* clase de edad 0), el congrio (*Conger conger*), el gallo (*L. boscii* clase de edad 0), la gallineta (*Helicolenus dactylopterus*) y el marujito (*G. argenteus*).
- d) Plataforma externa (200-500 m): caracterizado por *Chimaera monstrosa*, *Bathysolea profundicola*, olayo (*Galeus melastomus*), locha (*Phycis blennoides*) y *Malacocephalus laevis*.
- e) Borde-talud (profundidad >500 m): comunidad constituida por especies como el *Notacanthus bonapartei*, *Trachyrhynchus scabrus*, *Lepidion lepidion*, *Deania calceus*, *Etmopterus spinax* y *Lampanyctus crocodilus*.

Serrano *et al.* (2011) analizaron con detalle las comunidades de profundidad, de invertebrados y de peces de forma conjunta, de la zona de estudio, diferenciando cuatro comunidades:

- a) Transición plataforma-talud (400-500 m): caracterizado fundamentalmente por *L. boscii*, *G. argenteus*, *Munida sarsi* y *Dichelopandalus bonieri*.
- b) Zona oeste (desembocadura del Bidasoa-cabo Peñas) del talud superior (500-650 m): *H. dactylopterus*, *Nezumia aequalis* y *Synapobranchus kaupii*.
- c) Zona este (cabo Peñas-desembocadura del Miño) del talud superior (500-650 m). *Argyrolepeus hemigymnus*, *Geryon trispinosus* y *Xenodermichthys copei*.
- d) Talud medio (650-750 m): caracterizado por *L. lepidion*, *Trachyrhynchus scabrus* y *Trachyscorpia cristulata echinata*.

Los predadores apicales de los dominios demersal y bentónico, merluza de clase de edad 2+ y rape blanco de clase de edad 1+, no pertenecen a ningún grupo, indicando una gran amplitud ambiental óptima, lo que implicaría un incremento en el número de presas disponibles (Sánchez, 1993).

Especies clave principales

La merluza europea (*M. merluccius*) es una de las especies más importantes del Golfo de Vizcaya, tanto



en términos comerciales como ecológicos. La merluza desova principalmente durante el primer trimestre del año (invierno), con los adultos concentrados en cañones y fondos rocosos de la zona límite de la plataforma continental. La deriva de larvas desde la zona de desove a las zonas de cría se ha asociado a las características físicas de la región y, en particular, con el régimen de corrientes durante la primavera. Las principales zonas de reclutamiento están en la zona de Galicia Norte y en el Cantábrico Oeste, principalmente entre los 80 y los 150 m (Sánchez y Gil, 2000). Los procesos de reclutamiento de la merluza conducen a manchas bien definidas de alevines durante el otoño (SESITS, 2000; Sánchez *et al.*, 2001). La dimensión y localización de las manchas muestran que el Golfo de Vizcaya parece ser la zona de cría principal de la merluza (Figura 43). Se han localizado zonas de altas concentraciones de reclutas de merluza en profundidades entre 80 y 200 m, sobre fondos predominantemente fangosos. En el mar Cantábrico, estas concentraciones varían en densidad según la fuerza de la cohorte, aunque permanecen relativamente estables en cuanto a dimensiones y localización espacial, y dependen de la retención y transporte larvario desde las zonas de desove en los giros anticiclónicos (Sánchez y Gil, 2000). Por consiguiente, la fuerza del reclutamiento depende de una ventana ambiental óptima que controla este aspecto (Sánchez *et al.*, 2003). Sobre la zona de la Grande Vasière, los procesos de reclutamiento dependen del reajuste de flujos del norte (aguas frías) y las aguas templadas y dulces de los ríos (Sánchez *et al.*, 2001). Después del reclutamiento, los alevines de merluza se dispersan en la plataforma continental y los adultos tienen tendencia a vivir en las aguas profundas de la barrera continental (Sánchez y Gil, 2000; Poulard, 2001) donde, a menudo, encuentran sus presas principales: bacaladilla, jurel y crustáceos (Guichet, 1995; Velasco y Olaso, 1998).

En el Golfo de Vizcaya encontramos dos especies de gallo, el gallo moteado (*L. boscii*) y el gallo común (*L. whiffiagonis*). El gallo moteado muestra una preferencia por las zonas meridionales, mientras el gallo común se asocia principalmente con aguas septentrionales, por lo que el Golfo de Vizcaya es una zona de solapamiento de la distribución de ambas especies (Figura 44).

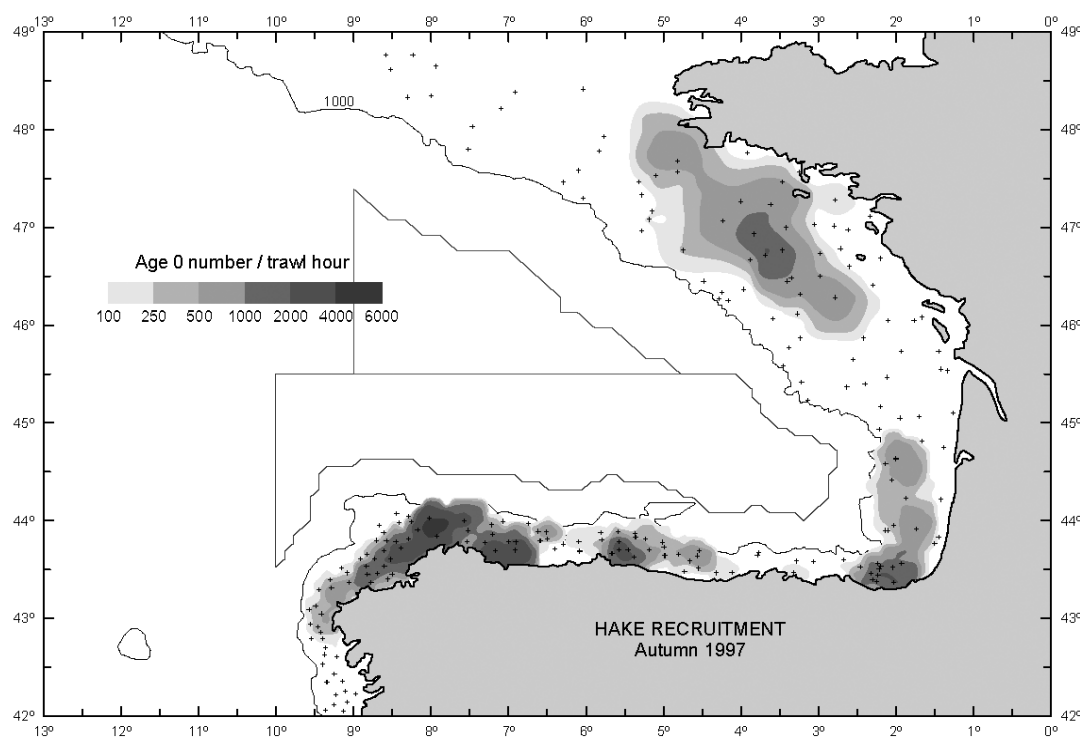




Figura 43. Principales zonas de cría de merluza europea en el Golfo de Vizcaya en otoño de 1997. Datos de estudios de arrastre de fondo estandarizados llevados a cabo durante el proyecto internacional SESITS (SESITS, 2000).

Se puede observar una cierta especialización en los hábitats de las dos especies (Aubin-Ottenheimer, 1986; Sánchez *et al.*, 1998) probablemente debido a los diferentes sistemas de alimentación, con el *L. whiffiagonis* (más ictiófago) ocupando las aguas menos profundas (100 a 300 m) y el *L. boscii* (que se nutre de crustáceos) en los fondos fangosos más profundos (200 a 600 m). Ambas especies de gallo desaparecen en la desembocadura de los principales ríos, probablemente por la existencia de descargas continentales que modifican la composición de los fondos de los que los gallos dependen para su alimentación, y crean fondos que son más apropiados para otros peces planos como *Solea* spp. o *Dicologlossa cuneata*, que se han adaptado a las condiciones estuáricas (Sánchez *et al.*, 2001).

La especie más abundante en la zona francesa del Golfo de Vizcaya es *L. whiffiagonis*, pero su distribución está más limitada a la plataforma externa que al Mar Céltico (Figura 3.20). No hay evidencias de migraciones geográficas para ninguna de las especies de gallo, aunque tiene lugar una expansión batimétrica con la edad, los alevines son más estenobáticos y viven en aguas más profundas que los adultos (Sánchez *et al.*, 1998).

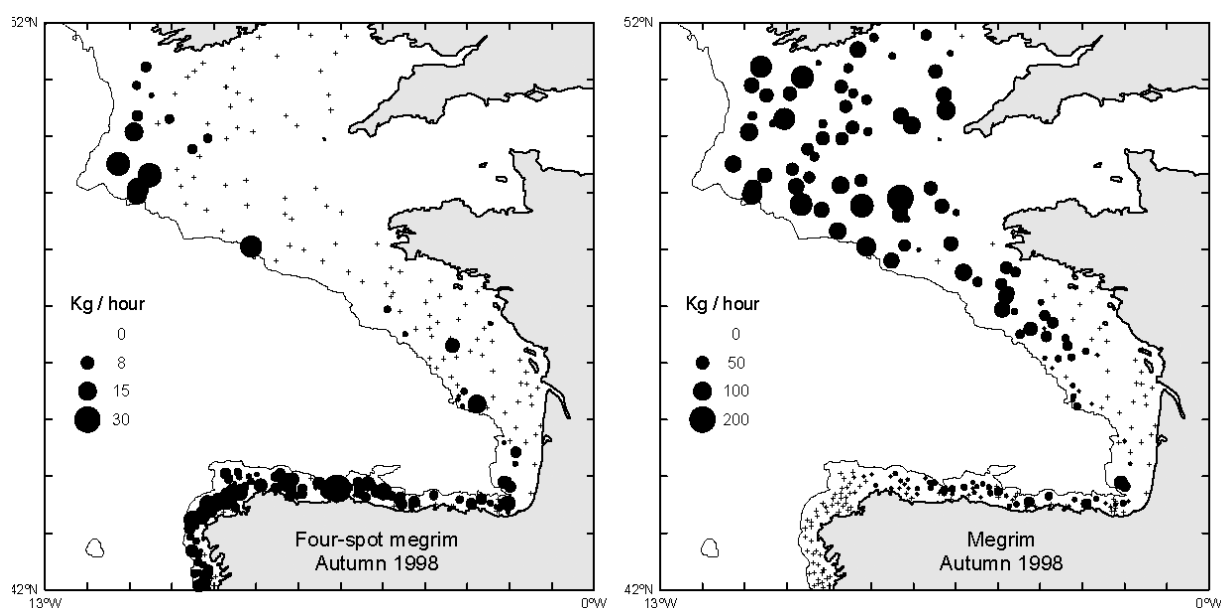


Figura 44. Distribución espacial de biomasa del gallo moteado (*Lepidorhombus boscii*) y gallo común (*L. whiffiagonis*) en el Golfo de Vizcaya en el otoño de 1998. Datos de estudios de arrastre de fondo estandarizados llevados a cabo durante el proyecto internacional SESITS (SESITS, 2000).

Dos especies de rape (*L. piscatorius* y *L. budegassa*) se encuentran por toda la costa europea, y se han registrado desde el mar de Barents hasta el Mediterráneo y el Mar Negro. Son peces de fondo, morfológicamente similares, pero que se diferencian por el color del *peritoneum* (*L. piscatorius* blanco, *L. budegassa* negro). Las dos especies presentan una importancia comercial considerable, pero nuestro conocimiento de su biología básica es muy incompleto. En el Golfo de Vizcaya se han registrado desde las aguas poco profundas, cerca de la costa, hasta profundidades de 800 m (*L. piscatorius*) e incluso a más de 1.000 m (*L. budegassa*) (Dardignac, 1988; Azevedo y Pereda, 1994). Especímenes grandes de ambas especies se encuentran principalmente en aguas profundas, mientras que los rapes se



distribuyen tanto en aguas profundas como las poco profundas. La época de reproducción tiene lugar entre octubre y marzo. Comparados con otros peces de fondo, los raperos son especialmente tardíos en su maduración, alcanzando la madurez sexual alrededor de los 10 años para el rape negro y 7 años para el rape blanco (Quincoces *et al.*, 1998; Duarte *et al.*, 2001). Los ovarios son singulares y los huevos se desprenden en una cinta gelatinosa flotante, que flota en las capas superficiales y puede alcanzar más de 10 m. Se desconoce la localización de zonas de desove en el Golfo de Vizcaya, pero algunas indicaciones apuntan a que el rape puede desovar en aguas profundas (Duarte *et al.*, 2001; Hislop *et al.*, 2001). El rape es mayormente ictiófago, y sus presas principales son la faneca (*Trisopterus luscus*), el jurel, el pez pleuronecto, la bacaladilla y los cefalópodos.

El lenguado (*Solea solea*) es una especie bentónica, común en la parte central del Golfo de Vizcaya que vive a profundidades de entre 0 y 100 m en fondos arenosos y fangosos. Se alimenta preferentemente durante la noche y se nutren de pequeños bivalvos, anélidos y pequeños crustáceos. A partir de estudios de marcado y estudios genéticos, se confirma que el lenguado en el Golfo de Vizcaya septentrional se debe considerar una población homogénea (Koutsikopoulos *et al.*, 1995). Su ciclo de vida está marcado por procesos de transporte y migración. El desove tiene lugar en invierno en dos zonas principales localizadas en profundidades de entre 30 y 70 m, pero los alevines se concentran en zonas poco profundas y fangosas cerca de los estuarios. La distancia entre la zona de desove y la de cría varía de 40 a 80 km. También hay una migración hacia la costa en la primavera y otra mar adentro a principios de invierno, en consonancia con el cambio estacional de la temperatura del agua en la zona costera (Koutsikopoulos *et al.*, 1995). Diferentes factores influyen en el reclutamiento, pero el flujo fluvial parece ser importante en la determinación de abundancia de jóvenes lenguados. En primavera, los aportes fluviales tienen un efecto positivo sobre el agua de la zona, que está cubierta por altas densidades de jóvenes alevines y el reclutamiento del stock de lenguado en el Golfo de Vizcaya depende en parte en la influencia de plumas fluviales sobre las zonas de cría (Le Pape *et al.*, 2003).

La bacaladilla (*M. poutassou*) se encuentra próxima al fondo, principalmente entre 200 y 500 m de profundidad. La talla aumenta con la profundidad, concentrándose los ejemplares más grandes (25 cm) entre 500 y 750 m. Esta especie es la principal presa de los grandes predadores.

Las principales especies de elasmobranquios en la zona de estudio son las rayas (*Raja clavata* y *Raja montagui*, entre otras) y los tiburones de fondo *S. canicula* y *G. melastomus*, en plataforma interna y externa respectivamente (Rodríguez-Cabello *et al.*, 2005). Además, pueden encontrarse varias especies de tiburones de profundidad y quimeras (Sánchez y Serrano, 2003; Lorange *et al.*, 2000).

3.2.2 Mamíferos marinos

Los mamíferos marinos son animales con una gran movilidad geográfica. Las áreas de distribución de muchas especies se extienden sobre amplias regiones oceánicas, superando los límites de una sola demarcación. Aunque las características geológicas y oceanográficas de las demarcaciones condicionan la presencia de especies, su estatus debe considerarse en el contexto más amplio de las poblaciones biológicas a las que pertenecen. En la demarcación noratlántica se encuentran varias áreas de especial interés para los cetáceos relacionadas con los procesos de afloramiento costero y la presencia de las Rías Baixas, el Banco de Galicia y diversos cañones submarinos en la cornisa cantábrica, entre los que destacan el Cañón de Avilés, el Cañón de Torrelavega y el Cañón de Cap Breton.

En esta demarcación se encuentran varias especies de pequeños odontocetos, siendo la marsopa (*Phocoena phocoena*), el delfín mular (*Tursiops truncatus*), el delfín común (*Delphinus delphis*) y el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*) las más frecuentes. Se trata de animales que presentan una dieta principalmente piscívora basada en especies como la sardina, la merluza o los gádidos. La marsopa y el delfín mular son especies mayoritariamente costeras, mientras que el delfín común y el listado abundan en aguas más profundas. Se han definido cinco unidades de gestión (UGs) para la evaluación de los pequeños odontocetos de esta demarcación, tales como la marsopa (UG01), el delfín común (UG09), el delfín listado (UG34) y el delfín mular, para el que se han definido dos unidades de gestión distintas, una correspondiente a los delfines mulares más residentes y que habitan las regiones más



costeras de las Rías Baixas (UG02) y otra correspondiente a los delfines mulares con mayor movilidad y que se distribuyen por toda la plataforma noratlántica (UG03). La presencia de orcas (*Orcinus orca*) en esta demarcación es estacional y transitoria, asociada al desplazamiento estival del atún rojo (*Thunnus thynnus*). Los odontocetos de buceo profundo más frecuentes en la región son el calderón común (*Globicephala melas*) y el zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*). Se trata de especies principalmente teutófagas que se encuentran preferentemente en aguas oceánicas o en cañones submarinos. Se han definido dos UGs para evaluar estas poblaciones de calderón común (UG13) y zifio de Cuvier (UG22) presentes en toda la demarcación. Otras especies presentes en aguas de esta demarcación son el calderón gris (*Grampus griseus*) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*), pero no se han establecido UG para ellas por carecer de información suficiente para evaluarlas. El misticeto más común es el rorcual común (*Balaenoptera physalus*), cuya presencia en la demarcación noratlántica está asociada a desplazamientos tróficos estacionales, siendo en los meses de verano cuando abundan junto con los eufasiáceos, principal componente de su dieta. Para la evaluación del rorcual común en esta demarcación se ha definido la unidad de gestión UG21. Otras especies de misticetos como el rorcual aliblanco (*Balaenoptera acutorostrata*) se encuentran presentes en aguas de la demarcación, pero se encuentran en poca densidad y su evaluación resulta compleja por su carácter esquivo.

En el pasado, varias especies, principalmente la ballena franca (*Eubalaena glacialis*), el rorcual común y el cachalote, fueron objeto de caza comercial en esta demarcación. El periodo de caza más reciente finalizó en 1985. En la actualidad, la competencia de los cetáceos por los mismos recursos que el sector pesquero hace de las capturas accidentales la principal amenaza antropogénica en esta demarcación. Otras amenazas para la conservación de los cetáceos producidas por actividades humanas incluyen la degradación del hábitat, el agotamiento de sus presas por sobreexplotación, los vertidos industriales y urbanos, o la contaminación acústica producida por el tráfico marítimo.

En el caso de los pinnípedos, se ha citado la presencia estacional de algunas especies, incluyendo la foca gris (*Halichoerus grypus*) y la foca común (*Phoca vitulina*). Sin embargo, se deben a la aparición de individuos divagantes procedentes de colonias estables en las costas francesas y de las Islas Británicas, pero que no llegan a establecer colonias reproductoras en las costas españolas.

3.2.3 Reptiles marinos

Las únicas especies de reptiles marinos que aparecen en aguas europeas son las tortugas marinas. Se trata de animales de gran movilidad cuyas áreas de distribución trascienden los límites de una sola demarcación, con zonas de anidación en playas tropicales y subtropicales del Océano Atlántico y, en el caso de algunas especies, en el Mediterráneo Oriental.

En esta demarcación se encuentran varias especies de tortugas marinas. Las especies más frecuentes son la tortuga marina común (*Caretta caretta*) y la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), las cuales han sido seleccionadas como especies indicadoras de su grupo en esta demarcación. Otras especies de tortugas marinas que aparecen ocasionalmente en la demarcación noratlántica son la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*).

La principal amenaza antropogénica a la que se encuentran expuestas las tortugas marinas es la captura accidental en artes de pesca. Otras amenazas incluyen las lesiones por colisiones debidas al tráfico marítimo, la ingestión de desechos marinos, la contaminación, la pérdida del hábitat debido al desarrollo turístico y ocupación de la costa y la industrialización, y otras presiones existentes sobre estas poblaciones fuera del territorio europeo, además del aumento del nivel del mar y el aumento de temperaturas a nivel global que afectan a las playas de anidación y la proporción de sexos en las puestas.



3.2.4 Aves marinas

Existen aproximadamente unas 260-285 especies conocidas de aves que se consideran marinas (tal como se define el término), lo que supone un 3 % de las especies totales. Son aves que anidan en tierra firme, pero que se alimentan total o parcialmente en el agua. Existe una gran diversidad de formas de alimentación: aérea, en superficie, picado o buceo. Muchas especies han desarrollado una glándula de la sal que segrega de forma eficiente las sales tomadas con la comida y del agua de mar. Algunas aves marinas se alimentan en un área pequeña y otras realizan grandes migraciones. Aunque se pueden encontrar por todo el mundo, la mayoría se localizan cerca de regiones oceánicas productivas (Lalli y Parsons, 1997).

Todas las aves marinas dependen de la tierra para anidar, donde son muy vulnerables a los depredadores terrestres, por lo que la cría de estas aves se produce muchas veces en islas alejadas y protegidas de los depredadores (p. ej. la mayor colonia de España de gaviota argéntea y de cormorán moñudo se encuentra en las islas Cíes).

España es el país europeo con mayor diversidad de aves marinas. En concreto, las costas de la demarcación noratlántica, y particularmente las costas gallegas, presentan una elevada productividad, lo que atrae a un gran número de aves marinas. Así, podemos encontrar numerosas especies de aves que nidifican en estas costas: el cormorán moñudo (*Gulosus aristotelis*), la gaviota sombría (*Larus fuscus*), la gaviota reidora (*Chroicocephalus ridibundus*), la gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*), el paíño europeo (*Hydrobates pelagicus*), el charrán común (*Sterna hirundo*), la pagaza piconegra (*Gelochelidon nilotica*), el charrancito común (*Sternula albifrons*) o el fumarel cariblanco (*Chlidonias hybrida*). Entre las más amenazadas destaca el arao común, cuya población ibérica (concentrada en Galicia), se considera virtualmente extinguida (Arcos, 2008).), así como la de la gaviota tridáctila (*Rissa tridactyla*), cuyo último evento nidificación en la costa española data del año 2017, en las islas Sisargas. El cormorán moñudo se encuentra en el borde meridional de su distribución, y se considera en declive en la demarcación.

Además de las aves nidificantes, se pueden encontrar un gran número de individuos de varias especies migrantes o invernantes de forma regular. Dentro de las procelariformes destacan la pardela cenicienta (*Calonectris diomedea*), la pardela capilotada (*Puffinus gravis*), la pardela pichoneta (*Puffinus puffinus*) y la pardela balear (*Puffinus mauretanicus*). Otras especies invernantes notables son el alcatraz (*Morus bassanus*), el frailecillo (*Fratercula artica*), el alca común (*Alca torda*), el charrán patinegro (*Sterna sandvicensis*), la gaviota cabecinegra (*Larus melanocephalus*), el cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*), el págalo grande (*Stercorarius skua*) y el negrón común (*Melanitta nigra*).

Las poblaciones de aves marinas muestran grandes fluctuaciones asociadas a cambios del clima y de la disponibilidad de alimento. Estas grandes fluctuaciones se compensan a largo plazo, pero existen causas de mortalidad que ocurren a escalas que difícilmente podrán ser incorporadas por medio de la evolución, principalmente, la degradación del hábitat en zonas costeras y humedales, la captura accidental en artes de palangre y la contaminación.



3.2.5 Especies alóctonas

Las especies alóctonas e invasoras (EAI) introducidas por las actividades humanas son organismos que se mueven a nuevas áreas fuera de su rango de distribución. Una vez introducidas, pueden dispersarse secundariamente por vector humano o por dispersión natural. El continuo incremento de las actividades antropogénicas en el medio marino es crítico por facilitar la introducción y dispersión de las especies alóctonas (Nunes et al., 2014; Campbell et al., 2017), las cuales son consideradas una de las mayores amenazas a la biodiversidad global y a la función ecosistémica (Molnar et al., 2008; Katsanevakis et al., 2014). En el medio marino son numerosos los vectores que facilitan su introducción: aguas de lastre e incrustaciones en embarcaciones, actividades de acuariofilia, acuicultura, apertura de canales interoceánicos, etc. La degradación de los ecosistemas, inducida además por otro tipo de presiones, puede favorecer el asentamiento de las especies alóctonas recién introducidas y potenciar su carácter invasor, al igual que las variaciones ambientales resultantes del actual proceso de cambio climático acelerado (Occhipinti-Ambrogi, 2007).

La determinación del estatus de las especies alóctonas y la certeza de su éxito de establecimiento es un proceso dinámico de investigación que puede conllevar cambios en el estatus y exclusiones en la lista de EAI durante las sucesivas revisiones, por lo que cada evaluación lleva implícita una revisión de dichos conceptos para cada especie. De las EAI registradas en la demarcación marina noratlántica, el 79.29% se clasifica con estatus alóctono (especies con evidencia clara de su origen no nativo y fuertes indicios de un modo de introducción antropogénica). En relación al éxito de establecimiento, el 63.69% corresponde a especies establecidas, con un porcentaje del 9.52% de especies consideradas invasoras. En general, los grupos taxonómicos dominantes de EAI en la demarcación son las macroalgas (25.15%), seguidos por moluscos (19.88%) y crustáceos (16.96%).

Durante las últimas décadas han llegado especies de manera natural desde los mares adyacentes, o introducidas por actividades humanas desde mares más alejados. Entre las introducciones más destacables del periodo evaluado en la demarcación marina noratlántica se encuentra el poliqueto tubícola *Branchiomma luctuosum* (Grube, 1869), especie nativa del Océano Índico con potencial invasor que se ha expandido rápidamente por el Mediterráneo y el Atlántico nororiental (Fernández-Romero et al., 2021). La causa más probable de su introducción y dispersión es el transporte de la fase larvaria en las aguas de lastre generadas por el tráfico marítimo, así como el transporte de la fase adulta a través de las bioincrustaciones (*fouling*) en el casco de las embarcaciones (El Haddad et al., 2008). El papel de *B. luctuosum* como especie formadora de hábitat puede conllevar efectos positivos y negativos que se pueden magnificar al haber sido registrada tanto en ambientes con impacto antropogénico como en hábitats naturales en mar abierto. Entre los efectos positivos, la especie podría servir como herramienta en la biorremediación de agua contaminada por organismos microbianos y metales pesados (Giangrande et al., 2017). No obstante, también podría afectar a especies ecológicamente equivalentes mediante competencia por el sustrato y la comida.

Por otro lado, la llegada del molusco gastrópodo *Ocenebrellus inornatus* (Récluz, 1851) a la Ría de Arousa ha supuesto un gran impacto en los bivalvos de la zona debido a su alta capacidad depredadora, con la consecuente pérdida económica para el sector marisquero (Bañón et al., 2023). Nativo del Océano Pacífico, su presencia en la ría gallega se asocia a su introducción accidental junto a la ostra japonesa *Magallana gigas* como material de cultivo en la zona. La exitosa tasa de crecimiento, de reproducción y de reclutamiento podría explicar el rápido establecimiento invasor de la especie. Por lo tanto, *O. inornatus* parece tener rasgos demográficos, biológicos y ecológicos favorables para colonizar áreas de cultivo de marisco; además, su dispersión está mediada en gran medida por actividades humanas, a través de la transferencia de poblaciones de ostras entre diferentes sitios de cultivo (Martel et al., 2004).

En la demarcación noratlántica, los vectores ligados al tráfico marítimo cobran especial relevancia y suponen la introducción de, aproximadamente, el 53% de las especies alóctonas registradas. La



existencia de grandes puertos abiertos a un intenso tráfico internacional (Vigo, Coruña, Gijón, Avilés, Santander, Bilbao, Pasajes), y situados en grandes rías o zonas estuáricas, se consideran un “punto caliente” susceptible a la invasión. Las actividades de acuicultura también cobran gran importancia en la demarcación, especialmente en las rías gallegas, y representan en torno al 20% de las especies introducidas. La introducción deliberada de especies alóctonas para su explotación, como es el caso de la ostra japonesa *Magallana gigas* y la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum*, puede resultar en el escape del medio de cultivo y establecimiento en el medio natural, entrando en competencia con las especies autóctonas. Asimismo, puede ocurrir la introducción accidental de especies por contaminación del material de cultivo; como, por ejemplo, la lapa *Crepidula fornicata* o el anteriormente citado *Ocenebrellus inornatus*, ambas especies con un alto potencial depredador sobre otros moluscos de interés comercial.

Además de la introducción de especies por actividades humanas, el calentamiento global está modificando las respuestas de las comunidades biológicas marinas a través de cambios en la distribución y abundancia de las especies. La localización geográfica de la demarcación noratlántica favorece la llegada natural de especies atlánticas que pueden ampliar su rango de distribución nativo. El aumento de especies alóctonas de origen tropical o subtropical se conoce como “tropicalización”; y, aunque menos frecuente, el fenómeno contrario también se da en ocasiones, con especies propias de zonas frías extendiendo su distribución hacia zonas más templadas (Bañón et al., 2019). Un ejemplo de estos dos procesos es el caso del pez ballesta *Balistes capriscus* (Bañón et al., 2024) y del pez lobo del norte *Anarhichas denticulatus* (Rodríguez-Cabello et al., 2015), respectivamente. Asimismo, en el norte de la península ibérica puede ocurrir el proceso de “meridionalización”, que conlleva el aumento natural de especies nativas con un centro de origen meridional (Arias et al., 2014).



3.3 Principales stocks pesqueros

La demarcación noratlántica presenta el mayor volumen pesquero de las demarcaciones españolas, siendo el peso desembarcado entre 150.000 y 200.000 toneladas anuales. En la Figura 45 se muestran las oscilaciones en los desembarcos y el porcentaje desembarcado de las especies con mayor importancia entre el año 2012 y 2021. Las variaciones en los desembarcos se deben tanto a cambios en cuotas pesqueras de especies reguladas, como la sardina (*Sardina pilchardus*), el boquerón (*Engraulis encrasicolus*), la merluza (*Merluccius merluccius*), entre otras; como también a fluctuaciones en las capturas de otras especies, sobre todo pelágicas, como la boga (*Boops boops*) y el estornino (*Scomber colias*).

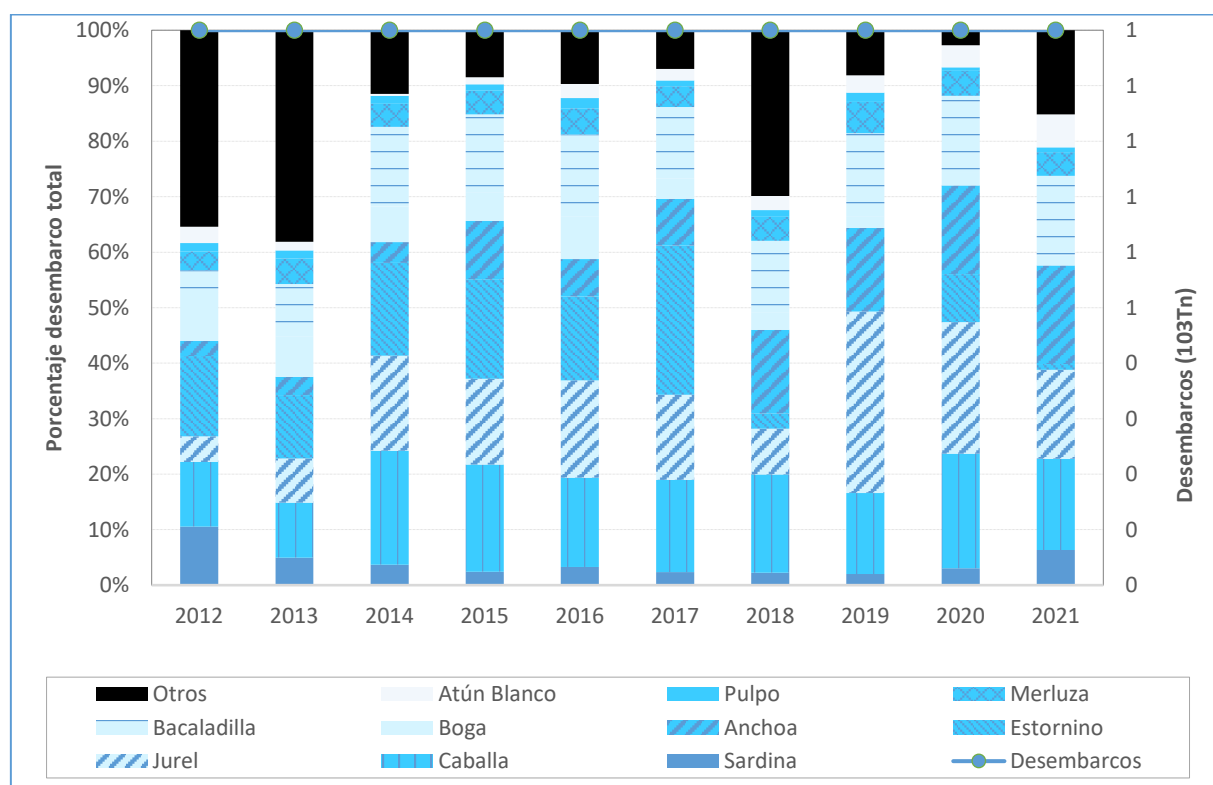


Figura 45 Desembarcos en la demarcación (en miles de toneladas) desde el 2012 hasta 2021 con la composición específica en porcentaje.

Las 10 especies más importantes representan como mínimo el 60% de los desembarcos anuales en la demarcación e incluyen: la caballa (*Scomber scombrus*), el jurel (*Trachurus trachurus*)- el estornino (*Scomber colias*), la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), la anchoa (*Engraulis engraulis*), la boga (*Boops boops*), la merluza (*Merluccius merluccius*), la sardina (*Sardina pilchardus*), el atún blanco (*Thunnus alalunga*) y el pulpo (*Octopus vulgaris*). Podemos distinguir 3 grupos de pesquerías:

Peces pelágicos de tamaño pequeño y mediano.

Representan el 50 % de las capturas de la demarcación. Las especies más importantes son la caballa, el jurel, el estornino, la sardina, la anchoa y la boga. En relación a su distribución espacial, la sardina y jurel se pescan, en mayor medida, por las flotas que faenan en la zona occidental de la demarcación, mientras que la anchoa, la caballa y el estornino se pescan en la zona este del Cantábrico (Castro et al. 2013). Además, existe un importante componente estacional en la captura: caballa y anchoa se pescan



sobre todo en el primer semestre del año, mientras que sardina y jurel, aunque menos estacionales, su captura es mayor en el segundo trimestre (Castro et al. 2013). Respecto al arte empleado la sardina, el estornino y la anchoa se capturan mayoritariamente con cerco. El jurel, además del cerco, se captura con arrastre y la caballa se captura principalmente con arrastre y línea. (Acosta et al. 2019).

Especies demersales y bentónicas

La captura es diversa incluyendo peces, crustáceos y moluscos. Se utilizan distintas modalidades de pesca:

1) Arrastre: Es la flota que proporciona el mayor volumen de las capturas de especies demersales. De forma general se puede indicar que faena en toda la demarcación, a partir de 100 metros de profundidad, hasta los 800 metros y a lo largo de todo el año. Sin embargo, existen prohibiciones permanentes de los artes de arrastre en distintas áreas en toda la demarcación (UE 2022, BOE 2016), así como distintas vedas temporales (BOE 2015 y actualizaciones posteriores). La flota de arrastre española es bastante homogénea y utiliza principalmente dos artes, el arrastre de pareja y el arrastre de fondo (Velasco et al. 2013). El mayor esfuerzo pesquero se encuentra en aguas del norte y oeste de la demarcación. En volumen de captura destacan la merluza y la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*). La bacaladilla se captura con mayor intensidad en aguas atlánticas mientras que la merluza concentra su captura en la franja noroccidental de la demarcación. También son importantes el rape (*Lophius budegassa*), la juliana (*Lophius piscatorius*), el gallo común (*Lepidorhombus whiffiagonis*), el congrio (*Conger conger*) y el gallo moteado (*Lepidorhombus boscii*) (Acosta et al. 2019, Castro et al. 2013). La cigala (*Nephrops norvegicus*) no representa un volumen alto de captura, pero tienen una gran importancia económica. Actualmente en la demarcación está permitida su captura en el Golfo de Vizcaya, mientras que en el noroeste de la demarcación está en moratoria (UE 2024).

2) Enmalle: La flota de enmalle faena en toda la demarcación. Los artes principales son la volanta y el rasco. La volanta tiene como objetivo principal la merluza, capturada sobre todo entre 100 m y 400 m de profundidad, y su actividad es más intensa en la zona noroccidental (Castro et al. 2013). Con el rasco se captura el rape de forma casi monoespecífica (más del 70% de la captura), entre 100 y 800 metros de profundidad. La actividad más intensa se realiza en el cantil, tanto en el extremo noroccidental de la demarcación como en Cantabria y País Vasco (Castro et al. 2013). Su uso está completamente prohibido en distintas zonas de la demarcación (BOE 2015 y actualizaciones posteriores)

3) Palangre: Faena en toda la demarcación, aunque existen prohibiciones totales del palangre de fondo en distintas zonas de la demarcación (UE 2022). El mayor esfuerzo está en la zona occidental del Cantábrico durante el primer semestre del año. Se utilizan diferentes modalidades según la especie objetivo y las capturas son muy diversas en cuanto a composición específica, dependiendo de estas modalidades. Dentro de la demarcación destacan el congrio y la merluza, capturados a elevadas profundidades (Castro et al. 2013). Cabe destacar que en diversas zonas del Golfo de Vizcaya las artes de anzuelo son los únicos permitidos para capturar merluza (BOE 2015 y actualizaciones posteriores).

4) Artes menores: Es la modalidad pesquera tras el arrastre con mayor captura de especies demersales. Esta flota artesanal utiliza múltiples artes especializados en diferentes recursos. Son importantes distintos tipos de arrastre y enmalle, con los que se capturan congrios, rapas o merluza y las trampas y las dragas, con los que se capturan generalmente el pulpo (*Octopus vulgaris*), la centolla (*Maja squinado*) y las navajas (*Ensis* spp.) (Acosta et al. 2019). También tiene mucha importancia en la demarcación el marisqueo a pie. En esta modalidad destacan distintas especies de almejas y los berberechos. Es una actividad con una gran interferencia antropogénica ya que no solo se produce la extracción del recurso sino también la siembra de individuos, y trasplantes de los mismos. Como especies con actividad exclusivamente extractiva destacan el erizo (*Paracentrotus lividus*) y el percebe (*Pollicipes pollicipes*) (Acosta et al. 2019).

Grandes peces migratorios



La principal especie capturada en esta demarcación es el atún blanco (*Thunnus alalunga*), seguido del bonito común (*Sarda sarda*), el atún rojo (*Thunnus thynnus*), el pez espada (*Xiphias gladius*) y la tintorera (*Prionace glauca*). El atún blanco, el atún rojo y el bonito se capturan con cebo vivo y curricán. En la pesca del pez espada y la tintorera se utiliza principalmente el palangre de superficie (Castro et al. 2013). Las artes de enmalle están prohibidas para la captura para los túnidos y el pez espada (UE 2019). Se trata de pesquerías estacionales que ocurren desde principios de verano a principios de otoño, operadas por un lado por flotas especializadas que se mueven hacia otras áreas una vez terminada la estación de pesca, y por otro lado por segmentos de la flota, principalmente de cerco, que obtienen licencias temporales para este grupo de especies (Acosta et al 2019), cambiando para ello a la modalidad de pesca con cebo vivo o con curricán.

3.4 Redes tróficas

La ecología trófica es la rama de la ecología que se ocupa del estudio de las relaciones depredador-presa en el ecosistema. Una de sus ideas fundacionales es que las relaciones entre distintas especies en el ecosistema conforman su estructura y, en su conjunto, son necesarias para mantener la productividad y la estabilidad del ecosistema. Las relaciones que un depredador establece con sus presas conforman su nicho trófico, el cual define el lugar que ocupa dicha especie dentro del ecosistema. Este nicho trófico complementa al nicho ambiental, los cuales definen respectivamente las condiciones necesarias de alimentación y de medio ambiente para la supervivencia de las especies (Elton, 1927).

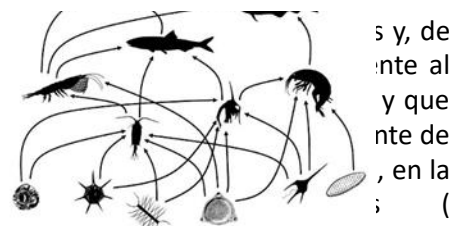
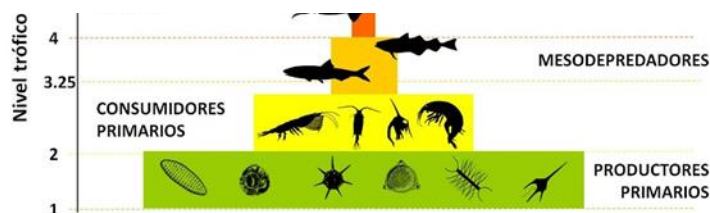


Figura 46).

Así, los flujos de materia y energía entre todas las especies del ecosistema se podrían estimar al identificar las relaciones depredador-presa que se dan en el mismo; desde los productores primarios, a través de los consumidores secundarios y los mesopredadores, hasta los depredadores apicales (Fig 1b). Por otra parte, a la hora de explicar los patrones de distribución y abundancia de las especies dentro de la comunidad es importante destacar que las relaciones entre especies tienen tanta importancia como los factores ambientales. Por ejemplo, para aquellas especies de interés comercial, conocer cuáles son sus depredadores y presas es esencial para llevar a cabo una gestión pesquera sostenible a nivel del ecosistema.

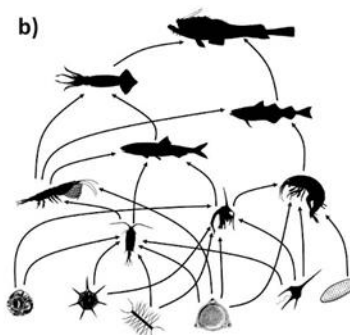
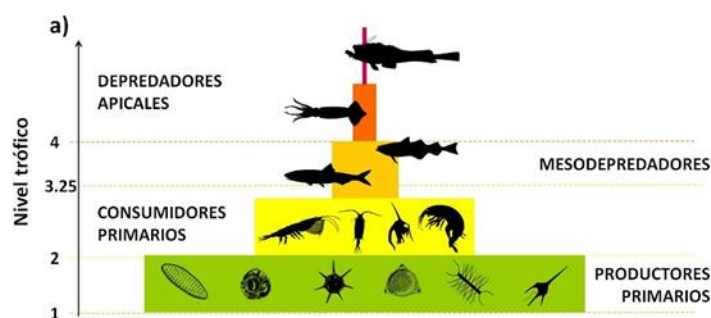


Figura 46. Ejemplo de pirámide trófica marina – Figura 1b. Ejemplo de red trófica marina



Las redes tróficas constituyen canales a través de los cuales se transfieren y amplifican distintas presiones, afectando indirectamente a especies sin aparente relación con el impacto. A este fenómeno se le denomina **cascada trófica** y ocurre cuando un cambio en la abundancia de una o varias especies repercute en otras con las que no están directamente relacionadas. Así, conocer la estructura de las redes tróficas es también esencial para evaluar los posibles efectos de las presiones en el ecosistema, y gestionar estos impactos de forma que se puedan conservar las funciones y servicios que los ecosistemas proporcionan. Sin embargo, determinar las relaciones tróficas entre especies no es una tarea sencilla ya que para poder cuantificar detalladamente su dieta es necesario analizar su contenido estomacal o sus heces.

Un paso crítico en el estudio de las redes tróficas marinas es el diseño de la estrategia de muestreo. En la demarcación noratlántica se han descrito más 700 especies a lo largo de sus 16,000 km² de extensión (Sánchez y Olaso, 2004) por lo que sería imposible determinar lo que consume cada una de ellas en toda la demarcación. Para diseñar una estrategia de estudio trófico que represente de forma realista la riqueza y diversidad del ecosistema, es preciso contar con unos criterios objetivos que permitan definir los siguientes aspectos: qué especies son más representativas, bien por abundantes o bien por su función en el ecosistema; qué zonas representan mejor la heterogeneidad espacial; y qué frecuencia permite identificar cambios trascendentes en la estructura del ecosistema.

En el caso particular de la demarcación noratlántica se han estudiado las redes tróficas marinas gracias a las campañas de evaluación de recursos demersales que el Instituto Español de Oceanografía lleva a cabo anualmente en sus aguas. Éstas tienen lugar desde 1990 en otoño y cubren los fondos sedimentarios entre 50-700 m de profundidad con más de 100 puntos de muestreo anuales en los que se obtienen, a través de pescas de arrastre de fondo, muestras representativas de las comunidades bento-demersales. De estas comunidades se han seleccionado más de 30 especies prioritarias para el estudio de su ecología trófica mediante análisis de contenidos estomacales, de las que en total se analizan más de 15,000 de estómagos por campaña. El análisis del contenido estomacal es una tarea laboriosa que requiere por un lado recopilar información relativa a la talla, sexo y estado de madurez del depredador, ya que una especie ocupa distintos nichos tróficos en función de la talla, y por otro, diseccionar el estómago para identificar las presas al nivel taxonómico más bajo posible. Sin embargo, para algunas especies este análisis resulta extremadamente complejo, bien por el elevado grado de masticación de las presas o bien por el tamaño reducido de las mismas. Esto ocurre particularmente en el caso de los moluscos cefalópodos, como calamares o pulpos que trituran sus presas, o para los crustáceos como las gambas, cuyos contenidos estomacales son tan pequeños que requieren una ardua labor de identificación y medición. Para estos casos se utiliza el análisis de isótopos estables, una metodología bioquímica, que ofrece información sobre el alimento asimilado (Nitrógeno) por el depredador obteniéndose así una estimación de su nivel trófico.

El equipo de ecología trófica del Centro Oceanográfico de Santander (COST-IEO) es pionero en el estudio de las dietas de peces demersales y bentónicos y la base de datos sobre relaciones depredador-presa generada para la demarcación noratlántica se extiende por más de tres décadas. El programa de seguimiento, llevado a cabo desde el COST-IEO en estas décadas, se ha enfocado en analizar los cambios espacio-temporales en la dieta de un gran número de depredadores (Arroyo et al., 2017; López-López et al., 2015; Preciado et al., 2015; Preciado et al., 2019), enfocándose en las especies más abundantes y en aquellas de alto valor comercial, y caracterizando de facto las principales conexiones del ecosistema bento-demersal. Esta serie de datos ha permitido hasta la fecha:

definir las dietas de distintas especies, así como su variabilidad espacio-temporal en respuesta a la variabilidad ambiental y/o a la presión pesquera (e.g. Velasco et al., 2007; Preciado et al., 2008; López-López et al., 2011, 2012, 2015; Iglesias et al., 2023),

desarrollar y testar indicadores de redes tróficas que informan sobre los efectos de la pesca en el ecosistema (Arroyo et al., 2017; Preciado et al., 2019), y



alimentar y calibrar distintos modelos ecosistémicos enfocados a la gestión marina que permiten proyectar cambios en las redes tróficas a lo largo del tiempo (Sánchez y Olaso, 2004; López-López, 2017; Corrales et al., 2022).

El ecosistema marino de la demarcación noratlántica es conocido por su gran heterogeneidad geomorfológica, su elevada biodiversidad y productividad. Este entorno único está influenciado por una serie de características geográficas y oceanográficas propias. Entre estas características se encuentra una plataforma amplia en las costas gallegas que recibe una fuerte influencia de los procesos de afloramiento, lo que contribuye a una elevada productividad especialmente en la época estival con gran aporte de nutrientes que alimentan la productividad biológica. En la costa cantábrica los ríos españoles que vierten en su costa son pequeños con poco aporte fluvial. Sin embargo, los ríos franceses aportan a la zona más oriental un gran aporte de aguas dulces que desempeñan un papel crucial en el funcionamiento del ecosistema de esta zona. Esta combinación de factores crea unos hábitats ricos y diversos que sustentan una gran variedad de vida marina, desde organismos microscópicos hasta mamíferos marinos de gran tamaño, haciendo de las costas gallegas y el mar Cantábrico un área de importancia tanto ecológica como económica.

En esta demarcación destaca, en términos de biomasa, el dominio pelágico, ya que los principales flujos de materia y energía se transmiten desde el fitoplancton, a través del zooplancton, hasta los peces forraje¹. Sin embargo, también es importante el rol de las rutas detritívoras, que se nutren de la sedimentación de producción pelágica, y que conforman reservorios de materia orgánica en el fondo marino. Esta ruta cobra especial relevancia en las estaciones del año en las que la producción pelágica es menos intensa, ya que la alta complejidad de las redes bentónicas favorece los flujos lentos desde el detrito, a través de los organismos detritívoros, hacia los depredadores apicales. En la conectividad entre ambos dominios (pelágico y bentónico) los peces forraje y los depredadores demersales tienen un papel clave por su alta movilidad en la columna de agua (Rooney y McCann, 2012; Preciado et al., 2008). En el ámbito bento-demersal los principales depredadores dentro de esta red trófica son peces planos como el gallo (*Lepidorhombus boscii* y *whiffiagonis*), tiburones como la pintarroja (*Scyliorhinus canicula*) u otros peces como los rapas (*Lophius piscatorius* y *budegassa*) y la merluza (*Merluccius merluccius*). Otras especies notables, pero de menor nivel trófico dentro de esta red, son los calamares y potas (*Loligo vulgaris*, *Todaropsis eblanae* e *Ilex coindetii*) y la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*). En el dominio pelágico destaca el atún blanco (*Thunnus alalunga*) como depredador apical, y otras especies de menor nivel trófico pero alto interés comercial como el jurel (*Trachurus trachurus*), el boquerón (*Engraulis encrasicolus*), la sardina (*Sardina pilchardus*) y la caballa (*Scomber scombrus*).

La importancia de este seguimiento anual para la evaluación y el asesoramiento en gestión ambiental, así como para la producción científica, da idea del incalculable valor de esta serie temporal de ecología trófica y de la necesidad de mantenerla en el tiempo. Sin embargo, se hace necesario destacar los retos a los que actualmente se enfrenta el estudio de redes tróficas marinas. De hecho, una parte importante del estudio de las redes tróficas en la demarcación noratlántica se ha basado en los datos obtenidos de los fondos sedimentarios sobre la plataforma continental, y, por tanto, este programa de seguimiento tiene todavía el reto de integrar otros hábitats de gran importancia para el ecosistema. Así, existen hábitats infrarrepresentados en estos estudios como los fondos someros (< 50 m) del hábitat infralitoral, que acumulan un importante número de presiones antropogénicas por su cercanía a la costa (Halpern et al., 2008), o los fondos rocosos de zonas profundas, que presentan una mayor dificultad en la obtención de muestras. Además, la mayor parte de la demarcación noratlántica está constituida por fondos abisales, con profundidades superiores a los 2.000 metros, en los que la caracterización de las comunidades y el estudio de su ecología trófica supone un enorme reto metodológico por la dificultad del acceso a dichos fondos. Caso particular representa el hábitat pelágico ya que, a pesar de que existen numerosos estudios sobre las redes tróficas pelágicas,

1

Aquellas especies que son depredadas por la mayoría de consumidores de niveles tróficos superiores



enfocados tanto a niveles tróficos bajos (Bode and Álvarez-Ossorio, 2004; Bode et al., 2003, 2007, 2021) como a depredadores apicales (Goetz et al., 2014; Hernández-González et al., 2018; Saavedra et al., 2021; Louzao et al., 2019), no existe un programa de seguimiento específicamente diseñado para desarrollar indicadores de redes tróficas que puedan dar respuesta a los retos que los gestores plantean en el contexto de la Directiva Marco de las Estrategias Marinas, por lo que, incorporar a día de hoy un programa de seguimiento que integre todos los compartimentos del ecosistema representa uno de los desafíos más importantes que se deben afrontar en el futuro.

Por otra parte, el enfoque de los estudios de ecología trófica está muy centrado en especies de alto nivel trófico y valor comercial, por lo que la dieta de especies de invertebrados, de gran importancia en el ecosistema no está bien caracterizada y requiere de un mayor esfuerzo en los próximos años. Otro reto identificado hasta la fecha es la ausencia de una correcta caracterización estacional, ya que las campañas de evaluación de recursos demersales tienen lugar de manera sistemática en otoño. Estos cambios estacionales podrían ser especialmente relevantes en el contexto actual de calentamiento global, donde uno de los impactos apunta a cambios en la fenología de las especies, es decir, adelantos o retrasos en la estacionalidad de momentos clave de sus ciclos de vida, como migraciones o periodo reproductivo, lo que afectaría a sus necesidades nutricionales y potencialmente a su dieta a lo largo del año (Sydeman y Bograd, 2009). Mejorar la caracterización estacional, al menos para algunas de las principales especies del ecosistema, supondría una mejora sustancial en el estudio de las redes tróficas marinas de la demarcación, permitiendo el desarrollo de indicadores como respuesta al calentamiento global, una de las mayores presiones a las que se enfrentan nuestros ecosistemas marinos.

Es importante destacar que el seguimiento y evaluación de las redes tróficas marinas, desarrollado en las últimas décadas, permite trazar la historia ambiental de los ecosistemas marinos en respuesta a las diferentes presiones humanas, y en particular a la actividad pesquera. No obstante, dado que las actividades humanas forman parte integral de los ecosistemas y, por ende, de las redes tróficas marinas, la definición del buen estado ambiental requiere, más que la referencia a un estado prístino, la incorporación de unos niveles de actividad sostenible, es decir, capaces de mantener una estructura del ecosistema que asegure no solo sus funciones y servicios ecosistémicos, sino también la resiliencia del sistema frente a otros impactos. A día de hoy, no se dispone de un conocimiento básico suficiente como para definir dichos niveles umbral en los indicadores que permitan asegurar dichas funciones y servicios ecosistémicos para las generaciones actuales y futuras. Sin embargo, en base al conocimiento actual, es posible evaluar cambios relativos en estos indicadores con respecto a la evaluación inicial y, de esta forma, estimar si los cambios espacio-temporales observados en los indicadores suponen una mejora, una degradación o un cambio no significativo en las redes tróficas estudiadas.

Así, mientras los efectos sobre las redes tróficas de un ecosistema marino bajo niveles de intensidad de explotación pesquera débiles o moderados pueden no ser apreciables, un esfuerzo pesquero intenso generalmente simplifica y debilita la estructura de dichas redes tróficas. Por ejemplo, la mayor parte de las pesquerías tiene por objetivo especies grandes con niveles tróficos elevados, las cuales generalmente se caracterizan por tener ciclos de vida largos y reproducirse a una edad tardía, por lo que su pesca selectiva suele impedir una tasa de reposición sostenible. De este modo, se erosionan las redes tróficas marinas desde su extremo apical, un proceso que se acentúa en condiciones de sobrepesca, disminuyendo en su conjunto el nivel trófico medio del ecosistema (Figura 47). Asimismo, como consecuencia de este proceso se podrían observar tres tipos de cambios de comportamiento en las pesquerías, que a su vez tendrían nuevas consecuencias en el ecosistema: i) incorporación secuencial de especies de menor nivel trófico en las pesquerías, ii) incorporación de especies con alto nivel trófico que no habían sido capturadas previamente, y/o iii) expansión de las pesquerías hacia aguas más profundas o lejanas con la inclusión de nuevas especies de niveles tróficos elevados. Es decir, haciendo un símil en el que el ecosistema fuese un edificio cuyas vigas son cada una de las especies que lo conforman; si cierta especie desaparece o se debilita (por ejemplo, al disminuir su abundancia) el ecosistema se podría tambalear o, incluso, desplomarse. En este caso, las vigas maestras, las que controlan la estructura de todo el ecosistema, serían las denominadas especies clave.

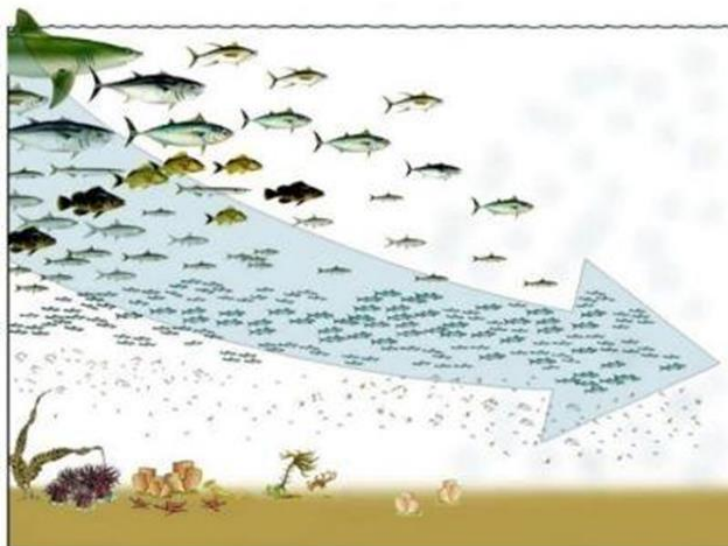


Figura 47. Representación del proceso de simplificación de redes tróficas como consecuencia de la pesca selectiva de depredadores apicales (Pauly et al., 1998)

Actualmente, las redes tróficas de la demarcación noratlántica son el resultado de la historia de explotación pesquera de este ecosistema, que después de llegar a un máximo de esfuerzo pesquero a finales de los años 90, ha experimentado, en general, una relajación de esta importante presión. Los análisis realizados apuntan a que estas redes tróficas han aumentado ligeramente su complejidad, lo que se interpreta como una posible recuperación de su estructura y funcionalidad a partir de una situación de explotación límite (Modica et al., 2014; Arroyo et al., 2017; Preciado et al., 2019).

Finalmente, es importante destacar que el estudio de las redes tróficas marinas (Descriptor 4 de la Directiva) está directa o indirectamente relacionado con otros descriptores. Teniendo en cuenta todo lo mencionado con anterioridad queda patente que cualquier cambio en la abundancia y distribución de una especie dada afectará directa o indirectamente a otras especies, y por tanto a la cadena trófica. Existe una clara sinergia con el Descriptor 1 de Biodiversidad. Todo lo que afecte a las especies y el hábitat en el que viven influye directa o indirectamente en las redes tróficas marinas. La relación con el Descriptor 3 (Especies explotadas) queda patente por la relación directa que la presión pesquera ejerce sobre estas poblaciones y su influencia en último término sobre el funcionamiento global de las redes tróficas. La relación con otros descriptores no es tan directa, sin embargo, la introducción de especies alóctonas (Descriptor 2) puede afectar en gran medida a la estructura de una cadena trófica por el posible desplazamiento/sustitución de una especie clave autóctona por una invasora, pudiendo llegar a alterar potencialmente el funcionamiento del ecosistema. Asimismo, el grado de eutrofización de las aguas y la introducción de nutrientes (Descriptor 5) afecta a la abundancia y composición del fitoplancton que representan la base de la cadena trófica. Por su parte, las alteraciones hidrográficas (Descriptor 7), la contaminación (Descriptores 8, 9), basuras marinas (Descriptor 10) y la introducción de ruido (Descriptor 11) aunque de manera más tangencial, pueden en último término influir a través de los efectos cascada ya mencionados en la estructura y funcionamiento de las redes tróficas. La comprensión de esta complejidad intrínseca de los ecosistemas marinos representa uno de los mayores desafíos científicos, políticos y sociales de los próximos años.



HERRAMIENTAS DE PROTECCIÓN



4. HERRAMIENTAS DE PROTECCIÓN

La conservación del mar y de sus ecosistemas más frágiles y singulares es una obligación recogida en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, aprobada en 1982. En muchos casos, no sólo la pérdida y/o la degradación de los hábitats conlleva la necesidad de figuras de protección, sino que ciertos ecosistemas, comunidades o elementos biológicos o geológicos del medio marino, en razón de su rareza, fragilidad, importancia o singularidad, merecen una protección especial.

4.1 Especies protegidas

Los listados de protección son la herramienta legal fundamental para la protección de especies animales y vegetales amenazadas y/o en declive. A nivel internacional, los principales listados de protección para especies atlánticas fueron publicados en el convenio OSPAR de 1998 sobre la protección del medio ambiente marino del Atlántico Nordeste. Además, la Directiva Hábitats (92/43/CEE) representa actualmente una de las principales herramientas internacionales para la protección medio-ambiental, facilitando listados de hábitats (Anexo I) y de especies de interés comunitario (Anexo II), que es necesario conservar mediante la designación de Zonas de Especial Conservación (ZEC). Por otro lado, la Directiva Aves (2009/147/CE) establece en su anexo un listado de especies de aves que deben ser objeto de protección.

Existen otros convenios internacionales que abarcan todo el territorio español, como son el Convenio de Barcelona enfocado a (BOE-A-1999-24061 y sucesivas enmiendas) y el Convenio de Berna (BOE-A-1986-25961 y sucesivas enmiendas), descritos para la zona Mediterránea, pero que incluyen en sus listados especies que se encuentran en la demarcación noratlántica.

A nivel nacional, una de las herramientas legales y administrativas para la conservación de la biodiversidad es el Real Decreto 139/2011 del 4 de febrero de 2011 (y sucesivas enmiendas, Orden TED/339/2023), por el que se desarrolla el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y el Catálogo Español de Especies Amenazadas (BOE nº 46, 23 de febrero de 2011). En estos listados se incluyen determinadas especies de algas y animales marinos para las cuales se han establecido diferentes figuras de protección.

A nivel regional, existen dos catálogos de especies amenazadas: el catálogo regional de especies amenazadas de Cantabria (BOC 249, 26/12/2008), y el catálogo gallego de especies amenazadas (Decreto 88/2007, del 19 de abril), como herramientas para la gestión de la pérdida de la biodiversidad.

4.1.1 Algas y angiospermas marinas

En la demarcación noratlántica se incluyen en los listados de especies de algas protegidas aquellas que son estructurantes de hábitat y que se encuentran sometidas a elevados niveles de presión, como por ejemplo las del género *Cystoseira sensu lato* (excepto *Cystoseira compressa*) que viven en el mediolitoral inferior y el infralitoral superior de modo batido, y las algas coralináceas formadoras del hábitat maërl (*Phymatolithon calcareum* y *Lithothamnion corallioides*) (Tabla 1).



ALGAS	
<i>Ahnfeltiopsis pusilla</i>	<i>Lithothamnion corallioides</i>
<i>Cystoseira</i> sp. (excepto <i>compressa</i>)	<i>Lythophyllum byssoides</i>
<i>Gelidium arbusculum</i>	<i>Petalonia zosterifolia</i>
<i>Gelidium canariense</i>	<i>Phymatholithon calcareum</i>
<i>Gloiocladia repens</i>	<i>Soliera chordalis</i>
<i>Griffithsia opuntioides</i>	

Tabla 1. Taxones de algas incluidas en listados internacionales y nacionales de protección en la demarcación noratlántica.

En el caso de las angiospermas marinas, dentro de la demarcación existen diferentes especies identificadas con algún grado de protección tanto a nivel nacional como internacional. Dentro del Catálogo Español de Especies Amenazadas (Ley 42/2007 del Patrimonio natural y de la Biodiversidad), *Zostera noltii* se considera “Especies silvestres en régimen de protección especial”. A su vez el Convenio de Barcelona en su anexo II considera a esta especie, así como a *Cymodocea nodosa* como en “peligro o amenazadas”. Por último, el Convenio de Berna considera a estas especies como “flora estrictamente protegida”.

4.1.2 Invertebrados

Varias especies de invertebrados presentes en la demarcación noratlántica están recogidas en convenios, catálogos, o listados de protección y catalogación (Tabla 2).

Solo tres especies están recogidas en el listado de especies amenazadas o en declive de OSPAR (Tabla 2). Se trata de tres especies de moluscos, de los que el caracol de perro del Atlántico (*Nucella lapidus*), se encuentra en declive debido a efectos de contaminación por compuestos usados en pinturas antifouling, y blooms algales (OSPAR, 2018).

Dos especies de cnidarios: la gorgonia verrucosa *Eunicella verrucosa* y el coral *Cladocora caespitosa*, están recogidas en la lista UICN. La primera está catalogada como vulnerable según la UICN a nivel mundial, si bien se encuentra en Europa en estado “no evaluado”, la segunda como en peligro, con una población en descenso.

Especie	Taxón	OSPAR	DH	CB	CEEA	CGC	CG	RD 139/2011	UICN
<i>Arctica islandica</i>	Mollusca, bivalvia	presente							
<i>Charonia lampas lampas</i>					*	*		*	
<i>Nucella lapidus</i>	Mollusca, Gastropoda	En declive/ amenazada, región IV			*			*	
<i>Ostrea edulis</i>	Mollusca, Bivalvia	presente							



<i>Bollma rugosa</i>							*		
<i>Eunicella verrucosa</i>							*		VU
<i>Echinus esculentus</i>							*		
<i>Dendropoma petraeum</i>								*	
<i>Patella ulyssiponensis</i>								*	
<i>Cladocora caespitosa</i>								*	EN-

Tabla 2. Especies de invertebrados incluidos en listas de protección, catálogos, o convenios, regionales, nacionales o internacionales de protección de fauna marina amenazada presente en la demarcación norte. Las especies recogidas en la tabla por la comisión OSPAR y, en aparente buen estado en la región IV, están en declive o amenazadas en otras regiones, por lo que se considera interesante su seguimiento en la región IV.

Abreviaturas: DH: directiva de hábitats, CB: Convenio Berna (Appendix/Annexe I), 19.IX.1979, CEEA: Catálogo Español de Especies Amenazadas, CRC: Catálogo regional de especies amenazadas de Cantabria, CG: Catálogo gallego de especies amenazadas, RD 139/2011: Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. Categorías UICN: VU: vulnerable, EN-: en peligro, población en disminución.

4.1.3 Vertebrados

Los cetáceos y tortugas marinas son objeto de varios acuerdos internacionales y están protegidos por diferente legislación nacional e internacional. En aguas de la demarcación noratlántica, algunos de los acuerdos internacionales más importantes para la protección de cetáceos son el Convenio OSPAR y el acuerdo ASCOBANS.

El delfín mular, la marsopa, la tortuga marina común y la tortuga verde están incluidas en el Anexo II de la Directiva Hábitat y en la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad como especies de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación. En esta demarcación se ha declarado un Área Marina Protegida (AMP) y Zona de Especial Conservación (ZEC), El Cachucho, que incluye al delfín mular y la tortuga marina común entre las especies protegidas de especial interés. Además, se han designado otras 16 ZECs que incluyen al delfín mular, de las cuales 10 incluyen también a la marsopa. Por otro lado, se han designado 2 Lugares de Interés Comunitario (LIC), el Banco de Galicia, que incluye al delfín mular y la tortuga marina común, y el Sistema de cañones submarinos de Avilés, que incluye al delfín mular, la marsopa y la tortuga marina común. El delfín mular también está listado en 6 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) en esta demarcación, de las que 4 incluyen también a la marsopa.

El Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y sus posteriores modificaciones, incluyen a 27 especies de cetáceos en la Lista de Especies que Requieren Protección Estricta (LESRPE). En la demarcación noratlántica se encuentran 2 de estas especies que además están incluidas en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEA) catalogadas como “en peligro de extinción”, la ballena franca y la marsopa, y otras 8 especies listadas en la LESRPE incluidas en el CEEA como “vulnerables”, el rorcual aliblanco, el rorcual norteño (*Balaenoptera borealis*), la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), el rorcual común, la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), el cachalote, el delfín mular y el zifio de Cuvier. Respecto a las tortugas marinas, las 6 especies que aparecen en aguas españolas se encuentran listadas en la LESRPE, siendo la tortuga marina común la única especie catalogada como “vulnerable” en el CEEA.



4.2 Hábitats protegidos

En la actualidad la Directiva Hábitats a nivel europeo y el convenio OSPAR sobre la protección del medio marino del Atlántico Nordeste constituyen las herramientas más importantes en la protección de hábitats marinos aplicables en la demarcación noratlántica. La Directiva de Hábitats (92/43/CEE), enumera en su anexo I los tipos de hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación, y dentro del apartado 11 Aguas marinas y medios de marea podemos encontrar en la demarcación noratlántica los siguientes:

- 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda
- 1130 Estuarios
- 1140 Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja
- 1150 Lagunas costeras
- 1160 Grandes calas y bahías poco profundas
- 1170 Arrecifes
- 1180 Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases
- 8330: Cuevas marinas sumergidas o semisumergidas

Respecto a la clasificación de hábitats vulnerables de OSPAR, en la demarcación aparecen: bosques de kelp, praderas de Cymodocea, montículos carbonatados, jardines de coral, agregaciones de esponjas de profundidad, bancos intermareales de *Mytilus edulis* en sedimentos arenosos y mixtos, fangos intermareales, comunidades del litoral calizo, arrecifes de *Lophelia pertusa*, bancos de maërl, bancos de *Modiolus modiolus*, bancos de *Ostrea edulis*, arrecifes de *Sabellaria spinulosa*, montañas submarinas, comunidades de pennatuláceos y megafauna excavadora, y praderas de *Zostera*.

De estos 16 tipos, en la DMNOR aparecen los siguientes:

- En los hábitats infralitorales rocosos, se han encontrado los arrecifes de *Sabellaria* sp, los bosques de kelp y los bancos de maërl. De esta forma, se ha encontrado los siguientes hábitats definidos en la Lista Patrón de hábitats: Roca infralitoral expuesta con *Gelidium* spp, Bosque de *Saccorhiza polyschides* sobre roca infralitoral expuesta, Roca infralitoral superior expuesta con *Cystoseira* spp, Roca infralitoral medianamente iluminada con *Cystoseira usneoides/Saccorhiza polyschides/Laminaria ochroleuca*, Roca infralitoral inferior con *Leptogorgia sarmentosa*, Arrecifes de *Sabellaria* sp en roca infralitoral, Paredes verticales y extraplomos esciáfilos dominados con invertebrados con esponjas masivas (*Tedania pilariosae*), Roca infralitoral escasamente iluminada dominada por invertebrados con esponjas y ascidias coloniales (Clavelinidae, y Didemnidae), Roca infralitoral superior, escasamente iluminada, dominada por invertebrados con esponjas incrustantes (*Crambe crambe* y *Clathrina coriacea*).
- Dentro de los hábitats circalitorales y batiales sedimentarios encontramos las comunidades de Pennatuláceos y comunidades de megafauna excavadora y Agregaciones de esponjas de profundidad/Jardines de coral bajo la clasificación de OSPAR, ambos englobados en la clasificación de hábitat 1170 Arrecifes, de la Directiva Hábitats. De esta forma, se ha encontrado los siguientes hábitats definidos en la Lista Patrón de hábitats: fangos batiales con dominancia de *Kophobelemnion stelliferum*, fangos batiales con pennatuláceos, arenas y arenas fangosas infralitorales y circalitorales con Pennatuláceos, fangos blandos batiales con



Funiculina quadrangularis y/o *Aporrhais serresianus*, fangos batiales con *Pheronema carpenteri*, y fangos batiales con hexactinélidas. En el caso de las comunidades de pennatuláceos encontramos comunidades con *Funiculina quadrangularis* ó/y *Pennatula* spp. y en el caso de las esponjas se pueden encontrar agrupaciones de los géneros *Geodia*, *Phakellia* ó *Hyalonema*.

- En los pisos circalitoral y batial rocosos se han identificado diversos hábitats englobados en dos de los hábitats OSPAR, jardines de coral y agregaciones de esponjas de profundidad. Entre los primeros son frecuentes la roca circalitoral con gorgonias como *Eunicella* spp., *Leptogorgia sarmentosa* y *Paramuricea grayi*, y con corales negros como *Antipathella subpinnata*, así como la roca batial con gorgonias como *Callogorgia verticillata* y con corales negros como *Parantipathes* spp. Entre los segundos, son frecuentes los campos de esponjas en la roca circalitoral estructurados por especies como *Haliclona* spp., *Phakellia ventilabrum*, *Artemisia transiens*, *Cliona celata* y *Pachymatisma johnstonia*, mientras que en la zona batial aparecen como especies características *Geodia* sp., *Stylocordila* sp. y *Asconema setubalense*. Además, frecuentemente, las especies características de estos hábitats aparecen mezcladas formando hábitats mixtos de gorgonias y esponjas. Entre los hábitats mixtos más frecuentes se encuentran la roca circalitoral con *Dendrophyllia cornigera* y *Phakellia ventilabrum*, la roca circalitoral con *Phakellia* spp., *Axinella vellerea*, *Poecilastra compressa* y *Acanthogorgia hirsuta* y la roca circalitoral con *Guitarra solorzanoi*, *Axinellidae* y *Parazoanthus axinellae*. Por último, es importante mencionar el hábitat estructurado por corales fríos de profundidad (*Madrepora oculata*) en algunas zonas rocosas batiales de la demarcación que, si bien no se ajusta al hábitat 'arrecifes de *Lophelia pertusa*' contenido en el listado OSPAR por tratarse de otra especie, es muy similar en cuanto a su estructura y funciones.



4.3 Espacios Marinos Protegidos

Para completar el marco general de la DM NOR, se aporta en este punto información actualizada sobre la superficie de la DM NOR donde las medidas de conservación se han visto reforzadas a través de la declaración de distintas figuras de espacios marinos protegidos. La conservación del medio marino a través de las distintas figuras de protección constituye una contribución fundamental para lograr el objetivo de la estrategia marina: lograr un buen estado ambiental del medio marino. Por este motivo, la Estrategia de Biodiversidad de la UE² establece que en la UE deben estar protegidos al menos el 30 % de la superficie terrestre y el 30 % de la marina, lo cual supone un enorme reto para los estados miembros.

Es de destacar que en los ámbitos costero y marino, y a pesar del retraso respecto al medio terrestre, en los últimos años ha aumentado el número de espacios protegidos en todas las regiones del mundo, incluyendo la DM NOR. En esta recopilación se han tenido en cuenta los espacios marinos protegidos y los espacios marítimo-terrestres protegidos, considerando que el área es marina cuando su superficie supone más del 95% del total, y área marítimo-terrestre cuando cualquiera de sus superficies (terrestre o marina) sea inferior al 95% del total.

² https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF



4.3.1 Figuras de Protección

Las principales figuras de protección existentes reconocidas por la legislación estatal básica (Ley 42/2007, de 13 de diciembre del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad), son:

- RED NATURA 2000: La Directiva Hábitat (Directiva 92/43/CEE) creó la “**Red Natura 2000**”, una red ecológica europea coherente que debe garantizar el mantenimiento o, en su caso, el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de determinados tipos de hábitats naturales y de ciertas especies animales y vegetales. La Red Natura 2000 está compuesta por los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)-estas últimas, designadas con arreglo a la Directiva Aves, que son designados por los Estados Miembros, tanto en el medio terrestre como en el marino.

Dentro de la DM NOR existen 37 LIC/ZEC y 20 ZEPAS marinas (espacios con superficie marina igual o superior al 95% de la superficie total) y marítimo-terrestres (espacios donde la superficie marina y/o terrestre no supera el 95% del total):

- Lugares de Importancia Comunitaria/Zonas Especial de Conservación (LIC/ZEC):

- Competencia de la AGE:
 - El Cachucho
 - LIC Banco de Galicia
 - LIC Sistema de cañones submarinos de Avilés
 - Espacio Marino Jaizkibel-Capbreton
- Competencia autonómica:
 - Illas Cíes
 - Penarronda-Barayo
 - Ría de Ribadesella-Ría de Tinamayor
 - Ortigueira - Mera
 - Costa Ártabra
 - Costa da Morte
 - Complexo humido de Corrubedo
 - Betanzos - Mandeo
 - Carnota - Monte Pindo
 - Esteiro do Tambre
 - Monte e lagoa de Louro
 - Río Eo
 - Ría de Foz - Masma
 - Río Ouro
 - Costa da Mariña occidental
 - Sistema fluvial Ulla - Deza
 - Complexo Ons - O Grove
 - Cabo Udra
 - Costa da Vela
 - Illas Estelas
 - Enseada de San Simón
 - Ría de Villaviciosa
 - Ría del Eo



- Yacimientos de Icnitas
 - Cabo Busto-Luanco
 - Rias occidentales y Duna de Oyambre
 - Dunas de Liencres y Estuario del Pas
 - Dunas del Puntal y Estuario del Miera
 - Costa central y Ría de Ajo
 - Marismas de Santoña, Victoria y Joyel
 - Río Agüera
 - Gaztelugatxeko Doniene / San Juan de Gaztelugatxe
 - Urdaibaiko itsasertzak eta padurak / Zonas litorales y marismas de Urdaibai
- Zonas de Especial Protección para las Aves :
- Competencia de la AGE:
 - Espacio marino de la Ría de Mundaka-Cabo de Ogoño
 - Espacio marino de los Islotes de Portios-Isla Conejera-Isla de Mouro
 - Banco de Galicia
 - Corredor migratorio galaico-cantábrico occidental
 - Competencia autonómica:
 - Ribadeo
 - Ría de Ortigueira e Ladrado
 - Complejo intermareal Umia - O Grove, A Lanzada, punta Carreirón e lagoa Bodeira
 - Marismas de Santoña, Victoria y Joyel y Ría de Ajo
 - Urdaibaiko itsasadarra / Ría de Urdaibai
 - Costa da Morte (Norte)
 - Illa de Ons
 - Costa de Ferrolterra - Valdoviño
 - Cabo Busto-Luanco
 - Costa da Mariña occidental
 - Ría de Foz
 - LIC/ZEPA Illas Cíes
 - LIC/ZEPA Penarronda-Barayo
 - LIC/ZEPA Ría de Ribadesella-Ría de Tinamayor
 - LIC/ZEPA Ría de Villaviciosa
 - LIC/ZEPA Ría del Eo

Es de destacar que, para la designación de todos estos espacios RN2000, ha sido de vital importancia el desarrollo del proyecto LIFE-INDEMARES “Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español”, que nació con el objetivo de mejorar la representación de los hábitat y especies marinos de las regiones marinas atlántica, mediterránea y macaronésica en la Red Natura 2000 en España. El MITECO fue socio de este proyecto, que ha sido clave para la identificación de espacios de valor para la Red Natura 2000, que a raíz de este estudio fueron declarados como tal.

Como continuación de INDEMARES, el MITECO es socio de LIFE-INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”. Se trata del mayor



proyecto de conservación del medio marino en Europa, y de la primera iniciativa a nivel nacional que integra diversos fondos, políticas y actores para la gestión de toda una red de espacios protegidos. Su principal objetivo consiste en conseguir una red de espacios marinos de la Red Natura 2000, gestionada de manera eficaz, con la participación activa de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones.

- Espacios Naturales Protegidos de ámbito marino o marítimo-terrestre, de diversas figuras de protección (Ley 42/2007):

En la DM NOR existen **46 espacios naturales protegidos marinos y marítimo-terrestres**, entre los cuales podemos destacar el **Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia**.

- Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia
- Paisaje Protegido El Cabo Peñas
- Espacio protegido RN2000 Illas Estelas
- Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia
- Espacio protegido RN2000 Esteiro do Tambre
- Espacio protegido RN2000 Enseada de San Simón
- Espacio protegido RN2000 Monte e lagoa de Louro
- Espacio protegido RN2000 Complexo Ons-O Grove
- Espacio protegido RN2000 Ortigueira-Mera
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 Marismas de Santoña, Victoria y Joyel
- Espacio protegido RN2000 Betanzos-Mandeo
- Espacio protegido RN2000 Carnota-Monte Pindo
- Espacio protegido RN2000 Cabo Udra
- Reserva Natural Parcial de Barayo
- Espacio protegido RN2000 Complexo intermareal Umia-O Grove A Lanzada, punta Carreirón e lagoa Bodeira
- Humedal Protegido Complexo intermareal Umia-O Grove, A Lanzada, punta Carreirón e lagoa Bodeira
- Espacio protegido RN2000 Complexo húmido de Corrubedo
- Espacio protegido RN2000 Costa da Morte
- Espacio protegido RN2000 Costa Ártabra
- Espacio protegido RN2000 Costa da Mariña Occidental
- Espacio protegido RN2000 Costa da Morte Norte
- Espacio protegido RN2000 Costa da Vela
- Espacio protegido RN2000 Costa de Ferrolterra-Valdoviño
- Espacio protegido RN2000 Sistema fluvial Ulla-Deza
- Humedal Protegido Ría de Ribadeo
- Espacio protegido RN2000 Ría de Ortigueira e Ladrado
- Espacio protegido RN2000 Ría de Foz - Masma
- Biotopo Protegido Gaztelugatxe
- Reserva Natural Parcial Ría de Villaviciosa
- Espacio protegido RN2000 Río Ouro
- Espacio protegido RN2000 Ribadeo
- Espacio protegido RN2000 Ría de Foz



- Espacio protegido RN2000 Illa de Ons
- Espacio protegido RN2000 Illas Cíes
- Sitio Natural de Interés Nacional Cabo Vilan
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 LIC-costa central y Ría de Ajo
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 LIC-Dunas de Liencres y Estuario del Pas
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 LIC-Dunas del Puntal y Estuario del Miera
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 LIC-Marismas de Santoña , Victoria y Joyel
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 LIC-Rías Occidentales y Duna de Oyambre
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 LIC-Río Agüera
- Zona de la Red Ecológica Europea Natura 2000 ZEPA-Marismas de Santoña, Victoria y Joyel
- Monumento Natural A praia das Catedrais
- Área Marina Protegida El Cachucho
- Biotopo Protegido Tramo Litoral Deba-Zumaia
- Parque Natural Dunas de Liencres

- **Áreas protegidas por instrumentos internacionales:**

Tendrán la consideración de Espacios Protegidos por Instrumentos Internacionales todos aquellos espacios naturales que sean formalmente designados de conformidad con lo dispuesto en los Convenios y Acuerdos internacionales de los que sea parte España y, en particular, todos aquellos que se citan en el artículo 49 de la Ley 42/2007.

En el caso del Atlántico, las áreas marinas protegidas por instrumentos internacionales son:

- **Áreas protegidas del convenio de OSPAR:** declaradas en virtud del Convenio sobre la protección del medio ambiente marino del Atlántico nordeste (Convenio OSPAR, París, 1992) para la protección del medio ambiente marino del Atlántico nordeste, son propuestas por los estados dentro de sus respectivas aguas jurisdiccionales, incluyendo la Zona Económica Exclusiva o aquellas zonas marinas donde el estado ejerza su soberanía. Se integran en una red de áreas marinas protegidas, denominada Red OSPAR de Áreas Marinas Protegidas en las aguas objeto del acuerdo, donde se pueden incluir aquellas zonas marinas (no costeras) que cumplan determinados requisitos ambientales. Actualmente, la Red cuenta con trece Áreas Marinas Protegidas OSPAR en España, de las cuales las siguientes se encuentran en la DM NOR:
 - El Cachucho
 - Islas Atlánticas
 - Espacio marino de la Ría de Mundaka-Cabo de Ogoño
 - Espacio marino de los Islotes de Portios-Isla Conejera-Isla de Mouro
 - Espacio marino de Cabo Peñas
 - Espacio marino de Punta de Candelaria-Ría de Ortigueira-Estaca de Bares
 - Espacio marino de la Costa de Ferrolterra-Valdoviño
 - Espacio marino de la Costa da Morte
 - ZEPA Banco de Galicia



- Espacio marino de las Rías Baixas de Galicia
- Sistema de cañones submarinos de Avilés
- **Sitios RAMSAR:** Humedales protegidos de acuerdo al Convenio RAMSAR, cuyo objetivo es " *la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo*". En la DM NOR existen 6 humedales RAMSAR:
 - Ría de Villaviciosa
 - Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia
 - Complejo intermareal Umia–Grove, la Lanzada, punta Carreirón y laguna Bodeira
 - Ría de Ortigueira y Ladrado
 - Ría de Mundaka-Guernika
 - Ría del Eo o Ribadeo
 - Marismas de Santoña, Victoria y Joyel
- **Áreas Marinas Protegidas (AMP):**

La figura de "Área Marina Protegida" (AMP) fue creada en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, como una de las categorías de clasificación de espacios naturales protegidos (artículos 29 y 32). Según esta ley, las AMP, y otros espacios protegidos en el ámbito marino español, podrán formar parte de la Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE).

En la DM NOR se declaró en 2011, a través del El Real Decreto 1629/2011, de 14 de noviembre, la AMP del **Cachucho**, que protege 234.950,16 hectáreas del medio marino de esta demarcación, frente a la costa asturiana.

La Figura 48 muestra el mapa de los Espacios Marinos Protegidos de la DMNOR.

En la página web del MITECO³ se pueden consultar más detalles sobre los espacios marinos protegidos de ámbito marino, y en su geoportal⁴ es posible visualizar y descargar la cartografía asociada.

³ <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/biodiversidad-marina/espacios-marinos-protegidos.html>

⁴ <https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>

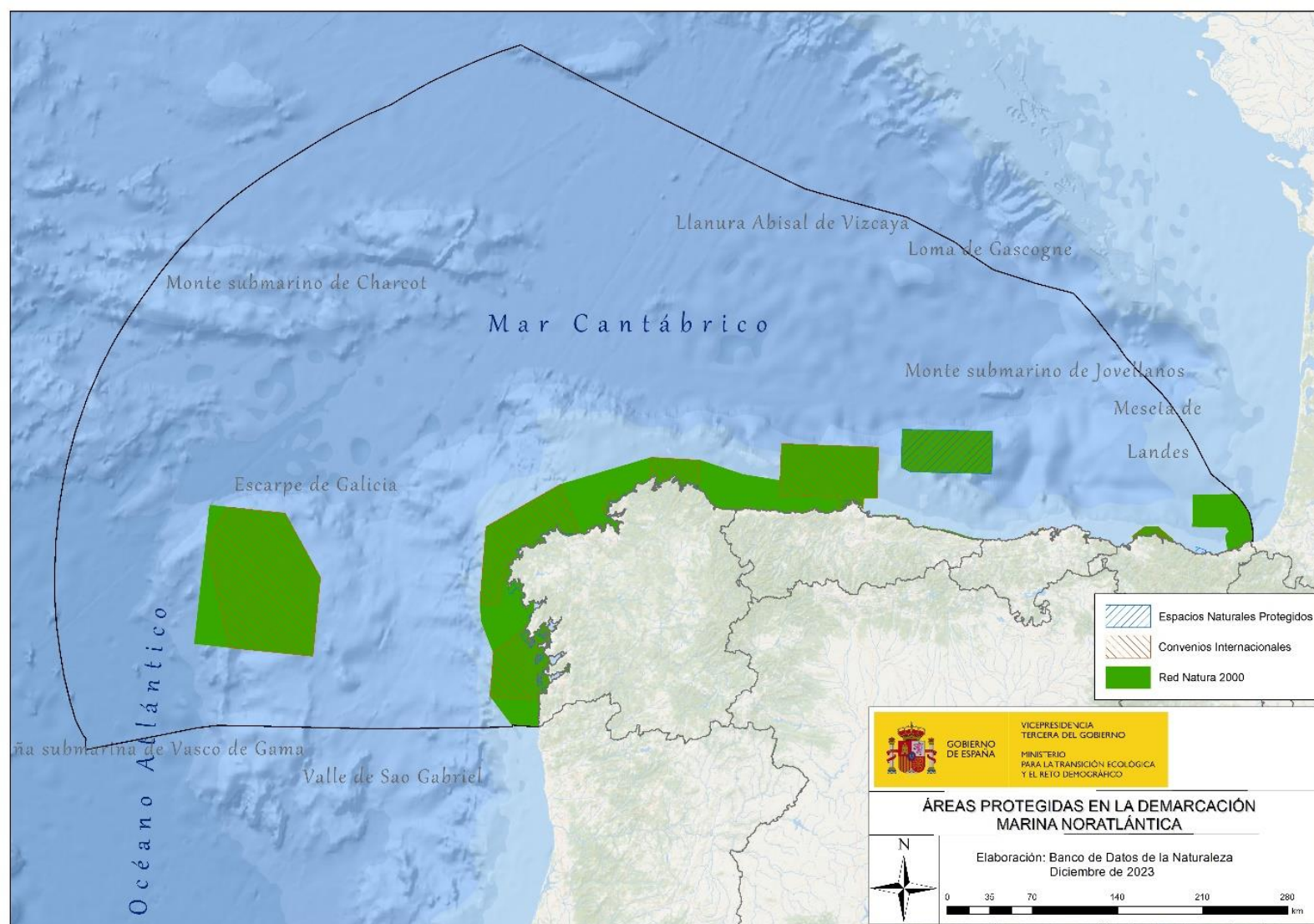
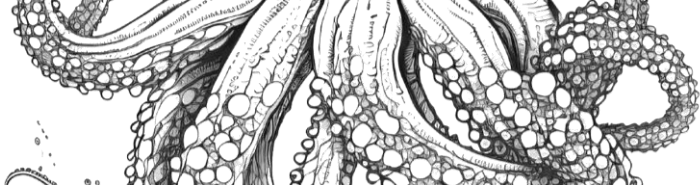


Figura 48. Mapa de los Espacios Marinos Protegidos DMNOR



4.3.2 Red de Áreas Marinas Protegidas de España (RAMPE)

La Ley 41/2010, de 29 diciembre, de protección del medio marino crea formalmente la RAMPE, la regula y establece cuáles son sus objetivos, los espacios naturales que la conforman y los mecanismos para su designación y gestión. Según esta ley, todos los espacios protegidos situados en aguas bajo soberanía o jurisdicción españolas, representativos del patrimonio natural marino, e independientemente de que su declaración y gestión estén regulados por normas internacionales, comunitarias, estatales o autonómicas podrán quedar integrados en la RAMPE. Así, el artículo 26 de la Ley 41/2010, en su apartado primero, enumera los **espacios marinos protegidos** de competencia estatal que podrán formar parte de la RAMPE. Estos son:

- a) Las Áreas Marinas Protegidas.
- b) Las Zonas Especiales de Conservación y las Zonas de Especial Protección para las Aves, que conforman la Red Natura 2000.
- c) Otras categorías de espacios naturales protegidos, según establece el artículo 29 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre.
- d) Las áreas protegidas por instrumentos internacionales, sin perjuicio de que su declaración y gestión se ajustará a lo dispuesto en su correspondiente normativa internacional.
- e) Las [Reservas Marinas](#) reguladas en la Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado.

Asimismo, podrán formar parte de la RAMPE aquellos espacios protegidos y zonas protegidas en el ámbito pesquero cuya declaración y gestión sea competencia autonómica en el supuesto establecido en el artículo 36.1 de la Ley 42/2007, a propuesta de la Comunidad Autónoma afectada, previo acuerdo de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente.

El mismo artículo establece, además, que para su integración en la Red, todos estos espacios deberán cumplir una serie de criterios: los establecidos en el [Real Decreto 1599/2011, de 4 de noviembre, por el que se establecen los criterios de integración de los espacios marinos protegidos en la Red de Áreas Marinas Protegidas de España](#). De este modo, podrán formar parte de la RAMPE, de acuerdo con el artículo 26.3 de la Ley 41/2010 de protección del medio marino, aquellos espacios protegidos de competencia autonómica que cumplan estos **criterios**, entre los que cabe destacar:

- representatividad;
- carácter único o rareza;
- importancia para hábitat o especies amenazados, en peligro, en declive o regresión;
- grado de naturalidad;
- productividad biológica;
- vulnerabilidad o fragilidad;
- contribución a la conectividad.

Actualmente se trabaja para ir integrando los distintos espacios marinos protegidos que cumplen dichos criterios en la RAMPE.



4.3.3 Superficie Protegida de la demarcación marina noratlántica

La demarcación noratlántica cubre 31.492.376,15 hectáreas. Actualmente, el 10,06 % de su superficie (3.183.132,14 ha) está protegida a través de las diferentes figuras de protección mencionadas en los apartados anteriores (de competencia estatal y autonómica). En concreto, un 10,05 % de la superficie de la demarcación (3.179.175,52 hectáreas) está cubierta por espacios de la RN2000.

Por otro lado, un 5,75 % de la superficie de la DMNOR forma parte de la RAMPE.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abaunza, P.; Gordo, L.; Karlou-Riga, C.; Murta, A.; Eltink, A.T.G.W.; García Santamaría, M.T.; Zimmermann, C.; Hammer, C.; Lucio, P.; Iversen, S.A.; Molloy, J.; Gallo, E.; 2003. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13 (3): 27-61.

Acosta J, Rodríguez-Gutierrez, J, Velasco E, Ríos Pr, Ámez Fernández M, Araujo H, Castro B, Castro J, Domínguez, J, Crespo R, García-Rebollo J, Marín M, Morlán R, Patiño B, Salinas I, Gómez J, Tornero J, Vilamea A, Giménez A. (2019). Análisis de la actividad pesquera de la flota española de aguas ibéricas atlánticas y su uso en la gestión de stocks (2019). 10.13140/RG.2.2.10594.17603. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/325638/1/24960.pdf>

Allain, G.; Petitgas, P.; Lazure, P.; 2001. The influence of mesoscale ocean processes on anchovy (*Engraulis encrasicolus*) recruitment in the Bay of Biscay estimated with a three-dimensional hydrodynamic model. *Fisheries Oceanography*, 10 (2): 151-163.

Alvarez I., Gomez-Gesteira M., deCastro M., Lorenzo M.N., Crespo A.J.C., Dias J.M. 2011. Comparative analysis of upwelling influence between the western and northern coast of the Iberian Peninsula. *Continental Shelf Research*, 31: 388-399. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102667>.

Anadón, N. 1980. Contribución al conocimiento de la fauna bentónica de la ría de Vigo III. Estudio de los arrecifes de *Sabellaria alveolata* (L.) (Polychaeta, Sedentaria). *Investigación Pesquera*, 45, 105–122.

Archer, D., M. Eby, V. Brovkin, A. Ridgwell, L. Cao, U. Mikolajewicz, K. Caldeira, K. Matsumoto, G. Munhoven, A. Montenegro, K. Tokos (2009). Atmospheric lifetime of fossil fuel carbon dioxide. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 37, pp. 117-134, 10.1146/annurev.earth.031208.100206

Arhan, M.; Colin de Verdière, A.; Mémer, L.; 1994. The eastern boundary of the subtropical North Atlantic. *Journal Physical Oceanography*, 24:1295-1316.

Arias, A., Bañón, R., Paxton, H., Anadón, N. (2014) Tropicalización y meridionalización en el medio marino del NO-N de la península ibérica. En: Ríos, P., Suárez, L.A., Cristobo, J. (Eds.) XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Libro de resúmenes. Centro Oceanográfico de Gijón, p. 130.

Arrese, B.; Gómez-Ballesteros, M.; Díez-García, I.P.; 2021. Informe sobre la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del LIC ESZZ12003 Sistema de cañones submarinos de Avilés. Informe Proyecto LIFE IP INTEMARES, 76 págs.

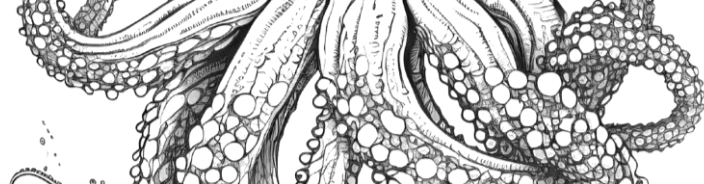
Arroyo, N.L., Preciado, I., Punzón, A., López-López, L. (2017) Trophic mechanisms underlying benthic-demersal community recovery in the Northeast Atlantic (Southern Bay of Biscay). *Journal of Applied Ecology*, 54 (6): 1957–1967.

Aubin-Ottenheimer, G.; 1986. Bilan des connaissances sur la cardine (*Lepidorhombus whiffiagonis*). Etude du stock de mer Celtique. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 49 (3-4): 205-214.

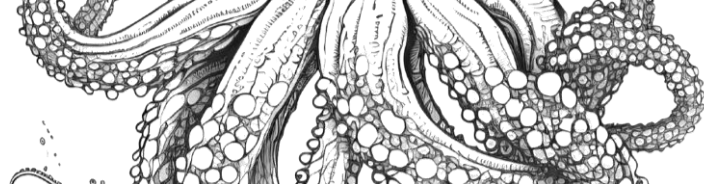
Azevedo, M.; Pereda, P.; 1994. Comparing monkfish (*Lophius piscatorius* and *L. budegassa*) abundance in ICES Division VIIIc by year and depth strata. *ICES CM 1994/G:22*, 7 págs.

Bakker, D. C. E., et al. (2016). A multi-decade record of high-quality fCO₂ data in version 3 of the Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT), *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 383–413, <https://doi.org/10.5194/essd-8-383-2016>.

Bañón, R., Almón, B., Trigo, J.E., Pérez-Dieste, J. (2019) Capítulo 5. Especies marinas exóticas e inmigrantes en las costas de Galicia. En: Junoy, J. (Ed.) *Especies exóticas invasoras*. Cátedra Parques Nacionales. Universidad de Alcalá, 278 pp.



- Bañón, R., Conde Pardo, P., Alvarez-Salgado, X. A., de Carlos, A., Arronte, J. C., Piedracoba, S. (2024) Tropicalization of fish fauna of Galician coastal waters in the NW Iberian upwelling system. *Regional Studies in Marine Science*, 70: 103369.
- Bañón, R., Fariña, J., de Carlos, A. (2023) New data on exotic muricid species (Neogastropoda: Muricidae) from Spain based on integrative taxonomy. *Diversity*, 15(12): 1185.
- Barton, E. D., 1998. Eastern boundary of the North Atlantic: Northwest Africa and Iberia. Coastal segment (18,E). In *The Sea*, Vol. 11, Robinson, A. R. and K. H. Brink, eds, John Wiley and Sons, Inc., New York, pp. 633–657.
- Bas, C.; 1995. Ecological structures: expansion and replacement. *Scientia Marina*, 59: 373-380.
- Belgrano, A. & Fowler, C.W. (2013) How Fisheries Affect Evolution. *Science* 342: 1176-1177.
- Bode A., Álvarez-Ossorio M.T., Cabanas J.M., Miranda A., Varela M. 2009. Recent trends in plankton and upwelling intensity off Galicia (NW Spain). *Progress in Oceanography*, 83: 342-350. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.07.025>.
- Bode A., Álvarez-Ossorio M.T., Miranda A., López-Urrutia A., Valdés L. 2012a. Comparing copepod time-series in the north of Spain: spatial autocorrelation of community composition. *Progress in Oceanography*, 97: 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2011.11.013>.
- Bode A., Casas B., Fernández E., Marañón E., Serret P., Varela M. 1996. Phytoplankton biomass and production in shelf waters off NW Spain: spatial and seasonal variability in relation to upwelling. *Hydrobiologia*, 341: 225-234. <https://doi.org/10.1007/BF00014687>.
- Bode A., Lavin A., Valdés L. 2012b. Cambio climático y oceanográfico en el Atlántico del norte de España. Instituto Español de Oceanografía. *Temas de oceanografía*, 5.
- Bode A., Álvarez, M., García, L., Louro, M. A., Nieto-Cid, M., Ruiz-Villarreal, M., Varela, Marta, M. (2020): Time series of hydrographic, biogeochemical and plankton variables for a shelf station off A Coruña (NW Spain): 1990-2018. *PANGAEA*.
- Bode A., Álvarez, M., Ruíz-Villarreal, M. et al. Changes in phytoplankton production and upwelling intensity off A Coruña (NW Spain) for the last 28 years. *Ocean Dynamics* 69, 861–873 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10236-019-01278-y>
- Bode A., Álvarez, M., Ruíz-Villarreal, M., & Varela, M. M. (2019). Changes in phytoplankton production and upwelling intensity off A Coruña (NW Spain) for the last 28 years. */Ocean Dynamics/*, /69/,861-873.
- Bode A., Álvarez-Ossorio, M.T., Carrera, P., Lorenzo, J. (2004) Reconstruction of trophic pathways between plankton and North Iberian Sardine (*Sardina pilchardus*) using stable isotopes. *Sci. Mar.*, 68 (1): 165-178.
- Bode A., Alvarez-Ossorio, M.T., Cunha M.E., Garrido S., Peleteiro J. B., Porteiro, C., Valdés, L., Varela, M. (2007) Stable nitrogen isotope studies of the pelagic food web on the Atlantic shelf of the Iberian Peninsula. *Progress in Oceanography*, Vol 74 (2–3), 115-131
- Bode A., Carrera, P. & Lens, S. (2003). The pelagic foodweb in the upwelling ecosystem of Galicia (NW Spain) during spring: Natural abundance of stable carbon and nitrogen isotopes. *ICES J. Mar. Sci* 60, 11–22.
- Bode A., Olivar, M.P. & Hernández-León, S. (2021) Trophic indices for micronektonic fishes reveal their dependence on the microbial system in the North Atlantic. *Sci Rep* 11, 8488.
- Bode A.; Fernández, E.; Botas, A.; Anadón, R.; 1990. Distribution and composition of suspended particulate matter related to a shelf-break saline intrusion in the Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Oceanologica Acta*, 13(2): 219-228.



BOE (2015) Orden AAA/2534/2015, de 17 de noviembre, por la que se establece un Plan de gestión para los buques de los censos del Caladero Nacional del Cantábrico y Noroeste. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-12992&p=20240125&tn=6>

Boillot, G.; Grimaud, S.; Mauffret, A.; Mougénou, D.; Megoil-Daniel, J.; Kornprobst, J.; Torrent, G.; 1980. Ocean-continent boundary off the Iberian margin: a serpentinite diapir west off the Galicia bank. *Earth and Planetary Science Letters* 48: 23-34.

Botas, J.A.; Fernández, E.; Anadón, R.; 1990. A persistent upwelling off the central Cantabrian coast (Bay of Biscay). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 30: 185-199.

Breitbart, D., Levin, L. A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., ... Zhang, J. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, 359(6371), eaam7240. <https://doi.org/10.1126/science.aam7240>

Bucklin A., Peijnenburg K., Kosobokova K.N., O'Brien T.D., Blanco-Bercial L., Cornils A., Falkenhaus T., Hopcroft R.R., Hosia A., Laakmann S., Li C.H., Martell L., Questel J.M., Wall-Palmer D., Wang M., Wiebe P. H., Weydmann-Zwolicka A. 2021. Toward a global reference database of COI barcodes for marine zooplankton. *Marine Biology*, 168 (78): 1-26 doi:10.1007/s00227-021-03887-y.

Buttay L. 2018. Temporal variability of plankton in the north and northwest Iberian shelf: Understanding plankton dynamics from monitoring time-series. Tesis Doctoral, Universidad de Vigo.

Cabanas, J.M.; 1999. Variabilidad temporal en las condiciones oceanográficas de las aguas de la plataforma continental gallega. Algunas consecuencias biológicas. Tesis doctoral. Universidade de Vigo. 155 págs.

Cabanas, J.M.; Porteiro, C.; 1998. Links between the North Atlantic Sardine recruitment and their environment. *ICES CM 1998/R: 23*, 10 págs.

Campbell, M.L., King, S., Heppenstall, L.D., van Gool, E., Martin, R., Hewitt, C.L. (2017) Aquaculture and urban marine structures facilitate native and non-indigenous species transfer through generation and accumulation of marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2): 304–312.

Campoy, A. 1982. Fauna de los anélidos poliquetos de la península ibérica. *Publicaciones de biología de la universidad de Navarra, serie zoológica* 7 (2).

Carrera, P.; Porteiro, C.; 2003. Stock dynamic of Iberian sardine (*Sardina pilchardus*, W.) and its implication on the fishery off Galicia (NW Spain). *Sci. Mar.*, 67 (1): 245-258.

Casabella N, Lorenzo MN, Taboada JJ. (2014). Trends of the Galician upwelling in the context of climate change. *J. Sea Res.* 93: 23–27.

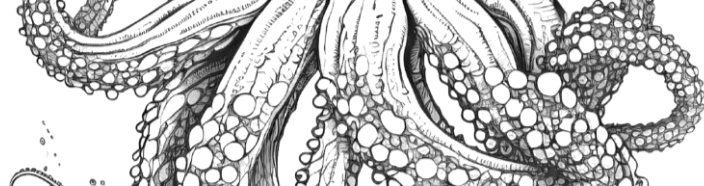
Castro J, Marín González M, Costas G, Abad E, Punzón A, Pereiro J, Vázquez A. (2010) Atlas de las flotas españolas de aguas europeas atlánticas. Instituto Español de Oceanografía, 215 p. ISBN 978-84-95877-06-2 <https://digital.csic.es/bitstream/10261/328855/4/AtlasFlotasPesqTO4.pdf>

Cha, H., Moon, J.H., Kim, T., Song, Y.T. (2023). A process-based assessment of the sea-level rise in the northwestern Pacific marginal seas. *Commun Earth Environ* 4, 300. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00965-5>.

Chiba S., Tadokoro, K., Sugisaki, H., Saino T. 2006. Effects of decadal climate change on zooplankton over the last 50 years in the western subarctic North Pacific. *Global Change Biology*, 12(5), 907–920. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01136.x.

Church, J.A., White, N.J. (2006). A 20th century acceleration in global sea-level rise. *Geophys Res Lett* 33: L01602. *Geophysical Research Letters*, 33. L01602. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005GL024826>.

Chust G, Borja A, Caballero A, Irigoien X, Sáenz J, Moncho R et al. (2011) Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay. *Climate Research* 48:307-332



Corrales, X., Preciado, I., Gascuel, D., López, A., Hervann, P.-Y., Mugerza, E., Louzao, M., Velasco, F., Doray, M., López-López, L., Carrera, P., Cotano, U., Andonegi, E. (2022) Structure and functioning of the Bay of Biscay ecosystem: A trophic modelling approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 262.

Cort, J.L.; 1990. *Biología y pesca del atún rojo, Thunnus thynnus (L.), del Mar Cantábrico*. Publicaciones Especiales del. Instituto Español de Oceanografía, 4: 272 págs.

Crémer, M.; 1983. *Approaches sédimentologique et géophysique des accumulations turbiditiques. L'éventail profond du Cap Ferret (Golfe de Gascogne), la Série des Gres d'Annot (Alpes de Haute Provence)*. Tesis Doctoral. Universidad de Burdeos, 344 págs.

Dai M., Su J., Zhao Y., Hofmann E. E., Cao Z., Cai W. J., et al. (2022). Carbon fluxes in the coastal ocean: Synthesis, boundary processes, and future trends. *Annu. Rev. Earth Planetary Sci.* 50, 593–626. doi: 10.1146/annurev-earth-032320-090746

Daniault, N., Mazé, J.P., Arhan, M. Circulation and mixing of Mediterranean water west of the Iberian Peninsula, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Volume 41, Issues 11–12, 1994, DOI: [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(94\)90068-X](https://doi.org/10.1016/0967-0637(94)90068-X).

Dardignac, J.; 1988. *Les pêcheries du golfe de Gascogne. Bilan des connaissances Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER*, 9: 204 págs.

De Bettignies T., de Bettignies F., Bartsch I., Bekkby T., Boiffin A., Casado de Amezúa P., Christie H., Edwards H., Fournier N., García A., Gauthier L., Gillham K., Halling C., Harrauld M., Hennicke J., Hernández S., Kilnäs M., Martinez B., Mieszkowska N., Moore P., Moy F., Mueller M., Norderhaug K. M., Ó Cadhla O., Parry M., Ramsay K., Robertson M., Russel T., Serrão E., Smale D., Sousa Pinto I., Steen H., Street M., Walday M., Werner T., La Rivière M. (2021). Background Document for Kelp Forests habitat. OSPAR 788/2021, 66 pp. ISBN 978-1-913840-15-0

Díaz del Río, G.; González, N.; Marcote, D.; 1998. The intermediate Mediterranean water inflow along the northern slope of the Iberian Peninsula. *Oceanologica Acta*, 21 (2): 157-163.

Díaz P. A., Ruiz-Villarreal M., Velo-Suárez L., Ramilo I., Gentien P., Lunven M., Fernand L., Raine R., Reguera B. 2014. Tidal and wind-event variability and the distribution of two groups of *Pseudo-nitzschia* species in an upwelling-influenced Ría. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 101: 163-179. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.09.043>.

Diez, R.; 2006. *Gas somero y estratigrafía sísmico-secuencial del registro Cuaternario reciente de la Ría de Arousa (Noroeste de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo, 270 págs.

Doney, S. C., Busch, D. S., Cooley, S. R., and Kroeker, K. J. (2020). The impacts of ocean acidification on marine ecosystems and reliant human communities. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 45, 83–112. doi: 10.1146/annurev-environ-012320-083019

Duarte, R.; Azevedo, M.; Landa, J.; Pereda, P.; 2001. Reproduction of anglerfish (*Lophius budegassa* Spinola and *Lophius piscatorius* Linnaeus) from the Atlantic Iberian coast. *Fisheries Research*, 51 (2): 349-361.

Dubois, S., Retiere, C. and Olivier, F. 2002. Biodiversity associated with *Sabellaria alveolata* (Polychaeta: Sabellariidae) reefs: effects of human disturbances. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 82.

Durán, R.; 2005. *Estratigrafía sísmica desde el ultimo máximo glacial de la ría de Pontevedra (NO de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo, 310 págs.

El Haddad, M., Azzati, R.C., García-Carrascosa, A.M., (2008) *Branchiomma luctuosum* (Polychaeta: Sabellidae): a non-indigenous species at Valencia port (western Mediterranean Sea, Spain). *Marine Biodiversity Records*, 1: e61.

Elton, C. (1927) *Animal Ecology*. Reprint, 2001, University of Chicago Press edn, Sidgwick & Jackson, London.



- Ercilla, G.; Casas, D.; Estrada, F.; Vázquez, J. T.; Iglesias, J.; García, M.; Gómez, M.; Acosta, J.; Gallart, J.; Maestro-González, A.; Marconi Team; 2008. Morphosedimentary features and recent depositional architectural model of the Cantabrian continental margin. *Marine Geology* 247: 61-83.
- Ercilla, G.; Casas, D.; Vázquez, J.T.; Iglesias, J.; Somoza, L.; Juan, C. Medialdea, T.; León, R.; Estrada, F.; García-Gil, S.; Farrán, M.; Bohoyo, F.; García, M.; Maestro, A.; ERGAP Project y Cruise Teams; 2011. Imaging the recent sediment dynamics of the Galicia Bank region (Atlantic, NW Iberian Peninsula). *Marine Geophysical Research* 32(1-2): 99-126.
- Fariña, A.C.; 1996. Megafauna de la plataforma continental y talud superior de Galicia. Biología de la cigala *Nephrops norvegicus*. Tesis doctoral. Universidade da Coruña.
- Fariña, A.C.; Freire, J.; González-Gurriarán, E. 1997. Estructura espacial y cambios a largo plazo de las comunidades megabentónicas de la plataforma continental y talud superior de Galicia (noroeste de España): análisis comparativo de peces y crustáceos decápodos. *Publicación Especial Instituto Español de Oceanografía*, 23: 53-70.
- Faugères, J.C.; Imbert, P.; Mézerais, M.L.; Crémer, M.; 1998. Seismic patterns of a muddy contourite fan (Vema Channel, south Brazilian Basin) and a sandy distal turbidite deep-sea fan (cap ferret system, Bay of Biscay): a comparison. *Marine Geology* 115: 81-110.
- Fernandes-Salvador J. A., Davidson K., Sourisseau M., Revilla M., et al. 2021. Current Status of Forecasting Toxic Harmful Algae for the North-East Atlantic Shellfish Aquaculture Industry. *Frontiers in Marine Science*, 8: 666583. doi:10.3389/fmars.2021.666583.
- Fernández E., Bode A. 1994. Succession of phytoplankton assemblages relation to the hydrography in the southern Bay of Biscay: A multivariate approach. *Scientia Marina*, 58 (3): 191-205.
- Fernández-Romero, A., Navarro-Barranco, C., Ros, M., Arias, A., Moreira, J., Guerra-García, J.M. (2021) To the Mediterranean and beyond: An integrative approach to evaluate the spreading of *Branchiomma luctuosum* (Annelida: Sabellidae). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 254: 107357.
- Fernández-Salas, L.M.; Durán, R.; Mendes, I.; Galparsoro, I.; Lobo, F.J.; Bárcenas, P.; Rosa, F.; Ribó, M.; García-Gil, S.; Ferrín, A.; Carrara, G.; Roque, C.; Canals, M.; 2015. Shelves of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands (I): Morphology and sediment types. *Boletín Geológico y Minero* 136 (2-3), 327-376. ISSN: 0366-0176.
- Figueiras F.G., Teixeira I.G., Froján M., Zúñiga D., Arbones B., Castro, C.G. 2020. Seasonal variability in the microbial plankton community in a semienclosed bay affected by upwelling: The role of a nutrient trap. *Frontiers in Marine Science*, 7: 578042. doi:10.3389/fmars.2020.578042.
- Freedon, W., Nashed, M.Z., Sonar, T. (2015). *Handbook of Geomathematics: Second Edition*, Springer, 353-390. DOI: 10.1007/978-3-642-54551-1.
- Friedlingstein, P. et al. (2023). Global Carbon Budget 2023, *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 5301–5369, <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>.
- Frouin, R.; Fiúza, A.F.G.; Âmbar, I.; Boyd, T.J.; 1990. Observations of a poleward surface current off the coasts of Portugal and Spain during winter. *Journal of Geophysical Research*, 95 (C1): 679-691.
- Gallastegui, J.; Pulgar, J.A.; Gallart, J.; 2002. Initiation of an active margin at the North Iberian continent ocean transition. *Tectonics* 21(4): 15.1-15.13.
- Galparsoro, I.; Borja, A.; Legorburu, I.; Hernández, C.; Chust, G.; Liria, P.; Uriarte, A.; 2010. Morphological characteristics of the Basque continental shelf (Bay of Biscay, northern Spain); their implications for Integrated Coastal Zone Management. *Geomorphology* 118: 314-329.



García, M.J., Tel, E., Molinero, J. (2012). Sea-level variations on the north and northwest coasts of Spain, ICES Journal of Marine Science, Volumen 69, 5, 720–727. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss058>.

García-García, A.; Vilas, F.; García-Gil, S.; 1999. A seeping sea-floor in a Ría environment: Ría de Vigo (NW Spain). Environmental Geology 38(4): 296-300.

García-Gil, S.; 2003. A natural laboratory for shallow gas: the Rías Baixas (NW Spain). Geo-Marine Letters 23: 215-229.

Giangrande, A., Licciano, M., Del Pasqua, M., Fanizzi, F.P., Migoni, D., Stabili, L. (2017) Heavy metals in five Sabellidae species (Annelida, Polychaeta): ecological implications. Environmental Science and Pollution Research, 24(4): 3759–3768.

Gil, J. 2008. Macro and mesoscale physical patterns in the Bay of Biscay. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 88 (2): 217-225.

Goetz, S., Read, F. L., Santos, M. B., Pita, C., and Pierce, G. J. (2014) Cetacean–fishery interactions in Galicia (NW Spain): results and management implications of a face-to-face interview survey of local fishers. – ICES Journal of Marine Science, 71: 604–617

Gomes, M.; Serrão, E.; Borges, M.F.; 2001. Spatial patterns of groundfish assemblages on the continental shelf of Portugal. ICES Journal of Marine Science. Vol 58 (3): 633-647.

Gómez-Ballesteros, M.; Arrese, B.; Díez-García, I.; Martínez-Carreño, N.; Galparsoro, I.; García, G.; Sánchez-Guillamón, O.; Sayago, M.; Rodríguez, C.F.; 2023. Informe sobre la distribución espacial de las características geomorfológicas y sedimentarias del Sistema de cañones submarinos de Capbreton (demarcación noratlántica). Informe del Proyecto LIFE IP INTEMARES, 82 págs.

Gómez-Ballesteros, M.; Sánchez, F.; García-Alegre, A.; González-Pola, C.; Hernández-Molina, F.J.; Ercilla, G.; Llave, E.; Mink, S.; 2015. Caracterización morfosedimentaria del Banco Le Danois (AMP El Cachucho, mar Cantábrico). VIII Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico: 373-376. N° Depósito Legal: MA 1272-2015.

González-Pola, C., Díaz del Río, G., Ruiz-Villarreal, M., Sánchez, R. F., & Mohn, C. (2012). Circulation patterns at Le Danois Bank, an elongated shelf-adjacent seamount in the Bay of Biscay. Deep-Sea Research. Part I, Oceanographic Research Papers, 60, 7–21. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2011.10.001>

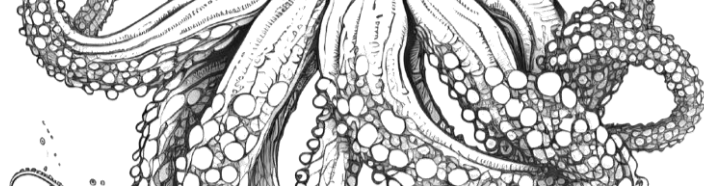
González-Pola, C., Fratantoni, P., Larsen, K. M. H., Holliday, N. P., Dye, S., Mork, K. A., Beszczynska-Möller, A., Valdimarsson, H., Trofimov, A., Parner, H., Klein, H., Cisewski, B., Fontán, A., Lyons, K., Kolodziejczyk, N., Graña, R., Linders, J., Wodzinowski, T., Goszczko, I., Cusack, C. The ICES Working Group on Oceanic Hydrography: A Bridge From In-situ Sampling to the Remote Autonomous Observation Era. Front. Mar. Sci.6, 103 (2019).

González-Pola, C., Lavín, A. and Vargas-Yáñez, M. (2005) “Intense warming and salinity modification of intermediate water masses in the southeastern corner of the Bay of Biscay for the period 1992–2003,” Journal of geophysical research, 110(C5). doi: 10.1029/2004jc002367.

Gonzalez-Pola, Cesar; Larsen, Karin M. H.; Fratantoni, Paula; Beszczynska-Möller, Agnieszka (2023). ICES Report on Ocean Climate 2021. ICES Cooperative Research Reports (CRR). Report. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.24755574.v1>

Grégoire, M., Oschlies, A., Canfield, D., Castro, C., Ciglenc̆ki, I., Croot, P., Salin, K., Schneider, B., Serret, P., Slomp, C.P., Tesi, T., Yücel, M. (2023). Ocean Oxygen: the role of the Ocean in the oxygen we breathe and the threat of deoxygenation. Rodríguez Perez, A., Kellett, P., Alexander, B., Muñiz Piniella, Á., Van Elslander, J., Heymans, J. J., [Eds.] Future Science Brief No. 10 of the European Marine Board, Ostend, Belgium. ISSN: 2593-5232. ISBN: 9789464206180. DOI: 10.5281/zenodo.7941157

Gruber, N. (2011). Warming up, turning sour, losing breath: ocean biogeochemistry under global change. Philos. Trans. R. Soc Math. Phys. Eng. Sci. 369, 1980–1996. doi: 10.1098/rsta.2011.0003



Gruber, N. et al. (2019). The oceanic sink for anthropogenic CO₂ from 1994 to 2007. *Science* 363, 1193-1199. DOI: doi.org/10.1126/science.aau5153

Gruber, N.; 1998. Anthropogenic CO₂ in the Atlantic Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 12: 165-191.

Guichet, R.; 1995. The diet of European hake (*Merluccius merluccius*) in the northern part of the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, 52 (1): 21-31.

Guisande, C.; Cabanas, J.M.; Vergara, A.R.; Riveiro, I.; 2001. Effect of climate on recruitment success of Atlantic Iberian sardine *Sardina pilchardus*. *Marine Ecology Progress Series*, 223: 243-250.

Halpern, B. S., McLeod, K.L., Rosenberg, A.A., Crowder, L.B. (2008) Managing for cumulative impacts in ecosystem-based management through ocean zoning. *Ocean & Coastal Management* 51 (3), 203-211.

Harvey, J.; 1982. Theta-S relationships and water masses in the eastern North Atlantic. *Deep Sea Research*, 29 (8A):1021-1033.

Haynes, R.; Barton, E.D.; 1990. A poleward flow along the Atlantic coast of the Iberian Peninsula. *Journal of Geophysical Research*, 95 (C7): 11425-11441.

Hays G.C., Richardson A.J., Robinson C. 2005. Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(6): 337-44. doi: 10.1016/j.tree.2005.03.004.

Heinze, C., Maier-Reimer, E., & Winn, K. (1991). Glacial pCO₂ reduction by the World Ocean: Experiments with the Hamburg carbon cycle model. *Paleoceanography*, 6(4), 395–430. <https://doi.org/10.1029/91PA00489>

Helfman, G.S.; Collette, B.B.; Facey, D.E.; 1997. The diversity of fishes. Blackwell Science: Oxford, 528 págs.

Hernández-González et al., 2018. Microplastics in the stomach contents of common dolphin (*Delphinus delphis*) stranded on the Galician coasts (NW Spain, 2005–2010). *Marine Pollution Bulletin* Vol 137, 526-532.

Hernández-Molina, F.J.; Iglesias, J.; Van Rooij, D.; Ercilla, G.; Gómez-Ballesteros, M.; Casas, D.; Llave, E.; 2008. The Le Danois Contourite Depositional System: an exceptional record of the MOW circulation off the North Iberian margin. *Geo-Temas* 10: 535-538.

Hernández-Molina, F.J.; Serra, N.; Stow, D.A.V.; Ercilla, G.; Llave, E.; Van Rooij, D.; 2011. Along-slope oceanographic processes and sedimentary products around Iberia. *Geo-Marine Letters* 31(5-6): 315-341.

Hislop, J.R.G; Gallego, A.; Heath, M.R.; Kennedy, F.M.; Reeves, S.A. Wright, P.J.; 2001. A synthesis of the early life history of the anglerfish, *Lophius piscatorius* (Linnaeus, 1758) in northern British waters. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 70-86.

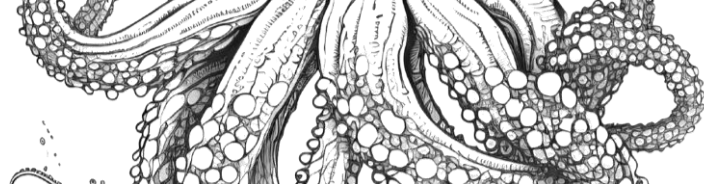
Holliday NP, Bersch M, Berx B, Chafik L, Cunningham S, Florindo-López C, Hátún H, Johns W, Josey SA, Larsen KMH, Mulet S, Olthmanns M, Reverdin G, Rossby T, Thierry V, Valdimarsson H, Yashayaev I. Ocean circulation causes the largest freshening event for 120 years in eastern subpolar North Atlantic. *Nat Commun.* 2020 Jan 29;11(1):585. doi: 10.1038/s41467-020-14474-y.

<https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/thematic-assessments/climate-change/>

Hurrell, J. W., Kushnir, Y., Ottersen, G., & Visbeck, M. (2003). An overview of the North Atlantic oscillation. *Geophysical Monograph-American Geophysical Union*, 134, 1-36.

ICCAT, 2003. Informe del periodo bienal 2002/03. 2 (1): 223 págs.

IEO; 2014. Caracterización ecológica del área marina del Sistema de cañones submarinos de Avilés. Informe final área LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732), 243 págs.



Iglesias, B., Louzao, M., Bachiller, E., López-López, L., Santos, M., Boyra, G., Cotano, U., Andonegi, E., Preciado, I., (2023). Influence of seasonal variability on the trophic structure of pelagic communities. *Frontiers in Marine Science*, 10.3389/fmars.2023.1185376

Iglesias, J.; 2009. Sedimentation on the Cantabrian Continental Margin from Late Oligocene to Quaternary. Tesis Doctoral, Universidad de Vigo e Institut de Ciències del Mar CSIC, 214 pág.

Informe divulgativo de la participación para la actualización del Plan de Gestión del Área Marina Protegida (AMP) y Zona Especial de Conservación (ZEC) «El Cachucho». Documento Interno, 20 pp. INTEMARES. 2018.

Instituto Hidrográfico de la Marina, (2024). <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/cienciahm1/prefLang-es/> (último acceso el 16/04/2024).

Iorga, M.C.; Lozier, M.S.; 1999. Signatures of the Mediterranean outflow from a North Atlantic climatology. 2. Diagnostic velocity fields. *Journal of Geophysical Research* 104, C11: 26011-26029.

Iorga, M.C.; Lozier, M.S.; 1999. Signatures of the Mediterranean outflow from a North Atlantic climatology 1. Salinity and density fields. *J. Geophys. Res.*, 104 (C11): 25985-26009.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>.

IPCC, 2021: Resumen para responsables de políticas. En: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (editores)]. Cambridge University Press.

Jané, G.; 2015. Estudio morfológico de los márgenes continentales y cuencas oceánicas Nor-Ibéricas. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid e Instituto Geológico y Minero de España, 351 pág.

Jevrejeva, S., J. C. Moore, A. Grinsted, and P. L. Woodworth (2008), Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? *Geophysical Research Letters*, 35, L08715, DOI: <https://doi.org/10.1029/2008GL033611>.

Johnson, G. C., J. M. Lyman, C. Atkinson, T. Boyer, L. Cheng, J. Gilson, M. Ishii, R. Locarnini, A. Mishonov, S. G. Purkey, J. Reagan, and K. Sato, (2023). Ocean heat content [in “State of the Climate in 2022”]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 104 (9), S145-S148, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-23-0076.2>.

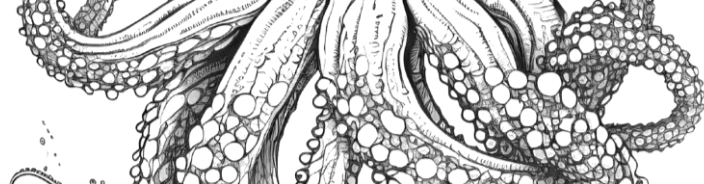
Jordà, G., D. Gomis. (2013). On the interpretation of the steric and mass components of sea level variability: The case of the Mediterranean basin. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, 953–963. DOI:[10.1002/jgrc.20060](https://doi.org/10.1002/jgrc.20060).

Katsanevakis, S., Wallentinus, I., Zenetos, A., Leppäkoski, E., Çinar, M.E., Oztürk, B., Grabowski, M., Golani, D., Cardoso, A.C. (2014) Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: A pan-European review. *Aquatic Invasions*, 9(4): 391–423.

Kersting DK (2016) Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 166 pág. Lam, F.P.A.; Gerkema; T.; Maas, L.R.M.; 2003. Preliminary results from observations of internal tides and solitary waves in the Bay of Biscay.



- Key, R.M., A. Kozyr, C.L. Sabine, K. Lee, R. Wanninkhof, J. Bullister, R.A. Feely, F. Millero, C. Mordy, T.-H. Peng. 2004. A global ocean carbon climatology: Results from GLODAP. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 18, GB4031.
- Koutsikopoulos, C.; Dorel, D.; Désaunay, Y.; 1995. Movement of sole (*Solea solea*) in the Bay of Biscay: coastal environment and spawning migration. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 75: 109-126.
- Lange, N., Fiedler, B., Álvarez, M., et al. (2024). Synthesis Product for Ocean Time Series (SPOTS) – a ship-based biogeochemical pilot, *Earth Syst. Sci. Data*, 16, 1901–1931, <https://doi.org/10.5194/essd-16-1901-2024>.
- Lavín, A.; Díaz del Río, G.; Cabanas, J. M.; Casas, G.; 1991. Afloramiento en el noroeste de la península Ibérica. Índices de afloramiento para el punto 43° N 11° W. Periodo 1966-1989. Informe Técnico del Instituto. Español. *Oceanografía*, 91: 40 págs.
- Lavín, A.; Díaz del Río, G.; Cabanas, J. M.; Casas, G.; 2000. Afloramiento en el noroeste de la península Ibérica. Índices de afloramiento para el punto 43° N 11° W. Periodo 1990-1999. Datos y resúmenes del Instituto Español de Oceanografía. 15: 25 págs.
- Lavín, A.; García, M.J.; 1992. Mean Sea level along the North Atlantic Spanish coast 1980-1989. *ICES Marine Sci. Symp.*, 195: 187-192.
- Lavín, A.; González-Pola, C.; Cabanas, J.M.; 2001. Upper water hydrographic conditions in the SEAMAR 0400 and SEAMAR 0500 cruises. En 2nd year Report of the E.U. SEAMAR Project.
- Lavín, A.; Valdés, L.; Gil, J.; Moral, M.; 1998. Seasonal and interannual variability in properties of surface water off Santander (Bay of Biscay) (1991-1995). *Oceanologica Acta* 21 (2): 179-190.
- Lavín, A.; Valdés, L.; Moreno-Ventas, X.; Ortiz de Zárate, V.; Porteiro, C.; 1997. Common signals between physical, atmospheric variables, North Iberian sardine recruitment and North Atlantic albacore recruitment. *ICES/GLOBEC Workshop on Prediction and decadal-scale fluctuations on*
- Lavín, A.; Valdés, L.; Moreno-Ventas, X.; Ortiz de Zárate, V.; Porteiro, C.; 1997. Common signals between physical, atmospheric variables, North Iberian sardine recruitment and North Atlantic albacore recruitment. *ICES/GLOBEC Workshop on Prediction and decadal-scale fluctuations on*
- Le Cann, B., Assenbaum, M., Gascard, J.-C., & Reverdin, G. (2005). Observed mean and mesoscale upper ocean circulation in the midlatitude northeast Atlantic. *Journal of Geophysical Research*, 110(C7). <https://doi.org/10.1029/2004jc002768>
- Le Cann, B.; Serpette, A.; Morel, Y.; Carton, X.; 1999. Real-time tracking of a Galician Meddy. *Geophysical Research Letters*, 26 (13): 1877-1880.
- Le Pape, O.; Chauvet, F.; Mahevas, S.; Lazure, P.; Guérault, D.; Desauay, Y.; 2003. Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. *Journal of Sea Research*, 50 (2-3): 139-149.
- León, R.; Martínez-Carreño, N.; García-Gil, S.; Rengel, J.A.; Giménez-Moreno, C.J.; Reguera, I.; 2021. Oceanographic control of the submarine landslides of the northern Galicia Area (Bay of Biscay, NE Atlantic). *Marine Geophysical Research* 42:12.
- Llave, E.; Hernández-Molina, F.J.; Ercilla, G.; Roque, C.; Van Rooij, D.; García, M.; Juan, C.; Mena, A.; Brackenridge, R.E.; Jané, G.; Stow, D.A.V.; Gómez-Ballesteros, M.; 2015. Bottom current processes along the Iberian continental margin. *Boletín Geológico y Minero*, 126(2-3): 219-256.
- Llave, E.; Jané, G.; Maestro, A.; López-Martínez, J.; Hernández-Molina, F.J.; Mink, S.; 2018. Geomorphological and sedimentary processes of the glacially influenced northwestern Iberian continental margin and abyssal plains. *Geomorphology* 312: 60-85.



Llope M, Anadón R, Sostres JA, Viesca L (2007) Nutrients dynamics in the southern Bay of Biscay (1993-2003): Winter supply, stoichiometry, long-term trends, and their effects on the phytoplankton community. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 112: C07029.

Llope, M.; Anadón, R.; Álvarez-Ossorio, M.; Valdés, L.; Varela, M.; 2003. Zooplankton biomass timing with temperature in South Bay of Biscay. 3rd International Zooplankton Production Symposium, Gijón (Mayo 2003).

Lobo, F. J.; Durán, R.; Roque, C.; Ribó, M.; Carrara, G.; Mendes, I.; Ferrín, A.; Fernández-Salas, L. M.; García-Gil, S.; Galparsoro, I.; Rosa, F. and Bárcenas, P.; 2015. Shelves around the Iberian Peninsula (II): Evolutionary sedimentary patterns. *Boletín Geológico y Minero* 126(2-3): 377-408.

López-López L. (2017) Structure and Functioning of the Marine Food Web on the North Atlantic Continental Shelf of the Iberian Peninsula. Implications of the Benthic-Pelagic Coupling. PhD Thesis, University of Oviedo.

López-López, L., Bartolino, V., Preciado, I. (2015) Role of prey abundance and geographical variables in a demersal top predator's feeding habits (*Merluccius merluccius*). *Marine Ecology Progress Series*, 541: 165–177.

López-López, L., Preciado, I., Velasco, F., Olaso, I., Gutiérrez-Zabala, J.R. (2011) Resource partitioning among five coexisting species of gurnards (*Scorpaeniforme: Triglidae*): role of trophic and habitat segregation. *Journal of Sea Research*, 66: 58–68.

Lopez-Lopez, L., Preciado, I., Villamor B., Velasco, F., Nogueira E., Iglesias M., Gutierrez-Zabala, J.R., Olaso, I. (2012) Is juvenile anchovy a feeding resource for the demersal community in the Bay of Biscay? On the availability of pelagic prey to demersal predators. *ICES Journal of Marine Science*, 69(8): 1394–1402.

Lorance, P.; Latrouite, D.; Seret, B.; 2000. Submersible observations of elasmobranch species in the Bay of Biscay. En: Séret B, Sire JY (eds) 3rd European Elasmobranch Association Meeting, Bologne sur Mer. Société France Ichthyologie et IRD, Paris: 29-45.

Louzao, M., García-Barón, I., Rubio, A., Martínez, U. and others (2019) Understanding the 3D environment of pelagic predators from multidisciplinary oceanographic surveys to advance ecosystem-based monitoring. *Mar Ecol Prog Ser* 617-618:199-219.

Maestro, A.; Jané, G.; Fernández-Saéz, F.; Llave, E.; Bohoyo, F; Navas, J.; Mink, S.; Gómez-Ballesteros, M.; Martín-Dávila, J.; Catalán, M.; 2018. Echo-character of the NW Iberian continental margin and the adjacent abyssal plains, *Journal of Maps* 14(2): 56-67, DOI: 10.1080/17445647.2018.1424653.

Maestro, A.; López-Martínez,J.; Llave,E.; Bohoyo,F.; Acosta,J.; Hernández-Molina,F.J.; Muñoz, A.; Jané,G.; 2013. Geomorphology of the Iberian Continental Margin. *Geomorphology* 196: 13–35. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.08.022.

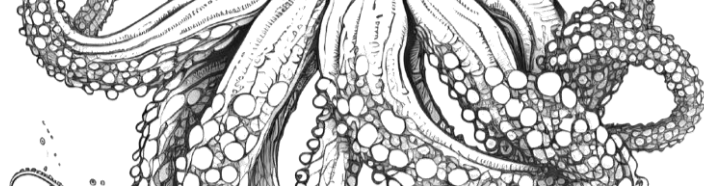
Martel, C., Guarini, J.M., Blanchard, G., Sauriau, P.G., Trichet, C., Robert, S., Garcia-Meunier, P. (2004) Invasion by the marine gastropod *Ocenebrellus inornatus* in France. III. Comparison of biological traits with the resident species *Ocenebra erinacea*. *Marine Biology*, 146: 93–102.

Martínez-Carreño, N.; García-Gil, S.; 2013. The Holocene gas system of the Ría de Vigo (NW Spain): Factors controlling the location of gas accumulations, seeps and pockmarks. *Marine Geology* 344: 82-100.

Martínez-Carreño, N.; García-Gil, S.; Cartelle, V.; 2017. An unusual Holocene fan-shaped subaqueous prograding body at the back of the Cíes Islands ridge (Ría de Vigo, NW Spain): Geomorphology, facies and stratigraphic architecture. *Marine Geology* 385: 13-26.

Martínez-Carreño, N.; García-Gil, S.; 2017. Reinterpretation of the Quaternary sedimentary infill of the Ría de Vigo, NW Iberian Peninsula, as a compound incised valley. *Quaternary Science Reviews* 173: 124-144.

Massé, J.; 1996. Acoustic observations in the Bay of Biscay: Schooling, vertical distribution, species assemblages and behaviour. *Scientia Marina*, 60 (2): 227-234.



McClain, C. R., Chao, S. Y., Atkinson, L. P., Blanton, J. O., & Decastillejo, F. (1986). Wind-driven upwelling in the vicinity of Cape Finisterre, Spain. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 91(C7), 8470-8486. doi:10.1029/JC091iC07p08470.

McGovern, E., Schilder, J., Artioli, Y., Birchenough, S., Dupont, S., Findlay, H., Skjelvan, I., Skogen, M.D., Álvarez, M., Büsher, J.V., Chierici, M., Aagaard Christensen, J.P., Diaz, P.L., Grage, A., Gregor, L., Humphreys, M., Järnegren, J., Knockaert, M., Krakau, M., Nogueira, M., Ólafsdóttir, S.R., von Schuckmann, K., Carreiro-Silva, M., Stiasny, M., Walsham, P., Widdicombe, S., Gehlen, M., Chau, T.T.T., Chevallier, F., Savoye, N., Clark, J., Galli, G., Hordoir, R. and Moffat, C. 2022. Ocean Acidification. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the North-East Atlantic. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/other-assessments/ocean-acidification>

Medina, R.; 2008. El Golfo de Vizcaya. En: Mares de España: The Seas of Spain. Secretaría General del Mar. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. España. ISBN: 978-84-8320-423-8.

Mémery, L. et al. (2005) "Introduction to the POMME special section: Thermocline ventilation and biogeochemical tracer distribution in the northeast Atlantic Ocean and impact of mesoscale dynamics," *Journal of geophysical research*, 110(C7). doi: 10.1029/2005jc002976.

Modica, L., Velasco, F., Preciado, I., Soto, M., and Greenstreet, S. (2014) Development of the large fish indicator and associated target for a Northeast Atlantic fish community. *ICES, Journal of Marine Science* 71, 2403-2415.

Molina, R.; 1972. Contribución al estudio del upwelling frente a la costa noroccidental de la Península Ibérica. *Boletín del Instituto Español De Oceanografía*, 152, 39 págs.

Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C., Spalding, M.D. (2008) Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(9): 485–492.

Montadert, L.; Winnock, E.; Delteil, J.R.; Grau, G.; 1974. Continental margin of Galicia, Portugal and Bay of Biscay. En: Buek, C.A.; Drake, C.L. (Eds.), *The geology of continental margins* Springer-Verlag: 323-342.

Morán X.A.G., Alonso-Pérez L., Nogueira E., Ducklow H.W., González N., López-Urrutia A., Díaz-Pérez L., Calvo-Díaz A., Arandia-Gorostidi N., Huete-Stauffer T.M. 2015. More, smaller bacteria in response to ocean's warming. *Proceedings of the Royal Society B*, 282: 20150371. doi:10.1098/rspb.2015.0371.

Moreno-Ventas, X.; Lavín, A.; Valdés, L.; 1997. Hydrodynamic Singularities Observed by Satellite Imagery in the Continental Margin of the Bay of Biscay. 2nd International Symposium on the Ibero-Atlantic Continental Margin, Cádiz, 1997.

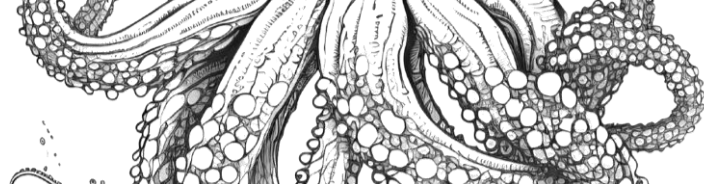
Motos, L.; Uriarte, A.; Valencia, V.; 1996. The spawning environment of the Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.). *Scientia Marina*, 60 (2): 140-177.

Nogueira E., Bravo I., Montero P., Díaz-Tapia P., et al. 2022. HABs in coastal upwelling systems: Insights from an exceptional red tide of the toxigenic dinoflagellate *Alexandrium minutum*. *Ecological Indicators*, 137: 108790. doi:10.1016/j.ecolind.2022.108790.

Nogueira E., Casas G., Rayón-Viña F., Velasco-Senovilla E., Miranda A. 2024. Zooplankton dynamics at the northern boundary of the Canary Current Upwelling System (NW Iberian Peninsula). Prospects from updated time-series in the 'Ría de Vigo' and adjacent shelf. In: "Zooplankton importance in a Changing World", Taylor & Francis Inc., CRC Press ISBN: 9780815365457.

Nogueira E., Figueiras F.G. 2005. The microplankton succession in the Ría de Vigo revisited: Species assemblages and the role of weather-induced, hydrodynamic variability. *Journal of Marine Systems*, 54: 139-155. doi:10.1016/j.jmarsys.2004.07.009.

Nunes, A.L., Katsanevakis, S., Zenetos, A., Cardoso, A.C. (2014) Gateways to alien invasions in the European seas. *Aquatic Invasions*, 9(2): 133–144.



Occhipinti-Ambrogi, A. (2007) Global change and marine communities: alien species and climate change. *Marine Pollution Bulletin*, 55(7–9): 342–352.

Olaso, I. 1990. Distribución y abundancia del megabentos invertebrado en fondos de la plataforma cantábrica. *Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía* n°5 pp 128

Olsen, A., Lange, N., Key, R. M., Tanhua, T., Bittig, H. C., Kozyr, A., Álvarez, M., et al. (2020). GLODAPv2.2020 – the second update of GLODAPv2. doi:10.5194/essd-12-3653-2020.

OSPAR comisión. 2013. Background document on Sabellaria spinulosa reefs. Biodiversity series. ISBN 978-1-909159-47-1.

OSPAR, 2018. Background Document for Dog Whelk (*Nucella Lapidus*). Update.

OSPAR, 2021. Recommendation 2021/05 on furthering the protection and conservation of kelp forest habitat in Region II, III1 and IV of the OSPAR maritime area.

OSPAR, 2023. Climate Change Thematic Assessment. In: OSPAR, 2023: Quality Status Report 2023. OSPAR Commission, London. Available at:

Otero P, Ruiz Villarreal M, Peliz A, Cabanas JM (2010) Climatology and reconstruction of runoff time series in northwest Iberia: influence in the shelf buoyancy budget off Ría de Vigo. *Scientia Marina* 74 (2):247-266. DOI:10.3989/scimar.2010.74n2247

Otero, P., Cabrero, A., Alonso-Pérez, F., Gago, J., Nogueira, E.; 2023. Temperature and salinity trends in the northern limit of the Canary Current Upwelling System. *Science of The Total Environment*, 901: 165791. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165791>.

Padin, X. A., Velo, A., and Pérez, F. F.: ARIOS: a database for ocean acidification assessment in the Iberian upwelling system (1976–2018), *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 2647–2663, <https://doi.org/10.5194/essd-12-2647-2020>, 2020.

Paillet, J., & Mercier, H. (1997). An inverse model of the eastern North Atlantic general circulation and thermocline ventilation. *Deep-Sea Research. Part I, Oceanographic Research Papers*, 44(8), 1293–1328. [https://doi.org/10.1016/s0967-0637\(97\)00019-8](https://doi.org/10.1016/s0967-0637(97)00019-8)

Paillet, J., Le Cann, B., Serpette, A., Morel, Y., & Carton, X. (1999). Real-time tracking of a Galician Meddy. *Geophysical Research Letters*, 26(13), 1877–1880. <https://doi.org/10.1029/1999gl900378>

Palomino, D.; Fernández-Salas, L.M.; Ercilla, G.; Vázquez, J.T.; 2023. Topónimos de los principales elementos fisiográficos y geomorfológicos de las demarcaciones marinas españolas, Dataset; DIGITAL.CSIC; DOI:10.20350/digitalCSIC/15497.

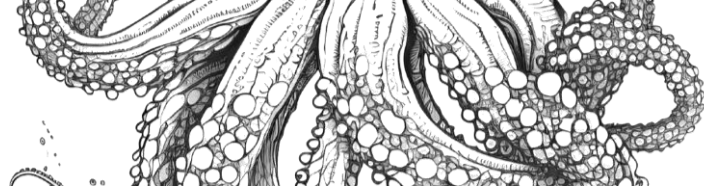
Pardo PC, Padín XA, Gilcoto M, Farina-Busto L, Pérez FF (2011) Evolution of upwelling systems coupled to the long-term variability in sea surface temperature and Ekman transport. *Clim Res* 48:231– 246.

Peltier, W. R. (1998). Postglacial variations in the level of the sea: Implications for climate dynamics and solid-Earth geophysics. *Reviews of Geophysics*, 36(4), 603–689. DOI: doi:10.1029/98RG02638.

Pérez FF, Padín XA, Pazos Y, Gilcoto M, Cabanas M, Pardo PC, Doval MD, Farina-Bustos L (2010) Plankton response to weakening of the Iberian coastal upwelling. *Glob Chang Biol* 16:1258–1267.

Pingree, R. D. (1993). Flow of surface waters to the west of the British Isles and in the Bay of Biscay. *Deep-Sea Research. Part II, Topical Studies in Oceanography*, 40(1–2), 369–388. [https://doi.org/10.1016/0967-0645\(93\)90022-f](https://doi.org/10.1016/0967-0645(93)90022-f)

Pingree, R.D.; 1973. A component of Labrador Sea Water in the Bay of Biscay. *Limnology and. Oceanography*, 18 (5): 711-718.



- Pingree, R.D.; 1997. The eastern Subtropical Gyre (North Atlantic): Flow Rings Recirculations Structure and Subduction. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 78: 351-376.
- Pingree, R.D.; Le Cann, B.; 1989. Celtic and Armorican slope and shelf residual currents. *Progress in Oceanography*, 23: 303-338.
- Pingree, R.D.; Le Cann, B.; 1990. Structure, strength, and seasonality of the slope current in the Bay of Biscay region. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 70: 857-885.
- Pingree, R.D.; Le Cann, B.; 1992. Anticyclonic eddy X91 in the southern Bay of Biscay, May 1991 to February 1992. *Journal of Geophysical Research*, 97 (C9): 14353-14367.
- Pollard, R.T.; Griffiths, M.J.; Cunningham, S.A.; Reid, J.F.; Perez, F.F.; Rios, A.; 1996. Vivaldi-1991, A study of the formation, circulation and ventilation of eastern North Atlantic Central Water. *Progress in Oceanography*. Francia, 37: 167-192.
- Pons, J.M. (2009). La medición del nivel medio del mar: principios y métodos. *Mapping*, 135, 6-10. ISSN: 1131-9100.
- Poulard, J.Ch.; 2001. Distribution of hake (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758) in the Bay of Biscay and the Celtic Sea from the analysis of French commercial data. *Fisheries Research*, 50: 173-187.
- Poulard, J.Ch.; Blanchard, F.; Boucher, J.; Souissi, S.; 2003. Variability in the demersal fish assemblages of the Bay of Biscay during the 1990s. *ICES Marine Science Symposia*, 219: 411-414.
- Preciado, I. Arroyo, N.L., González-Irusta, J.M., López-López, L., Punzón, A., Muñoz, I., Serrano, A. (2019) Small-scale spatial variations of trawling impact on food web structure. *Ecological indicators* 98: 442-452
- Preciado, I., Cartes, J.E., Punzón, A., Frutos, I., López-López, L., Serrano, A. (2017) Food web functioning of the benthopelagic community in a deep-sea seamount based on diet and stable isotope analyses. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 137: 56-68.
- Preciado, I., Punzón, A., & Velasco, F. (2015). Spatio-temporal variability in the cannibalistic behaviour of European hake *Merluccius merluccius*: the influence of recruit abundance and prey availability. *Journal of fish biology*, 86(4), 1319-1334
- Preciado, I., Velasco, F., Olaso, I., (2008) The role of pelagic fish as forage for the demersal fish community in the southern Bay of Biscay. *J. Mar. Syst.* 72 (1-4), 407-417.
- Prieto, E., González-Pola, C., Lavín, A., Sánchez, R. F. and Ruiz-Villarreal, M. (2013), Seasonality of intermediate waters hydrography west of the Iberian Peninsula from an 8 yr semiannual time series of an oceanographic section, *Ocean Sci.*, 9(2), 411-429, doi:[10.5194/os-9-411-2013](https://doi.org/10.5194/os-9-411-2013).
- Prieto, E., González-Pola, C., Lavín, A., Holliday, N.P. Interannual variability of the northwestern Iberia deep ocean: Response to large-scale North Atlantic forcing. *J. Geophys. Res. Oceans*, 120 (2) (2015), pp. 832-847, [10.1002/2014JC010436](https://doi.org/10.1002/2014JC010436)
- Prouzet, P.; Metuzals, K.; Caboche, C.; 1994. L'anchois du golfe de Gascogne. Caractéristiques biologiques et campagne de pêche française en 1992. *Rapport CNPM-IMA-IFREMER*.
- Pulgar, J.A.; Alonso, J.L.; Espina, R.G.; Marín, J.A.; 1999. La deformación alpina en el basamento varisco de la Zona Cantábrica. *Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo* 21: 283-294.
- Quéro, J.C.; 1984. Cetorhinidae. En *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Volume I. Ed. P.J.P. Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen y E. Tortonese, 1984. Unesco: 89-90.
- Quéro, J.C.; Du Buit, M.H.; Vayne, J.J.; 1998. Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l'Atlantique européen. *Oceanologica Acta*, 21 (2): 345-351.



Quincoces, I.; Santurtún, M.; Lucio, P.; 1998. Biological aspects of white anglerfish (*Lophius piscatorius*) in the Bay of Biscay (ICES Divisions VIIIa, b and d) in 1996-1997. ICES CM 1998/O:48, 29 págs.

Reagan, James R.; Boyer, Tim P.; García, Hernán E.; Locarnini, Ricardo A.; Baranova, Olga K.; Bouchard, Courtney; Cross, Scott L.; Mishonov, Alexey V.; Paver, Christopher R.; Seidov, Dan; Wang, Zhankun; Dukhovskoy, Dmitry. (2024). World Ocean Atlas 2023. NOAA National Centers for Environmental Information. Dataset: NCEI Accession 0270533.

Reguera B., Riobó P., Rodríguez F., Díaz P.A., Pizarro G., Paz B., Franco J.M., Blanco J. 2014. Dinophysis toxins: Causative organisms, distribution and fate in shellfish. *Marine Drugs*, 12: 394-461. doi:10.3390/md12010394.

Reid, D.G.; 2001. SEFOS: Shelf Edge Fisheries and Oceanography Studies: an overview. *Fisheries Research*, 50: 1-15.

Reid, J.L., On the total geostrophic circulation of the North Atlantic Ocean: Flow patterns, tracers and transports, *Prog. Oceanogr.*, 33, 1-92, 1994.

Ries, A.C.; 1978. The opening of the Bay of Biscay - a review, *Earth-Science Reviews* 14(1): 35-63, DOI:10.1016/0012-8252(78)90041-7.

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

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

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

Rodríguez J.M. 2019. Assemblage structure of ichthyoplankton in the NE Atlantic in spring under contrasting hydrographic conditions. *Scientific Reports*, 9, 8636. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44918-5>

Rodríguez-Cabello, C., Díez, G., Pérez, M., Bañón, R. (2015) Range extension: records of *Anarhichas denticulatus* (Perciformes: Anarhichadidae) caught in the southern Bay of Biscay (NE Atlantic). *Cybium*, 39(4): 309–312.

Rodríguez-Cabello, C.; Sánchez, F.; Velasco, F.; 2005. Growth of lesser spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* (L., 1758) in the Cantabrian Sea based on tag return data. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 35: 131-140.

Rodríguez-Marín, E. 2002. Los crustáceos decápodos como recurso alimenticio de los peces demersales del Mar Cantábrico. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 174 págs.

Rodríguez-Marín, E.; Olaso, I.; 1993. Food composition of the two species of megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis* and *Lepidorhombus boscii*) in the Cantabrian Sea. *Actes du III Colloque international "Océanographie du Golfe de Gascogne"*. 215-219 págs.

Rooney, N. & McCann, K.S., (2012) Integrating food web diversity, structure and stability. *Trends in Ecology & Evolution* 27 (1): 40-46

Saavedra, C., García-Polo, M., Giménez, J., Mons, J. L., Castillo, J. J., Fernández-Maldonado, C., de Stephanis, R., Pierce, G. J., & Santos, M. B. (2022). Diet of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) in southern Spanish waters. *Marine Mammal Science*, 38(4), 1566–1582

Sánchez, F. & Olaso, I., (2004) Effects of fisheries on the Cantabrian Sea shelf ecosystem. *Ecological Modelling* 172 (2), 151-174

Sánchez, F. 1990. Las comunidades de peces de la plataforma del Cantábrico. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.



Sánchez, F. 1993. Las comunidades de peces de la plataforma del Cantábrico. Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía, 13: 137 págs.

Sánchez, F.; Gil, J.; 2000. Hydrographic mesoscale structures and Poleward Current as a determinant of hake (*Merluccius merluccius*) recruitment in southern Bay of Biscay. ICES Journal of Marine Science, 57: 152-170.

Sánchez, F.; Gil, J.; Sánchez, R.; Mahé, J.C.; Moguedet, Ph.; 2001. Links between demersal species distribution pattern and hydrographic structures in the Bay of Biscay and Celtic Sea. En Océanographie du golfe de Gascogne. VII^e Colloq. Int., Biarritz, 4-6 avril 2000. Ed. IFREMER, Actes Colloq., 31: 173-180.

Sánchez, F.; González-Pola, C.; Druet, M.; García-Alegre, A.; Acosta, J.; Cristobo, J.; Parra, S.; Ríos, P.; Altuna, A.; Gómez-Ballesteros, M.; Muñoz-Recio, A.; Rivera, J.; Díaz del Río, G.; 2014. Hábitat characterization of deep-water coral reefs in La Gaviera Canyon (Avilés Canyon System, Cantabrian Sea). Deep-Sea Research II 106: 118-140.

Sánchez, F.; Pérez, N.; Landa, J.; 1998. Distribution and abundance of megrim (*L. boschii* and *L. whiffiagonis*) on the northern Spanish shelf. ICES Journal of Marine Science, 55: 494-514.

Sánchez, F.; Serrano, A.; 2003. Variability of groundfish communities of the Cantabrian Sea during the 1990s. ICES Marine Science Symposia, 219: 249-260.

Sánchez, Francisco; Gómez-Ballesteros, María; González-Pola, Cesar; Punzón, Antonio. Sistema de cañones submarinos de Avilés. Proyecto LIFE +INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014.

Sanchez, María Luis; Ruiz, Blanca; Alonso, Jorge; Moreno, Helena; González-Pola, César. Estrategias Marinas. demarcación Marina noratlántica. Parte I. Marco General: Características de la demarcación marina. 2019.

Sánchez, R.; Sánchez, F.; Gil, J.; 2003. The optimal environmental window that controls hake (*Merluccius merluccius*) recruitment in the Cantabrian Sea. ICES Journal of Marine Science. Núm. 219: 415-417.

Sánchez-Guillamón, O.; Vázquez, J.T.; Martínez-Carreño, N.; Fernández-Salas, L.M.; López-González, N.; Gómez-Ballesteros, M.; 2019. Informe sobre la distribución especial de características geomorfológicas y sedimentarias del LIC ESZZ12001 Banco de Galicia. Informe del Proyecto LIFE IP INTEMARES, 56 págs.

Sánchez-Leal RF, Bellanco MJ, Fernández-Salas LM, García-Lafuente J, Gasser-Rubinat M, González-Pola C, Hernández-Molina FJ, Pelegrí JL, Peliz A, Relvas P, Roque D, Ruiz-Villarreal M, Sammartino S, Sánchez-Garrido JC. The Mediterranean Overflow in the Gulf of Cadiz: A rugged journey. Sci Adv. 2017 Nov 15;3(11):eaao0609. doi: 10.1126/sciadv.aao0609.

Serrano, A.; Sánchez, F.; Punzón, A.; Velasco, F.; Olaso, I.; 2011. Deep sea megafaunal assemblages off the northern Iberian slope related to environmental factors. Scientia Marina, 75 (3), 425-437

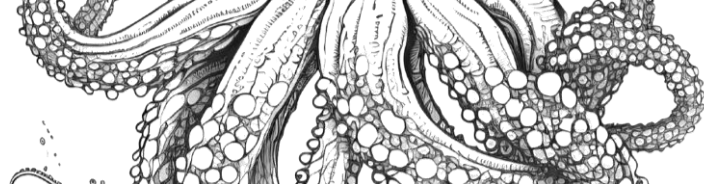
SESITS, 2000. Evaluation of demersal resources of Southwestern Europe from standardised groundfish surveys. Final Report to the Commission of European Communities, 195 págs.

Sibuet, J.C.; Srivastava, S.P.; Spakman, W.; 2004. Pyrenean orogeny and plate kinematics. Journal of Geophysical Researches 109: B08104.

Somavilla R., González-Pola C., Schauer U., Budéus G. 2016. Mid-2000s North Atlantic shift: Heat budget and circulation changes. Geophysical research letters, 43:5: 2059–2068.

Somavilla, R., González-Pola, C., Lavín, A., and Rodríguez, C.; 2013: Temperature and salinity variability in the south-eastern corner of the Bay of Biscay (NE Atlantic), J. Marine Syst., 109, 30 S105–S120, 2013. 2466.

Somavilla, R., González-Pola, C., Rodríguez, C., Josey, S. A., Sánchez, R. F. and Lavín, A.; 2009, Large changes in the hydrographic structure of the Bay of Biscay after the extreme mixing of winter 2005, J. Geophys. Res., 114, C01001, doi:[10.1029/2008JC004974](https://doi.org/10.1029/2008JC004974).



Souissi, S.; Ibanez, F.; Ben Hamadou, J.; Boucher, A.C.; Cathelineau, Blanchard, F.; Poulard, J.C.; 2001. A new multivariate mapping method for studying species assemblages and their habitats: example using bottom trawl surveys in the Bay of Biscay (France). *Sarsia*, 86: 527-542.

Sousa, P.; Azevedo, M.; Gomes, M. C.; 2005. Demersal assemblages off Portugal: Mapping, seasonal, and temporal patterns. *Fisheries Research*, 75: 120-137.

Stebbing, A. R. D.; Turk, S. M. T.; Wheeler, A.; Clarke, K. R.; 2002. Immigration of southern fish species to south-west England linked to warming of the North Atlantic (1960-2000). *Journal of the Marine Biological Association Of the United Kingdom*, 82: 177-180.

Steinberg D.K., Landry M.R. 2017. Zooplankton and the ocean carbon cycle. *Annual Review of Marine Science*, 9:413-44. doi: 10.1146/annurev-marine-010814-015924.

Sydeman, WJ. & Bograd, S.J. (2009) Marine ecosystems, climate and phenology: introduction. *Marine Ecology Progress Series* 393:185-188

Takahashi, T., Sutherland, S.C., Sweeney, C., Poisson, A., Metzl, N., Tilbrook, B., Bates, N., Wanninkhof, R., Feely, R.A., Sabine, C. and Olafsson, J. (2002). Global sea-air CO₂ flux based on climatological surface ocean pCO₂, and seasonal biological and temperature effects. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49(9-10), pp.1601-1622.

Talley, Lynne D. Descriptive physical oceanography: an introduction. Academic press, 2011.

Tanhua, T., Lauvset, S.K., Lange, N., Olsen, A., Álvarez, M., et al. A vision for FAIR ocean data products. *Commun Earth Environ* 2, 136 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00209-4>

Tel, E., Balbin, R., Cabanas, J.-M., Garcia, M.-J., Garcia-Martinez, M. C., Gonzalez-Pola, C., Lavin, A., Lopez-Jurado, J.-L., Rodriguez, C., Ruiz-Villarreal, M., Sánchez-Leal, R. F., Vargas-Yáñez, M., and Vélez-Belchí, P.: IEOOS: the Spanish Institute of Oceanography Observing System, *Ocean Sci.*, 12, 345–353, <https://doi.org/10.5194/os-12-345-2016>, 2016.

Tomczak, M., & Godfrey, J. S. (2001). *Regional Oceanography: An Introduction*. Pergamon.

Torriente, Ana; Serrano, Alberto; Druet, María; GómezBallesteros, María; Acosta, Juan; Parra, Santiago; et al, Banco de Galicia. Áreas de estudio del proyecto LIFE+ INDEMARES. Proyecto LIFE+ INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014.

UE (2019)REGLAMENTO (UE) 2019/1241 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de junio de 2019 sobre la conservación de los recursos pesqueros y la protección de los ecosistemas marinos con medidas técnicas, y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.o 2019/2006 y (CE) n.o 1224/2009 del Consejo y los Reglamentos (UE) n.o 1380/2013, (UE) 2016/1139, (UE) 2018/973, (UE) 2019/472 y (UE) 2019/1022 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan los Reglamentos (CE) n.o 894/97, (CE) n.o 850/98, (CE) n.o 2549/2000, (CE) n.o 254/2002, (CE) n.o 812/2004 y (CE) n.o 2187/2005 del Consejo <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R1241>

UE (2024) REGLAMENTO 2024/257 DEL CONSEJO de 10 de enero de 2024 por el que se fijan para 2024, 2025 y 2026 las posibilidades de pesca para determinadas poblaciones de peces aplicables en aguas de la Unión y, en el caso de los buques pesqueros de la Unión, en determinadas aguas no pertenecientes a la Unión, y se modifica el Reglamento (UE) 2023/194 <https://www.boe.es/doue/2024/257/L00001-00246.pdf>

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

Uriarte, A.; Alvarez, P.; Iversen, S.; Molloy, J.; Villamor, B.; Martins, M.M.; Myklevoll, S.; 2001. Spatial pattern of migration and recruitment of north-east Atlantic mackerel. *ICES CM* 2001/O:17.



Valdés L, López-Urrutia A, Cabal J, Álvarez-Ossorio M, Bode A, Miranda A et al. (2007) A decade of sampling in the Bay of Biscay: What are the zooplankton time series telling us? *Progress in Oceanography* 74:98-114.

Valdés L., Bode A., Latasa M., Nogueira E., Somavilla R., Varela M.M., González-Pola C., Casas G. 2021. Three decades of continuous ocean observations in North Atlantic Spanish waters: The RADIALES time series project, context, achievements and challenges. *Progress in Oceanography*, 198:102671. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102671>.

Valdés L., López-Urrutia A., Cabal J., Álvarez-Ossorio M., Bode A., Miranda A., Cabanas M., Huskin I., Anadón R., Álvarez-Marqués F., Llope M., Rodríguez N. 2007. A decade of sampling in the Bay of Biscay: What are the zooplankton time-series telling us? *Progress in Oceanography*, 74: 98-114. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.04.016>.

Valdés, L.; Álvarez-Ossorio, M.T.; Lavín, A.; Varela, M.; Carballo, R.; 1991. Ciclo anual de parámetros hidrográficos, nutrientes y plancton en la plataforma continental de La Coruña (NO, España). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 7 (1): 91-138.

Valdés, L.; Lavín A.; 2002. Dynamics and human impact in the Bay of Biscay: An ecological perspective. En: *Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability*. K. Sherman y H.R. Skjoldal (Ed.). Elsevier Science B.V. Amsterdam, 2002. Págs. 293-320.

Valencia, V.; Franco, J.; Borja, A.; Fontán, A.; 2004. Hydrography of the southeastern Bay of Biscay. En *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. A. Borja y M. Collins (Eds.), *Elsevier Oceanography Series*, Elsevier. Amsterdam, 2004: 159-194.

Valencia, Victor & Fontán, Almudena & Goikoetxea, Nerea & Chifflet, Marina & Manuel, González & Conde, Ander. (2019). Long-term evolution of the stratification, winter mixing and θ -S signature of upper water masses in the southeastern Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*. 181. [10.1016/j.csr.2019.05.010](https://doi.org/10.1016/j.csr.2019.05.010).

van Aken, H. M. (2002). Surface currents in the Bay of Biscay as observed with drifters between 1995 and 1999. *Deep-Sea Research. Part I, Oceanographic Research Papers*, 49(6), 1071–1086. [https://doi.org/10.1016/s0967-0637\(02\)00017-1](https://doi.org/10.1016/s0967-0637(02)00017-1)

van Aken, H.M.; 2000a. The hydrography of the mid-latitude northeast Atlantic Ocean: I. The deep water masses. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 47 (5): 757-788.

van Aken, H.M.; 2000b. The hydrography of the mid-latitude northeast Atlantic Ocean: II. The intermediate water masses. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 47 (5): 789-824.

Vargas-Yáñez, M., Tel, E., Marcos, M., Moya, F., Ballesteros, E., Alonso, C., & García-Martínez, M. C. (2023). Factors contributing to the long-term sea level trends in the Iberian Peninsula and the Balearic and Canary Islands. *Geosciences*, 13(6), 160. <https://doi.org/10.3390/geosciences13060160>

Vargas-Yáñez, M., Tel, E., Moya, F., Ballesteros, E., García-Martínez, M.C. (2021). Long-Term Changes, Inter-Annual, and Monthly Variability of Sea Level at the Coasts of the Spanish Mediterranean and the Gulf of Cádiz. *Geosciences*, 11 (8), 350. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences11080350>.

Vázquez, J.T.; Ercilla, G.; Medialdea, T.; Somoza, L. Bohoyo, F.; Casas, D.; Estrada, F.; Farrán, M.; García-Gil, S.; León, R.; 2009. El colapso BURATO ERGAP: Un rasgo morfo-tectónico de primera magnitud en el Banco de Galicia. 6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico: 205-208.



Vázquez, J.T.; Medialdea, T.; Ercilla, G.; Somoza, L.; Estrada, F.; Fernández Puga, M.C.; Gallart, J.; Gràcia, E.; Maestro, A.; Sayago, M.; 2008. Cenozoic deformational structures on the Galicia Bank Region (NW Iberian continental margin). *Marine Geology* 249: 128-149.

Vázquez-Rodríguez, M., Pérez, F. F., Velo, A., Ríos, A. F., and Mercier, H. (2012). Observed acidification trends in North Atlantic water masses, *Biogeosciences*, 9, 5217–5230, <https://doi.org/10.5194/bg-9-5217-2012>.

Velasco E., Ameiz M y Punzón A (2013) Especies de interés pesquero en Galicia, Asturias y Cantabria. Instituto Español de Oceanografía, 280 pp. ISBN:978-84-95877-27-7
https://diversimar.cesga.es/docus/Guia_Especies.pdf

Velasco, F. 2007. Alimentación de la merluza europea (*M. merluccius* L.) en el mar Cantábrico. PhD thesis, Universidad Complutense de Madrid, Spain

Velasco, F.; Olaso, I.; 1998. European hake *Merluccius merluccius* (L., 1758) feeding in the Cantabrian Sea: seasonal, bathymetric and length variations. *Fisheries Research*, 38(1): 33-44.

Villate F., Moral M., Valencia V. 1997. Mesozooplankton community indicates climate changes in a shelf area of the inner Bay of Biscay throughout 1988 to 1990. *Journal of Plankton Research*, 19: 1617-1636. <https://doi.org/10.1093/plankt/19.11.1617>.

Wooster, Warren S., Andrew Bakun, and Douglas R. McLain. 1976. "The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic." *Journal of Marine Research* 34, (2).

Wyatt, T.; Porteiro, C.; 2002. Iberian sardine fisheries: trends and crises. En *Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability*. K. Sherman y H.R. Skjoldal (Ed.). Elsevier Science, B.V., Amsterdam, 321-338.

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



VICIPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL NETO DEMOGRÁFICO



Plan de
Recuperación,
Transformación
y Resiliencia