



**ESTRATEGIA MARINA**  
**DEMARCACIÓN MARINA NORATLÁNTICA**  
**PARTE I. MARCO GENERAL**  
**EVALUACIÓN INICIAL Y BUEN ESTADO AMBIENTAL**



**Madrid, 2012**



# **ESTRATEGIAS MARINAS: EVALUACIÓN INICIAL, BUEN ESTADO AMBIENTAL Y OBJETIVOS AMBIENTALES**

## **AUTORES DEL DOCUMENTO**

Instituto Español de Oceanografía

- Alicia Lavín
- Luis Valdés
- Francisco Sánchez
- Pablo Abaunza
- Antonio Punzón
- Juan Bellas
- Santiago Parra
- Santiago Lens
- Victoria Besada
- Lucía Viñas
- Amelia González-Quijano
- M<sup>a</sup> Ángeles Franco
- José Fumega
- Alberto Serrano
- Demetrio de Armas

## **COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO)**

Demetrio de Armas

Juan Bellas

Asistencia Técnica TRAGSATEC S.A.:

- Aitor Freire
- Carmen Díaz

## **COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (DIVISIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR)**

José Luis Buceta Miller

Felipe Martínez Martínez

Ainhoa Pérez Puyol

Sagrario Arrieta Algarra

Jorge Alonso Rodríguez

Ana Ruiz Sierra

Javier Pantoja Trigueros

Mónica Moraleda Altares

Víctor Escobar Paredes



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

**Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:  
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**NIPO: 280-12-175-8**



## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS .....	4
2.1.	Topografía y Batimetría .....	4
2.1.1.	Principales Rasgos: ríos y cañones .....	7
2.2.	Meteorología .....	8
2.2.1.	Régimen atmosférico, campos de viento, temperaturas y pluviosidad .....	8
2.2.2.	Oleaje .....	9
2.3.	Hidrografía y Circulación .....	10
2.3.1.	Aguas superficiales: Propiedades termohalinas y estacionalidad .....	10
2.3.2.	Masas de Agua .....	13
2.3.3.	Circulación .....	15
2.3.3.1	Dinámica General .....	15
2.3.3.2	Procesos costeros y de mesoescala. ....	17
2.3.3.3	Afloramientos.....	17
2.3.3.4	Mareas.....	18
2.4.	Distribución de nutrientes y oxígeno .....	19
2.5.	Dióxido de carbono y Acidificación .....	21
2.6.	Sustancias químicas peligrosas .....	23
3.	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.....	30
3.1.	Hábitats .....	30
3.1.1.	Ecosistema pelágico .....	30
3.1.2.	Hábitats bentónicos .....	39
3.1.2.1.	Sustratos blandos .....	39
3.1.2.2.	Sustratos rocosos .....	50
3.1.2.3.	Hábitats de especial interés .....	54
3.1.3.	Hábitats protegidos .....	59
3.2.	Especies .....	61
3.2.1.	Fitoplancton y zooplancton.....	61
3.2.2.	Peces.....	63
3.2.2.1.	Peces pelágicos.....	63
3.2.2.2.	Peces bentónicos y demersales .....	67
3.2.3.	Mamíferos marinos .....	75
3.2.4.	Reptiles marinos.....	76
3.2.5.	Aves marinas .....	77
3.2.6.	Especies protegidas.....	78
3.2.7.	Especies alóctonas.....	78
3.3.	Principales stocks pesqueros.....	84
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87



# I. MARCO GENERAL: CARACTERÍSTICAS DE LA DEMARCACIÓN MARINA NORATLÁNTICA

## 1. INTRODUCCIÓN

La demarcación marina Noratlántica incluye la plataforma Cantábrica y Noroeste (Figura 1.1), quedando encuadrada dentro de la Región IV de OSPAR (OSPAR *Commission*, 2000), que abarca las aguas atlánticas ibéricas y el Golfo de Vizcaya, entre el 48° N y el 36° N y el límite oeste es el 11° O. El Golfo de Vizcaya es una porción del océano Atlántico que se introduce en la costa de Europa Occidental desde el noroeste de Francia (Punta de Pern, costa de la Bretaña) hasta el cabo Ortegal en el noroeste de España (comunidad autónoma de Galicia).



Figura.1.1. Plataforma del mar Cantábrico y Noroeste.

El Golfo de Vizcaya forma una curva bastante regular, interrumpida en la costa francesa por algunos estuarios de ríos (Loira y Gironde). Por tanto, el litoral del sureste francés es recto y arenoso, mientras que la costa española es escarpada y su parte más al noroeste presenta muchas hendiduras costeras en formas de 'V' denominadas "rías" (Evans y Prego, 2003).



Desde la época del Imperio Romano la zona del Golfo de Vizcaya ha sido identificada como una unidad, a la que llamaban *Sinus Aquitanicus*, *Sinus Cantabricus* o *Cantaber Oceanus*. Actualmente, en España se continúa llamando mar Cantábrico al mar litoral que baña las costas del norte de la Península Ibérica, aguas que forman parte de la zona sur del Golfo de Vizcaya.

La costa del norte de España ha sido habitada desde el período prehistórico hasta llegar a presentar en la actualidad una población considerable (Valdés y Lavín, 2002) con varios puertos pesqueros y comerciales de gran importancia tanto a nivel nacional como internacional (Bilbao, Santander, Gijón, Avilés, Ferrol, A Coruña o Vigo). Asimismo, cabe mencionar que durante los siglos XIX y XX surgieron diferentes paisajes urbanos en la costa del norte de España (agropecuarios, industriales, etc.), signo del progreso de ciertas ciudades como Avilés, Bilbao, A Coruña, Santander, etc. Por lo tanto, el Golfo de Vizcaya proporciona a las comunidades del norte una gran riqueza, tanto económica como medioambiental, puesto que conforma sistemas de una biodiversidad singular, la cual se pondrá de relevancia en los diferentes apartados que se desarrollarán en el presente capítulo.

A lo largo de la historia se han realizado múltiples estudios marinos de la zona, ya que cuenta con varios de los laboratorios especializados en el medio marino más antiguos del mundo (por ejemplo el *Laboratoire de Zoologie et Physiologie Maritime* de Concarneau y la *Station Marine* de la *Société Scientifique d'Arcachon* fundadas en Francia en 1857 y 1867 respectivamente, y la Estación de Biología Marina de Santander fundada en España en 1886 por el Dr. A. G. de Linares, y la Sociedad Oceanográfica de Guipúzcoa fundada en 1908 en San Sebastián). Sin embargo, a pesar de contar con dichos centros de investigación, la oceanografía se ha desarrollado lentamente, y en los mapas más antiguos de la circulación del Atlántico Norte se puede apreciar una laguna de información en el Golfo de Vizcaya que muestra la falta de conocimientos sobre la zona. Hasta los años setenta, las actividades que se llevaron a cabo se limitaban a algún estudio doctoral sobre 'radas' o bahías. Sin embargo, a partir de las últimas décadas del siglo XX comenzaron a desarrollarse actividades por todo el Golfo como las campañas de los cruceros POLYGAS y PHYGAS, dando lugar a un incremento importante del conocimiento de la zona. De esta forma, con respecto a los estudios oceanográficos físicos del Golfo de Vizcaya, cabe destacar una figura británica sobresaliente: el Dr. Robin Pingree, quien llevó a cabo una gran cantidad de trabajos, tanto en solitario como con otros investigadores, siendo el responsable de numerosas publicaciones sobre la zona, dieciséis de las cuales se citan en notas a lo largo de la presente descripción.



En la actualidad existen numerosos estudios descriptivos sobre diferentes aspectos del Golfo de Vizcaya, tal y como se mostrará a lo largo de este capítulo. En esta línea cabe mencionar el hecho de que recientemente se han publicado una serie de documentos que integran toda la información disponible. Entre las contribuciones principales destacan el *Quality Status Report* de la Comisión OSPAR (2010) y el trabajo de los autores Valdés y Lavín (2002), que consideran el Golfo de Vizcaya como un gran ecosistema marino. Díez *et al.* (2000) reseñaron la información sobre la parte meridional del Golfo de Vizcaya (el mar Cantábrico).



## 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

### 2.1. Topografía y Batimetría

Topográficamente la plataforma continental del Cantábrico y Noroeste se podría dividir en dos partes. La primera se extiende desde la desembocadura del río Bidasoa hasta el cabo Vidio, y se caracteriza por tener una orientación Norte-Sur y ser extremadamente estrecha, con una pendiente poco acusada y afectada por floraciones rocosas a menor escala. A lo largo de la costa cantábrica la plataforma se puede reducir hasta menos de 10 km (8 km frente a cabo Ajo) ensanchándose hacia el oeste. El talud continental, una zona de transición entre la plataforma y la profundidad del mar, es muy pronunciado (pendiente alrededor de 10-12 %) y está cruzado por numerosos cañones. La plataforma en la zona que va desde cabo Vidio hasta la desembocadura del río Miño, es más ancha y uniforme. La anchura máxima, de 80 km, se alcanza frente a Coruña, mientras que frente a cabo Ortegal se reduce hasta los 30 km. Son rasgos característicos de esta zona los entrantes en la costa formado por valles fluviales hundidos que se denominan rías (Evans y Prego, 2003). En el talud de la fachada atlántica, de elevada pendiente, se desarrollan plataformas intermedias relacionadas con un sistema de fallas escalonadas. El talud de la fachada septentrional, de mayor pendiente, se eleva desde los 4.000 m de profundidad.

La demarcación se delimita zonalmente por los paralelos de 48° N y 42° N. La frontera más septentrional corresponde aproximadamente con la separación entre la plataforma Armoricana y el mar Céltico. La pendiente de la unidad geomorfológica del Golfo de Vizcaya está formada por tres zonas principales con diferentes orientaciones, la pendiente NO-SE Armoricana, la pendiente N-S de Aquitania y la pendiente Cantábrica con una orientación E-O. La frontera meridional está formada por el cabo Finisterre y el Banco de Galicia (Figura 2.1). La llanura abisal de Vizcaya es adyacente a la llanura de Porcupine por la parte más septentrional pero está separada de la Cuenca Abisal Ibérica y el Margen Occidental Ibérico por los Montes Submarinos Charcot y el Banco de Galicia. La cuenca abisal tiene una profundidad media de 4.800 m.

La diversidad morfológica del fondo del mar es un muy buen ejemplo de la interacción entre los procesos geológicos internos y externos que han afectado el talud continental desde la apertura del océano Atlántico. Se reconocen fácilmente los rasgos erosivos y de acumulación asociados a las entidades geológicas principales del subsuelo así como las alineaciones estructurales de la placa europea. Por otra parte, la topografía del fondo proporciona muy buenas pistas para comprender la dinámica actual de los sedimentos (zonas de erosión y acumulación, vías de flujo de sedimentos). Así, los sedimentos terrígenos dominan la





aportación sedimentaria a la plataforma y el talud continental superior (OSPAR Commission, 2000).

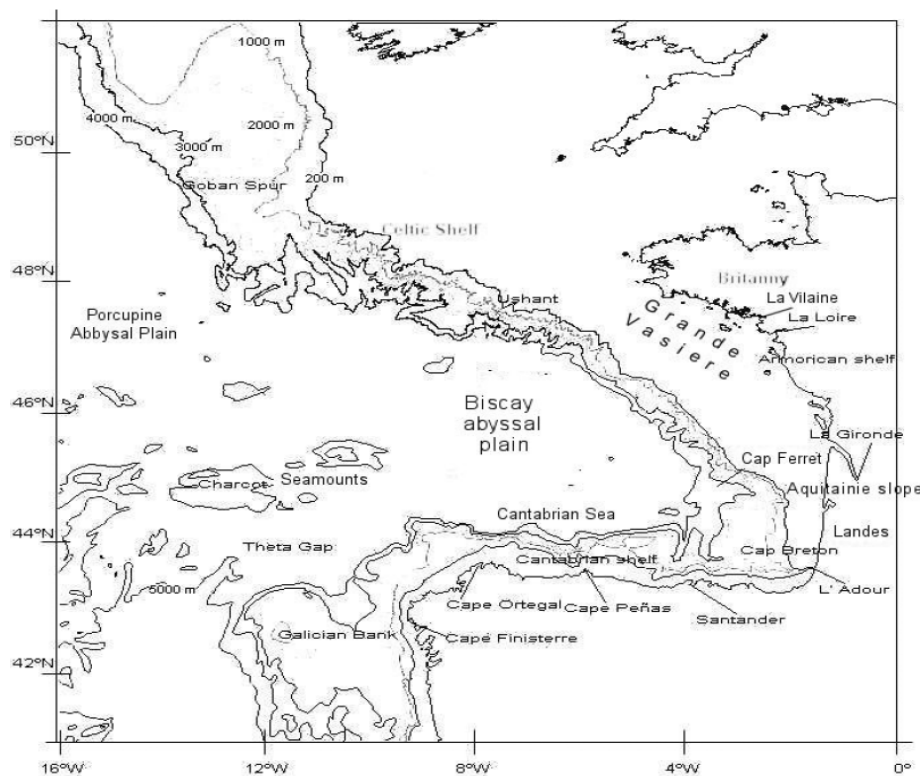


Figura 2.1. Mapa topográfico del Golfo de Vizcaya (profundidad en m) basado en datos GEBCO97.

En la Figura 2.2 se representa la distribución de los tipos de sedimento en la plataforma continental del Cantábrico y Noroeste. El tamaño del grano decrece con la profundidad, con arenas medias y finas en las aguas someras y limos a mayor profundidad. El tipo de sedimento dominante son las arenas finas y muy finas. Los sedimentos más finos, tales como los limos, se localizan en el talud. En aguas más someras los limos solo están presentes en el extremo oriental de la plataforma, debido al aporte de los ríos franceses, y frente a las Rías Bajas (López-Jamar *et. al.*, 1992; Serrano *et. al.*, 2008).

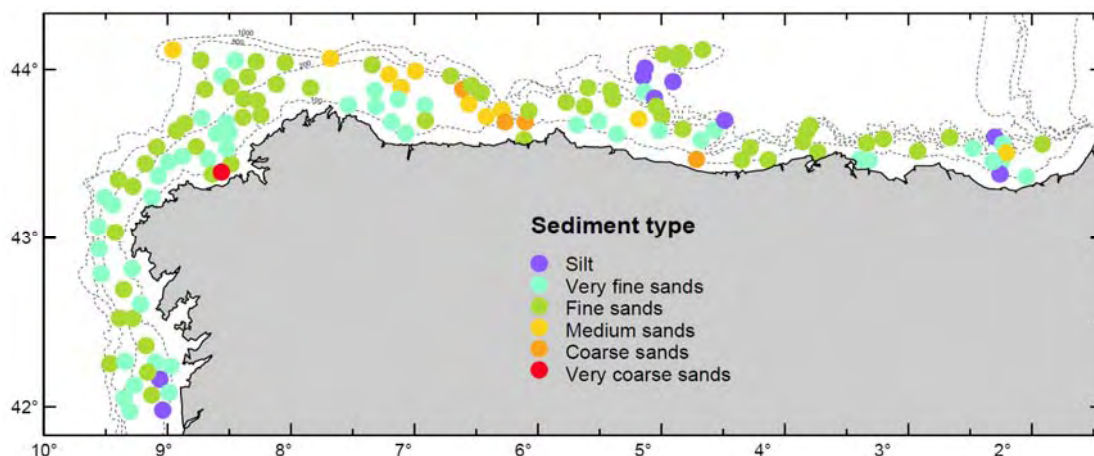


Figura 2.2. Distribución de tipos de sedimento en la plataforma continental del Cantábrico y Noroeste. Campaña de Investigación *Demersales* IEO.

La distribución en contenido en materia orgánica tiene un patrón similar al tamaño de partícula, estando los mayores valores de contenido de materia orgánica relacionados con la presencia de limos y también con zonas de alta producción primaria (por ejemplo en zonas donde se produce fenómenos de retención por *eddies*) (Figura 2.3).

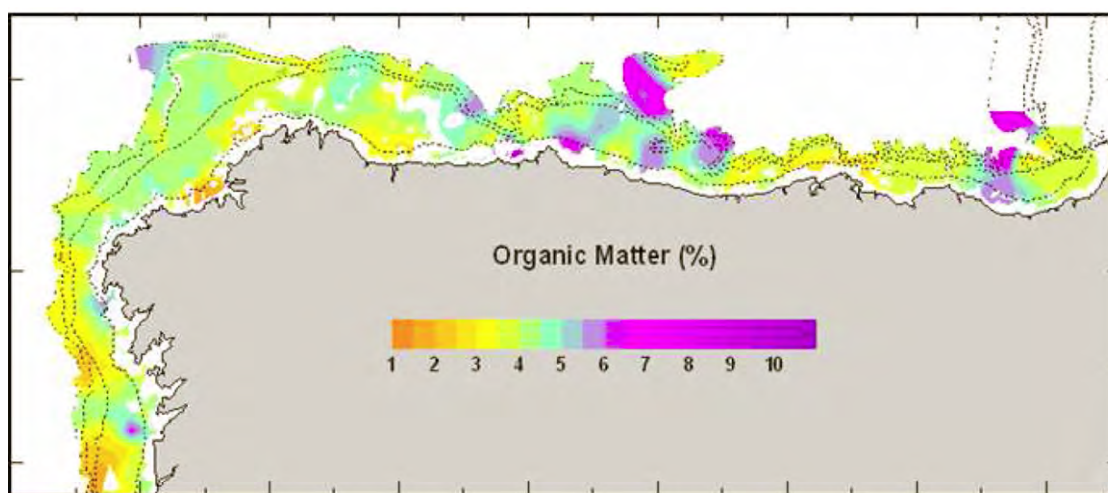


Figura 2.3. Contenido de material orgánica en los sedimentos en la plataforma continental del Cantábrico y Noroeste. Campaña de Investigación *Demersales* IEO.



### 2.1.1. Principales Rasgos: ríos y cañones

El fondo marino de la Demarcación Noratlántica se divide en unidades por la presencia de montes y bancos submarinos, así como de profundos cañones submarinos (Figura 2.1).

Entre los cañones submarinos más característicos de esta zona están los de Cap Breton, Santander, Torrelavega, Llanes, Lastres y Avilés. Algunos de estos cañones son muy pronunciados, como el de Cap Bretón, donde la isobata de 1.000 m se encuentra solamente a 3 km de la costa. Estos valles profundos permiten que los sedimentos continentales sean transportados a la plataforma oceánica, siendo esta una de las posibles causas del escaso recubrimiento sedimentario de esta zona. La cabecera del cañón de Avilés se localiza a tan solo 7 millas de la costa en el meridiano 6° O, a una profundidad de 140 m sobre la plataforma y desembocando sobre los 4.750 m, en la base del talud continental. Este cañón se encuentra profundamente encajado a favor de la gran falla de Ventaniella que cruza toda la cordillera Cantábrica en dirección NO-SE, extendiéndose desde tierra hasta mar adentro. Los cañones de Lastres y Llanes, controlados por fallas, son los principales elementos de transferencia sedimentaria del continente a la plataforma central del mar Cantábrico y a las cuencas profundas (Proyecto de Estudio de los Ecosistemas del Margen Continental, [www.ecomarg.net](http://www.ecomarg.net)).

“El Cachucho” (o Banco Le Danois) es una gran montaña submarina que se eleva bruscamente desde casi cinco mil metros de profundidad en la llanura abisal del Golfo de Vizcaya, frente a la costa asturiana. Está separada 25 km de la plataforma continental, pero se comunica parcialmente por una profunda cuenca interna. Se encuentra en la longitud 5° O y tiene una disposición alargada E-O, con profundidades en su meseta que oscilan entre los 450 y los 600 m. El Banco de Galicia es un monte submarino situado a 120 millas al oeste de la costa gallega. Su cima se encuentra a 500 m de profundidad, llegando hasta los 4.000 m en su vertiente más profunda. Presenta una longitud de unos 50 km en la dirección de su eje E-O y 90 km en la dirección del eje N-S. El Banco de Galicia presenta un elevado grado de aislamiento con el continente por estar rodeado por profundos fondos abisales (Proyecto de Estudio de los Ecosistemas del Margen Continental, [www.ecomarg.net](http://www.ecomarg.net)).

Las cuencas fluviales de los ríos Vilaine, Loire, Gironde y Adour representan la fuente principal de agua dulce que fluye al Golfo de Vizcaya. El Loira y el Gironde son los dos ríos principales, con un flujo medio anual de unos 900 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. Contribuyen en un 80 % al volumen de agua dulce que fluye a la plataforma. Ambos tienen un caudal de flujo máximo en invierno o primavera que excede los 3.000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> y un mínimo en el verano de 200 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. Los ríos de la plataforma cantábrica son pequeños debido a la proximidad de las montañas al mar y el flujo de aguas continentales total representa la tercera parte de la suma del Loira y del Gironde. Destacan el Bidasoa, el Nervión, el Navia, el Nalón y el Eo. En la vertiente



atlántica, destaca la influencia de los ríos Tambre, Ulla, Eume y sobre todo el Miño (caudal medio  $340 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), que se extiende sobre la plataforma observándose su traza en aguas superficiales.

El aporte de agua dulce a través de los ríos en la Demarcación Noratlántica da como resultado la formación de plumas de dilución en la superficie de aguas costeras. Estas plumas de agua rica en nutrientes de origen continental pueden extenderse a lo largo de varios centenares de kilómetros, difundiéndose gradualmente.

## **2.2. Meteorología**

### **2.2.1. Régimen atmosférico, campos de viento, temperaturas y pluviosidad**

La circulación atmosférica y, por lo tanto, la meteorología en la Demarcación Noratlántica, está regulada por la existencia de dos centros de actividad principales: una zona anticiclónica al sur del paralelo  $40^\circ \text{ N}$ , centrada cerca de las Azores, con aire tropical marítimo (el Anticiclón de las Azores), y una zona de bajas presiones centrada sobre del paralelo  $60^\circ \text{ N}$ , cerca de Islandia, que canaliza las borrascas del frente polar y transporta aire polar marítimo (la Depresión de Islandia). Entre estas dos zonas, los vientos predominantes van del oeste al suroeste, siendo más fuertes en el invierno y menos intensos y regulares en el verano. Esta situación facilita la penetración de masas de aire húmedas y favorece la pluviosidad. Por lo que esta región se caracteriza por una marcada estacionalidad con una época de vientos predominantes de componente N y NE en primavera y verano, y otra con vientos predominantes del suroeste en otoño e invierno (Lavín *et al.*, 1991, 2000; González-Pola, 2006).

Una situación invernal relativamente común es un anticiclón sobre el continente y una zona bastante amplia de bajas presiones en el Atlántico Norte (Figura 2.4), causando un flujo predominante del suroeste sobre gran parte de la Demarcación. La temperatura de la masa terrestre continental europea desciende, mientras que la temperatura del océano Atlántico permanece estable. Este hecho, unido a la confluencia de las aguas cálidas de la corriente del Golfo con las aguas frías de la corriente de Labrador, da lugar a la generación de un frente atmosférico, el frente polar, y a la formación de profundas depresiones sobre el océano Atlántico, conocidas como “borrascas noratlánticas”. El frente polar invernal trae lluvias suaves y frías, que caracterizan el régimen de precipitaciones y el régimen de caudales de los ríos que desembocan en esta demarcación. En una situación normal, en primavera y en verano el anticiclón de las Azores se extiende en una cuña hacia Islandia, 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 esta



Demarcación, con una circulación débil sobre la mayoría de la Península Ibérica.

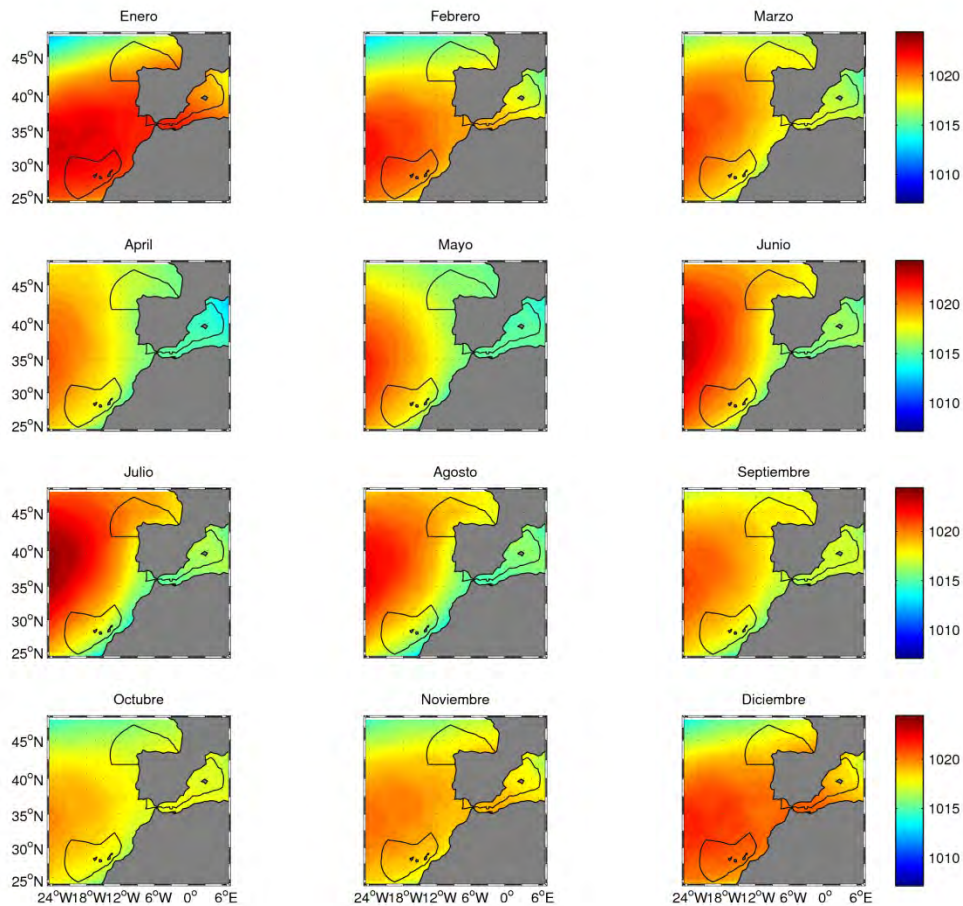


Figura 2.4. Campos de presión mensuales (mbar) a partir de la base del Reanálisis histórico NCEP/NCAR.

### 2.2.2. Oleaje

Este fenómeno es provocado por la fricción continuada del viento sobre la superficie del mar. El oleaje generado por el viento queda definido por su altura, longitud y periodo. Estas características están determinadas 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.

En la Demarcación Noratlántica, la distancia entre las márgenes cantábrica y francesa no permite la formación de olas de gran tamaño en la parte este del Golfo de Vizcaya. Sin embargo, en el oeste de la Demarcación, los vientos predominantes del noroeste, unidos a la gran distancia existente entre la costa gallega y la costa de Terranova, sí provocan la formación de grandes olas (Medina, 2008).





Las olas de la Demarcación Noratlántica son, generalmente, olas de gran amplitud y larga periodicidad. La altura media de las olas es superior a los dos metros, pudiendo superar los siete metros en los temporales invernales, cuando podemos tener alturas máximas de entre 12 y 15 metros (Medina, 2008).

## **2.3. Hidrografía y Circulación**

Durante las últimas dos décadas, se han desarrollado numerosos proyectos en la zona del Golfo de Vizcaya y NO de Galicia que han ayudado a comprender y describir mejor los procesos de circulación, mezcla y transporte a largo plazo de masas de agua. En este sentido, modelos hidrodinámicos, imágenes de satélite y sistemas oceanográficos operacionales han reforzado la hidrografía tradicional. Algunos proyectos han sido financiados por la Unión Europea: SEFOS (*Shelf Edge Fisheries Oceanographic Study*) y SEAMAR (*Shelf Edge Advection Mortality and Recruitment*); otros han sido financiados por Francia: ARCANE, PNOC (*Programme National d'Océanologie Cotière*) y PNEC (*Programme National "Environnement Côtier"*); y otros por España: secciones tipo en profundidad (hasta 4.800 m) en el cabo Finisterre, cabo Ortegal y Santander, y las secciones tipo costeras de A Coruña, Cudillero, Gijón y Santander, ambas con la financiación del IEO y todas las estaciones a la altura de San Sebastián operadas por el Centro Tecnológico experto en Investigación Marina y Alimentaria "AZTI-Tecnalia", que han tomado muestras durante más de una década en la zona meridional del Golfo de Vizcaya.

### **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 2.5). Además, esta área está sometida a una fuerte estacionalidad. El ciclo anual de temperatura superficial se puede dividir en dos periodos principales. En el primero, de diciembre a abril, las isoterms 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 isoterms. 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) y donde 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 (10 m), 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 8,5 °C (entre 12,8 y 21,3 °C). En niveles más profundos de la columna de agua, el máximo ocurre más tarde en el año y tiene una amplitud reducida (Cabanas *et al.*, 2003).

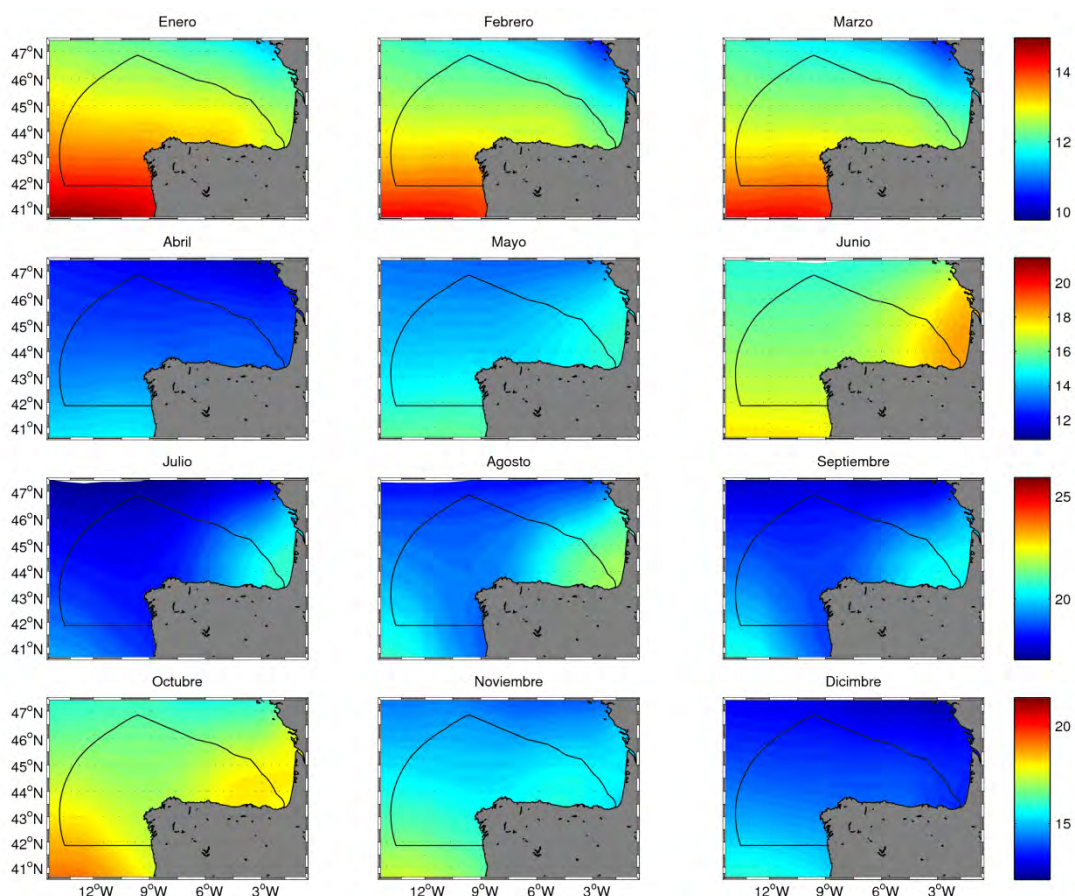


Figura 2.5. Promedio de largo término de la señal SST en el Golfo de Vizcaya a partir de la base de datos NOAA\_OI\_SST\_V2.

La Figura 2.6 muestra las series temporales de temperatura y salinidad para la columna de agua sobre la plataforma continental desde 1992 hasta 2008, en cinco estaciones localizadas a lo largo de las regiones gallega y cantábrica. Se identifica claramente el patrón de calentamiento y enfriamiento estacional que determina el proceso de estratificación y mezcla de la columna de agua. El periodo de estratificación tiene lugar entre mayo y octubre, en una capa con una profundidad de alrededor de 50 m desde la parte nerítica a más allá de la barrera continental. Entre noviembre y abril, la columna de agua permanece mezclada.

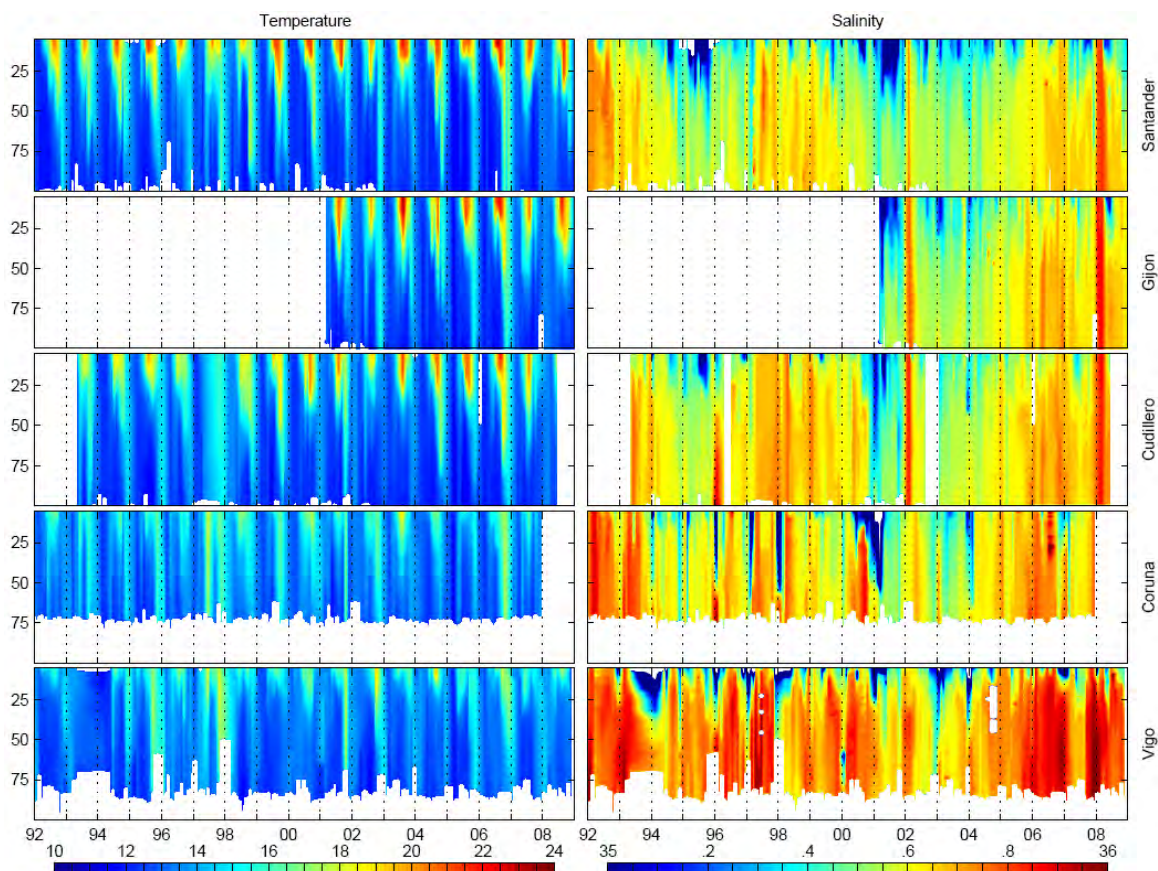


Figura 2.6. Series de temperatura y salinidad (1992-2008) en estaciones de plataforma media ( $\approx 100$  m) de la costa gallega y cantábrica. En Vigo y en Coruña las estaciones más profundas alcanzan tan solo unos 75 m (González-Pola *et al.*, 2012).

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. 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, 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 muestra en el diagrama de T-S de la Figura 2.7. Las masas de agua representadas en el diagrama son las siguientes:

#### *Aguas de fondo y profundas*

La influencia del Agua Antártica de Fondo (AABW) en los niveles más profundos de la parte oriental del Atlántico Norte es un rasgo bien conocido. Fluye a 11° N a través de la Zona de Fractura Vema (McCartney *et al.*, 1991) y se difunde hacia el norte cruzando de la Brecha Discovery a la Brecha Theta, el único pasillo profundo (>5.000 m.) que conduce a la Llanura Abisal de Vizcaya. Esta agua profunda de fondo (con influencia de AABW) se representa por el segmento más profundo del diagrama T-S en la Figura 2.7 (<4 °C de temperatura potencial). Arhan *et al.* (1994), indicaron un flujo en dirección noreste de las aguas de fondo y un flujo ciclónico alrededor de los montes submarinos de Charcot y Vizcaya asociados a convergencia horizontal.

Entre 2.500 y 3.000 m. de profundidad, aproximadamente, se encuentra el núcleo de aguas profundas del Atlántico Noreste (NEADW), que se genera en el rebose de los Mares Nórdicos a la Cuenca de Islandia. En el talud continental del Golfo de Vizcaya, la cantidad de agua procedente del rebose entre Islandia y Escocia (ISOW) en el núcleo de las NEADW se reduce a alrededor de 10 %, debido a la mezcla con el Agua Profunda del Labrador (LDW) subyacente y los núcleos superficiales de Aguas del Mar de Labrador (LSW) y Aguas de Flujo Mediterráneo (MOW) (van Aken, 2000a).

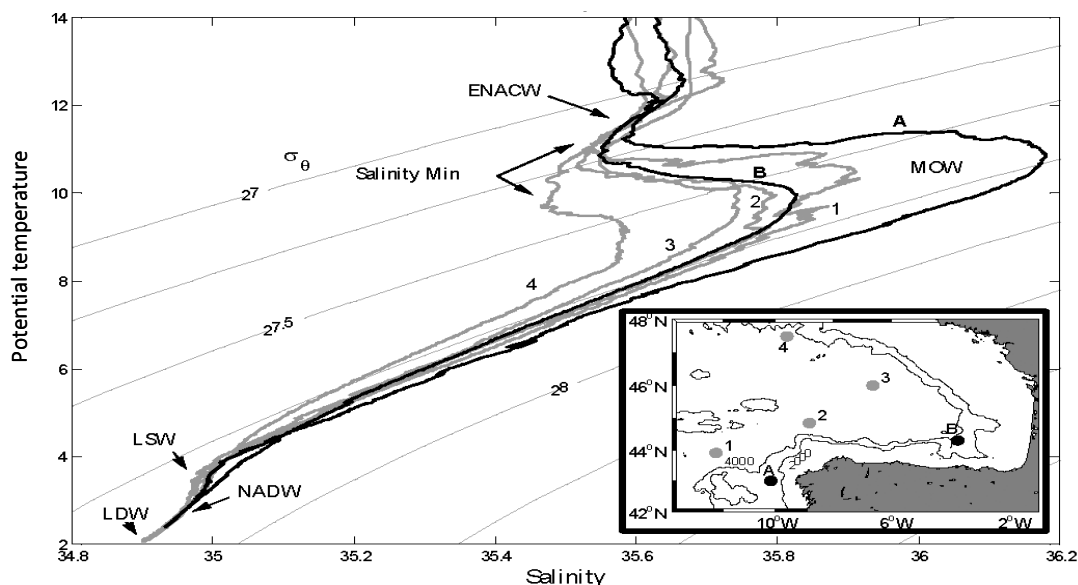


Figura 2.7. Diagrama de temperatura potencial-salinidad en 6 estaciones hidrográficas de la Demarcación Noratlántica. Fuente: ICES y base de datos de IEO.

### Aguas intermedias

A una profundidad de aproximadamente 1.800 m se observa un núcleo de LSW caracterizado por un mínimo de salinidad en profundidad, más visible en la parte septentrional y occidental del Golfo (Figura 2.7). Este mínimo de salinidad se localiza a lo largo de una superficie neutral desde el mar de Labrador en dirección este al Golfo de Vizcaya, al este del meridiano 10° O (Pingree, 1973).

Por encima de la capa de LSW, entre 500 y 1.000 m de profundidad, se observa un flujo de agua salina procedente del Mediterráneo (MOW) moviéndose en dirección norte, abrazando el talud continental de Portugal y entrando en el Golfo de Vizcaya. La salinidad de este núcleo disminuye hacia el polo 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 (Figura 2.5). En el extremo noroccidental de la Península Ibérica, el máximo nivel de MOW 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 con salinidades máximas de 35,9 ‰ a 7° 55' O y 35,8 ‰ a 5° 10' O (Iorga y Lozier, 1999). Al norte del paralelo 46° N, la salinidad máxima se encuentra cerca de la plataforma a la longitud 6° O y también mar adentro a las longitudes 8° O y 11° O. Más al norte, el máximo de salinidad se puede encontrar con valores de 35,7 ‰ a 47° N y 35,65 ‰



a 48° 30' O en la talud. Las MOW no se pueden distinguir claramente de las aguas circundantes. Últimamente se han encontrado valores más altos que la media climatológica al sur del Golfo, con salinidades de más de 35,8 ‰ en el talud, a la altura de Santander (González-Pola *et al.*, 2003) y en el cañón de Cap Bretón (Valencia *et al.*, 2004).

### **Aguas centrales**

Bajo la capa de mezcla, bastante somera (entre 60-600 m de profundidad) y con gran variación estacional, se encuentra el Agua Central del Atlántico Nororiental (ENACW) (Harvey, 1982). Según su zona de formación, se identifican dos masas de agua principales: agua modal subpolar, formada 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, que se mueve hacia la costa Ibérica (Pingree, 1997). Ambas convergen a la altura del cabo Finisterre formando un frente subsuperficial. Esta ENACW se va modificando a medida que progresa hacia el interior del Golfo de Vizcaya, hasta llegar al Agua Central del Golfo de Vizcaya (BBCW) (Tréger *et al.*, 1979; Fraga *et al.*, 1982; Ríos *et al.*, 1992). Sus características termohalinas son 13,5 °C y 35,98 ‰ en superficie en la parte atlántica, y 10,95 °C y 35,58 ‰ a 500 m de profundidad en el Cantábrico (Lavín *et al.*, 1998).

Sobre el núcleo de MOW, las curvas T-S trazan una forma de “S” invertida con un mínimo de salinidad alrededor de 450 m (Figura 2.7). A niveles menos profundos, tanto la temperatura como la salinidad se incrementan con respecto al mínimo de salinidad hasta el nivel inferior de la termoclina estacional, donde un ligero máximo de salinidad se observa generalmente a unos 100 m. Durante el verano se observan fuertes gradientes de temperatura en los 100 m superiores, con gradientes de salinidad limitados.

## **2.3.3. Circulación**

### **2.3.3.1 Dinámica General**

El océano Atlántico Norte tiene una circulación general compuesta por dos enormes giros: 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.

La Figura 2.8 muestra, en base a la representación esquemática de Koutsikopoulos y Le Cann (1996), los rasgos principales de la circulación en el Golfo de Vizcaya, con énfasis en la plataforma y las capas superiores del océano. La circulación general en esta área está conectada con la circulación general del Atlántico Norte en superficie y especialmente sobre la plataforma. Sin embargo, la fuerza del viento, el calentamiento, las precipitaciones y el



flujo de aguas continentales modifican las características del agua e imponen una alta variabilidad (espacial, estacional e interanual).

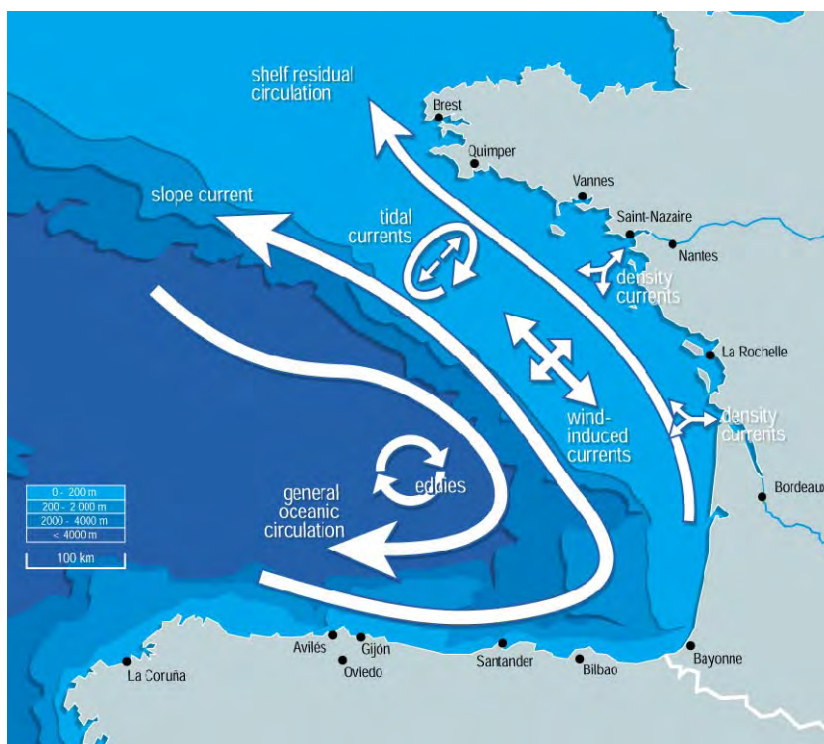


Figura 2.8. Vista esquemática de la circulación oceánica en el Golfo de Vizcaya. Koutsikopoulos y Le Cann (1996) siguiendo OSPAR (2000).

La topografía, y sobre todo la orientación de la costa y los vientos, condicionan el patrón de circulación sobre la plataforma hasta los 600 m. Las condiciones meteorológicas invernales, con la influencia de vientos del suroeste, originan un patrón de circulación de agua superficial y subsuperficial, caracterizado por una corriente de talud hacia el polo (Frouin *et al.*, 1990; Haynes y Barton, 1990; García-Soto *et al.*, 2002). 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". Fluye hacia el norte, atrapada entre los 50 km del límite de la plataforma, siguiendo la costa portuguesa y gallega, y ayudada por los vientos del suroeste transporta aguas cálidas y salinas a lo largo de la plataforma continental (Frouin *et al.*, 1990; Pingree y Le Cann, 1990). Una vez entra en el Golfo de Vizcaya, continúa en dirección este a lo largo de la plataforma y el talud cantábrico, y una parte del flujo continúa su avance hacia el polo, a lo largo del talud de la plataforma francesa (Gil, 2008).

Cuando la topografía cambia repentinamente, como en el cabo Ortegal, el cañón de cabo



Ferret o la Cresta de Goban, el agua se escapa del talud y se inyecta en la región oceánica para formar giros anticiclónicos que contienen un núcleo de agua templada superficial que se escapa del talud, 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 (Cabanas, 1999).

### **2.3.3.2. Procesos costeros y de mesoescala.**

Los procesos de mesoescala que se dan en la demarcación son muy relevantes 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**

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 sales nutrientes. Este proceso se conoce como afloramiento costero y, en la costa oeste de Galicia, tiene lugar con vientos de componente norte, mientras que en la zona Cantábrica está producido por vientos de componente oeste. 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 (Cabanas, 1999).

Este fenómeno es de una gran importancia en la plataforma Atlántica, sobre todo 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 (Cabanas, 1999). Los vientos nororientales en la plataforma gallega



producen afloramientos principalmente al final de la primavera, alcanzando su intensidad máxima en verano. El afloramiento costero modula las características físico-químicas del agua en las rías y en el litoral. Esta es la causa por la cual es más fría en verano que en invierno y sus características termohalinas se parecen más a las de la ENACW subyacente que, en algunos casos, llega a aflorar (Figura 2.9). Los vientos de componente este también favorecen 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).

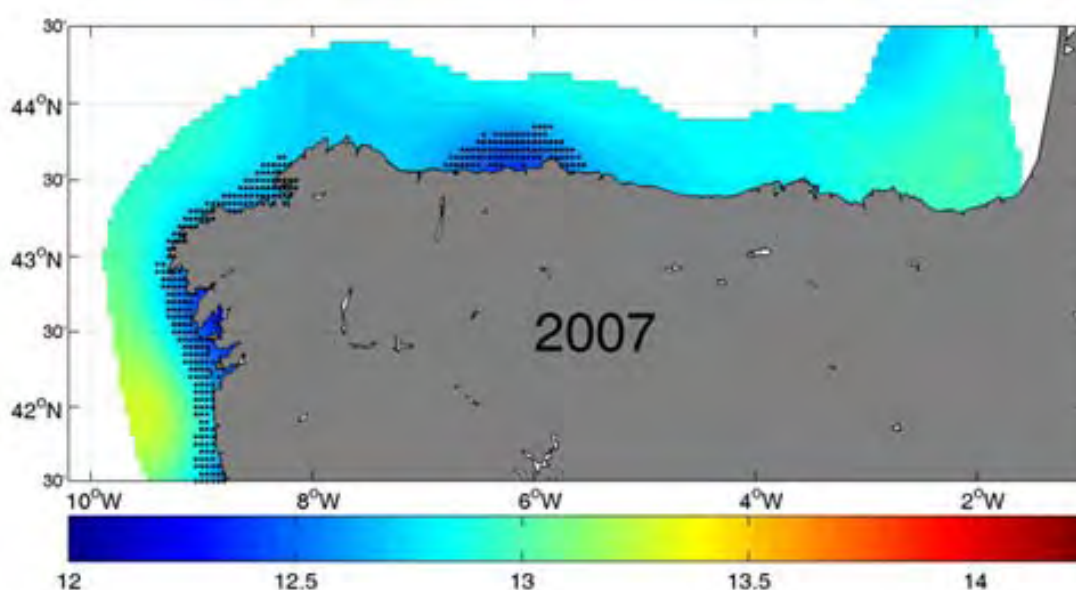


Figura 2.9. Mapa de temperatura superficial del agua en la plataforma cantábrica y noroeste mostrando los afloramientos en la costa atlántica gallega y en la costa asturiana ([www.indicedeafloramiento.ieo.es](http://www.indicedeafloramiento.ieo.es)).

#### 2.3.3.4. 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. La onda de marea creciente se propaga de sur a norte por el océano Atlántico, originando en las costas de la Demarcación Noratlántica 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 (Cabanas, 1999). Se trata de mareas de tipo semidiurno, con dos ciclos diarios. 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  $5 \text{ cm s}^{-1}$ . 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).

Los estudios de la variabilidad estacional de las mareas en esta zona indican que los valores más altos ocurren en otoño-invierno, coincidiendo con la acumulación de agua contra la costa (hundimiento), y los más bajos en primavera-verano (época de afloramiento). La mayor diferencia se ha encontrado en Vigo (+11 y -8 cm), siendo menor en A Coruña y Santander (+8 y -4 cm) (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.

Además de las mareas astronómicas, el descenso de la presión atmosférica, unido al efecto del viento, puede dar lugar a las conocidas como mareas meteorológicas. Este apilamiento de agua en la costa, puede alcanzar valores de hasta 50 cm en la Demarcación Noratlántica.

## **2.4. Distribución de nutrientes y oxígeno**

### **Oxígeno**

La distribución de oxígeno en la columna de agua depende estrechamente de la actividad biológica, a la vez que afecta a la distribución y actividad de muchos organismos. Se trata, por lo tanto, de un elemento claramente no conservativo. Los gases son poco solubles en agua y su solubilidad disminuye al aumentar la temperatura y la salinidad, y aumenta con la presión. En superficie, el agua está sobresaturada de oxígeno con respecto a la atmósfera ( $>6-8 \text{ ml l}^{-1}$ ). Esta sobresaturación en superficie se debe en parte a la liberación de oxígeno durante la fotosíntesis, pero fundamentalmente a la formación de burbujas por el oleaje y el viento.

La diferente distribución vertical de los procesos de fotosíntesis (en la capa fótica) y la respiración (en toda la columna de agua), junto con la separación física de las capas superficiales y profundas por la termoclina, da lugar a distribuciones verticales características de nutrientes y oxígeno. En la parte inferior de la capa fótica, la producción de oxígeno mediante la fotosíntesis es compensada por el consumo de oxígeno debido a la respiración. La profundidad donde ocurre este equilibrio se denomina profundidad de compensación. A mayor profundidad, la concentración de oxígeno va disminuyendo debido a la respiración de materia orgánica. Como esa respiración heterótrofa depende de la



materia orgánica que procede de la superficie, se desarrolla así un mínimo de oxígeno, generalmente entre 500 y 1.000 m de profundidad. A grandes profundidades, la concentración de oxígeno comienza a aumentar de nuevo, debido a la presencia de aguas frías ricas en oxígeno, procedentes de las zonas polares. Estas aguas se hundieron rápidamente hasta profundidades donde la abundancia y la actividad de los organismos son muy bajas y la demanda de oxígeno reducida. En zonas someras muy productivas, o con elevados aportes costeros de materia orgánica, se pueden dar condiciones de anoxia.

### Nutrientes

Los principales elementos que limitan la productividad biológica en el océano, además de la irradiancia, son el nitrógeno (en forma de nitrato), el fósforo (en forma de fosfato), y ocasionalmente el silicio (silicato). De estos tres elementos, en el Atlántico Nordeste, el nitrógeno es el factor limitante de la producción primaria.

Mientras que el consumo de nutrientes tiene lugar en la capa fótica, el reciclado ocurre en toda la columna de agua. Esta separación vertical de ambos procesos da lugar a un progresivo agotamiento de los nutrientes en la capa fótica, y a un enriquecimiento progresivo en las capas más profundas. La actividad fotosintética en la capa fótica se verá finalmente inhibida, a no ser que ocurran procesos de mezcla vertical que devuelvan agua profunda, rica en nutrientes inorgánicos, a la capa superficial.

Existen varios mecanismos que aportan nutrientes inorgánicos a la capa fótica, los más importantes son: la advección horizontal de agua rica en nutrientes, los afloramientos costeros y la remineralización de la materia orgánica. De estos mecanismos, el afloramiento constituye el principal aporte de nutrientes a la capa fótica, aunque este aporte es variable dependiendo de la duración y la intensidad de los episodios de afloramiento. Existe gran cantidad de información sobre la intensidad y la duración del periodo del afloramiento, pero hay menos información sobre otras causas de variabilidad, como la carga de nutrientes de las aguas afloradas. Tréger *et al.* (1979) estudiaron una distribución de nutrientes en el invierno tardío para las masas de agua subsuperficiales del Golfo de Vizcaya y encontraron que las ENACW subtropicales tienen una concentración de nutrientes relativamente baja, mientras las aguas modales subpolares presentaban concentraciones mayores. Las ENACW tienen el nivel de nutrientes más bajo, en consonancia con su formación en las aguas oligotróficas del giro subtropical (Pollard y Pu, 1985, Perez *et al.*, 1993, Castro *et al.*, 1998). González *et al.* (2003) registraron procesos de afloramiento de agua con procedencia del sur, con alta salinidad (>35,8 ‰) y pobre en nutrientes ( $5 \mu\text{M NO}_3$ ), asociada a una fuerte corriente hacia el polo durante 1991 y 1992, y durante 1995 y 1996 cuando la salinidad era baja y las concentraciones de nitratos llegaban a  $12 \mu\text{M}$ . En este último caso, el agua procedía del norte. Estos valores están en el mismo rango que los que Valdés *et al.* (1991) registraron para un ciclo anual en A Coruña durante 1988 y Lavín *et al.* (1998) en una





estación nerítica (St-4) a la altura de Santander. La Figura 2.10 muestra las concentraciones de nitrato detectadas a la altura de Santander ( $43^{\circ} 34,5' N$ ,  $3^{\circ} 47' O$ ) durante la serie temporal de 1994-2002 (Lavín *et al.*, 2003). Como en otras latitudes templadas, los nitratos tienen sus valores más altos en invierno a lo largo de toda la columna de agua, y los valores más bajos en la superficie durante el periodo de estratificación de la columna de agua (Lavín *et al.*, 1998).

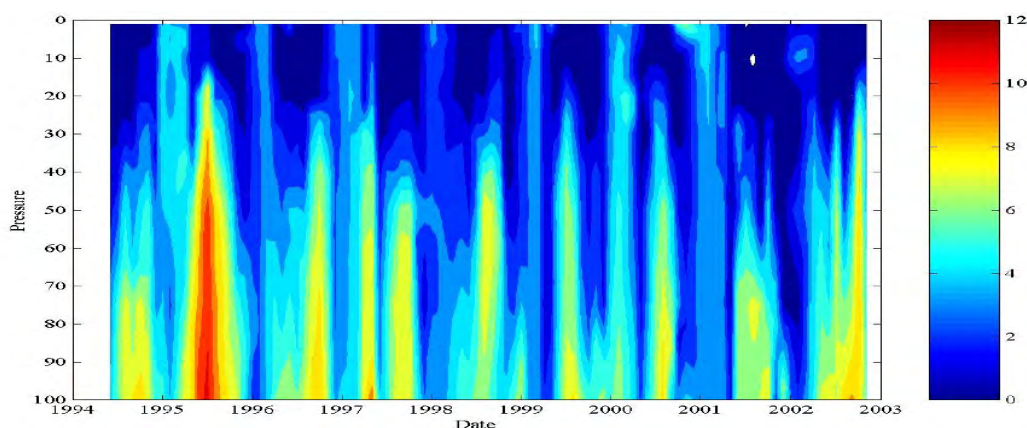


Figura 2.10. Variaciones estacionales e interanuales de nitratos ( $\mu\text{M}$ ) desde 1994 a 2002 sobre la plataforma a la altura de Santander ( $43^{\circ} 34,5' N$ ,  $3^{\circ} 47' O$ , Golfo de Vizcaya meridional) (Lavín *et al.*, 2003).

## 2.5. Dióxido de carbono y Acidificación

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es uno de los productos del uso de combustibles fósiles 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  $\text{CO}_2$  en la atmósfera altera los ciclos biogeoquímicos, principalmente del carbono, en los océanos.

Se estima que los océanos ha absorbido un 30 % del  $\text{CO}_2$  de origen antropogénico vertido a la atmósfera en los últimos 250 años (Sabine *et al.*, 2004). Este hecho contribuye a mitigar el *efecto invernadero* pero tiene otras repercusiones en el océano. La absorción del exceso de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera por parte del océano lleva inevitable y directamente a una disminución de los niveles de pH o acidificación en los océanos. Como consecuencia de la compleja físico-química del  $\text{CO}_2$  en agua de mar, el exceso de  $\text{CO}_2$  disuelto se compensa con una reducción de las concentraciones de carbonatos, una disminución del pH y una disminución de la saturación de las formas de carbonato. Estos son consecuencias directas de la química del  $\text{CO}_2$  en el océano de sobra conocidas, entendibles y predecibles, pero las consecuencias de estos hechos en cuanto al impacto sobre la biota, los ecosistemas y los ciclos biogeoquímicos marinos es todavía un tema emergente de investigación (Doney *et al.*, 2009).



Desde la época preindustrial hasta la actualidad, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha pasado de 280 ppm a 385 ppm, siendo las emisiones actuales superiores a las hipótesis más pesimistas previstas hace una década; y en el mismo período la acidez de los océanos se ha incrementado en un 30 % (0,1 unidades), un cambio que es 100 veces más rápido que cualquier otro ocurrido en al menos los últimos 20 millones de años (Orr *et al.*, 2009). Se estima que a este ritmo, en varias décadas, se limitará el crecimiento de los arrecifes coralinos en aguas tropicales y los océanos polares se volverán corrosivos para los organismos marinos calcáreos, calculándose un descenso del pH de 0,4±0,1 unidades de aquí al 2100, con respecto a las condiciones preindustriales (Meehl *et al.*, 2007).

Se desconoce el efecto de la acidificación sobre los organismos marinos y su capacidad de adaptación al cambio, pero hay estudios que alertan de que la acidificación del medio reduce la calcificación en organismos con estructuras calcáreas (Fabry *et al.*, 2008; Gazeau *et al.*, 2007) y que podría afectar a su reproducción (Havenhand *et al.*, 2008).

La acidificación de los océanos puede también afectar negativa y globalmente a las actividades socioeconómicas como la pesca y el marisqueo por los efectos que puede causar sobre las redes tróficas marinas, y sobre los arrecifes coralinos que sirven de zona de reproducción y refugio para muchas especies con interés comercial y que además son un activo importante en el sector turístico de muchos países. A esto habría que sumar que la acidificación de los océanos reduce su capacidad para fijar el CO<sub>2</sub> antropogénico, lo que dificultará la estabilización del CO<sub>2</sub> atmosférico en el futuro (Orr *et al.*, 2009).

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<sub>2</sub> antropogénico del planeta (Gruber, 1998). En el caso del Golfo de Vizcaya, Padín *et al.* (2008) confirman su papel como sumidero de CO<sub>2</sub>, obteniendo tasas de intercambio atmósfera-océano de entre 1,3 y 2,4 mol C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>. No existen estudios más costeros en cuanto a la variabilidad del CO<sub>2</sub> en superficie o capas profundas en la costa Cantábrica española. Por otro lado el Golfo de Vizcaya es un importante acumulador de carbono antropogénico con un inventario entre 87-95 mol C m<sup>-2</sup>, según el método de estimación (Castaño-Carrera *et al.*, 2012).

La variabilidad del CO<sub>2</sub> superficial en la zona del afloramiento gallego ha sido estudiada a nivel estacional por proyectos nacionales e iniciativas internacionales (Pérez *et al.*, 1999; 2005; Borges y Frankignoulle, 2002; Padín *et al.*, 2010). En ellos se muestra una fuerte variabilidad estacional condicionada por la alternancia de procesos de afloramiento y hundimiento, donde existe prácticamente equilibrio con la atmósfera en la época invernal, mientras que durante el afloramiento la actividad fotosintética contrarresta la alta concentración de CO<sub>2</sub> en las aguas afloradas. A nivel anual esta zona es un sumidero de CO<sub>2</sub>. También la variabilidad del CO<sub>2</sub> en las Rías Bajas gallegas ha sido objeto de estudios estacionales (Álvarez *et al.*, 1999; Gago *et al.*, 2003), actuando a nivel anual como sumideros



de CO<sub>2</sub>. En la revisión por parte de Álvarez-Salgado *et al.* (2009) se dan más detalles de la variabilidad del CO<sub>2</sub> en el margen Ibérico.

En cuanto a la acidificación en esta zona, en base a los datos recopilados, Ríos *et al.* (2001) y Castro *et al.* (2009) calcularon una tasa de acidificación para los primeros 700 m de -0,0164 unidades de pH por década. El estudio a largo término de la evolución de los niveles de CO<sub>2</sub> y variables relacionadas en sistemas de afloramiento tiene importancia en cuanto a la posible variación en la intensidad del mismo y la repercusión que los cambios derivados en los niveles de pH y oxígeno disuelto tendrían sobre los ecosistemas marinos adyacentes (Gilbert *et al.*, 2010; Feely *et al.*, 2008). Las series temporales son el único medio para separar variabilidad natural, que en el caso del pH puede ser de hasta 0,25 unidades de pH estacionalmente (Gago, 2000), de la variabilidad antropogénica.

## **2.6. Sustancias químicas peligrosas**

### **Costa Atlántica Gallega**

El medio marino costero de las rías gallegas, y la plataforma adyacente, es particularmente rico en recursos vivos debido a su alta productividad. Presenta niveles elevados de complejidad y biodiversidad, y proporciona diferentes usos como el turismo, la pesca o el cultivo de bivalvos en bateas y en bancos arenosos, que precisan una calidad medioambiental adecuada y aportan grandes beneficios económicos para la zona, por lo que se hace necesaria un aprovechamiento sostenible de los esos recursos. Además, los archipiélagos de las islas Cíes, Ons, Sálvora y Cortegada, situados en las Rías Bajas (Vigo, Pontevedra y Arousa) fueron declarados Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia en junio de 2002 (Ley 15/2002, de 1 de julio, por la que se declara el Parque Nacional marítimo-terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia). Sin embargo, la mayor parte de la población gallega se concentra en el litoral (>500 hab km<sup>-2</sup>), dando lugar a grandes núcleos urbanos y a la creación de áreas industriales de gran importancia (las rías de Vigo, Pontevedra, Arousa, A Coruña y Ferrol, concentran en sus riberas más del 40 % de la población gallega).

Las actividades urbanas, agrícolas e industriales que tienen lugar en los márgenes de las rías, generan sustancias químicas que pueden llegar al medio marino a través de las vías fluvial y atmosférica, aunque gran parte de las sustancias más peligrosas son vertidas directamente, bien de forma planificada (efluentes urbanos e industriales, dragados, limpieza de tanques de barcos o vertidos fueraborda) o accidentalmente. Además, las rías son zonas de transición entre los medios continental y oceánico, y actúan como filtros reteniendo una parte importante de los contaminantes, disueltos o en suspensión, transportados por los ríos. Estos ecotonos se caracterizan por su elevada riqueza y diversidad específica, por lo que los agentes químicos potencialmente peligrosos que interaccionan con los seres vivos tienen



aquí ocasión de manifestar todos sus efectos, causando un descenso en la calidad del agua, y constituyendo un serio peligro para la vida marina.

En general, los estudios realizados indican que las rías gallegas presentan un bajo grado de contaminación, que está restringida a ciertas áreas localizadas en su parte interna. Estas zonas además de presentar una menor tasa de renovación de agua, reciben los principales aportes fluviales, y se encuentran cerca de los núcleos urbanos y los complejos industriales. Por otra parte, los estudios realizados sugieren que, con la excepción de los ríos Lagares (Ría de Vigo), Ulla (Ría de Arousa) y Eume (Ría de Betanzos), los aportes fluviales no son la principal fuente de contaminación en las rías.

La ría de Vigo es la ría gallega más poblada e industrializada. Las actividades industriales predominantes incluyen la construcción naval, la industria conservera, la fabricación de automóviles, la siderurgia y la industria cerámica. La intensa actividad del Puerto de Vigo, con un tráfico de mercancías superior a las 3.500.000 toneladas anuales y un tráfico de unos 2.000 buques mercantes al año ([www.apvigo.com](http://www.apvigo.com)), constituye también una fuente potencial de contaminación. La influencia de estas actividades ha dado lugar a elevadas concentraciones de hidrocarburos (Viñas *et al.*, 2009), de bifenilos policlorados (PCBs) y de metales en la parte interna de la ría, mientras que en la zona portuaria se han registrado concentraciones elevadas de tributilestaño (TBT), utilizado como biocida en pinturas antiincrustantes (Vidal-Liñán *et al.*, 2010). En concreto, en esta ría existe un caso de contaminación crónica por plomo (Pb), que es el metal con el margen de seguridad más bajo en las rías gallegas, aunque en los últimos años se ha observado una disminución en el contenido de plomo de mejillón silvestre (*Mytilus galloprovincialis*) (Besada *et al.*, 2008), que se podría atribuir en parte al desarrollo de combustibles sin plomo y a las mejoras en los tratamientos de las aguas residuales e industriales.

En la ría de Pontevedra, además de la construcción naval y la actividad portuaria, destaca el complejo industrial ENCE-ELNOSA. Los vertidos de este complejo clorácali y fábrica de pasta de papel han dado lugar a un fenómeno de contaminación crónica por mercurio (Hg). Aunque, de acuerdo a las series temporales disponibles, esta situación habría mejorado durante los últimos años debido al cese de las emisiones (Besada *et al.*, 2002), en los últimos estudios parece haberse detenido esa tendencia decreciente (Besada *et al.*, 2008). Otro problema, posiblemente asociado a la fábrica de pasta de papel y al tratamiento de la madera, es la presencia de cantidades significativas de antraceno en la zona (Soriano, 2009). También se han observado concentraciones elevadas de TBT como resultado de la actividad portuaria y de pequeños astilleros en las proximidades de Marín (Vidal-Liñán *et al.*, 2010).

La economía de la ría de Arousa está basada en la pesca y el marisqueo, por lo que se trata de la menos contaminada de las cinco grandes rías. Sin embargo, la contaminación por metales pesados del río Ulla, principalmente cromo (Cr) y cobre (Cu), que se ha atribuido a la



actividad de las tenerías que estaban situadas en la orilla del río, cerca de la localidad de Padrón, y a los depósitos de una mina de cobre abandonada desde el año 1983, ha dado lugar a un enriquecimiento en estos elementos en su desembocadura. También se han detectado recientemente niveles elevados de hidrocarburos en la parte interna de la ría, que merecen un estudio más detallado (Soriano *et al.*, 2006). Por otra parte, en los últimos años se han observado concentraciones de plomo que exceden los límites legales en almeja reloj (*Dosinia exoleta*) de áreas extractivas localizadas en la parte interna, que contrasta con la escasa contaminación por plomo en esta ría, lo que indica que se puede tratar de una característica particular de esta especie (Sánchez-Marín y Beiras, 2008).

La actividad industrial de A Coruña se centra en la fabricación de aluminio (Al), elaborados metálicos y, sobre todo, en la refinería de petróleo. De hecho, varios estudios realizados durante los últimos años han revelado que la parte interna de la ría (conocida como O Burgo) es la que presenta los niveles más elevados de hidrocarburos, debido principalmente a la contaminación crónica. Este hecho se ha visto agravado por varios derrames de petróleo que han sucedido durante los últimos años. Por ejemplo, la suma de concentraciones de 13 PAHs de mejillón silvestre después del accidente del Prestige, ocurrido en noviembre de 2002, alcanzó niveles de hasta  $8 \text{ mg kg}^{-1}$  peso seco, descendiendo hasta niveles basales ( $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$  ps) en los meses siguientes (Soriano *et al.*, 2006). Este hecho fue evidente pero menos marcado en el caso del agua y los sedimentos (Franco *et al.*, 2006; González *et al.*, 2006). Aunque el vertido del Prestige es uno de los accidentes de petroleros más graves ocurridos (Penela-Arenaz *et al.* 2009), no se trata de un hecho aislado en la costa gallega, que se encuentra en la ruta marítima de petroleros más importante a nivel mundial, la que une el Golfo Pérsico con los grandes puertos de Europa occidental (Rotterdam, Amberes, Hamburgo). Si se realiza un recorrido por los accidentes de petroleros de los últimos cincuenta años, Galicia ocupa tristemente un lugar destacado, ya que ha recibido ocho de los veinte vertidos cuantitativamente más importantes ocurridos en Europa, siendo el mayor número de mareas negras sufridas en una misma zona en la historia. A estos episodios podemos añadir dos vertidos tóxicos (Erkowit y Casón) (Tabla 2.1). Por otra parte, al igual que en la ría de Vigo, las concentraciones de PCBs son notablemente más elevadas cerca de la zona portuaria de A Coruña, como indican los estudios de bioacumulación en mejillón silvestre ( $\sum 7\text{PCBs}$ :  $10\text{-}20 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$  peso húmedo), mientras que en áreas prístinas se observan valores inferiores a  $1 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$  ph (González-Quijano *et al.* 2006). La actividad portuaria también es causante de contaminación por polibromodifenil éteres (PBDEs) y TBT. Barreiro *et al.* (2004) han encontrado concentraciones de compuestos organoestánicos en el gasterópodo *Nucella lapillus* de hasta  $2.000 \text{ } \mu\text{g Sn g}^{-1}$  ps, que se encuentran entre los valores más elevados registrados en Galicia.

La ría de Ferrol se caracteriza por el desarrollo de la industria naval y la actividad portuaria.



Estas actividades dan lugar a la introducción de hidrocarburos y, sobre todo, de metales traza, como plomo, cinc (Zn) y cobre, y TBT en la parte interna de la ría. Además, se han observado altas concentraciones de contaminantes emergentes como los PBDEs, sustancias utilizadas comúnmente para reducir la inflamabilidad de plásticos, textiles, circuitos electrónicos y otros materiales usados fundamentalmente en oficinas y hogares, y también en productos de aislamiento y en rellenos y tapizados de las partes internas de los vehículos.

Tabla 2. 1. Lista de los principales derrames de petróleo ocurridos en la costa gallega (1965-2002). Fuentes: CEDRE (2009). Centre de documentation de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux; ITOPF (2009) International Tanker Owners Pollution Federation Limited.

Barco	Lugar	Año	Tipo de carga	Carga derramada (Tm)
Yanxilas	Ría de Vigo	1965	Petróleo indeterminado	16.000
Spyros Lemnos	Fisterra	1968	Crudo pesado venezolano	15.000
Polycommander	Ría de Vigo	1970	Crudo árabe ligero	15.000
Erkowit	Cabo Vilán	1970	Pesticidas	2.000 bidones, 286 Tm
Monte Urquiola	A Coruña	1976	Crudo árabe ligero	108.000
Andros Patria	Cabo Ortegal	1978	Crudo iraní pesado	60.000
Scaptrade	Ribadeo	1980	crudo ligero	32.000
Casón	Fisterra	1987	Productos químicos indeterminados	1.100
Aegean Sea	A Coruña	1992	Crudo ligero	74.000
Prestige	Fisterra	2002	Fuel pesado	>60.000

Finalmente, es necesario destacar que en Galicia la distribución espacial de cadmio (Cd) es relativamente homogénea y está fuertemente asociada a la de los nutrientes inorgánicos. De hecho, las concentraciones de este metal en tejido de mejillón están directamente relacionadas con la intensidad de los afloramientos costeros (Segovia-Zavala *et al.*, 2003), que presentan una mayor incidencia en las Rías Bajas. Esto se debe a que el Cd es incorporado y utilizado por el fitoplancton y, por lo tanto, el ciclo biogeoquímico de este metal está controlado por los procesos de regeneración de la materia orgánica.

### Costa Cantábrica

Como ocurre en la costa gallega, los estudios realizados en la costa cantábrica se han centrado principalmente en las primeras millas de la costa, que son las zonas más expuestas a los aportes antropogénicos, siendo más escasa la información relativa a las áreas más





alejadas. La mayor parte de la información corresponde a los contaminantes que, por su toxicidad, persistencia y potencial de bioacumulación, se consideran prioritarios y son determinados, con cierta regularidad, en diferentes matrices ambientales. Las series históricas de contaminantes persistentes (orgánicos e inorgánicos) que realizan organismos como el IEO o el AZTI, tanto en organismos como en sedimentos marinos, permiten conocer y evaluar la calidad medioambiental de esta demarcación y llevar a cabo un seguimiento de las tendencias de estas sustancias.

A lo largo de la región Cantábrica existen diversos complejos industriales que emiten al agua o a la atmósfera diferentes sustancias contaminantes. La mayor parte están situados en las proximidades de los principales núcleos urbanos (Avilés, Gijón, Santander o Bilbao) donde existe además una importante actividad portuaria. La relación entre número de habitantes, número de vehículos e industria metalúrgica y el contenido de PAHs en sedimentos es evidente en toda la zona cantábrica (Viñas *et al.*, 2010).

La presencia de residuos de las antiguas minas de mercurio en las proximidades de la costa asturiana (Fernández-Martínez *et al.*, 2006) ejerce un impacto sobre el medio ambiente marino de toda esta región. En los trabajos realizados por el IEO dentro del Programa CEMP del Convenio para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste (OSPAR) se han observado concentraciones elevadas de Hg en mejillón de roca de esta zona (Besada *et al.*, 2011b). Los estudios de sedimentos costeros también reflejan elevados niveles de metales pesados y PAHs. Por otra parte, la oceanografía de la zona da lugar a la formación de un “eddy” al este del cabo Peñas, que origina un área de acumulación de sedimentos más finos y con mayor contenido en materia orgánica. Esto puede estar favoreciendo la concentración de contaminantes, como se ha observado en el caso de los PAHs (Viñas *et al.*, 2010), procedentes de los aportes industriales y urbanos de Avilés y Gijón. En concreto, el área de Avilés presenta una calidad ambiental bastante degradada debido a su actividad industrial (siderurgia, producción de acero, zinc, aluminio, pesticidas) y a su actividad portuaria, que han dado lugar a la presencia de elevadas concentraciones de contaminantes como metales traza o PAHs en esta zona (Besada *et al.*, 2011a; Soriano *et al.*, 2007).

La bahía de Santander recoge en sus márgenes una actividad industrial diversificada, que incluye la siderurgia, el procesado de metales, la construcción naval, la industria química y farmacéutica o el procesado de madera, además de sostener una intensa actividad portuaria, e importantes núcleos de población. Estas actividades afectan principalmente a la zona interna de la bahía, que recibe los principales aportes fluviales y tiene una baja tasa de renovación del agua. A pesar de ello, los estudios realizados con mejillón silvestre indican una tendencia temporal decreciente en los niveles de PCBs en la zona (González-Quijano *et al.*, 2006). Sin embargo, esa misma tendencia no se ha observado en el caso de los metales (Besada *et al.*, 2008). En el estuario de Suances también se han observado elevados niveles



de metales (Zn, Pb y Cd) (Irabien *et al.*, 2008) que concuerdan con las altas concentraciones de Pb en los mejillones de esta zona (Besada *et al.*, 2011a). Este estuario está formado por la desembocadura de los ríos Saja y Besaya, cuya cuenca discurre próxima a los depósitos de Reocín (cerrados desde 2003). Este yacimiento de Zn y Pb fue uno de los más importantes de Europa pero, después de su cierre, se espera una disminución de las concentraciones de metales en el ambiente.

El estuario del Nervión es una de las áreas más pobladas e industrializadas del Golfo de Vizcaya. Debido a su localización geográfica y a sus recursos minerales, esta zona ha estado sujeta a una intensa presión antropogénica. El área metropolitana de Bilbao, que incluye más de 1 millón de habitantes (para un total de 17 pueblos y ciudades), presenta la mayor densidad de población de la región, con 3.625 hab km<sup>-2</sup> (Leorri *et al.*, 2008). Durante muchos años se han realizado vertidos de efluentes urbanos e industriales sin tratar al estuario (Bartolomé *et al.*, 2006) a través de su principal aporte fluvial, el río Nervión. Los aportes urbanos e industriales derivados de la siderurgia, el procesado de metales pesados, la construcción naval, la industria química o las papeleras, y la actividad del puerto de Bilbao, que presenta el mayor tráfico de todo el Cantábrico, han contribuido a deteriorar de forma preocupante el estuario. Sin embargo, esta situación ha cambiado desde los años noventa, debido a la puesta en marcha del Plan Integral de Saneamiento del Estuario, que incluye la interceptación y el tratamiento de las aguas residuales urbanas e industriales, y al cierre de algunas de las industrias más contaminantes de la zona (Leorri *et al.*, 2008). Sin embargo, todavía se observan elevadas concentraciones de diferentes contaminantes como metales pesados, compuestos organoestánicos, PAHs o compuestos organoclorados en diferentes matrices marinas (Borja *et al.*, 2004; Bartolomé *et al.*, 2006; Soriano *et al.*, 2007; Besada *et al.*, 2008; Couceiro *et al.*, 2009; Tueros *et al.*, 2009; Viñas *et al.*, 2010).

En resumen, se observa una carencia importante de información de niveles de contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en las diferentes matrices en las zonas marinas más alejadas de la costa. Aunque en trabajos recientes se ha puesto de manifiesto la relación entre el contenido en contaminantes y la distancia a la costa, siendo evidente la reducción de las concentraciones a medida que la distancia se hace mayor (Viñas *et al.*, 2010).

Se puede concluir que, desde el punto de vista medioambiental, existen problemas derivados de la presión industrial y urbana en áreas concretas. Las altas concentraciones de contaminantes están correlacionadas con zonas de gran densidad de población, proximidades de fábricas y desembocaduras de ríos cuyo cauce discurre próximo a complejos industriales o a grandes ciudades. En general, los niveles de metales pesados, PAHs y PCBs son más elevados en la costa cantábrica que en la costa atlántica gallega, excepto en algunas zonas situadas en las proximidades de las grandes ciudades o puertos (Vigo y A Coruña). Los estudios de tendencias temporales en mejillón muestran una





tendencia decreciente, en varios grupos de contaminantes entre los que están los PAHs y los dos metales más relacionados con las actividades antropogénicas (Hg y Pb) (OSPAR Commission, 2010).



### 3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

#### 3.1. Hábitats

##### 3.1.1. Ecosistema pelágico

En el Golfo de Vizcaya se han estudiado los ciclos biológicos, la dinámica de poblaciones y el acoplamiento de las respuestas ecológicas de especies y comunidades de plancton al forzamiento físico en el marco de programas de investigación multidisciplinar, centrados en comprender las condiciones ambientales óptimas para el reclutamiento de recursos marinos vivos (peces comerciales, principalmente), los ciclos biogeoquímicos, y la adaptación de los ecosistemas marinos al cambio global. Estos programas incluyen generalmente observaciones específicas de una red de estaciones de muestreo que permiten analizar procesos específicos como sus cambios en abundancia y biomasa, y su respuesta a las condiciones físicas y biológicas, o la zona de desove de una especie determinada.

Entre estos estudios destacan, por su duración plurianual, los que monitorizan variables oceanográficas y del plancton a intervalos regulares (series temporales). Estos incluyen, en el norte de España, el proyecto RADIALES del IEO, que muestrea transectos de estaciones costeras en las localidades de Vigo, A Coruña, Cudillero, Gijón y Santander y la red de muestreo de la calidad de aguas marinas en el litoral vasco, que se vienen realizando con frecuencia mensual desde principios de la década de 1990. De forma similar, se dispone de medidas de series temporales de plancton en la costa sur de Inglaterra (cerca de Plymouth, principalmente) iniciadas a comienzos del siglo XX, pero con varios años sin medidas debido a falta de financiación. Otras series disponen de información sobre la composición y abundancia del plancton oceánico del programa *Continuous Plankton Recorder* (CPR, SAHFOS, Reino Unido) que obtiene muestras recogidas en barcos de oportunidad (comerciales) en rutas regulares desde la década de 1950. Recientemente se ha incorporado a este tipo de medidas el proyecto FerryBox, que incluye medidas en continuo del agua superficial realizadas con sensores puestos en algunos de los ferris que cruzan el Golfo de Vizcaya. Las observaciones regulares (al menos con frecuencia mensual) de estos proyectos permiten estudiar y resolver la dinámica de plancton, sus ciclos estacionales, variabilidad interanual y tendencias de cambio, y, al emplear metodologías similares, también facilita las comparaciones entre zonas. Las variables principales medidas en estos programas de series temporales incluyen parámetros estructurales tales como abundancia, biomasa, composición de especies, tamaño de los organismos y también medidas de su actividad fisiológica como producción primaria, respiración y consumo.



Sin embargo el conocimiento del plancton en todas las regiones del Golfo de Vizcaya no es uniforme. Los balances de elementos (principalmente carbono y nitrógeno) y sus ciclos biogeoquímicos se investigaron con más detalle en ciertos puntos de Galicia y el mar Cantábrico central en relación a los procesos de afloramiento (p. ej. Bode y Fernández, 1992; Casas *et al.*, 1997; Serret *et al.*, 1999; Teira *et al.*, 2003; Varela *et al.*, 2003; Bode *et al.*, 2004), mientras en otras zonas del Golfo de Vizcaya los objetivos de estudio se centran principalmente en entender la dinámica de plancton en relación a los recursos marinos vivos (pesquerías), sus procesos de reclutamiento y su variabilidad interanual.

### ***Dinámica de fitoplancton y variabilidad regional***

Se dispone de bastante información sobre los procesos biológicos y los principales factores ambientales que determinan los ciclos y la variabilidad del fitoplancton en el Golfo de Vizcaya (Estrada, 1984; Flos, 1982; Varela, 1992; Fernández y Bode, 1994; Varela, 1996). Como en todo el Atlántico nororiental, esta región experimenta un ciclo climático estacional que afecta significativamente al sistema pelágico a través de tres factores interrelacionados durante el año: la disponibilidad de luz solar, el intercambio de calor con la atmósfera y el forzamiento mecánico en la superficie debido al viento. El efecto de estos factores produce un patrón regular en las condiciones hidrográficas, caracterizado por mezcla de aguas en épocas invernales, seguido por estratificación estival. Las proliferaciones de fitoplancton ocurren durante la transición entre los dos periodos, cuando se produce una coincidencia de elevada disponibilidad de luz y nutrientes en la capa superficial. Este patrón característico se ve modificado en el suroeste del Golfo de Vizcaya (Galicia y Cantábrico occidental) por el afloramiento costero, que introduce aguas subsuperficiales frías y ricas en nutrientes en la capa superficial estimulando la producción del fitoplancton (p. ej. Bode *et al.*, 2007). Además, la productividad y crecimiento del fitoplancton en los mares de la plataforma del Golfo de Vizcaya se ven afectados por flujos de aguas de origen continental y otros procesos hidrográficos que se desarrollan a escalas de varios kilómetros.

La abundancia de picoplancton autótrofo (con un tamaño de 0,2-2  $\mu\text{m}$ ), debido principalmente a bacterias de los géneros *Prochlorococcus* y *Synechococcus*, muestra una estacionalidad marcada, con valores máximos de aproximadamente  $10^8$  células  $\text{l}^{-1}$  en verano, y con valores mínimos de aproximadamente  $10^6$  células  $\text{l}^{-1}$  durante la transición de invierno-primavera (Morán *et al.*, 2011). La abundancia de nanoflagelados autótrofos oscila entre  $10^6$  y  $10^7$  células  $\text{l}^{-1}$ , siendo significativamente menores en la costa de Galicia que en el Cantábrico, lo que puede estar relacionado con la elevada abundancia de fitoplancton total y la mayor contribución de las clases de tamaño más altas (nano- y microfitoplancton) en la costa gallega (Bode *et al.*, 1994). Esta diferencia en la estructura de la comunidad de fitoplancton puede ser debida a la gran relevancia de los procesos de fertilización ligados a la mayor intensidad de afloramientos costeros y aportes fluviales en esta zona, que dan lugar a



una mayor disponibilidad de nutrientes inorgánicos y materia orgánica disuelta. La abundancia de bacterias heterótrofas también muestra una estacionalidad muy marcada, con valores máximos de aproximadamente  $10^9$  células  $l^{-1}$  en verano y valores mínimos de  $10^8$  células  $l^{-1}$  en invierno (Morán *et al.*, 2011). La abundancia de bacterias heterótrofas es generalmente mayor en la costa gallega que en la cantábrica, debido probablemente, a las diferencias en las condiciones tróficas mencionadas anteriormente.

Como muestran las imágenes promediadas mensualmente de la clorofila superficial observada mediante satélites (Figura 3.1), los mayores valores de clorofila (que indican las proliferaciones de fitoplancton) se producen sobre la plataforma continental, especialmente al final de invierno y principios de primavera. Por el contrario, las aguas oceánicas en la cuenca del Golfo de Vizcaya muestran un único máximo de clorofila superficial en primavera.

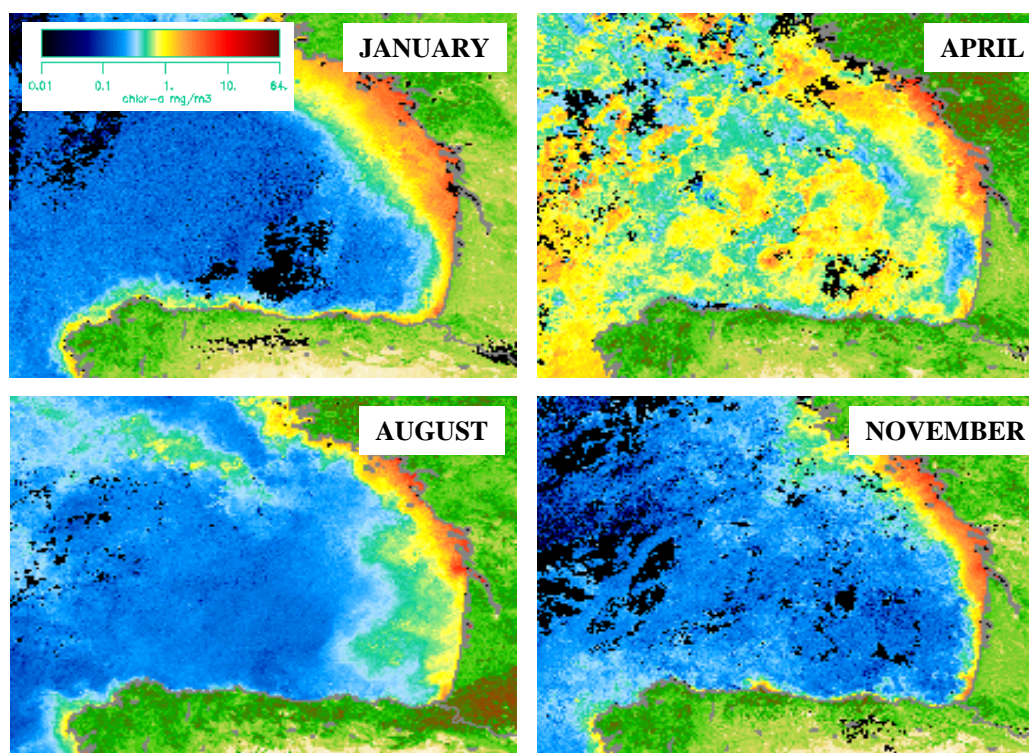


Figura 3.1. Imágenes promediadas mensualmente de clorofila superficial en el Golfo de Vizcaya obtenidas mediante el sensor SeaWiFS a bordo de satélite: enero, abril, agosto y noviembre de 1999 (Lavín *et al.*, 2006).

El comienzo de la proliferación de primavera ocurre con sorprendente regularidad en marzo en la costa meridional, cuando empieza la reestratificación estacional y, por consiguiente, la capa de mezcla se hace menos profunda y mantiene al fitoplancton en la capa iluminada (capa fótica). A principios de abril, la proliferación primaveral cubre todo el Golfo de Vizcaya (Figura 3.2). A partir de mayo, la clorofila desciende bruscamente, y los valores más bajos se



observan en el verano, cuando la estratificación de la columna de agua impide el suministro de nutrientes a la capa fótica y la mayor parte de la producción primaria se basa en nutrientes regenerados a partir de la materia orgánica (Bode *et al.*, 1994). En otoño, el enfriamiento de la capa superficial origina un nuevo proceso de mezcla y enriquecimiento de nutrientes. Sin embargo, la proliferación de fitoplancton en esta época es bastante variable en duración e intensidad y se limita a zonas costeras, generalmente al interior de la isobata de 75 m. Durante los meses invernales y en las zonas costeras al interior de la isobata de 100 m, las estimaciones de clorofila se mantienen relativamente altas (Figura 3.1), asociadas a escorrentías y flujos fluviales (Gohin *et al.*, 2003).

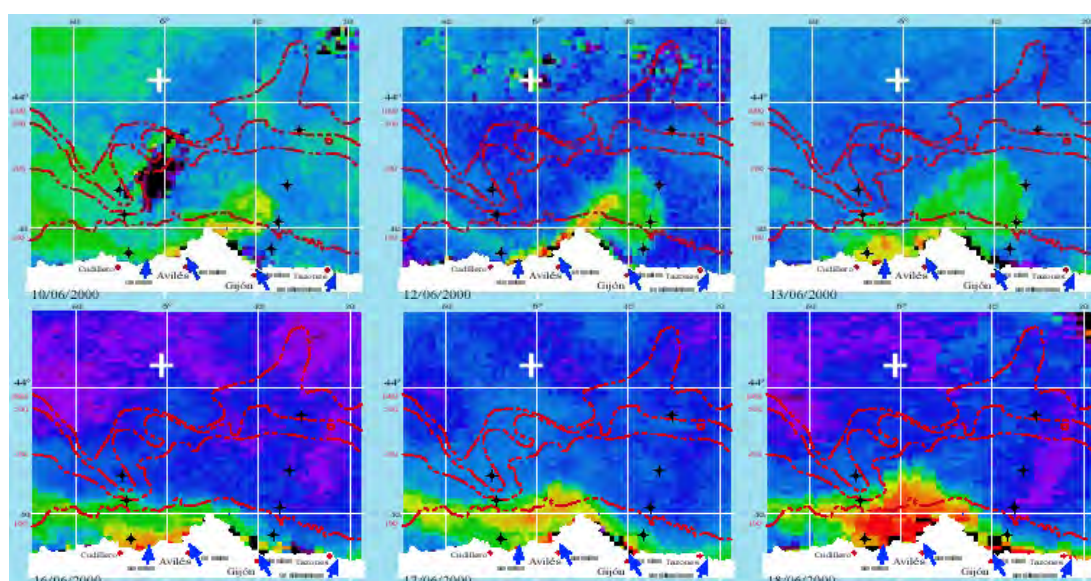


Figura 3.2. Variabilidad del fitoplancton superficial (clorofila *a*) en la costa central del mar Cantábrico observada por teledetección (SeaWiFS, 7-18 de junio, 2000).

En la costa cantábrica la biomasa de fitoplancton (estimada a partir de la concentración de clorofila integrada en la zona fótica) varía entre  $15 \text{ mg m}^{-2}$  (invierno) y  $70 \text{ mg m}^{-2}$  (en primavera), mientras que en verano lo hace desde  $35 \text{ mg m}^{-2}$  (fases de estratificación) y  $60 \text{ mg m}^{-2}$  (afloramiento). En la costa de Galicia los valores observados en invierno y en fases de estratificación estival son similares a los del Cantábrico, pero los valores observados en las proliferaciones de primavera y afloramiento son mucho mayores ( $80$  y  $65 \text{ mg m}^{-2}$ , respectivamente; Bode *et al.*, 1996).

Los fenómenos de afloramiento, que introducen nutrientes en la capa fótica, son altamente variables en términos de intensidad y frecuencia interanual, pero en general son más frecuentes e intensos en el Cantábrico occidental y en Galicia, entre abril y septiembre. Estos





afloramientos generan variabilidad espacial en el fitoplancton, entre las partes occidentales y orientales del mar Cantábrico y entre las aguas mezcladas de la costa y las zonas oceánicas estratificadas adyacentes (Botas *et al.*, 1990; Bode *et al.*, 1996, 2011).

Los filamentos y los frentes asociados a la Corriente de Navidad, que introduce agua generalmente más cálida y salina de origen subtropical, influyen en la distribución, la biomasa, la composición bioquímica, las especies y la producción de fitoplancton (Botas *et al.*, 1988; Bode *et al.*, 1990; Fernández y Bode, 1991; 1993; Bode *et al.*, 2002). Una de las consecuencias es el reforzamiento de proliferaciones de fitoplancton cuando la intrusión salina es débil, debido al desarrollo de frentes y la formación de termoclinas estacionales que favorecen la retención del fitoplancton. Por el contrario, una intrusión salina intensa produce una mayor mezcla vertical, impidiendo el crecimiento de fitoplancton.

La continua aportación de nutrientes de origen continental por el agua de los ríos y las escorrentías, permiten mantener una elevada producción de fitoplancton a lo largo de la franja costera y, en ocasiones, incluso hasta el borde de la plataforma continental. Esto se debe a la estratificación halina que mantiene las células de fitoplancton en una capa de agua muy fina y rica en nutrientes durante gran parte del año. Este efecto es más importante en la parte oeste del Golfo de Vizcaya, que recibe las aguas de los caudalosos ríos franceses, teniendo menos importancia en la parte sur y oeste de la región, con ríos menos caudalosos (Prego y Vergara, 1998).

### ***Dinámica de zooplancton y variabilidad regional***

El ciclo anual de abundancia y biomasa de zooplancton de la región presenta una marcada estacionalidad, con un máximo principal en primavera, correspondiente a la proliferación de fitoplancton, aunque a veces más tardío, y con máximos secundarios en verano y otoño (Valdés *et al.*, 1991; Bode *et al.*, 1998; Bode y Álvarez-Ossorio, 2004; Valdés *et al.*, 2007; Bode *et al.*, 2009). Para algunas especies, el máximo de primavera suele ocurrir antes en la región oriental que en la occidental del Golfo de Vizcaya (Bode *et al.*, 2011), debido posiblemente a que en la parte interna del Golfo se alcanzan mayores temperaturas, lo que podría favorecer el desarrollo de los huevos y los estados tempranos de desarrollo de estas especies. En invierno se observan valores de abundancia y biomasa claramente más bajos. Sin embargo, este patrón estacional se puede ver alterado en función de las características hidrográficas y topográficas. Las zonas oceánicas presentan un patrón anual típico de áreas oligotróficas, con pequeñas variaciones en los valores de abundancia y biomasa a lo largo del ciclo y un solo periodo, generalmente coincidiendo con el mes de abril, en el que las comunidades se desarrollan y alcanzan su máximo anual (Bode *et al.*, 2009). En estas zonas, la abundancia y biomasa del zooplancton es menor que en los ambientes neríticos y costeros (Figura 3.3, Valdés *et al.*, 2001).

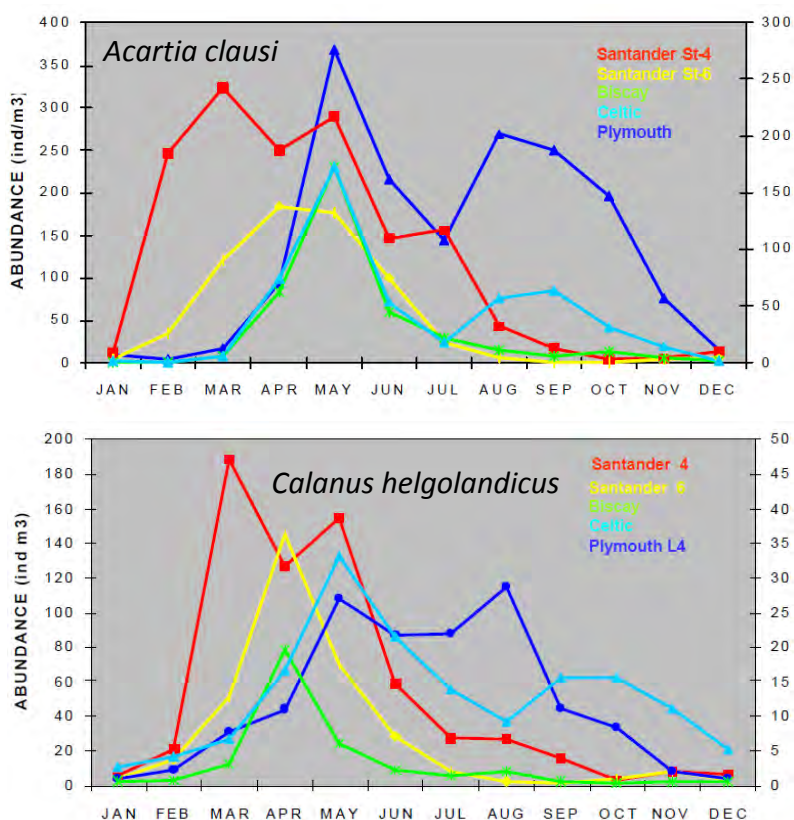


Figura 3.3. Abundancia media mensual (1992-1999) de *Acartia clausii* (cuadro superior) y *Calanus helgolandicus* (cuadro inferior) sobre la plataforma a la altura de Santander (línea roja), una estación oceánica a la altura de Santander (amarilla), mar abierto en el Golfo de Vizcaya (verde, desde CPR), Mar Céltico (celeste, desde CPR) y sobre la plataforma a la altura de Plymouth (azul marino). El eje de la izquierda representa abundancia a la altura de Santander y Plymouth, el eje derecho abundancia tomada por CPR en el Golfo de Vizcaya y Mar Céltico (Valdés *et al.*, 2001).

Las principales desviaciones con respecto al patrón estacional medio tienen lugar en los estuarios y en las zonas costeras someras, donde la influencia de los afloramientos y los aportes continentales alteran la concentración de nutrientes y la estructura de la columna de agua. La biomasa de zooplancton alcanza mayores valores en la costa gallega donde, durante varios meses, excede  $30 \text{ mg m}^{-3}$  peso seco y en muchas ocasiones incluso duplica este valor. Esta mayor biomasa está asociada a la mayor frecuencia e intensidad del afloramiento (Bode *et al.*, 2003; Valdés *et al.*, 2007). En el mar Cantábrico la biomasa de zooplancton es menor que en Galicia, aunque en algunos meses se llegan a alcanzar  $30 \text{ mg m}^{-3}$ .

La distribución general de la biomasa de mesozooplancton (200-2.000  $\mu\text{m}$ ) en primavera (marzo a mayo) muestra una relación con los patrones descritos para el fitoplancton (Figura 3.4). Los valores máximos ( $\approx 70 \text{ mg m}^{-3}$ ) se observan en la época de los máximos de



fitoplancton (marzo). Posteriormente (mayo) el zooplancton disminuye con el fitoplancton, mostrando una distribución heterogénea con máximos puntuales asociados a zonas de afloramiento y plumas de agua dulce provenientes de grandes ríos (Figura 3.4).

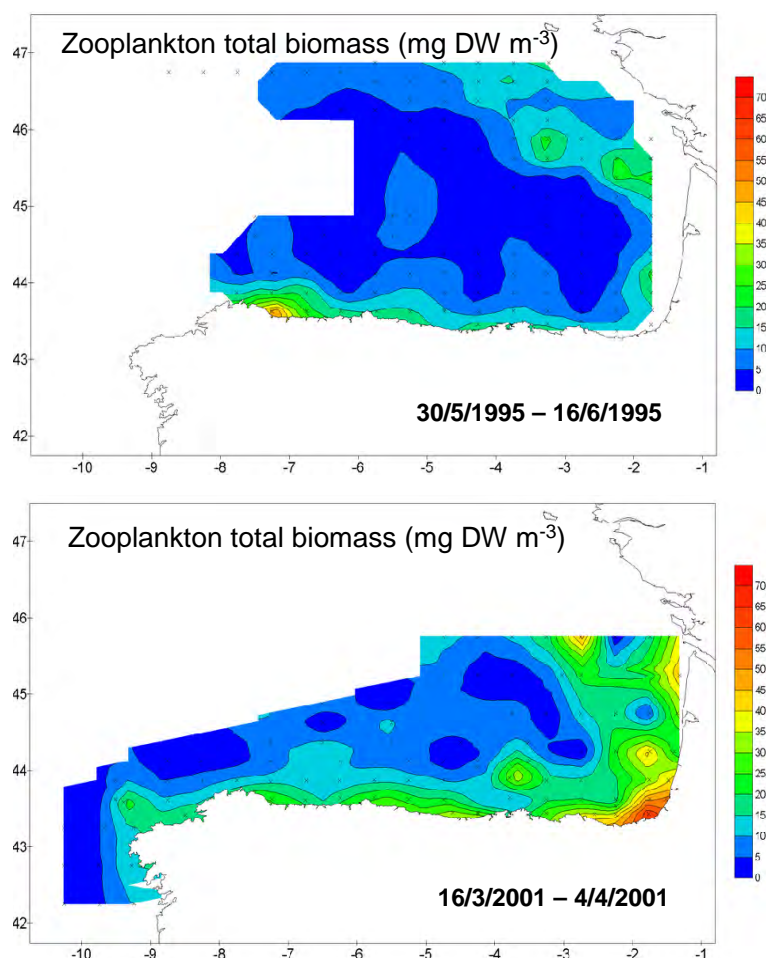


Figura 3.4. Distribución espacial de biomasa de mesozooplancton en el Golfo de Vizcaya en junio (1995) y marzo (2001). Lavín *et al.* (2006).

Las aguas oceánicas del Golfo de Vizcaya tienen abundancias muy bajas la mayor parte del tiempo. Por consiguiente, estas aguas pobres en el centro del Golfo de Vizcaya no presentan desove ni cría de las especies pelágicas principales. En contraste, los huevos y larvas de sardina, caballa y jurel se concentran en la plataforma (Figura 3.5).

En cuanto a la variabilidad interanual, aunque se ha observado una disminución de la abundancia del zooplancton en el ambiente oceánico durante los últimos 40 años, en la zona costera la abundancia y la biomasa se han mantenido estables o han aumentado. Se ha





sugerido que esta estabilidad relativa del zooplancton es consecuencia de la gran variabilidad que caracteriza a los ecosistemas sujetos a episodios frecuentes de afloramientos (Valdés *et al.*, 2007; Bode *et al.*, 2009).

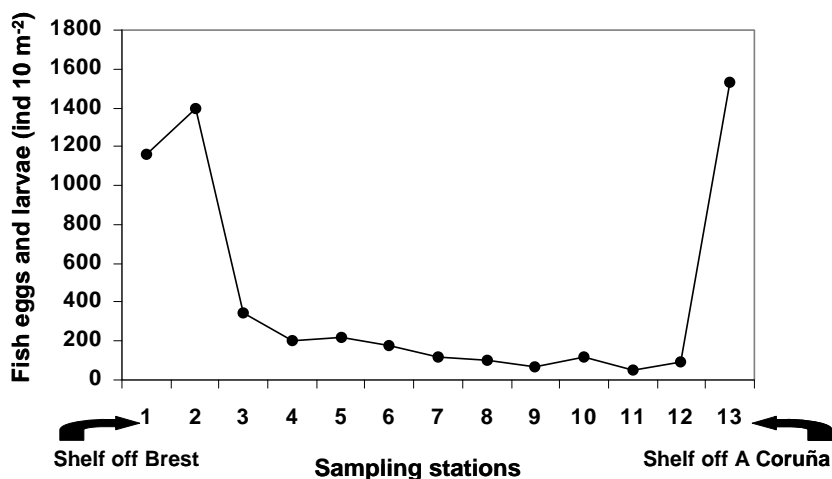


Figura 3.5. Abundancia de huevos y larvas de sardina, caballa y jurel a lo largo del transecto que cruza el Golfo de Vizcaya desde Brest (N) a A Coruña (S). Las distancias entre estaciones son regulares; st-1=plataforma continental a la altura de Brest, st-13=plataforma continental a la altura de A Coruña (Lavín *et al.*, 2006).

### **Producción primaria, secundaria y red trófica pelágica**

La producción primaria de la región (estimada mediante medidas experimentales de absorción de carbono inorgánico) supera  $1 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  en las proliferaciones de fitoplancton (especialmente en los episodios de afloramiento), con valores medios para las demás épocas próximos a  $0,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Bode *et al.*, 1996, 2011; Joint *et al.*, 2001). La producción durante las proliferaciones primaverales es debida principalmente al nano y micro-fitoplancton (2-20 y  $>20 \mu\text{m}$ , respectivamente), mientras que durante el estado oligotrófico en el verano y durante las proliferaciones invernales, se debe al pico-fitoplancton ( $0,2\text{-}2 \mu\text{m}$ ). Esta alternancia estacional en las tasas de producción desde el nano- y microfitoplancton en primavera, al picofitoplancton en verano, cuando los nutrientes están mermados en aguas superficiales estratificadas y los procesos microbianos fomentan una producción regenerada por medio de células más pequeñas. También ha sido descrito en otros mares templados (Smetacek *et al.*, 1984; Legendre y Gosselin, 1989; Legendre y Le Fèvre, 1991; Bode *et al.*, 1994; Legendre y Rassoulzadegan, 1995).

El estudio de las relaciones tróficas en ecosistemas pelágicos se complica por la gran variabilidad de la dieta de la mayoría de las especies, que conduce a redes alimentarias no estructuradas (Isaacs, 1973). El tamaño y las especies de fito- y zooplancton determinan la



magnitud del impacto del pastoreo. En general, el zooplancton de mediano tamaño (500-1.000  $\mu\text{m}$ ) es el que presenta una mayor eficiencia de pastoreo, seguido del zooplancton de gran tamaño. En comparación, el zooplancton de pequeño tamaño (<500  $\mu\text{m}$ ) debe alcanzar densidades muy altas para tener un impacto significativo en el fitoplancton, pero puede llegar a ser el zooplancton más eficiente durante episodios de afloramiento (p. ej. Bode *et al.*, 2003; Figura 3.6).

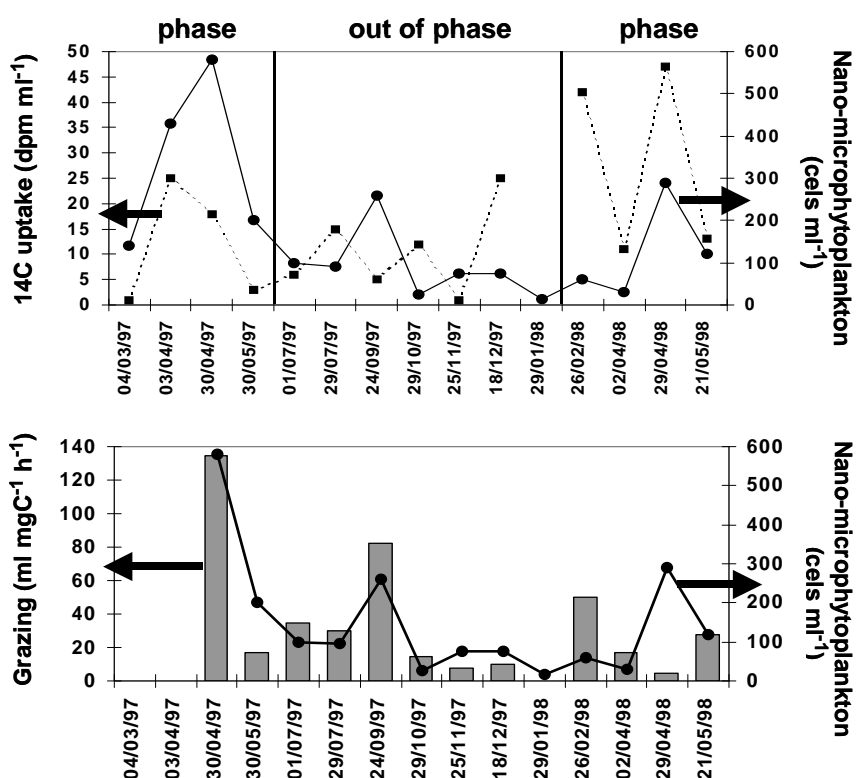


Figura 3.6 (A) Captura de  $^{14}\text{C}$  por la comunidad natural de fitoplancton a la altura de Santander y abundancia de nano y micro-fitoplancton. (B) Pastoreo de zooplancton (fracción 250-500  $\mu\text{m}$ ) y abundancia de nano- y microfitoplancton (Lavín *et al.*, 2006).

Los valores de pastoreo de la fracción mayor de zooplancton (>1.000  $\mu\text{m}$ ) no muestran una relación clara ni con el nano o micro-fitoplancton, ni con el pico-fitoplancton, sugiriendo que los hábitos alimentarios no se basan exclusivamente en productores primarios. En la plataforma Gallega el impacto del zooplancton es generalmente bajo durante la mayor parte del año. Bode *et al.* (2003) estimaron que el impacto medio anual de los copépodos herbívoros en esta zona puede llegar a representar el 2 % de la biomasa del fitoplancton o el 6 % de la producción primaria.

Se conoce parcialmente la estructura trófica de las redes pelágicas, a partir de estudios de



análisis de estómagos de peces (p. ej. Olaso *et al.*, 2002) o de abundancia natural de isótopos estables (p. ej. Bode *et al.*, 2003, 2007). Estos estudios revelan un papel principal del zooplancton de la región en la transferencia de materia orgánica a los peces (muchos de estos de interés comercial), y que los cambios en la estructura de tamaños y composición del plancton se relacionan con la abundancia de las poblaciones de peces planctívoros (p. ej. Bode *et al.*, 2007, Van der Lingen *et al.*, 2009).

### 3.1.2. Hábitats bentónicos

#### 3.1.2.1. Sustratos blandos

##### *Hábitats blandos intermareales*

Los fondos blandos intermareales en zonas oceánicas (con salinidad superior a 32 ‰) se subdividen en función de la pendiente del fondo y el tipo de sedimento en varios hábitats como: playas arenosas, llanuras intermareales y praderas de inundación dominadas por fanerógamas marinas. Las praderas de fanerógamas son uno de los hábitats registrados por la red Natura 2000 y son, dentro de los fondos arenosos intermareales, el hábitat que acumulan una mayor densidad de macrofauna (Junoy y Viéitez, 1992), siendo además de importancia esencial (aunque principalmente en su parte permanentemente sumergida) para juveniles de varias especies de peces y crustáceos que utilizan este hábitat como refugio (Heck *et al.*, 2003). No obstante, en su mayor parte estas praderas se hayan presentes en aguas de transición y por lo tanto no son competencia de la presente directiva. Dentro de los fondos blandos intermareales que si se hayan afectados por la DEM, las playas arenosas son el hábitat más común, extendiéndose por toda la costa de la demarcación noratlántica. Este hábitat se encuentra naturalmente fragmentado teniendo las playas arenosas muy diversa extensión en longitud y anchura, sin embargo, en el Norte de la Península Ibérica el perfil de la playa suele responder a una zona superior de elevada pendiente (reflectiva), y una zona inferior de pendiente tendida (disipativa). La fauna en este hábitat está limitada por los largos periodos de desecación y por la escasa retención de agua por el sedimento arenoso durante la bajamar, dominando los crustáceos (Rodil *et al.*, 2008). En la zona inferior de las playas arenosas, predominan los poliquetos y los moluscos (Rodil *et al.*, 2008). La fauna asociada a los hábitats de fondos arenosos intermareales depende íntimamente de características del área tales como el gradiente morfodinámico (condiciones disipativas o reflectivas), la amplitud de la zona de batida de ola, la pendiente, etc.

Existen claras diferencias faunísticas y granulométricas entre los diferentes grados de exposición (Urgorri *et al.*, 2007). Las playas de arena fina organógena de costas batidas o muy batidas fauna está dominada por crustáceos, como los isópodos *Eurydice pulchra* y *E. affinis*, el misidáceo *Gastrosaccus sanctus*, los anfípodos *Talitrus saltator* y *Pontocrates arenarius*, el poliqueto *Scolelepis squamata* y el bivalvo *Donax trunculus*. Por otro lado, playas de exposición baja o media tienen unos sedimentos más minerales, menos organógenos, y



mayor proporción de pelitas. La fauna más característica está representada por los poliquetos *Arenicola marina* y *Nephtys cirrosa* y los bivalvos *Tellina tenuis*, *Loripes lacteus*, *Tapes decussatus* y *Cerastoderma edule*. Un hábitat de especial interés en conservación son las arenas intermareales con afloramientos rocosos cubiertos del poliqueto colonial *Sabellaria alveolata*.

### **Hábitats blandos infralitorales**

Los fondos blandos infralitorales se extienden a lo largo de toda la demarcación noratlántica entre la línea de bajamar y los 30 m de profundidad.

En su catalogación de hábitats de Galicia, Urgorri et al (2007) citan la presencia de:

- Arenas de anfióxo: caracterizadas por el procordado *Branchiostoma lanceolatum* y con una rica comunidad de fauna intersticial, destacando los gasterópodos Acochliomorfo, el solenogastro *Biserramenia psammobionta* y el poliqueto *Polygordius lacteus*;
- Arenas finas infralitorales ligeramente fangosas: con un porcentaje de pelitas no superior al 15% y sometido a un hidrodinamismo medio, dominado por poliquetos depositívoros de la familia Spionidae (p.e. *Spio decoratus* y *Spiophanes bombyx*), los owénidos *Owenia fusiformis* y *Galathowenia oculata* y diversos Cirratulidae, así como numerosos crustáceos anfípodos y el erizo irregular *Echinocardium cordatum*.
- Arenas gruesas y cascajos infralitorales en zonas expuestas: dominada por especies sésiles e incrustantes suspensívoras como Ascidiáceos, Poríferos, Hidrozoos e Briozoos. La infauna está constituida por bivalvos como *Clausinella fasciata* y *Astarte triangularis*, el erizo *Echinocyamus pusillus* y los poliquetos *Polygordius appendiculatus*, *Pisione remota*, *Parapionosyllis cabezali* y *Sphaerosyllis taylori*.
- Arenas medias infralitorales con moderado hidrodinamismo: la fauna está dominada por pequeños bivalvos como *Digitaria digitaria*, el ascidiáceo colonial *Distomus variolosus*, los poliquetos *Streptosyllis websteri*, *Nephtys cirrosa*, *Hesionura elongata* y *Pisione parapari*; diversos crustáceos anfípodos como *Bathyporeia guilliamsoniana*, cumáceos como *Pseudocuma simile*.
- Cascajos fangosos infralitorales: elementos gruesos, como conchas y pequeñas piedras, con porcentaje alto de elementos finos (pelitas). Fauna mixta de sedimentos gruesos y finos, como por ejemplo los bivalvos *Venus verrucosa* y *Venerupis rhomboides*, los gasterópodos *Calyptrea chinensis* y *Turritella communis*, poliquetos como *Chaetopterus variopedatus* y depositívoros de la familia Terebellidae, y el pequeño cangrejo depositívoro *Pisidia longicornis*.
- Fondos fangosos: entre 1 y 25 metros de profundidad, con porcentajes de pelitas superiores al 50%. Dominio de la infauna (poliquetos, moluscos y crustáceos). Las especies más características son *Philine aperta*, poliquetos Maldanidae como *Euclymene oerstedii*, *Ampharete finmarchica* de la familia Ampharetidae, el cirratúlido *Chaetozone gibber*, el néphtido *Nephtys hombergi*, los anfípodos *Harpinia* spp. y *Ampelisca remora*, el cangrejo *Liocarcinus arcuatus* y el bivalvo *Thyasira flexuosa*.
- Fondos fango-arenosos con hidrodinamismo moderado: mayoritariamente fangoso, con pequeñas piedras y conchas en su cubierta superficial. Zonas con efecto continuo y lento de



renovación de agua. Entre las diversas especies que los habitan destacan la esponja *Ficulina ficus*, los bivalvos *Corbula gibba*, *Mysella bidentata* y *Cardium papillosum* y los gasterópodos *Hinia reticulata* e *Hinia incrassata*.

### **Hábitats blandos circalitorales**

Los fondos blandos circalitorales se extienden a lo largo de toda la demarcación noratlántica entre los 30 y los 200 m de profundidad. Las comunidades bentónicas de sustratos blandos son el componente bentónico más estudiado de la Demarcación Noratlántica. Los primeros estudios se remontan a finales de los años setenta con publicaciones sobre comunidades endofaunales en aguas interiores de las Rías Baixas (López-Jamar, 1978 a y b). Sin embargo, las primeras investigaciones sobre bentos con una gran distribución espacial, en aguas no interiores, las encontramos en los estudios de López-Jamar *et al.* (1992) sobre endofauna en la plataforma continental gallega y los de Olaso (1990) sobre megabentos invertido en la plataforma continental cantábrica. Se trata de una zona del lecho marino que ha sido muy estudiada por el Instituto Español de Oceanografía al encontrarse dentro del ámbito de actuación de la campaña oceanográfica DEMERSALES (Sánchez & Serrano, 2003) en el que se hayan presentes una gran variedad de hábitats.

La plataforma continental gallega está formada principalmente por sedimentos no consolidados (Figura 3.7) por lo que facilita el asentamiento de comunidades bentónicas tanto sésiles como móviles. López-Jamar *et al.* (1992) clasificó las comunidades macroendofaunales en cuatro grandes grupos según su composición faunística y sus características sedimentológicas: Comunidades de arena o fango de la plataforma exterior y central, Comunidades de fango de la plataforma interna sur, Comunidades de arena fina de la plataforma norte y Comunidades de arena gruesa de la plataforma norte (Figura 3.8). El grupo endofaunal dominante en abundancia y en biomasa son los poliquetos, dominados numéricamente por los espiónidos y paraónidos, y desde el punto de vista trófico, por los detritívoros superficiales (López-Jamar y González, 1987; López-Jamar *et al.*, 1992). En otros estudios realizados también en plataforma continental gallega (López-Jamar *et al.*, 1992) se relacionaba la elevada productividad bentónica (macrobentónica) con las zonas de elevada producción primaria debido a los fenómenos de afloramiento costero característicos de esta zona. Urgorri *et al.* (2007) describen la comunidad de fangos circalitorales, entre 25-30 y 60 metros de profundidad, con porcentajes de pelitas superiores al 70%, y una fauna de poliquetos, moluscos y crustáceos endobentónicos, como los poliquetos *Sternaspis scutata*, *Maldane glebifex* y la ofiura *Amphiura chiajei*. En la epifauna destacan varias especies de pennatuláceos como *Pteroides griseum*, *Veretillum cynomorium* y *Pennatula* sp.

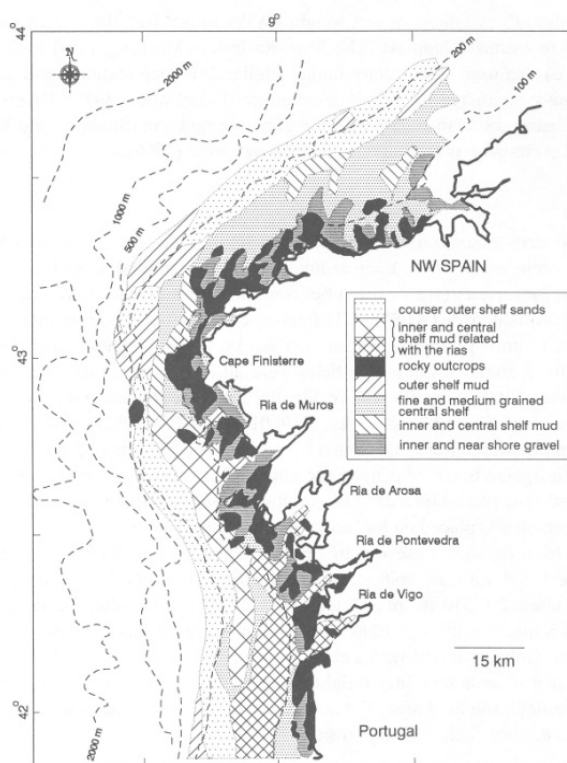


Figura 3.7. Distribución espacial de los sedimentos superficiales y los resaltes rocosos en la plataforma continental gallega (López-Jamar *et al.*, 1992).

En cuanto a las comunidades megaepibentónicas, González-Gurriarán y Olaso (1987) y Freire *et al.* (1991 y 1992) estudiaron los cambios espaciales y temporales de los crustáceos decápodos de la plataforma continental de Galicia y, por otro lado, los trabajos de Fariña y Pereiro (1995) describieron la distribución espacial de las poblaciones de moluscos y decápodos capturados mediante las redes de arrastre en la misma zona. El decápodo *Polybius henslowii* y los moluscos *Alloteuthis* spp. y *Sepia* spp. son las especies que dominan la plataforma interna gallega (100-150 m), mientras que la plataforma media (150-250 m) está caracterizada por la presencia de los crustáceos *Plesionika heterocarpus* y *Munida intermedia*, junto con los moluscos *Illex coindetti* y *Scaphander lignarius*. Los crustáceos *Pasiphaea sivado*, *Dichelopandalus bonneri*, *Solenocera membranacea* y *Munida sarsi* dominan las zonas más profundas de la plataforma (Fariña y Pereiro, 1995; Fariña *et al.*, 1997a y b).



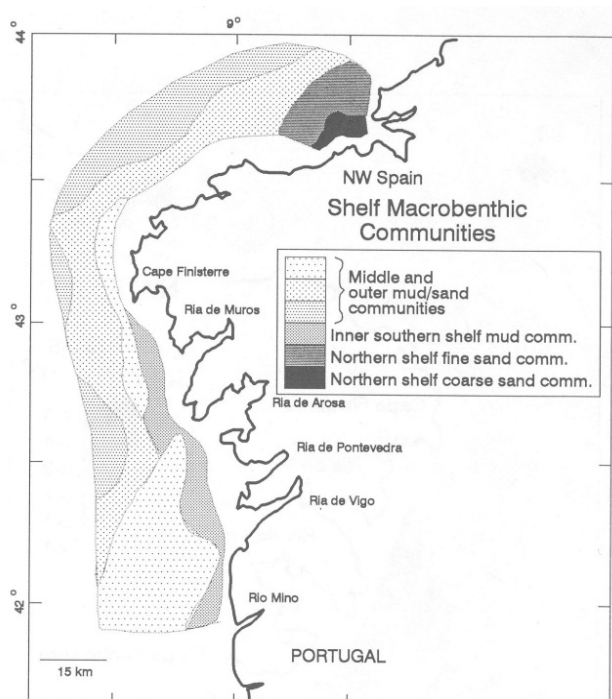


Figura 3.8. Distribución espacial de las comunidades macroendofaunales en la plataforma continental gallega (López-Jamar *et al.*, 1992).

La plataforma continental cantábrica es estrecha y con notables irregularidades batimétricas (afloramientos rocosos, cañones submarinos, plataformas marginales, etc.) y la cobertura sedimentaria es reducida o está ausente en muchas zonas (Figuras 3.9 y 3.10; Rey y Medialdea, 1989). Las comunidades macrobentónicas características de la plataforma cantábrica son: *Comunidad Dendrodoa grosularia-Smittina trispinosa*, descrita por Cabioch (1961) sobre sedimentos de gravas litorales (25-50 m) y caracterizada por la presencia de *Dendrodoa* y *Smittina* junto a otras especies como el cumáceo *Dyastilis laevis*; *Comunidad de Amphiura*, sobre sedimentos de arena fina (70-150 m), y caracterizada, en la zona del País Vasco (Martínez y Adarraga; 2001) por la presencia de *Thyasira flexuosa*, *Prionospio fallax*, *Lumbrineris gracilis*, *Ampharete finmarchica*, *Chaetozone setosa*, *Terebellides ströemi*, etc., como especies más representativas; *Comunidad Auchenoplax crinita-Paradiopatra calliopae-Ditrupa arietina*, establecida sobre fondos arenosos (150-250 m) y dominada por especies como *Onchnesoma steentrupii*, *Galathowenia oculata* y *T. ströemi* (Martínez y Adarraga; 2001).

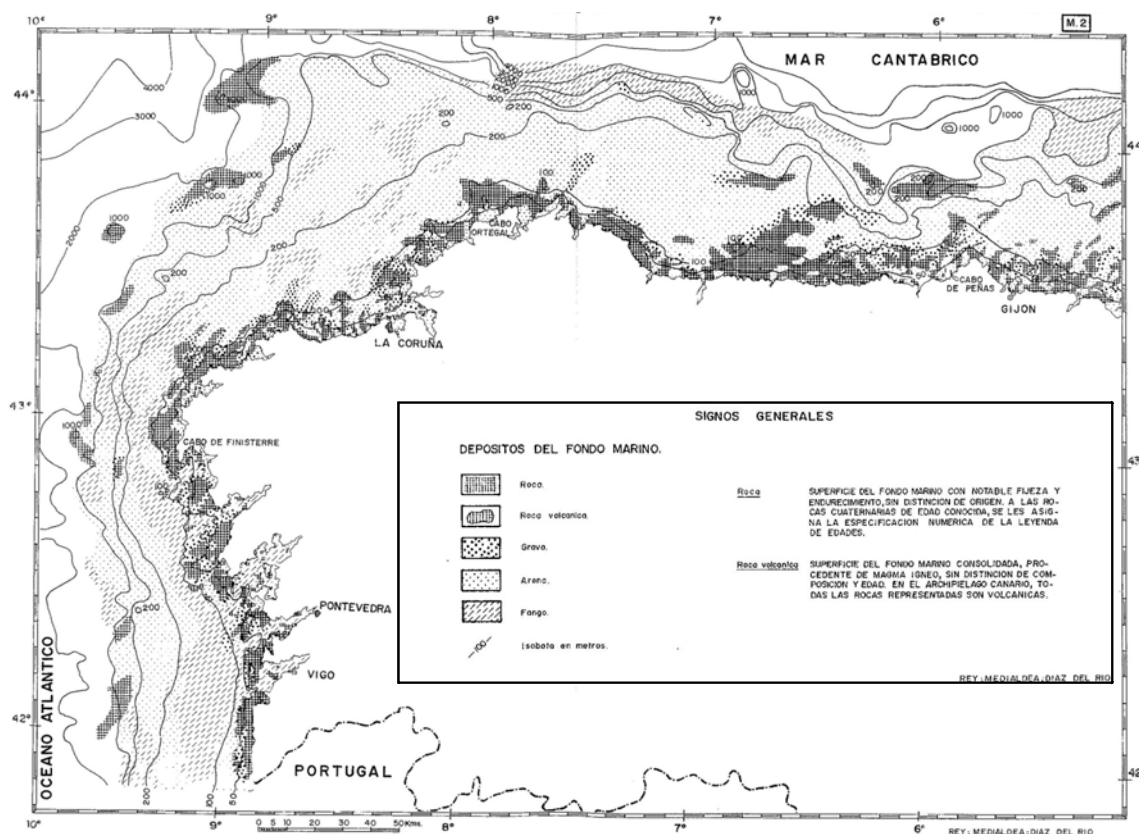


Figura 3.9. Distribución espacial de tipos sedimentarios superficiales y batimetría del margen continental septentrional de la Península Ibérica entre A Guarda (Galicia) y Lastres (Asturias; Rey y Medialdea, 1989).

En cuanto a las comunidades epibentónicas de la plataforma Cantábrica, Serrano *et al.* (2006) identificaron tres agrupaciones mediante el uso de un bou de vara de 3,5 m: la *Agrupación de la plataforma interna* (30-100 m), caracterizada la presencia de arenas finas y por el cangrejo ermitaño (*Diogenes pugilator*). Especies de peces (*Arnoglossus laterna*, *Callyonimus maculatus*, *Pomatochistus* sp.) y otro ermitaño, *Anapagurus laevis*, caracterizan la *Agrupación de plataforma interna y media* (100-200 m) con sedimentos de alto contenido orgánico, mientras que el equinodermo *Ophiura affinis*, el pez *Lepidorhombus boscii* y crustáceos *Crangonidae* tipifican la *Agrupación de profundidad* (200-400 m) con sedimentos finos y medios, y niveles intermedios de materia orgánica.

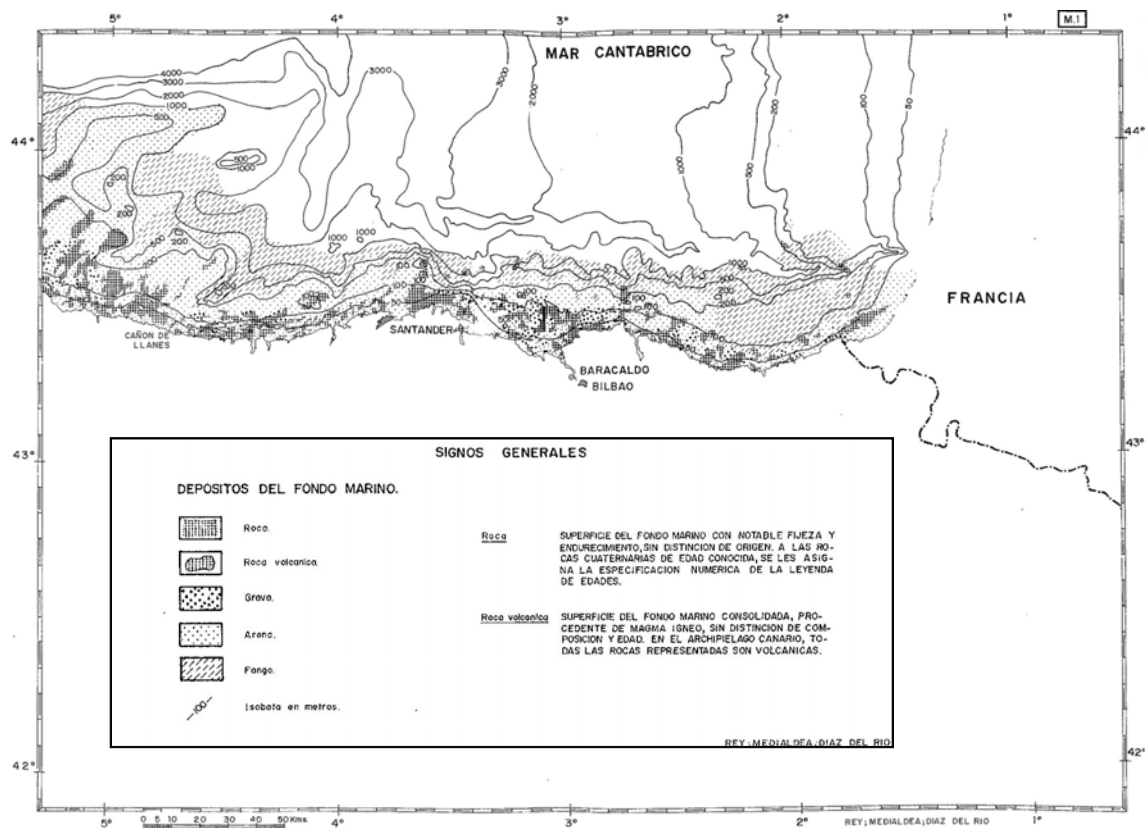


Figura 3.10. Distribución espacial de tipos sedimentarios superficiales y batimetría del margen continental septentrional de la Península Ibérica entre Lastres (Asturias) y Capbreton (Francia; Rey y Medialdea, 1989).

Desde el punto de vista batimétrico, el megabentos invertibrado de esta zona está caracterizado por la presencia de cuatro agrupamientos bien definidos (Olaso, 1990): *Agrupación costera* (<90 m), caracterizada por la dominancia de las especies *Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris*, *Alloteuthis media*, *Octopus vulgaris*, *Charonia lampax* y *Pagurus bernhardus*; la *Agrupación principio de plataforma* (90-139 m) con *Loligo forbesi*, *Marthasterias glacialis*, *Sepia elegans*, *Ophiura ophiura* y *Calliostoma granulatum* como especies más representativas; la *Agrupación plataforma* (130-300 m) con abundancia de especies típicas de plataforma como *Actinauge richardi*, *Argobuccinum olearium*, *Eledone cirrhosa*, *Rossia macrossoma*, etc. y la *Agrupación principio de talud* (300-500 m) con *Pasiphaea sivado*, *Munida perarmata*, *Galeodea rugosa*, *Stichopus tremulus*, *Porania pulvillus*, *Bathynectes maravigna* y *Nephrops norvegicus* como especies características.

Dentro de los fondos blandos circalitorales 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. Los pennatuláceos son octocorales habituales en los fondos blandos de la plataforma continental. Habitan



sobre fondos de arena y fango donde pueden llegar a formar densas poblaciones, casi siempre monoespecíficas (Péres, 1982), aunque lo más usual es que las colonias crezcan de forma aislada a lo largo de grandes extensiones. Dentro del entorno del Golfo de Vizcaya se han citado un total de 14 especies pertenecientes al Orden Pennatulacea (Altuna, 2010), si bien las comunidades de estos organismos observadas en los fondos blandos circalitorales (hábitat EUNIS A5.361) y profundos (hábitat aún no incluido en EUNIS) de la costa norte española están formadas principalmente por cuatro especies; *Funiculina quadrangularis* (Pallas, 1776), *Pennatula rubra* (Ellis, 1761), *Pteroeides griseum* (Linnaeus, 1767) y *Pteroeides spinosus* (Ellis, 1764). Las agregaciones de esponjas observadas en los fondos blandos circalitorales (Hábitat no incluido aún en EUNIS) muestreados por la campaña DEMERSALES están formadas principalmente por esponjas de los géneros *Geodia* y *Phakellia*. Las agregaciones de esponjas profundas son descritas por OSPAR como; *Agregaciones de esponjas* (principalmente de las clases: Hexactinellida y Demospongiae) observadas a profundidades de entre 250 y 1300m (Bett & Rice, 1992), con temperaturas comprendidas entre 4 y 10 °C y una velocidad moderada de corriente (OSPAR, 2010). Se trata por lo tanto de una definición muy amplia, que da cabida a un gran número de agregaciones de esponjas distintas. De hecho, aunque la definición habla de profundidades mínimas de 250 m, en el Mar Cantábrico se han observado estas agregaciones a profundidades inferiores y por ello, se citan también dentro de los hábitats presentes en el circalitoral blando. Además de estos dos hábitats, dentro de los fondos blandos circalitorales de la costa norte española destacan 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). Los fondos dominados por holoturias son un claro ejemplo. Aunque existe una gran diversidad de Holoturoidea presentes en los fondos sedimentarios de Galicia y el Mar Cantábrico, solo tres pueden considerarse como especies estructurantes; *Parastichopus tremulus* (Gunnerus, 1767), *Laetmogone violacea* (Théel, 1879) y *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817), siendo esta última la más habitual en los fondos circalitorales. Las facies formadas por *P. regalis* y el coral blando *Alcyonium palmatum* son uno de los hábitats EUNIS descrito para las comunidades de fangos de origen terrígeno del Mediterráneo (A5.393). Sin embargo, en el Atlántico las facies de este invertebrado aún no han sido incluidas en EUNIS. Esta especie tiene un elevado interés comercial en Cataluña donde se comercializa con el nombre de espardenya, llongo, llonguet o sola y donde es la especie de marisco con mayor valor en las lonjas de esta comunidad (Ramón et al, 2010). Otros equinodermos que forman facies son: la estrella de mar *Astropecten irregularis* (Pennant, 1777), el erizo de mar *Gracilechinus acutus* (Lamarck, 1816), el crinoideo *Leptometra celtica* (Barrett & McAndrew, 1858) y las ofiuras *Ophiothrix fragilis* (Abildgaard, 1789) y *Ophiura ophiura* (Linnaeus, 1758). La estrella de mar *A. irregularis* es una especie de amplia distribución geográfica y batimétrica que forma facies



en fondos circalitorales de la costa norte española, especialmente en fondos fangosos y/o de arenas fangosas. Estas facies se encuentran descritas para las costas de Irlanda en asociación con la ofiura *Amphiura brachiata* en fondos infralitorales y circalitorales de arenas fangosas (Hábitat EUNIS A5.262), si bien las comunidades no son exactamente iguales. En la zona norte de la costa española presenta sus máximas abundancias en profundidades entorno a los 150 m. El erizo de mar *G. acutus* forma facies en fondos blandos circalitorales y profundos (Hábitats aún no incluido en la lista EUNIS) de la costa norte española, especialmente en zonas de arenas finas, si bien también puede alcanzar abundancias considerables en zonas de arenas fangosas. (Serrano *et al*, 2006). El crinoideo *L. celtica* es una especie poco conocida que forma facies en fondos circalitorales y profundos de la costa norte española. Las facies de crinoideos y más concretamente de especies del género *Leptometra* han sido descritas en el Mediterráneo, donde la especie *L. phalangium* forma facies caracterizadas por su gran abundancia (Hábitat EUNIS A5.472) pero aún no en el Atlántico. En el Mediterráneo, las comunidades de crinoideos del borde de plataforma han sido descritas como hábitats críticos (Colloca *et al*, 2004) sin que en la actualidad se conozca su relevancia en el Cantábrico. El último grupo de equinodermos formador de facies es el de las ofiuras. Las ofiuras son uno de los grupos de especies más frecuente y cosmopolita de cuantos se observan en los fondos circalitorales y profundos de sustrato blando de la plataforma norte española. Aunque son muchas las especies de ofiuras presentes en esta zona, solo dos pueden considerarse como especies estructurantes; *O. fragilis* y *O. ophiura*. Las facies de estos invertebrados son uno de los hábitats descritos en EUNIS, concretamente las facies de *Ophiura texturata* (Hábitat EUNIS A5.461). Sin embargo ni las facies de *O. ophiura* ni las de *O. fragilis* han sido aún descritas como hábitat por dicha clasificación. *Ophiura ophiura* es la especie que presenta mayores abundancias en la demarcación noratlántica. Esta especie de equinodermo se encuentra presente en fondos arenosos o de arenas con fangos en un amplio rango de profundidades, desde la zona infralitoral hasta los fondos profundos. En la zona de Galicia, esta especie ha sido descrita como una de las principales especies estructurantes de los fondos arenosos de la zona media de la plataforma (Serrano *et al*, 2008), si bien se han observado fondos arenosos dominados por esta especie también en la zona más oriental del Mar Cantábrico. La abundancia de esta especie en fondos blandos no es exclusiva de la zona sur del Golfo de Vizcaya. En el Noroeste de Escocia, esta ofiura es una de las especies más abundantes presentes en el descarte de las pesquerías de cigala (Bergmann and Moore, 2001). La siguiente ofiura más abundante en la costa norte española es *O. fragilis*. Los fondos dominados por esta ofiura son conocidos desde hace años y ya en 1971 la ecología de estas poblaciones fue estudiada en las islas Británicas (Warner, 1971). Esta especie forma habitualmente densos agregados en zonas con sedimentos homogéneos (Broom, 1975) donde puede mostrar una alimentación por filtración (Warner and Woodley, 1975). Su distribución geográfica se extiende por las costas





europas atlánticas desde noruega hasta el Golfo de Vizcaya, estando también presente en el Mediterráneo, así como en las costas de Sur-África (Stöhr and Hansson, 2011). 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* (Marion, 1882), una especie poco conocida de amplia distribución geográfica y batimétrica que forma facies en fondos blandos circalitorales y profundos de la costa norte española. Su distribución global se extiende desde las costas de Noruega hasta las costas de Senegal y costa noreste de Sudamérica, estando también presente en el Mediterráneo (Manuel, 1988). Su distribución batimétrica abarca desde los 30 metros de profundidad hasta fondos de 800 metros. En el Mar Céltico *A. richardi* es la especie dominante de una de las principales comunidades de organismos epibentónicos descritas para esta zona (Ellis *et al*, 2002). A pesar de ello, las facies de *A. richardi* aún no han sido incluidos en la clasificación EUNIS. En esta área la actinia *A. richardi* domina las comunidades en el borde de la plataforma continental en profundidades que varían entre 132-350 m. En la costa norte española su distribución ha sido estudiada por Ruiz-Pico *et al* (2010). Estos autores observaron una mayor abundancia de esta especie en la zona más oriental del Mar Cantábrico, así como en las Rías Bajas. Además, al igual que en el Mar Céltico, la se observó una mayor abundancia en la zona exterior de la plataforma continental.

### *Hábitats blandos batiales*

Los fondos blandos profundos (con profundidades superiores a los 200 m) es la parte del lecho marino más extensa y menos conocida de las presentes en la demarcación noratlántica. La mayor parte de este tipo de fondo pertenece a la llanura abisal y por lo tanto son contados los estudios que han analizado sus hábitats (Tyler, 2003), limitándose la información disponible principalmente a la parte superior del talud, entre los 200 y los 800 m. En esta zona de los fondos blandos profundos destacan por su importancia ambiental las agregaciones de esponjas profundas y los jardines de coral, que si bien son más frecuentes en fondos duros, también tienen representación en los fondos blandos (ej. praderas de *Isidella*). Además de las agregaciones de esponjas de los géneros *Geodia* y *Phakellia* (descritas para el piso circalitoral) hay que añadir la comunidad formada por *Pheronema carpenteri* observada en la cuenca interna del Cachucho a profundidades superiores a los 800 m (Sánchez *et al*, 2008). Otros hábitats frecuentes en este tipo de fondos son los fondos profundos dominados por equinodermos, como los erizos de cuero *Araeosoma fenestratum* (Thomson, 1872) y o *Phormosoma placenta* Thomson, 1872, o las holoturias *Laetmogone violacea* Théel, 1879 y/o *Parastichopus tremulus* (gunnerus, 1767). Los erizos de cuero (*leather sea urchins*) son equinodermos pertenecientes a la infraclase Echinoturioidea (Schultz, 2006). Reciben el nombre de erizos de cuero por sus característicos caparazones flexibles formados por placas calcáreas unidas por membranas intersticiales que los distinguen del resto de erizos con caparazones duros formados enteramente por placas





calcáreas. En las costas del norte de España, dos especies de erizo de cuero forman densas agrupaciones en los fondos blandos profundos por debajo de los 500 metros, *A. fenestratum* (Thomson, 1872) y *P. placenta* (Thomson, 1872). Estas especies son las especies de erizo más abundantes en profundidades entre 500 y 700 metros y forman facies en fondos de arenas y fangos, especialmente en la zona centro del Mar Cantábrico (hábitat aún no incluido en la lista EUNIS). De las dos especies, *A. fenestratum* es la más abundante tanto en número como en biomasa, si bien las dos especies suelen aparecer en las mismas zonas. Su rango de distribución batimétrica en el Mar Cantábrico y Galicia no se conoce con exactitud, puesto que el rango máximo batimétrico de estas especies se encuentra probablemente por debajo de los lances más profundos realizados en la campaña DEMERSALES. Mortensen (1935) situaba la máxima profundidad que alcanza *A. fenestratum* en los 900 m, mientras que *P. placenta* presenta un mayor rango batimétrico y se ha observado a profundidades de 1600 m en aguas de Escocia (Mortensen, 1927). Dentro de los fondos blandos profundos y circalitorales de la costa norte española las holoturias forman una de las comunidades más abundantes y características. A diferencia de *P. regalis* (característica de fondos circalitorales), *L. violacea* y *P. tremulus* son características de fondos profundos y de hecho han sido descritas como especies típicas de la comunidad del talud medio (Serrano et al, 2011). *P. tremulus* y *L. violacea* suelen aparecer juntas en zonas profundas de la plataforma así como en el talud y forman un hábitat frecuente en la costa norte española (aún no incluido en EUNIS). Ambas especies tienen una distribución batimétrica distinta en la zona sur del Golfo de Vizcaya. Mientras que *L. violacea* es una especie de profundidad, que raramente se observa a profundidades menores de 200 m, *P. tremulus* es algo más somera y no es raro observar facies de esta especie en la zona Circalitoral. Como es habitual en las especies abisales *L. violacea* tiene una distribución cosmopolita y ha sido citada en las costas atlánticas de Europa y América (Caribe, Florida, Argentina) y también en el Pacífico (Hansson, 2011). *P. tremulus* en cambio presenta una distribución geográfica más restringida y se encuentra presente solo en el Atlántico, desde Islandia y las costas septentrionales de Noruega, hasta las Islas Canarias (Hansson, 2011). Se trata de una especie con un amplio rango batimétrico y puede ser observada por debajo de los 1500 m (Billet, 1991) o a profundidades tan someras como los 80 m. Finalmente, otro de los hábitats característicos de la zona superior del talud son los fondos blandos profundos dominados por *Munida sarsi* (Huus, 1935) y/o *Munida intermedia* A. Milne Edwards & Bouvier, 1899. Los fondos profundos dominados por especies del género *Munida* fueron descritos en el Mar Cantábrico por Serrano et al (2011) para los fondos fangosos del talud superior, a profundidades que oscilaban entre los 400 y los 500 m (hábitat aún no incluido en EUNIS). De las 5 especies de múnidas presentes en el Atlántico noreste (Harnoll et al, 1992) solo dos presentan la suficiente abundancia para ser consideradas especies estructurantes *M. sarsi* y *M. intermedia*. De estas dos, es *M. sarsi* la que presenta las mayores abundancias y la que suele formar facies con más frecuencia. Su rango batimétrico se extiende desde los 100 metros hasta los 1000, si bien en el norte de España es especialmente abundante a profundidades comprendidas entre los 400 y los 500 metros donde es una de las especies estructurante de la comunidad faunística de transición entre la plataforma y el talud (Serrano et al., 2011). *Munida intermedia* presenta un rango de distribución restringido al Atlántico este, desde la latitud 50 N hasta 15 N, estando también presente en el oeste del



Mediterráneo y en el Mar Adriático (Rice and de Saint Laurent, 1986). Esta especie de múnida puede encontrarse a profundidades que oscilan entre los 120 y los 800 m. En el norte de España suele aparecer junto con *M. sarsi* en fondos profundos (>200 m) de fangos o arenas fangosas del talud si bien, esta especie presenta una distribución más somera que *M. sarsi* (Freire et al, 1992).

### 3.1.2.2. Sustratos rocosos

Por la dificultad de acceso, las comunidades rocosas tradicionalmente siempre estuvieron menos estudiadas que las correspondientes comunidades de sustratos blandos a las mismas profundidades. En los últimos años el uso de la escafandra autónoma como método de muestreo ha proporcionado información equiparable en grado de conocimiento pero limitado a ambientes litorales menores de 50 m. A pesar de esto, son numerosos los estudios que aportan información sobre las comunidades de fondos rocosos en el área de estudio, si bien su número es inversamente proporcional a la profundidad del fondo estudiado.

#### *Hábitats rocosos intermareales*

Los fondos rocosos intermareales son comunes a lo largo de toda la costa de la Demarcación Noratlántica ocupando las áreas rocosas que se extienden desde la zona emergida afectada por salpicaduras y *spray* marino hasta la línea que marca la bajamar de las mareas vivas equinocciales. Estos fondos están caracterizados por su desarrollo en bandas, dependientes del grado de exposición y por lo tanto del estrés que pueden soportar las distintas comunidades. Las comunidades intermareales se caracterizan por la abundancia y diversidad de algas (coralináceas, incrustantes, pardas y rojas), frente a las comunidades típicas de la zona circalitoral que suelen presentar dominancia de comunidades animales. La zona superior del intermareal rocoso sobre la línea marcada por mareas vivas equinocciales afectada principalmente por *spray* marino y salpicaduras está dominada por líquenes (*Verrucaria*, *Lychina*) que desaparecen al aumentar la profundidad a medida que aumenta el periodo de inmersión mareal. En el intermareal superior la presencia de líquenes es ocasional, estando esta franja dominada por animales adheridos a la roca como bellotas de mar (*Chtamalus* spp.), lapas (*Patella* spp.) y mejillones (*Mytilus* spp.), con presencia de algas pardas del género *Fucus* en zonas de baja pendiente e hidrodinamismo. El intermareal medio e inferior está dominado por algas cespitosas y calcificantes, entre las más representativas del segundo grupo se encuentra el género *Corallina*. El intermareal inferior



está principalmente caracterizado por el dúo de algas rojas *Gelidium-Chondrus*. Algunas de las comunidades más características de este tipo de fondos presentes en la Demarcación Noratlántica se muestran en la Tabla 1. Dentro de los hábitats del intermareal rocoso es remarcable la presencia de microhábitats en las cubetas intermareales, caracterizadas por condiciones ambientales extremas y una gran variabilidad en las mismas asociadas a los ciclos mareales. Al encontrarse las cubetas intermareales sumergidas permanentemente constituyen un refugio para las especies del intermareal que son capaces de soportar grandes variaciones en las variables fisicoquímicas (temperatura, salinidad, pH, O<sub>2</sub>, etc...), como el erizo de mar *Paracentrotus lívidus* o especies de góbidos y blénidos.

### **Hábitats rocosos infralitorales**

Los fondos rocosos infralitorales de la costa norte española se extienden a lo largo de toda la zona de estudio en aproximadamente 908 km<sup>2</sup>. 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. Estos fondos engloban ricas comunidades biológicas infralitorales dominadas principalmente por macroalgas, ya sean laminarias (códigos EUNIS A3.11, A3.12, A3.21, A3.22) u otras macroalgas frondosas como *Gelidium* sp. y/o *Cystoseira 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. Dentro de los fondos rocosos infralitorales destacan por su importancia ambiental y extensión las comunidades dominadas por macroalgas, dentro de las cuales destacan a su vez los bosques de laminarias. Las laminarias o quelpos son algas pardas (Cl. Phaeophyceae) pertenecientes al Orden Laminariales. 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). Este hábitat es también una importante zona de alimentación para algunas especies de aves marinas como el cormorán moñudo *Phalacrocorax aristotelis* (Velandy y Freire, 1999) o los eíderes comunes *Somateria mollissima* (Fredriksen, 2003; Lorentsen et al, 2004). Se trata por lo tanto de un hábitat de gran



importancia ecológica y ambiental, que puede llegar a fijar hasta 4000 g de Carbono por metro cuadrado al año (Mohammed y Fredriksen, 2004). En la demarcación noratlántica las comunidades de laminarias 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 las laminarias. En esta comunidad se pueden observar hasta 6 especies autóctonas distintas de algas del orden Laminariales; *Chorda filum* (Linnaeus) Stackhouse, 1797, *Phyllariopsis purpurascens* (C.Agardh) E.C. Henry & G.R. South, 1987, *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie, 1884, *Laminaria ochroleuca* Bachelot de la Pylaie, 1824, *Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders, 2006 y *Saccorhiza polyschides* (Lightfoot) Batters, 1902 (Templado et al, 2009) si bien de estas tan solo *L. hyperborea*, *L. ochroleuca* y *S. polyschide* presentan suficientes abundancias a lo largo de la demarcación como para considerarlas especies estructurantes. Otro hábitat formado por macroalgas de gran importancia en la demarcación noratlántica son los fondos rocosos dominados por algas del género *Gelidium*. 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 ribereñas. *Gelidium corneum* (Hudson) J.V.Lamouroux, 1813 (hasta hace poco también denominada *Gelidium sesquipedale*) y *Gelidium spinosum* (S.G.Gmelin) P.C.Silva, 1996 (esta última con una distribución más ligada al 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. Además de los hábitats infralitorales caracterizados por



macroalgas, los fondos rocosos infralitorales también presentan comunidades dominadas por invertebrados, siendo los fondos rocosos dominados por el erizo de mar *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) una de las más abundantes. El erizo de mar *P. lividus* es un erizo que presenta una gran variedad de tonalidades, desde el negro hasta el blanco, pasando por el lila (que le da nombre), el verde o el amarillo. Se trata de 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). Habita en fondos superficiales de sustrato duro, donde 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). La acción ramoneadora de los erizos es una de las principales presiones existentes sobre las comunidades de algas en gran parte de los ecosistemas infralitorales del mundo (Lawrence, 1975; 2001). En determinadas zonas o bajo determinadas circunstancias la acción ramoneadora de los erizos puede ser tan intensa que prácticamente elimina toda presencia de algas erectas formando un hábitat específico denominado en inglés “sea urchin barren grounds”, que podría traducirse como fondos de erizos o páramos de erizos. Otras comunidades dominadas por organismos animales presentes en los fondos rocosos infralitorales son las comunidades biológicas presentes en las cuevas y extraplomos. Se trata de comunidades con una fauna única y más típica de ambientes circalitorales, al estar dominada por especies esciáfilas. En el interior de las cuevas son habituales las comunidades dominadas por esponjas incrustantes como *Clathrinia coriacea*, ascidias coloniales como *Dendrodoa grosularia* y anemonas 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 e 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 ouros cnidarios como *Alcyonium digitatum*, *Caryophyllia smithii* y *Parazoanthus axinellae*.

### **Hábitats rocosos circalitorales y batiales**

El Golfo de Vizcaya ha sido un punto caliente en las exploraciones oceanográficas desde finales del siglo XIX hasta la década de los 50 en el siglo XX. En las primeras décadas del siglo XX esta área fue regularmente visitada por los biólogos franceses quienes proporcionaron información sobre la distribución y biodiversidad asociada a corales de aguas frías (Joubin 1922a y b, 1923; Le Danois, 1948). Además, diferentes expediciones y proyectos en el mar Cantábrico (Thalassa, Biogas, Cocace, ECOMARG) se diseñaron para el estudio de la fauna profunda.



La roca circalitoral se caracteriza por la dominancia de comunidades animales (se presenta como la continuación de las comunidades dominadas por algas en la zona infralitoral). A su vez, la zona circalitoral se puede subdividir en dos subzonas: circalitoral superior (con presencia de algas rojas pero sin ser dominantes) y circalitoral inferior (ausencia de algas rojas foliosas). Diversos trabajos citan la presencia de diferentes hábitats (Urgorri et al, 2007; Galparsoro et al, 2009; Aguilar et al, 2009):

- Roquedos circalitorales poblados de una rica comunidad de organismos sésiles o sedentarios de Poríferos, hidozoos, antozoos, holoturias, etc. Albergan algunas especies características como *Ophioderma longicauda*.
- Bajos rocosos: Amplios bajos rocosos con fuerte inclinación a más de 50-60 metros de profundidad, con un sustrato rocoso diverso en el que se asentan una amplia variedad de especies de invertebrados incrustantes, coloniales, solitarios, sésiles o vágiles (poríferos, hidozoos, antozoos, moluscos, poliquetos, crustáceos, briozoos, equinodermos, ascidiáceos, etc.); debe destacarse la presencia del madreporario *Dendrophyllia cornigera*.
- Comunidades de esponjas en roca circalitoral profunda (EUNIS A4.12): hábitat de zonas profundas (más de los 30 m de profundidad), de sustrato duro circalitoral expuesto al oleaje. La faunadominante es de esponjas, como son *Phakellia ventilabrum*, *Axinella infundibuliformis*, *Axinella dissimilis* y *Stelligera stuposa*.
- Comunidades de braquiopodos y ascidas en roca circalitoral (EUNIS A4.31): en fondos rocosos y bloques del circalitoral donde la energía del oleaje es muy débil. Está caracterizado por las comunidades de braquiopodos y ascidias.

### 3.1.2.3. Hábitats de especial interés

#### ***Comunidades de cañones submarinos***

Los cañones submarinos son una de las estructuras geológicas más características y conspicuas del talud continental. Estas impresionantes estructuras geológicas son enormes grietas en el sustrato de la plataforma y talud por las que normalmente discurren grandes cantidades de sedimentos, desde la plataforma continental hasta la llanura abisal. El margen continental de la costa norte española se encuentra situado en el Golfo de Vizcaya, en un entrante en forma de cuña en el este del Océano Atlántico. Este Golfo se encuentra bordeado por dos márgenes continentales muy distintos, el margen continental Cantábrico, con una orientación Oeste-Este y que marca la frontera de la placa Ibérica y el margen Francés, con una orientación N-S. El margen Cantábrico está caracterizado por una estrecha plataforma continental, con una abrupta transición (de hasta 4600 m de profundidad) desde el margen continental hasta una elevación continental (en la zona este) o la llanura abisal del Golfo de Vizcaya en el oeste. En la plataforma continental incide un elevado número de





cañones submarinos, algunos de los cuales se encuentran entre los más profundos del mundo. De los cañones presentes en la demarcación noratlántica algunos de los más importantes son: el cañón de Capbreton, el de Avilés, los de Santander y Torrelavega, los cañones de Lastres y Llanes, y el de La Coruña (ver Anexo V del descriptor 1). La información disponible sobre estas formaciones geológicas y las comunidades biológicas que las habitan es escasa y varía enormemente entre cañones.

El cañón de Avilés es un gran cañón submarino que constituye uno de los ecosistemas más extraordinarios de la plataforma del mar Cantábrico, con importantes consecuencias sobre la gran producción existente en el área, debido a sus efectos topográficos sobre la dinámica de las masas de agua y el consecuente enriquecimiento con nutrientes (Figura 3.11). En él se encuentran hábitats esenciales para los reproductores de importantes especies de interés comercial, como la merluza y el rape, que soportan las pesquerías en los caladeros situados en la plataforma circundante. En su fachada noreste existen numerosas citas de corales de aguas frías (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*, etc.).

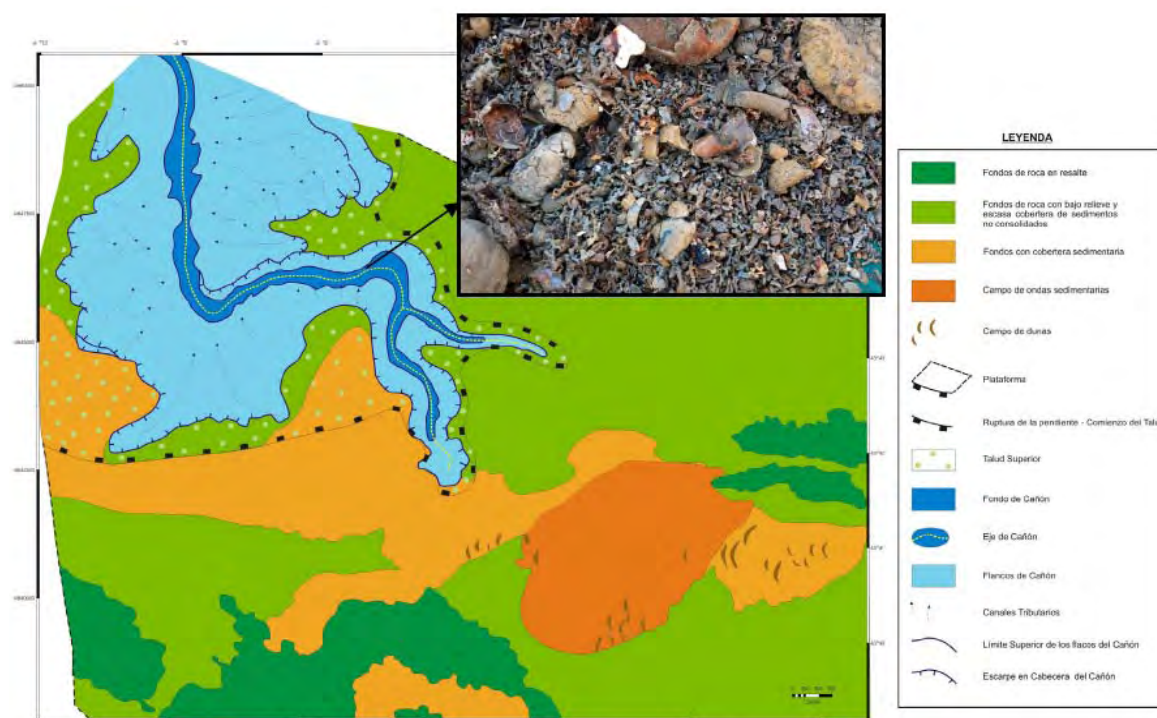


Figura 3.11. Mapa de interpretación morfosedimentaria preliminar de la cabecera del Cañón de Avilés, realizado a partir de los datos de batimetría y reflectividad multihaz obtenidos durante la campaña ECOPREST 04 y fotografía obtenidas en el muestreo con draga de roca en el eje del cañón (Sánchez y Grupo Investigación ECOMARG, 2010).

Los cañones submarinos están catalogados como *hotspots* de biodiversidad y endemismos.



Representan cambios locales en la zonación al producir una discontinuidad física en la plataforma continental y talud. Son además conductos de canalización de materiales de origen continental, como aportes de ríos, sedimentos, etc., lo que produce un mayor contenido orgánico que en áreas adyacentes. Se han descrito elevadas biomásas de macro-, supra- y meiobentos, así como altos rendimientos pesqueros, en zonas de cañones. Pueden producir además afloramientos locales como consecuencia de cambios en la vorticidad de las corrientes, produciendo enriquecimiento de la columna de agua y el sistema pelágico (Sánchez y Grupo Investigación ECOMARG, 2010).

### ***Comunidades de plataformas marginales***

En los fondos sedimentarios de la plataforma marginal del “El Cachucho” (Figura 3.12), se han descrito cuatro comunidades epibentónicas y demersales en base a criterios faunísticos y ambientales (Sánchez *et al.*, 2008; Figura 3.13).

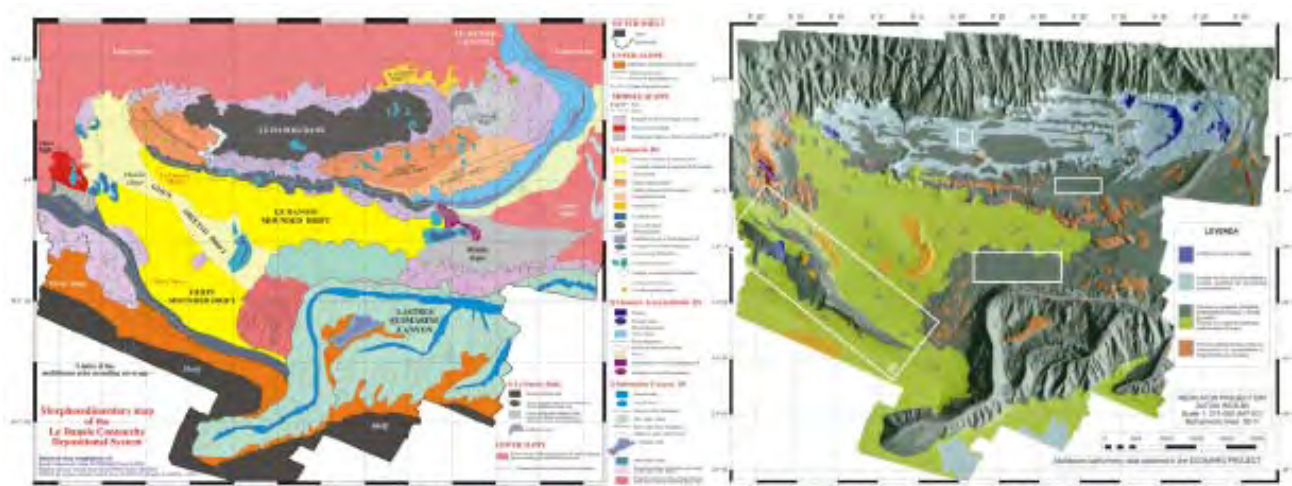


Figura 3.12. Mapa morfosedimentario del área de “El Cachucho” y cuenca interna, y mapa de calidad de fondo con identificación de las zonas propuestas para la obtención de muestras de sedimento (Sánchez y Grupo Investigación ECOMARG, 2010).

Estas comunidades son: la *comunidad de Callogorgia-Chimaera* que se encuentra principalmente en la parte alta del banco (425-550 m), donde la cobertura sedimentaria es muy reducida, con gran abundancia de resaltes rocosos. La gorgonia (*Callogorgia verticillata*) y numerosas especies de esponjas de las familias Hexactinellidae y Geodidae dominan estos sustratos; la *comunidad de Gryphus-Galeus* localizada también en la cima del banco sobre sedimentos de arena media y fina con bajo contenido orgánico. Como especies



epibentónicas características de la comunidad nos encontramos con *Gryphus vitreus*, *Trochidae* indet. y *Lymopsis aurita*; la comunidad de *Phormosoma-Trachyrincus* que habita sobre las terrazas sedimentarias de transición, entre 550-800 m de profundidad, con *Phormosoma placenta* y *Laetmonice filicornis* como especies epibentónicas características; la comunidad de *Pheronema-Deania* situada sobre los sedimentos fangosos profundos (800-1.050 m), de alto contenido orgánico, localizada en la cuenca interna y dominadas por las especies *Pheronema carpenteri* y *Psilaster andromeda* (Sánchez y Grupo Investigación ECOMARG, 2010).

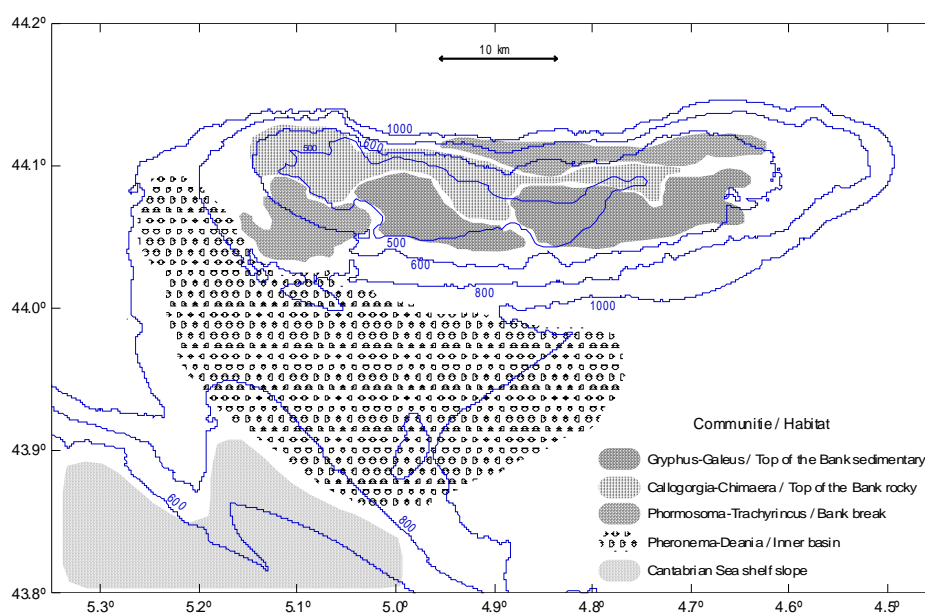


Figura 3.13. Distribución espacial de las principales comunidades del Banco Le Danois. La distribución de los hábitats está basada en datos de reflectividad y batimetría (Sánchez *et al.*, 2008).

### **Comunidades de montes submarinos**

Los montes submarinos son hábitats de especial relevancia debido a diversas peculiaridades. Representan una estructura tridimensional de sustrato duro en zonas de predominio de sustratos sedimentarios, que eleva la complejidad estructural y proporcionan numerosos microhábitats. El aislamiento físico de los montes submarinos, junto a la retención larvaria producida por las columnas de Taylor, produce un alto grado de especiación.





El único representante de este tipo de habitats en la Demarcación Noratlántica es el Banco de Galicia, una gran montaña submarina situada a 150 millas náuticas de la costa oeste gallega. Este profundo *seamount* tiene una cima aplacerada con pendientes suaves desde los 600 m hasta el borde de talud situado sobre los 1000 m. A partir de los 1500 m, sobre todo en su flanco occidental, la pendiente se incrementa abruptamente hasta alcanzar la llanura abisal a 5000 m de profundidad (Figura 3.14).

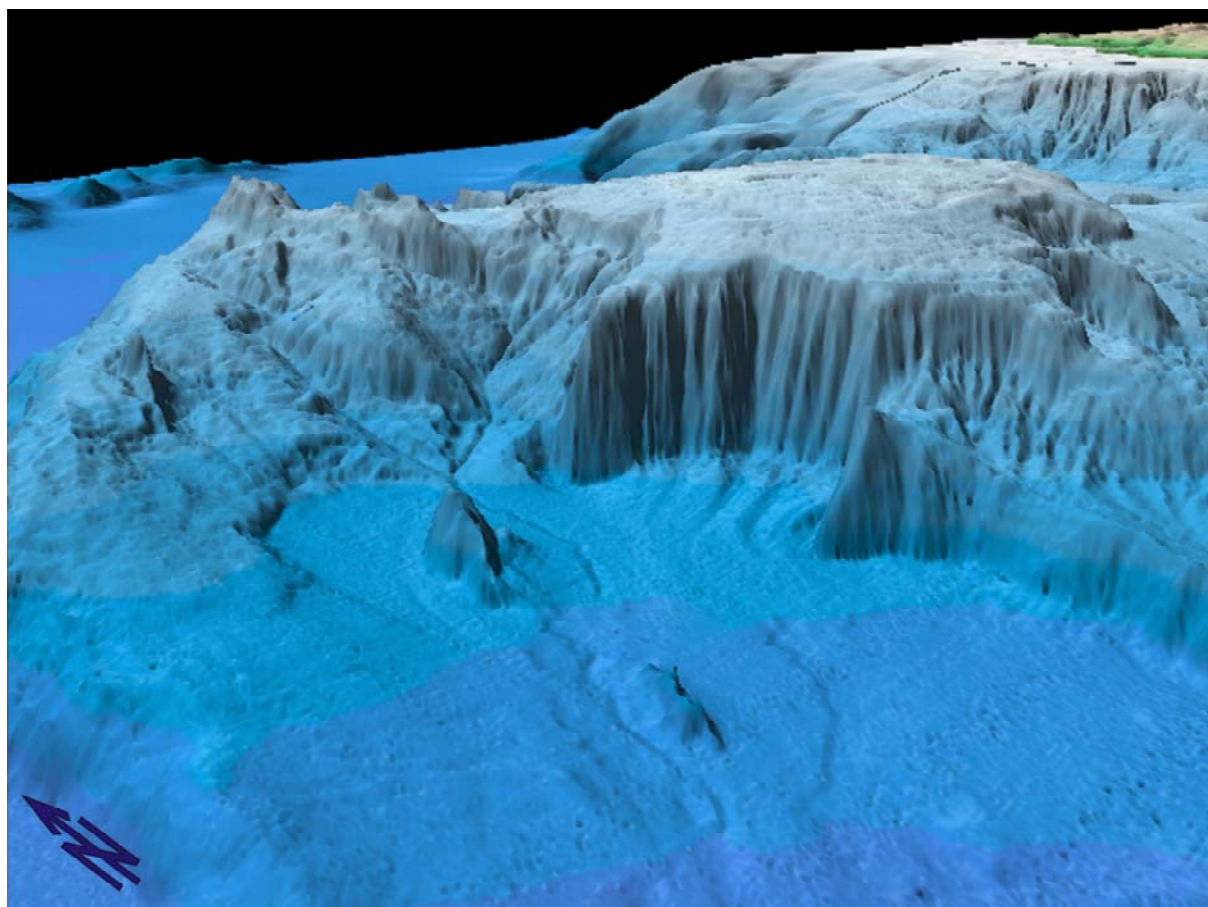


Figura 3.14. Modelo digital del Banco de Galicia (proyecto Indemares).

La fauna que habita el Banco de Galicia es poco conocida, exceptuando la fauna demersal, y los datos disponibles apuntan a un predominio en el dominio bentónico de filtradores y carnívoros. En cuanto al megaepibentos, los primeros resultados obtenidos por el proyecto INDEMARES (Serrano et al, 2012) indican la existencia de 4 agrupaciones bentónicas. La más somera (750-780 m) está habitada por fauna epibentónica caracterizada por el ofiuroideo *Ophiomyces grandis*, los corales solitarios *Deltocyathus moseleyi* and *Flabellum chuni*, el bivalvo *Limopsis minuta*, los peces *Hoplostethus mediterraneus*, *Mora moro* y *Lepidion*



*equus*, y el cangrejo *Cancer bellianus*. La segunda agrupación (780-1000 m) se caracteriza por las comunidades de corales de aguas frías de *Lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* (Foto 3.1.), y su fauna asociada fauna de corales solitarios (*Desmophyllum dianthus*), pequeños crustáceos (*Uroptychus* spp., *Munidopsis* spp.) y corales negros (Antiphataria). Estas dos agrupaciones están situadas en la cima plana del banco, con buena cobertura sedimentaria de arenas con bajo contenido orgánico. El tercer grupo, localizado en el borde del banco (1000-1100 m), con un sustrato carbonatado con escasa cobertura sedimentaria, es tipificado por gambas bentopelágicas (*Systemaspis debilis*, *Sergia robusta*, *Aristaeopsis edwardsianus*), la esponja *Thenea muricata*, el erizo *Cidaris cidaris*, el pez *Alepocephalus bairdii* y el tiburón *Scymnodon ringens*. Finalmente, la agrupación más profunda habita los sedimentos fangosos de los flancos del banco (1500-1800 m), y está dominada por una holoturia elaspópoda, la araña de mar gigante *Colossendeis colossea* y el cangrejo *Neolithodes grimaldii* (Foto 3.1.), para el epibentos, y los peces de talud *Alepocephalus bairdii*, *Coelorhynchus labiatus*, *Coryphaenoides guentheri*, *Conocara macropterum*, y *Rouleina attrita*. Los tres grupos faunísticos de la cima están asociados a la vena de agua mediterránea (Mediterranean outflow waters, MOW), mientras que el grupo más profundo es afectado por el agua del Labrador (Labrador Sea Water, LSW).



Foto 3.1. El cangrejo de profundidad *Neolithodes grimaldii* y una imagen de las comunidades de corales de aguas frías de *lophelia pertusa* y *Madrepora oculata* (IEO, proyecto Indemares).

### 3.1.3. Hábitats protegidos

El área galaico-cantábrica (Demarcación Noratlántica) es la segunda mayor superficie oceánica de España, tras las aguas canarias, con cerca de 30.000.000 ha de superficie marina dentro de sus aguas territoriales y su Zona Económica Exclusiva (ZEE). A pesar de ello, la extensión protegida en esta zona apenas llega a las 250.000 ha; es decir, menos de un 1 %.



De ellas, un 94 % corresponde a la recientemente creada Área Marina Protegida de “El Cachucho” que es la única zona protegida de España exclusivamente marina. El resto se distribuye entre las reservas marinas gallegas de Os Miñarzos (2.072 ha) y ría de Cedeira (800 ha), el Parque Nacional das Illas Atlánticas (7.200 ha) y los biotopos protegidos de Gaztelugatxe (129 ha) y Deba-Zumaia (3.740 ha). Es decir, existen 6 espacios marinos protegidos en toda la zona galaico-cantábrica: 3 en Galicia, 1 en la costa de Asturias y 2 en Euskadi (Aguilar et al., 2009). Los Lugares de Interés Comunitario (LIC) costeros declarados en las comunidades gallega, asturiana, cántabra y vasca, superan el medio centenar, pero la mayoría solo incluye zonas litorales (playas, marismas, estuarios, etc.).

La Directiva de Hábitats 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

Respecto a la clasificación de hábitats vulnerables de OSPAR, en la demarcación aparecen: 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*.





## 3.2. Especies

### 3.2.1. Fitoplancton y zooplancton

En el fitoplancton del mar Cantábrico dominan las diatomeas durante la primavera y el otoño, mientras que los dinoflagelados lo hacen en verano, en condiciones de estratificación (Estrada, 1984, Fernández y Bode, 1994). Las especies de diatomeas características de las proliferaciones son *Chaetoceros socialis*, *Ch. dydimus*, *Lauderia borealis*, *Thalassiosira fallax*, *Schroederella 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 *Ceratium*. En invierno son características especies perennes y diatomeas de pequeño tamaño (p. ej. *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). Esta sucesión de especies es muy similar en la costa suroriental (Galicia) aunque en este caso la frecuencia y duración de las proliferaciones es mucho mayor debido a la influencia del afloramiento (Varela, 1992; Casas *et al.*, 1997).

El zooplancton de la Demarcación Noratlántica es muy rico en términos de grupos taxonómicos y especies. El grupo más importante por riqueza específica, persistencia, abundancia e importancia ecológica es el de los copépodos que representan entre el 60 % y el 85 % de abundancia total de zooplancton en zonas costeras y oceánicas, respectivamente, en la costa norte de España. La región incluye hasta 83 taxones de copépodos, entre los que predominan las especies de amplia distribución como *Acartia* spp., *Calanus helgolandicus*, *Oncaea media*, *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus* spp., *Oithona* spp., *Pseudocalanus elongatus* y *Temora* spp. Estas especies desempeñan un papel fundamental en la estructura de las comunidades zooplanctónicas de esta región (Valdés *et al.*, 2007). Los copépodos están presentes todo el año, mientras otros grupos de holo- y meroplancton tienen una distribución marcadamente estacional (D'Elbee y Castel, 1991; Poulet, 1996; Valdés y Álvarez-Ossorio, 1996; Valdés y Moral, 1998).

El análisis de la riqueza específica y la diversidad en series temporales largas (40 años) indican que la composición de las comunidades zooplanctónicas es muy consistente en esta región. Sin embargo, se han observado algunas diferencias estructurales entre zonas, que pueden ser explicadas por la contribución relativa de las especies dominantes, por lo que la variabilidad interanual dependerá de la localidad y del periodo analizado. En concreto, las



especies de *Acartia* (principalmente *A. clausi*) y *C. helgolandicus* son las más abundantes en prácticamente toda la región, mientras que otras especies son importantes localmente, como *P. parvus* (costa gallega) o *Clausocalanus* spp. (costa cantábrica) (Bode *et al.*, 2011). Por otra parte, durante los últimos años se ha observado la aparición y el incremento de la abundancia de especies de aguas más cálidas como el copépodo *Temora stylifera*. Su presencia en el Golfo de Vizcaya se relaciona con el incremento de temperatura debido a variaciones climáticas. Las poblaciones de *T. stylifera* alcanzan valores máximos en agosto y su crecimiento se prolonga durante casi toda la segunda mitad del año (Figura 3.15).

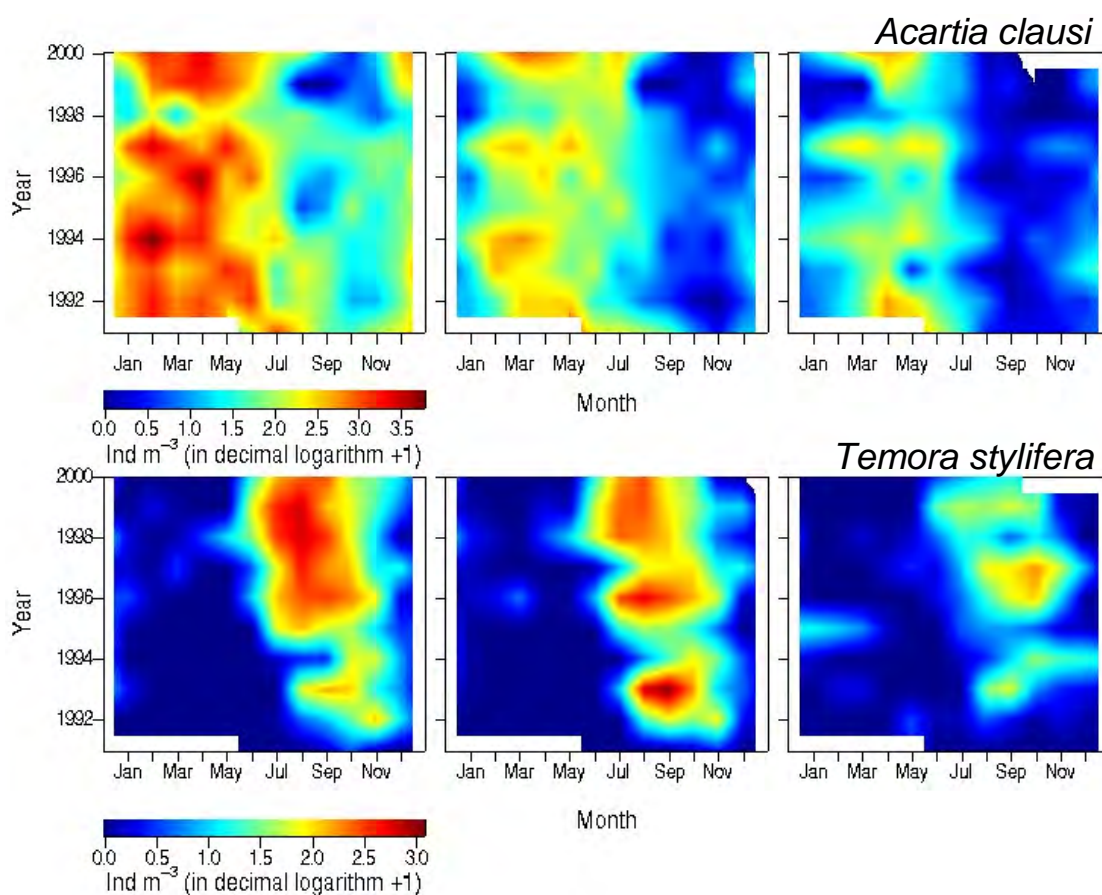


Figura 3.15. Variabilidad de año en año de *A. clausi* (cuadro superior) y *Temora stylifera* (cuadro inferior) en las estaciones de costa, de plataforma y oceánica a la altura de Santander durante la serie temporal 1992-2000 (Lavín *et al.*, 2006).

La variabilidad interanual de esta especie muestra un desplazamiento en su estacionalidad, dado que el máximo anual ahora ocurre un mes antes de lo que lo hacía hace 15 años. Se ha observado que el avance de esta especie, hacia aguas más septentrionales, llega hasta Helgoland (Halsband-Lenk *et al.*, 2003). Estos dos hechos, el desplazamiento en la



estacionalidad y el avance hacia el norte, revelan un patrón regional que convierte a *T. stylifera* en especie objetivo para comprender los efectos de variabilidad climática sobre las poblaciones de plancton (Villate *et al.*, 1997).

### 3.2.2. Peces

#### 3.2.2.1. 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 japonicus*). 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 (*Engraulis 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 3.16) (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 a 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).

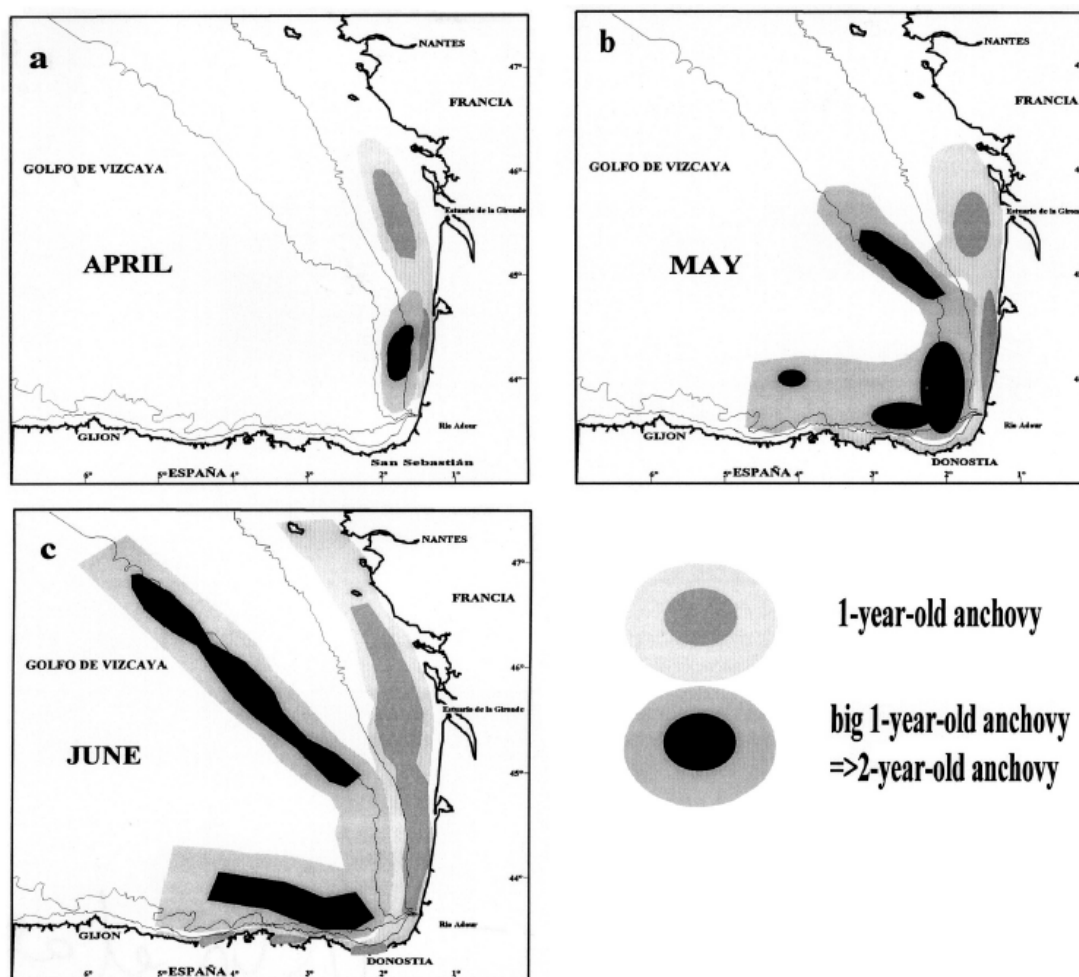


Figura 3.16. Zonas de desove de anchoa en el Golfo de Vizcaya (Motos *et al.*, 1996).



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 sardinias 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 chicharro (*T. picturatus*). Otras familias con especies en esta categoría son las Mugilidae y Belonidae.

La caballa (*Scomber 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 todo 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 (*Trachurus 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 Scombroidea (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).

### 3.2.2.2. 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 principalmente 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 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 diferentes áreas de distribución. 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. Algunas especies típicamente de aguas frías como el merlán (*Merlangius merlangus*) o la limanda (*Limanda limanda*) alcanzan aquí sus límites meridionales, y otras especies de aguas templadas como la perca regia (*Argyrosomus regius*), varios sargos (*Diplodus* spp.), el lenguado senegalés (*Solea senegalensis*) y la acedía (*Dicologlossa cuneata*) alcanzan aquí sus límites septentrionales.

La Figura 3.17 muestra la distribución de los índices ecológicos para todas las especies y la Figura 3.18 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).

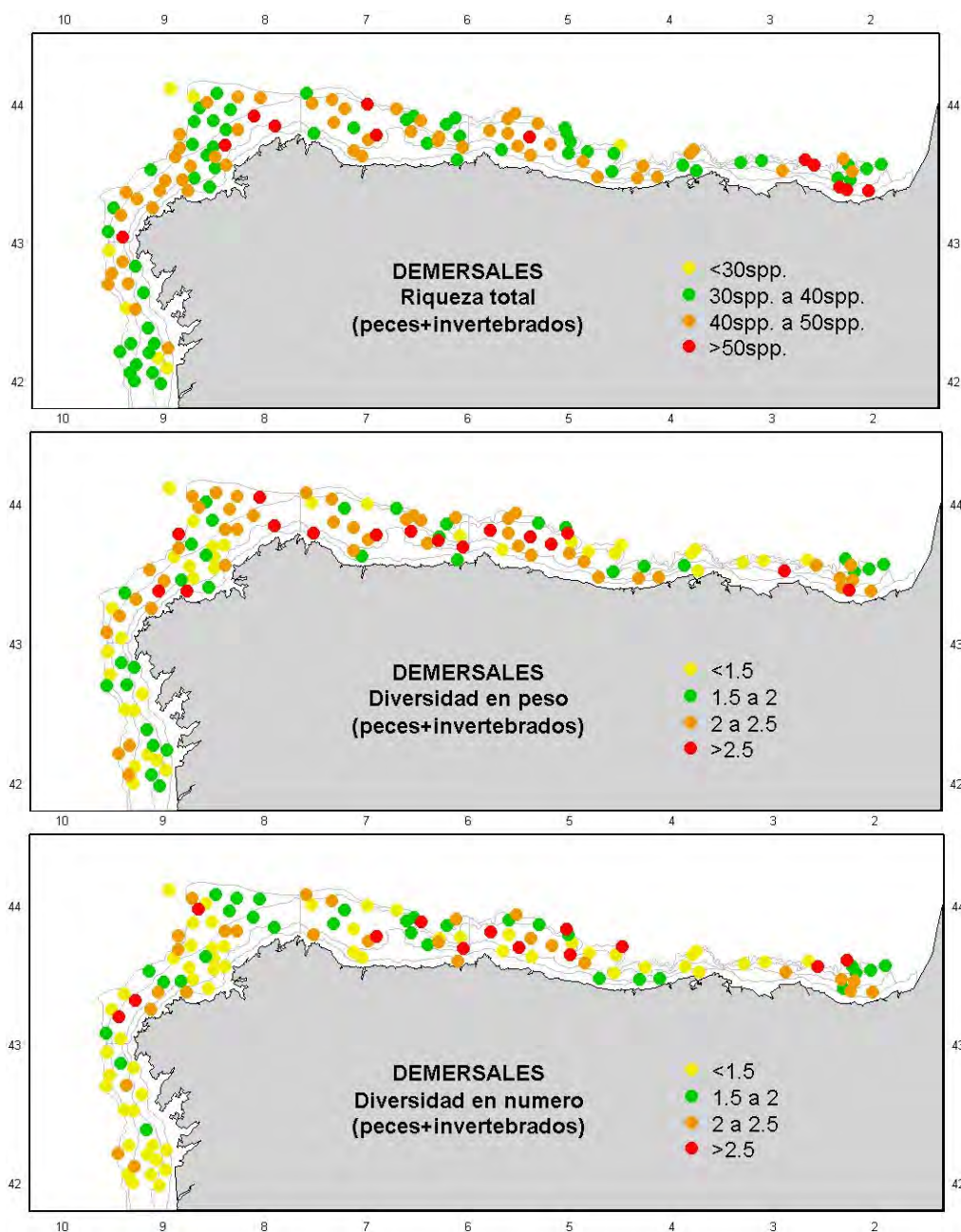


Figura 3.17. Distribución de la riqueza (número de especies), diversidad de Shannon en peso y número, para todas las especies (peces e invertebrados). Campaña de investigación *Demersales* IEO.

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.

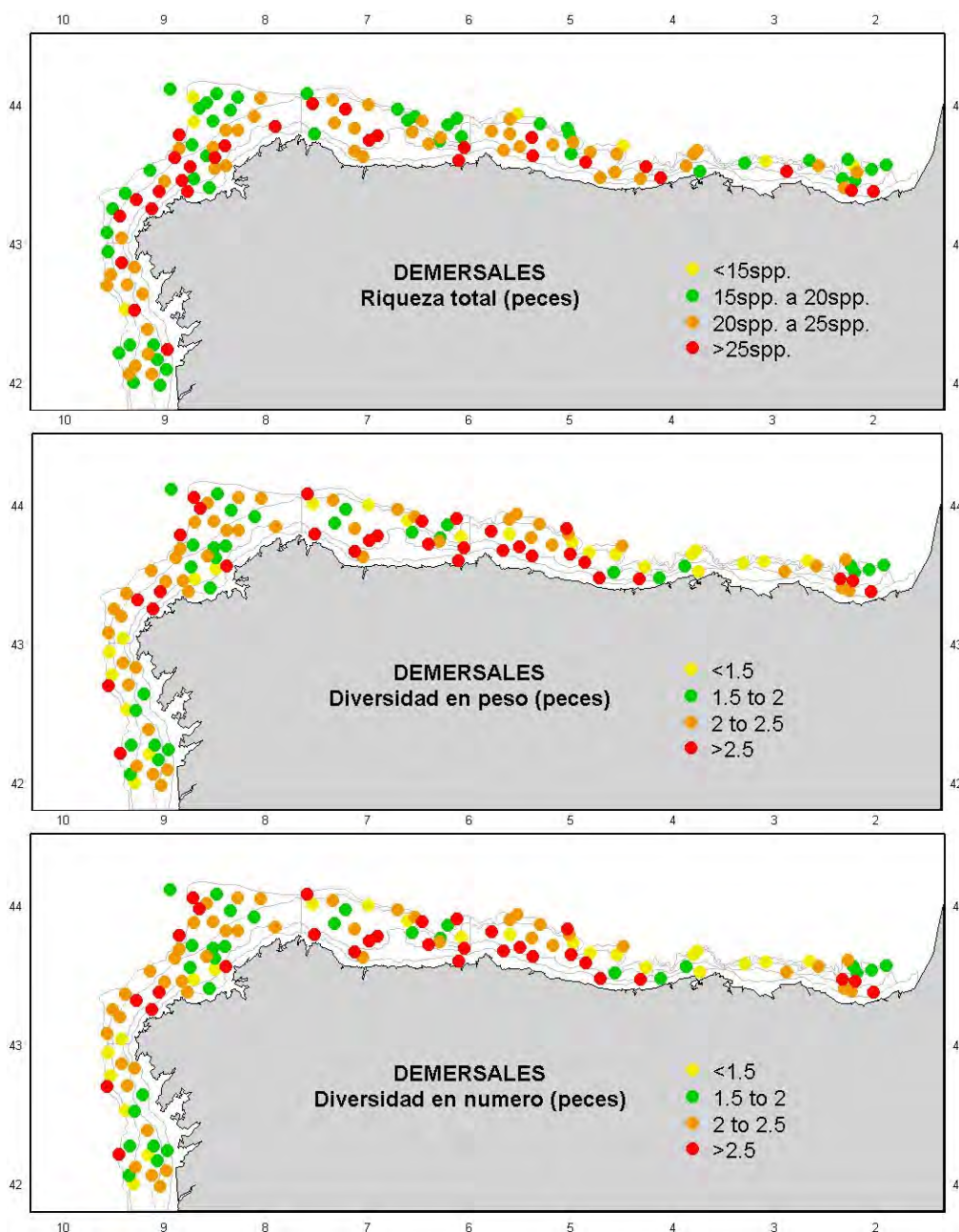


Figura 3.18. Distribución de la riqueza (número de especies), diversidad de Shannon en peso y número, para todas las especies de peces. Campaña de investigación *Demersales* IEO.

Más del 80 % de la biomasa de peces demersales corresponden a siete especies, en orden de importancia: bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), jurel (*Trachurus 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 están forzados a ocupar 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 los lenguados (*Solea lascaris* y *S. vulgaris*), 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.*, 1997b; Gomes *et al.*, 2001; Sousa *et al.*, 2005). Las comunidades demersales están distribuidas de acuerdo a 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 (*Scyliorhinus canícula*), la merluza (*M. merluccius* clases de edad 0 y 1), el gallo (*Lepidorhombus 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 (*Micromesistius poutassou*), el rape (*Lophius budegassa* clase de edad 0), el congrio (*Conger conger*), el gallo (*Lepidorhombus boscii* clase de edad 0), la gallineta (*Helicolenus dactylopterus*) y el marujito (*Gadiculus 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 eques*, *Deania calceus*, *Etmopterus spinax* y *Lampanyctus crocodilus*.

Recientemente Serrano *et al.* (2011) han analizado 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 *Lepidorhombus boscii*, *Gadiculus argenteus*, *Munida sarsi* y *Dichelopandalus bonieri*.
- b) Zona oeste (desembocadura del Bidasoa-cabo Peñas) del talud superior (500-650 m): *Helicolenus dactylopterus*, *Nezumia aequalis* y *Synapobranchus kaupi*.
- c) Zona este (cabo Peñas-desembocadura del Miño) del talud superior (500-650 m). *Argyropelecus hemigymnus*, *Geryon trispinosus* y *Xenodermichthys copei*.
- d) Talud medio (650-750 m): caracterizado por *Lepidion eques*, *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 (*Merluccius 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 de la barrera 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. La 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 3.19). 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 del 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 (*Lepidorhombus 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 3.20).

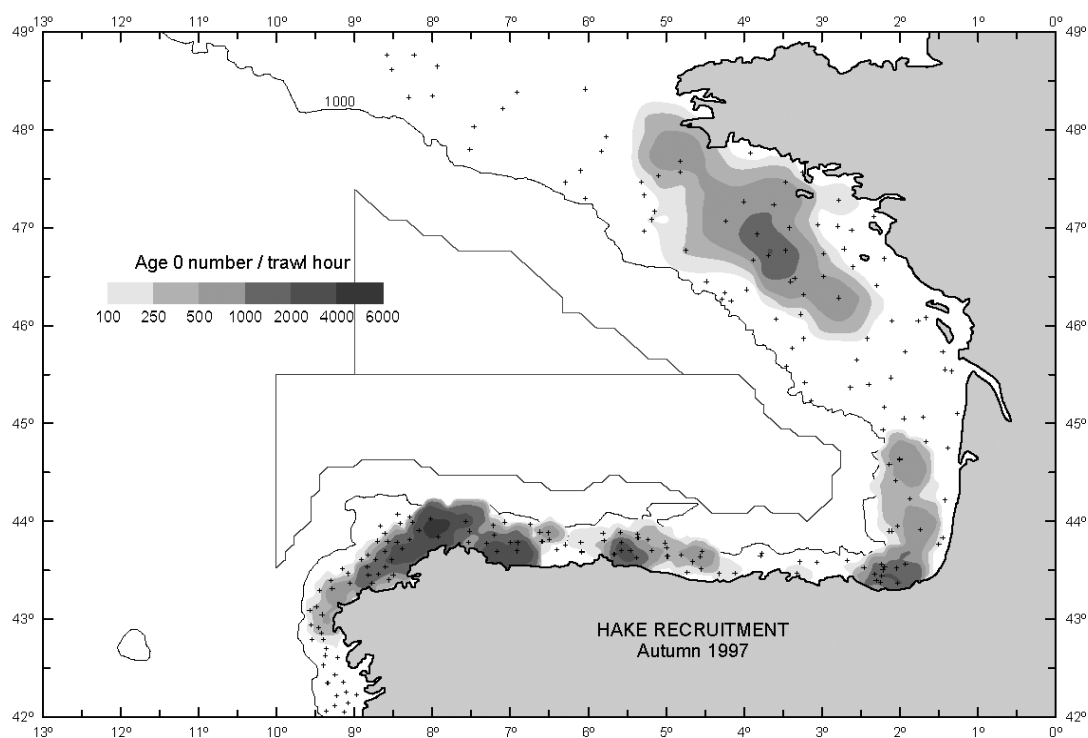


Figura 3.19. Principales zonas de cría de merluza europea en el Golfo de Vizcaya en otoño de 1997. Datos de estudios de arrastre de fondo estandarizados llevados a cabo durante el proyecto internacional SESITS (SESITS, 2000).

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 *Dicologoglossa 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).

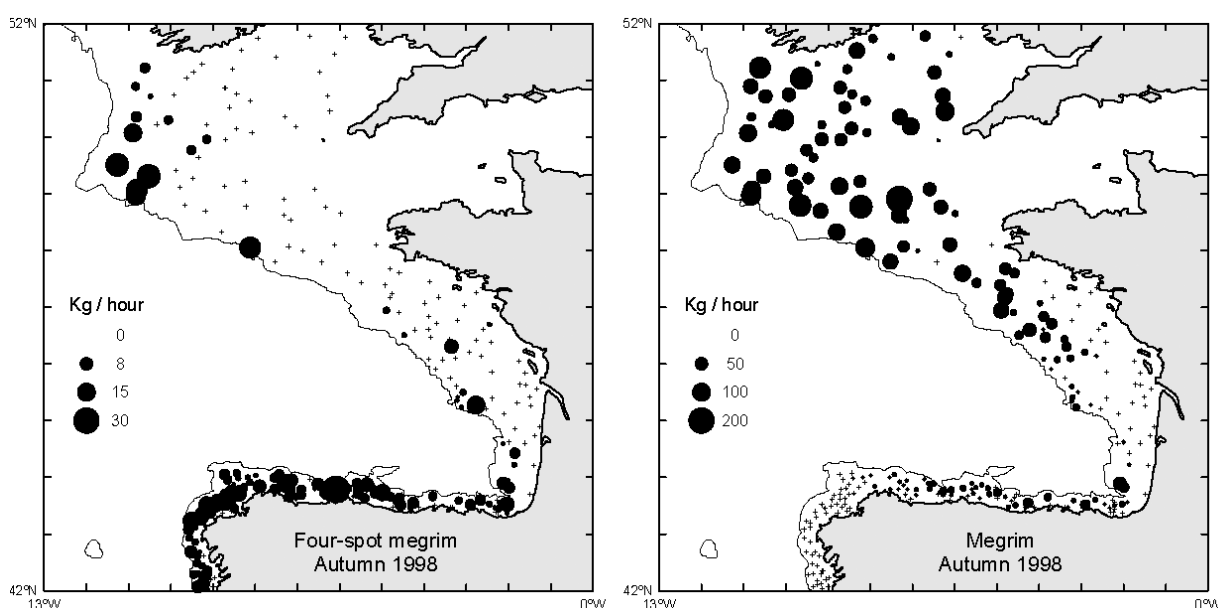


Figura 3.20. Distribución espacial de biomasa del gallo moteado (*Lepidorhombus boscii*) y gallo común (*L. whiffiagonis*) en el Golfo de Vizcaya en el otoño de 1998. Datos de estudios de arrastre de fondo estandarizados llevados a cabo durante el proyecto internacional SESITS (SESITS, 2000).

Dos especies de rape (*Lophius 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 rapés 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 rapés 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 (*Micromesistius 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 *Scyliorhinus canicula* y *Galeus 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).



### 3.2.3. 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.

Los mamíferos marinos de la región del Golfo de Vizcaya y las costas atlánticas ibéricas pertenecen biogeográficamente a las poblaciones del Atlántico Nororiental. La presencia de cetáceos en la Demarcación Noratlántica está asociada a la existencia de montañas submarinas y a una plataforma continental estrecha, con cañones en la vertiente cantábrica y con una configuración en rías y a aguas ricas en alimento en la vertiente atlántica.

El conocimiento sobre las poblaciones de cetáceos proviene de la serie histórica de capturas durante la etapa de caza comercial, los registros de los varamientos en las costas, observaciones en el mar y de campañas sistemáticas de avistamiento.

En esta demarcación se ha citado la presencia de 24 especies de cetáceos y varios pinnípedos. En el caso de estos últimos, las citas de foca gris y foca común se deben a la aparición de individuos divagantes procedentes de colonias estables en las costas francesas y de las islas Británicas, y por lo tanto no son especies típicas de la demarcación. Entre los cetáceos, se han descrito 18 odontocetos y 6 misticetos, de los cuales sólo 8 aparecen regularmente, de forma temporal o permanente, el resto son bastante menos frecuentes y abundantes.

Con diferencia, el misticeto más frecuente es el rorcual común y entre los cetáceos con dientes u odontocetos el más frecuente es el delfín común. Otros odontocetos frecuentes son el delfín mular, la marsopa, el delfín listado, el delfín gris, el calderón común y el cachalote. Las especies más costeras son el delfín mular y la marsopa. En la plataforma abundan los delfines (común y listado) y los calderones, mientras que el cachalote y el rorcual común solo se encuentran a partir del borde de la plataforma continental. Las especies más costeras están presentes todo el año y las más oceánicas aparecen en estas aguas asociadas a desplazamientos tróficos estacionales.

Los cetáceos ocupan posiciones de predadores tope en las redes tróficas marinas. Los delfines se alimentan de peces como sardina, bacaladilla y gádidos. En algunas especies los cefalópodos son las presas más importantes, como en el caso del cachalote. La alimentación de los rorcuales comunes está dominada por los eufausiáceos.

Los cetáceos compiten con el hombre por los recursos pesqueros. En el pasado varias especies (sobre todo ballenas francas, rorcuales comunes y cachalotes) fueron objeto de



caza comercial en esta demarcación. El periodo de caza más reciente finalizó en 1985. En la actualidad las mayores amenazas para la conservación de los cetáceos provienen de las capturas accidentales en las pesquerías y de las actividades humanas que producen la degradación del hábitat como los vertidos industriales y urbanos y la contaminación acústica (a causa sobre todo del tráfico marítimo).

### 3.2.4. Reptiles marinos

Las tortugas marinas se encuentran normalmente en aguas tropicales, aunque algunas especies migran o son transportadas por las corrientes hacia zonas templadas, realizando largas migraciones de retorno para nidificar en las playas donde nacieron. Las tortugas procedentes de poblaciones del Mediterráneo oriental, la costa occidental de África, Centroamérica y las playas del sureste de los Estados Unidos llegan a las costas de la Península Ibérica, y se concentran en zonas de afloramiento, arrecifes, escarpes, cañones y montañas submarinas donde abunda el alimento (Sagarminaga, 2008).

De las siete especies de tortugas marinas, cinco, pertenecientes a las familias Cheloniidae y Dermochelyidae, se encuentran en el Atlántico Norte. La especie más común en las aguas de esta demarcación es la tortuga boba (*Caretta caretta*), que recibe su nombre por la facilidad con la que los pescadores podían capturarlas cuando estas se encontraban en reposo flotando en la superficie. Desde hace varias décadas, esta especie ya no es capturada para el consumo humano en nuestro país, y en la actualidad es objeto de importantes esfuerzos de investigación y conservación. Otra especie común en esta demarcación es la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), la más grande de las tortugas marinas, llegando a alcanzar hasta los dos metros de longitud y más de 600 kg de peso. Es también la más sorprendente, tanto por su peculiar aspecto como por sus perfectas adaptaciones a la vida en las profundidades. Su sistema circulatorio a contracorriente le permite adaptar su temperatura corporal, por lo que su distribución a nivel planetario incluye también aguas de altas latitudes prohibidas a las demás especies que son, como cualquier reptil, poiquilotermos. Es la especie de tortuga marina de crecimiento más rápido, y la más ágil y rápida en el agua, llegando a alcanzar profundidades de más de 1.000 m (Sagarminaga, 2008). Estas dos especies son las que habitualmente resultan como capturas accidentales de las flotas palangreras (sobre todo la tortuga boba). Se estima que cada año son capturadas accidentalmente varias decenas de miles de estas tortugas, principalmente en la pesquería de palangre de superficie, aunque también se registran capturas en algunas regiones en trasmallos y redes de arrastre.

Aparte de estas dos especies, podemos encontrar en esta Demarcación otras tres especies de forma ocasional: la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) y la tortuga golfiña (*Lepidochelys kempii*).





### 3.2.5. 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 argétea 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 hasta trece especies de aves que nidifican en estas costas: el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*), el arao común (*Uria aalge*), la gaviota tridáctila (*Rissa tridactyla*), la gaviota argétea (*Larus argentatus*), la gaviota sombría (*Larus fuscus*), la gaviota del Caspio (*Larus cachinnans*), la gaviota reidora (*Larus ridibundus*), la gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*), el paíño europeo (*Hydrobates pelagicus*), el charrán común (*Sterna hirundo*), la pagaza piconegra (*Gelochelidon nilotica* -*Sterna nilotica*-), el charrancito común (*Sterna 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). El cormorán moñudo y la gaviota tridáctila son especies que se encuentran en el borde meridional de su distribución, y se consideran en declive.

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 capirotada (*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.

### 3.2.6. Especies protegidas

Los mamíferos marinos son objeto de varios acuerdos internacionales y están protegidos por diferentes normativas legales nacionales e internacionales. El delfín mular y la marsopa están incluidas en el Anexo II de la Directiva Hábitat y en la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, como especies de interés especial, para las que se requiere la designación de áreas especiales de conservación, integradas en la Red Natura 2000. En esta demarcación se han designado 10 Lugares de Interés Comunitario (LIC), 10 para el delfín mular y 7 para la marsopa. El R. D. 139/2011 incluye a 21 de las especies de cetáceos citadas en la demarcación en la Lista de especies que requieren protección estricta. A su vez el Catálogo Español de Especies Amenazadas considera a 5 mysticetos, al calderón, al delfín mular, al cachalote y a la marsopa en la categoría de especies vulnerables, y a la ballena franca como especie en peligro de extinción.

Hoy en día, todas las tortugas marinas están consideradas como especies amenazadas o en peligro de extinción, por lo que en muchos países se han implementado medidas de conservación, incluyendo prohibiciones en las capturas y el comercio de estas tortugas y de sus productos derivados. De las cinco especies presentes en esta Demarcación, tres de ellas, *D. coriacea*, *E. imbricata* y *L. kempii* se encuentran en peligro crítico de extinción, mientras que *Chelonia mydas* y *Caretta caretta*, están en peligro, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN). Las cinco especies de tortugas marinas presentes en esta Demarcación están incluidas en el Anexo IV de la Directiva Hábitat y en el Anexo V de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, como especies de interés especial, que requieren una protección estricta.

De las especies de aves marinas presentes en esta Demarcación, *P. aristotelis*, *H. pelagicus*, *S. hirundo* y *U. aalge* entre las nidificantes, y *C. diomedea*, *P. mauretanicus*, *S. sandvicensis* están incluidas en el Anexo I de la Directiva de Aves, como especies que requieren medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat.

### 3.2.7. Especies alóctonas

La presencia de especies alóctonas en los ecosistemas ha sido reconocida como una de las mayores amenazas a la biodiversidad a escala mundial. En el medio marino son numerosos



los vectores que facilitan su introducción: aguas de lastre e incrustaciones en embarcaciones, actividades de acuariofilia y acuicultura, apertura de canales interoceánicos etc. Además, la degradación de los ecosistemas inducida por otro tipo de presiones puede favorecer el asentamiento de esas especies y potenciar su carácter invasor, al igual que las variaciones ambientales resultantes del actual proceso de cambio climático acelerado.

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, y también la gran importancia de las actividades de acuicultura en la zona, así como su localización en un área de clima templado, son factores que incrementan el riesgo de llegada y el establecimiento de especies alóctonas en las costas noratlánticas españolas.

La información disponible a día de hoy no permite llevar a cabo una caracterización exhaustiva del estado de la demarcación en relación a la presencia de especies alóctonas. Dicha carencia de datos es no solo atribuible a limitaciones en los recursos dedicados a esta línea de investigación en el área considerada, sino también a una serie de dificultades intrínsecas. De entrada, el proceso de recopilación de datos relevantes se ve afectado porque algunos trabajos califican como alóctonas especies que se están expandiendo desde sus áreas de distribución habitual por medios naturales, y por tanto no lo serían en realidad atendiendo a la definición adoptada en el contexto de las EEMM, que las restringe a aquellas en las que alguna fase de su dispersión se asocia a un vector antrópico. Un problema similar lo representan las denominadas especies criptogénicas, aquellas en las que no es posible determinar con seguridad si son o no nativas.

Con todo, el principal problema es la falta de programas de seguimiento de amplia cobertura espacial, con puntos de muestreo representativos y que en conjunto abarquen la totalidad de la demarcación. Además, la gran heterogeneidad de organismos susceptibles de muestreo, desde bacterias, virus o protozoos parásitos y fito o zooplancton a peces o macrobentos, pasando por pequeños individuos del meiobentos y otros, implica una enorme variedad de aproximaciones metodológicas tanto de muestreo como de análisis y supone por tanto una dificultad añadida. Finalmente, la escasez de datos cuantitativos sobre distribución y abundancia de especies alóctonas, que permitirían distinguir aquellas con carácter invasor y, sobre todo, la de información sobre los impactos reales de cada una de esas especies en los ecosistemas afectados, que a la postre es lo que se debe tener en cuenta para evaluar su estado, impide por ahora la aplicación de indicadores rigurosos y precisos.

A pesar de lo anterior, lo cierto es que existen bastantes referencias bibliográficas, del orden de algunos centenares, que incluyen datos concretos sobre la presencia de invasoras marinas en la Demarcación Noratlántica, cuyo análisis conjunto proporciona una visión general de la situación. El grado de relevancia de esos trabajos es muy variable, ya que la



mayoría son meramente citas de determinadas especies en localidades aisladas, menos los que contienen información sobre distribución espacial y evolución temporal de la misma y muy escasos los que describen interacciones con las comunidades nativas. Además, muchos de ellos se centran en una sola especie o grupo taxonómico, siendo la macroalgas el grupo más estudiado. Merecen especial atención los excelentes trabajos de Martínez y Adarraga sobre invasoras marinas en las costas de Guipuzcoa (2005) y Vizcaya (2006), basados tanto en revisión de bibliografía anterior como en campañas de muestreo intensivas en diversos puntos de 7 y 15 localidades de ambas provincias respectivamente. En dichos trabajos se recoge información sobre 127 especies alóctonas y 138 criptogénicas marinas presentes en aguas de Guipuzcoa y 122 alóctonas y 126 criptogénicas en Vizcaya, de diversos grupos taxonómicos. Sin embargo, aún siendo los estudios más completos disponibles en el área, se restringen a zonas de estuarios, muy litorales, y no aportan en realidad datos sobre extensión de áreas impactadas y abundancia totales o relativas de cada especie, ni sobre evolución temporal de los procesos de introducción y expansión. En otras zonas, como las costas gallegas, se han realizado estudios detallados sobre distribución espacial y abundancia a lo largo del ciclo anual, incluso seguimientos interanuales, pero centrados en especies concretas de macroalgas.

Se sintetiza a continuación la información extraída de la bibliografía analizada en profundidad hasta la fecha, concretamente 49 trabajos seleccionados entre los más relevantes de un total de 152 recopilados y referenciados. El número de especies marinas alóctonas o criptogénicas en la Demarcación Noratlántica citadas en los mismos es de 372. Los grupos taxonómicos en los que se incluyen la mayor parte de estas especies son algas (114); poliquetos (80); moluscos (19 bivalvos y 39 gasterópodos), anfípodos (35), cnidarios (35), briozoos (18) y poríferos (10). De otros grupos se han identificado menos de 10 especies: 5 decápodos, 3 peces, 3 cirrípedos, 2 tanaideos, 2 ascidias, 1 hidrozoo, 1 poliplacóforo, 1 cumáceo, 1 equinodermo y también tan solo 1 protozoo y 1 organismo fitoplanctónico.

El análisis del resto de estudios disponibles aumentará esas cifras y cambiará ligeramente las proporciones de los distintos grupos; pero resulta obvio que en cualquier caso esa información proporciona una visión sesgada de la realidad. Ello es debido a que la mayor parte de estudios se dirigen a especies del macrobentos, y por tanto las planctónicas de menor talla, como dinoflagelados, diatomeas, copépodos u otros organismos del nano, micro y mesozooplankton, y también las del meiobentos, en los que muy posiblemente existen también una proporción apreciable de especies alóctonas, no son siquiera contemplados en los programas de muestreo. En realidad, en algunos de ellos, y más aún si llegamos a considerar virus o bacterias en los que la propia definición de especie es difusa, ni tan solo se dispone de inventarios faunísticos completos de las especies nativas. Sin



embargo, el contar con información sobre los principales macroorganismos alóctonos, en especial aquellos con un papel estructural en los ecosistema, como pueden ser las macroalgas, puede resultar suficiente para determinar el estado de una demarcación marina en función de la presencia de especies alóctonas.

En el caso que nos ocupa, entre las alóctonas identificadas se encuentra un número apreciable de especies con reconocido potencial invasor. Entre ellas cabe destacar las algas *Asparagopsis armata*, *Centroceras clavulatum*, *hypnea musciformis*, *Sargassum muticum* y *Undaria pinnatifida*; los bivalvos *Crassostrea gigas* y *Tapes philippinarum*; los gasterópodos *Crepidula fornicata*, *Cyclope neritea* y *Haminoea callidigenita*; los crustáceos decápodos *Eriocheir sinensis* y *Hemigrapsus Takanoi*; los poliquetos *Boccardia semibranchiata*, *Desdemona ornata*, *Ficopomatus enigmaticus* y *Pseudopolydora paucibranchiata*; la ascidia *Corella eumyota* e incluso pequeños artrópodos como el anfípodo *Hyale spinidactyla* o el tanaideo *Hexapleromera robusta*. La única referencia sobre organismos planctónicos alóctonos corresponde a una especie invasora, la *Gymnodinium catenatum*.

A continuación se resume la información más relevante sobre aquellas de estas especies en las que los resultados de los estudios permiten afirmar que de hecho merecen el calificativo de invasoras en el conjunto de la Demarcación Noratlántica y no sólo en localidades determinadas.

### **Algas**

*Asparagopsis armata* (Harvey, 1855). Rodófito anual oportunista, originaria de Australia que crece en sustratos duros y como epífita sobre otras algas en zonas bien iluminadas del infralitoral superior, que fue introducida en la demarcación ya en la segunda mitad del siglo XX (Hoeck y Donze, 1966), concretamente en la costa vasca. Ha sido citada también en el resto de comunidades de la demarcación (Andreakis et al., 2007 y 2011; Martínez y Adarraga, 2005). En algunas zonas del Mediterráneo ha cambiado la fisonomía de los fondos y causado pérdidas de biodiversidad.

*Sargassum muticum* (Yendo) (Fensholt, 1955). Feofícea natural de los mares de China y Japón que habita tanto en el nivel mediolitoral medio y superior, ocupando amplias extensiones de cubetas mareales, como en áreas abiertas y protegidas del litoral inferior e infralitoral superior. Su primera cita en la península Ibérica se produjo en el año 1985 en la localidad de Getaria (Casares et al., 1987), arribando desde las costas francesas donde fue introducida probablemente también a través del comercio de ostras. Desde entonces su expansión ha sido seguida en el País Vasco (Ibáñez, 1980; Gorostiaga et al, 1988; LLuch et al. 1994; Fernández, 1999; Martínez y Adarraga, 2005, 2006) y también en Asturias (Departamento de Algas del Centro de Experimentación Pesquera, com. pers., 1989; Viejo et al., 1995; Andrew y Viejo, 1998; Viejo, 1999; Arenas y Fernández, 1998, 2000; Arenas et al.,





1995, 2002; Fernández, 1999; Fernández et al., 1990; LLuch et al., 1994; Sánchez y Fernández, 2005; Sánchez et al., 2005) y Galicia (Olabarría et al., 2006, 2009; Pérez-Cirera et al., 1989; LLuch et al., 1994; Rossi et al., 2010; Salinas et al., 1988). La proliferación de este sargazo provoca el desplazamiento completo de especies nativas al crecer por encima de ellas y sombrear las especies de debajo (Crichley, Farnham y Morrell, 1986).

*Undaria pinnatifida* (Harvey) (Suringar, 1873). Feofícea también originaria del Pacífico noroeste, donde es utilizada para consumo humano desde tiempos ancestrales, se ha expandido por todo el mundo a través de la acuicultura y el tráfico marítimo. Es propia de sustratos rocosos del litoral inferior y primeros tramos del infralitoral, hasta 25 m; pero puede colonizar fondos de maërl y cascajo y se adapta bien a sustratos artificiales. En Europa es considerada una de las tres peores algas invasivas (ICES, 2007), si bien puede tener efectos beneficiosos en términos económicos al tratarse de una especie explotada. Fue detectada por primera vez en la península ibérica en 1988 en Galicia (Cremades, 1995), donde ha sido objeto de estudios posteriores bastante exhaustivos (Cremades et al., 2006; Pérez-Ruzafa et al., 2002) e incluso se ha modelado su distribución (Báez et al., 2010). Posteriormente también fue encontrada en Asturias (Departamento de Algas del Centro de Experimentación Pesquera, com. pers., 1993; Salinas et al., 1996; Peteiro, 2003, 2006). A pesar de su amplia distribución, no parece presentar un comportamiento invasor agresivo en esta demarcación, ya que su expansión es relativamente lenta y atribuible más a sucesivas reintroducciones por vías antrópicas que a su capacidad natural de dispersión.

### **Bivalvos**

*Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). Este molusco, oriundo de Japón y el sudeste de Asia, se fija sobre superficies duras, preferentemente en medios estuarinos, ocupando zonas desde la zona intermareal hasta los primeros metros del infralitoral. Fue introducida intencionadamente por motivos comerciales, al ser una especie cultivada. Se encuentra en las costas gallegas desde el S. XIX (Hidalgo, 1917), y también ha sido citada en el País Vasco (Martínez y Adarraga, 2005, 2006). En Europa no parece que cause impactos negativos importantes; pero en otras áreas se han descrito desplazamientos de ostras autóctonas.

*Tapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850). Esta almeja originaria de Japón que habita en estuarios, en fondos arenosos o fango desde el nivel intermareal hasta unos pocos metros de profundidad, fue introducida en España para su cultivo en el año 1985, habiéndose naturalizado en las costas vascas y gallegas (Martínez y Adarraga, 2005 y 2006; Rolán y Horro, 2005). No produce importantes impactos medioambientales; pero entra en competencia y puede desplazar a la especie congénica nativa *Tapes decussatus*.

### **Gasterópodos**



*Cyclope neritea* (Linnaeus, 1758). Es una especie Mediterránea que vive enterrada en los fondos arenosos y fangosos ricos en materia orgánica de la zona infralitoral, prefiriendo áreas protegidas con escaso hidrodinamismo, que se ha introducido en la Demarcación Noratlántica probablemente asociada al comercio de *Crassostrea gigas*, se encuentra en el País Vasco (Hidalgo, 1917; Rallo, 1981; Borja, 1987, 2001; Martínez y Adarraga, 2005, 2006), Cantabria (López-Cotelo et al., 1982) y Galicia (Rolán, 1992; Rolán et al., 2005). No ejerce tampoco impactos muy apreciables pero nichos comunes con especies de gasterópodos autóctonos, como *Nassarius reticulatus*, por lo que algunos autores sugieren la existencia de cierta competencia entre ambas.

### **Crustáceos decápodos**

*Eriocheir sinensis* (H. Milne Edwards 1854). Es una especie catádroma originaria del sudeste de Asia que habita en ecosistemas dulceacuicolas hasta los 2-3 años, emigrando de adultos hacia aguas saladas donde se reproducen. Pudo introducirse en Europa bien mediante el transporte de ejemplares juveniles y larvas en el agua de lastre de los buques, o bien mediante el transporte de cangrejos ya adultos adheridos a los propios cascos de los barcos. Cuando la densidad de la población es grande, *E. sinensis* produce daños considerables en los bancos de sedimentos haciendo madrigueras las cuales incrementan la erosión. Esta especie es un huésped intermediario del trematodo de los pulmones de mamíferos *Paragonimus ringer*. Entre los principales prejuicios que causa este voraz depredador, destacan los daños a las redes, mallas y trampas de los pescadores locales.

*Hemigrapsus takanoi* (Asakura y Watanabe, 2005). Este cangrejo originario de las regiones cálidas y subtropicales del noroeste del océano Pacífico habita en áreas intermareales con sedimentos fangosos, estuarios, lagunas salobres y playas abrigadas. En algunos casos se han encontrado individuos hasta 20 m de profundidad. Fue introducido accidentalmente al golfo de Vizcaya en los años 90 (Martínez y Adarraga, 2005 y 2006), posiblemente a través del comercio de ostras. En los ecosistemas donde se asienta, compite activamente con las especies de decápodos autóctonas, provocando su desplazamiento.

### **Poliquetos**

*Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923). Este Policleto forma arrecifes constituidos por la agrupación de sus tubos calcáreos. Estas agrupaciones se fijan a diversas estructuras como pantalanés, piedras, conchas de ostras, etc. en ambientes estuarinos. El origen de esta especie no está claro, aparece tanto en aguas templadas como en cálidas-templadas de diferente salinidad en ambos hemisferios, y posiblemente fue introducido desde Australia (Zibrowius y Thorp, 1989). Prefiere aguas salobres, incluyendo estuarios, lo que facilita su transporte en los cascos de los barcos, ya que la mayoría de los puertos se hallan localizados en estas zonas. También se fija con facilidad y rapidez a la concha de los moluscos



comerciales. Los efectos sobre las especies nativas parece ser más beneficioso que perjudicial, ya que las estructuras arrecifales que conforman sus tubos, sirven de cobijo y resguardo a numerosos invertebrados en las áreas donde éstos se desarrollan. Sin embargo, la existencia de poblaciones densas de estos filtradores pueden reducir las fuentes de fitoplancton y partículas de materia orgánica en suspensión para otros organismos filtradores autóctonos. Además, la producción de excrementos y pseudoexcrementos en grandes cantidades que concentran los contaminantes de la columna de agua, pasan al sedimento y desde aquí pueden formar parte de la cadena alimentaria. Puede tener efectos negativos directos para intereses comerciales, ya que es una especie incrustante que afecta a los barcos, boyas y la estructura de los puertos. Fue citado ya hace décadas en las costas vascas (Fischer y Piette, 1951), y más recientemente por Martínez y Adarraga (2005 y 2006).

### **3.3. Principales stocks pesqueros**

#### *Principales actividades pesqueras de peces pelágicos*

Las especies pelágicas mencionadas anteriormente forman la base de importantes actividades pesqueras en el Golfo de Vizcaya, que representan una importante fuente de ingresos para las economías locales y representan un número de empleos considerable (Figura 3.21). Las pesquerías orientadas a la pesca de pequeños y medianos pelágicos está constituida fundamentalmente por cerqueros y determinadas actividades especializadas orientadas a estas especies realizadas con otros aparejos. En este último caso tenemos las pesquerías de arrastre dirigidas a jurel y caballa y las pesquerías de línea de mano dirigida a caballa. Además algunas de estas especies forman parte del grupo de especies acompañantes de pesquerías dirigidas fundamentalmente a especies demersales. Las pesquerías dirigidas a grandes pelágicos, están formadas por flota que opera con curricán o trabaja al cebo vivo, ambas orientadas a la pesca de túnidos. En el caso de la pesca de tintorera (*Prionace glauca*) se utiliza palangre de superficie. Los stocks de las especies pelágicas en relación al Golfo de Vizcaya están próximas a la sobreexplotación, si no sobreexplotados (ICCAT, 2003; ICES, 2004a). La mayoría está sujeta a políticas de gestión activas para limitar la actividad pesquera y las capturas totales por medio de TAC's (Totales Admisibles de Capturas) y cuotas. La variabilidad inherente a la abundancia de estas especies, movimientos migratorios y estacionalidad, hacen que su gestión sea difícil. Un caso típico es la anchoa, para la cual es difícil hacer predicciones fiables de abundancia en el corto y medio plazo debido a su ciclo de vida corto y alta tasa de mortalidad natural. España y Francia son los principales países involucrados en la pesca pelágica en el Golfo de Vizcaya, aunque recientemente otros países de la Unión Europea, como los Países Bajos y Dinamarca, también han desarrollado un interés en recursos como la caballa y el jurel.

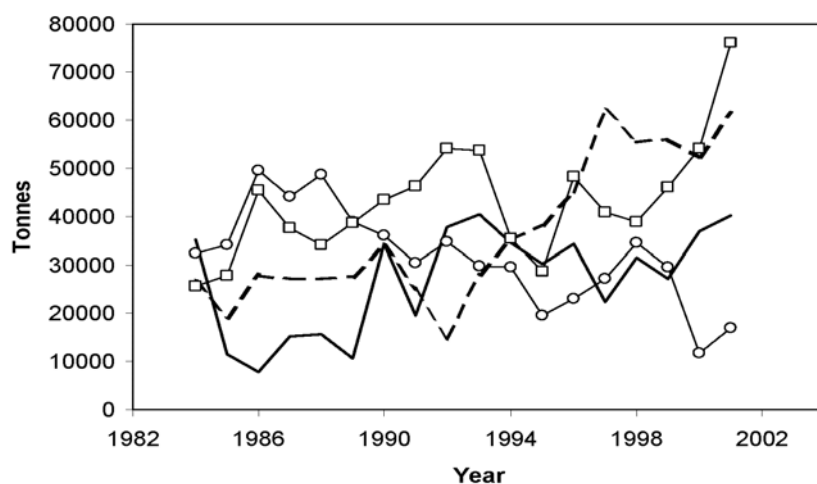


Figura 3.21. Capturas de peces pelágicos en el Golfo de Vizcaya (ICES Subárea VIII) desde 1984 a 2001. Fuente: ICES, 2004b). (Caballa: línea discontinua; Jurel: línea fina con cuadros; Anchoa: línea gruesa; Sardina: línea fina con círculos.

La migración es la causa de la estacionalidad en la pesca de caballa del Golfo de Vizcaya (Villamor *et al.*, 1997). La caballa del Noreste Atlántico se considera una unidad única de gestión o stock, en la que se distinguen tres componentes de desove (sur, oeste y mar del Norte) (ICES, 2004a). En cuanto al jurel, se reconocen tres stocks en el noreste Atlántico: stock del Sur, stock del mar del Norte y stock del Oeste. Recientemente, se ha considerado que los jureles del Golfo de Vizcaya deberían incluirse en el stock del Oeste, que se extiende desde Galicia hacia el norte, a lo largo de toda la costa occidental europea (ICES, 2004a). Por otra parte, ahora mismo se reconocen tres stocks de atún blanco, y los del Golfo de Vizcaya pertenecen al stock del Atlántico Este (ICCAT, 2003).

#### **Principales actividades pesqueras demersales**

Información detallada acerca de estas pesquerías puede ser consultada en Punzón *et al.*, (2004), Castro *et al.* (2007), Punzón *et al.* (2008), Punzón y Villamar (2009), Punzón (2009), Castro *et al.* (2010), Punzón *et al.* (2010). Las pesquerías demersales explotan una gran variedad de especies. Aunque hay gran diversidad de aparejos que se pueden utilizar para explotar estos recursos, los más comunes son los aparejos de arrastre, los palangres de fondo y los enmalles. Generalmente dentro de cada una de estas modalidades se desarrollan adaptaciones en función de las especies objetivo. En la plataforma del Cantábrico y Noroeste la pesquería demersal que se desarrolla es de tipo mixta con múltiples especies objetivo, siendo sus principales recursos la merluza, los gallos y los rapés. En el caso del arrastre a la pareja, la especie demersal objetivo es la bacaladilla, siendo su principal especie acompañante la merluza.



En el caso de los palangres de fondo se desarrollan multitud de pesquerías, aunque entre ellas podemos destacar las dirigidas a merluza. Este es el único aparejo que en la actualidad se utiliza para desarrollar pesquerías de profundidad, dirigidas a locha y otra a congrio, y de forma marginal tiburones de profundidad y besugo (Punzón *et al.*, 2011). Con los enmallés se desarrollan tres tipos de pesquerías, una mixta fundamentalmente litoral, en la que se utilizan betas y trasmallos, otra dirigida a merluza, para la que se emplea la volanta, y otra en la zona del mar Cantábrico, la pesquería de rasco, dirigida a rapés. Aunque hay cierta incertidumbre sobre los límites de población, en la zona entre el Atlántico oriental y esquina interior del Golfo de Vizcaya se pueden distinguir dos stocks de merluza (stock del norte y stock del sur).

Además, hay que destacar el gran desarrollo de las pesquerías artesanales en la zona de estudio, con más de 5.000 embarcaciones. La parte más importante de ellas trabaja en aguas al sur de Finisterre. Estas flotas utilizan gran variedad de tipos de artes y tienen una gran diversidad de especies objetivo.

Los enfoques de evaluación sobre especies individuales se han usado desde siempre para su gestión y la UE ha implementado un sistema de TAC para algunas de ellas (merluza, lenguado, cigala, gallo, rape). Estas especies representan una parte importante del desembarque total (alrededor del 50 % de los desembarques totales francesas). Cada una de las especies que no están sujeta a la regulación del TAC representan solo unos cuantos centenares de toneladas anuales, excepto algunas cuyas capturas exceden 1.000 t (cobia, lubina, raya, cangrejo, congrio, sepia, abadejo, etc.). Como en el caso de especies pelágicas, la mayoría de los recursos demersales y bentónicos en el Golfo de Vizcaya están o bien explotados totalmente o sobreexplotados, o están sujetos a reglamentos de gestión activos (ICES, 2004b).



#### 4. 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.
- Aguilar, R.; Torriente, A.; García, S.; 2009. Informe de propuesta de áreas marinas de importancia ecológica. Zona galaico-cantábrica. *OCEANA*. Madrid: 1-252.
- 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.
- Altuna, A., (2010). Listado de los cnidarios (Cnidaria) bentónicos del Golfo de Vizcaya y zonas próximas (Atlántico NE). Proyecto Fauna Ibérica.
- Álvarez M.; Fernández, E.; Pérez, F.F.; 1999. Carbon dioxide variability and fluxes in a coastal embayment affected by upwelling: biological vs physical control. *Oceanologica Acta*, 22: 499-515.
- Álvarez-Salgado, X.A.; Borges, A.V.; Figueiras, F.G.; Chou, L.; 2009. Iberian Margin: The Rias, In: Carbon and Nutrient Fluxes in Continental Margins (Liu K.-K.; L. Atkinson, R. Quinones y L. Talaue-McManus Eds): 102-119, Springer.
- Andreakis N, Procaccini G, Maggs C, Kooistras WHCF; 2007. Phylogeography of the invasive seaweed *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales, Rhodophyta) reveals cryptic diversity. *Molecular ecology* 16:2285-2299.
- Andrew NL, Viejo RM; 1998. Ecological limits to the invasion of *Sargassum muticum* in northern Spain. *Aquatic Botany* 60:251-263.
- Anónimo (1991). Cartografía de campos de ocle (*Gelidium corneum*) en el Principado de Asturias I (Distrito marítimo de Llanes) (1991). Informe inédito. Consejería de agricultura Ganadería y Pesca del Principado de Asturias.
- Arcos, J.M. 2008. Desde el aire: Las aves marinas. En: Mares de España: The Seas of Spain. Secretaría General del Mar. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. ISBN: 978-84-8320-423-8.
- Arenas F, Fernandez C, Rico JM, Fernandez E, Haya D; 1995. Growth and reproductive strategies of *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt and *Cystoseira nodicaulis* (Whit.) Roberts. *Scientia Marina* 59:1-8.





- Arenas F, Fernandez C; 1998. Ecology of *Sargassum muticum* (Phaeophyta) on the North Coast of Spain III. Reproductive Ecology. *Botanica Marina* 41:209-216.
- Arenas F, Fernandez C; 2000. Size structure and dynamics in a population of *Sargassum muticum* (Phaeophyceae). *Journal of Phycology* 36:1012-1020.
- Arenas F, Viejo RM, Fernandez C; 2002. Density-dependent regulation in an invasive seaweed: responses at plant and modular levels. *Journal of Ecology* 90:820-829.
- Arhan, M.; Colin de Verdière, A.; Mémerly, L.; 1994. The eastern boundary of the subtropical North Atlantic. *Journal Physical Oceanography*, 24:1295-1316.
- Aubin-Ottenheimer, G.; 1986. Bilan des connaissances sur la cardine (*Lepidorhombus whiffiagonis*). Etude du stock de mer Celtique. *Rev. Trav. Inst. Tech. Pêches mar.*, 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.
- Báez JC, Olivero J, Peteiro C, Ferri-Yáñez F, García-Soto C, Real R (2010) Macro-environmental modelling of the current distribution of *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Ochrophyta). *Biological Invasions* 12:2131-2139
- Bartolomé, L.; Tueros, I.; Cortazar, E.; Raposo, JC.; Sanz, J.; Zuloaga, O.; de Diego, A.; Etxebarria, N.; Fernández, L.A.; Madariaga, J.M.; 2006. Distribution of trace organic contaminants and total mercury in sediments from the Bilbao and Urdaibai Estuaries (Bay of Biscay). *Marine Pollution Bulletin*, 52 (9): 1111-1117.
- Bas, C.; 1995. Ecological structures: expansion and replacement. *Scientia Marina*, 59: 373-380.
- Bergmann, M. & Moore, P. G. (2001). Mortality of *Asterias rubens* and *Ophiura ophiura* discarded in the Nephrops fishery of the Clyde Sea area, Scotland. *ICES Journal of Marine Science*, 58, 531-542
- Besada V.; Andrade, J.M.; Schultze, F.; Fumega, J.; Cambeiro, B.; González, J.J.; 2008. Statistical comparison of trace metal concentrations in wild mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in selected sites of Galicia and Gulf of Biscay (Spain). *Journal of Marine Science*, 72: 320-331.
- Besada, V.; Andrade, J.M.; Schultze, F.; González, J.J.; 2011a. Comparison of the 2000 and 2005 spatial distributions of heavy metals in wild mussels from the North-Atlantic Spanish coast. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 74 (3): 373-381.
- Besada, V.; Andrade, J.M.; Schultze, F.; González, J.J.; 2011b. Monitoring of heavy metals in wild mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North-Atlantic coast.



*Continental Shelf Research*, 31 (5): 457-465.

- Besada, V.; Fumega, J.; Vaamonde, A.; 2002. Temporal trends of Cd, Cu, Hg, Pb and Zn in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North-Atlantic coast 1991-1999. *The Science of the Total Environment*. 288 (3): 239-253.
- Bett, B.J. and Rice, A.L. 1992. The influence of hexactinellid sponge (*Pheronema carpenteri*) spicules on the patchy distribution of macrobenthos in the Porcupine Seabight (bathyal NE Atlantic). *Ophelia*, 36: 217–226.
- Billett, D. S. M. (1991). Deep-sea holothurians. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 29, 59–317.
- Bode, A.; Álvarez-Ossorio, M.T.; 2004. Taxonomic versus trophic structure of mesozooplankton: a seasonal study of species succession and stable carbon and nitrogen isotopes in a coastal upwelling ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*. 61: 563-571.
- Bode, A.; Álvarez-Ossorio, M.T.; Barquero, S.; Lorenzo, J.; Louro, A.; Varela, M.; 2003. Seasonal variations in upwelling and in the grazing impact of copepods on phytoplankton off A Coruña (Galicia, NW Spain). *J. Exp. Mar. Biol, Ecol*, 297: 85-105.
- 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.
- Bode, A.; Álvarez-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*, 74: 115-131.
- Bode, A.; Álvarez-Ossorio, M.T.; González, N.; 1998. Estimations of mesozooplankton biomass in a coastal upwelling area off NW Spain. *Journal of Plankton Research*, 20: 1005-1014.
- Bode, A.; Álvarez-Ossorio, MT., Miranda, A.; López-Urrutia, A.; Valdés, L.; 2011. Comparing copepod time-series in the north of Spain: spatial autocorrelation of community composition. *Progress in Oceanography*.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2011.11.013>
- Bode, A.; Barquero, S.; González, N.; Álvarez-Ossorio, M.T.; Varela, M.; 2004. Contribution of heterotrophic plankton to nitrogen regeneration in the upwelling ecosystem of A Coruña (NW Spain). *Journal of Plankton Research*, 26 (1): 11-28.
- 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.
- Bode, A.; Casas, B.; Varela, M.; 1994. Size-fractionated primary productivity and biomass in the Galician shelf (NW Spain): Netplankton versus nanoplankton dominance. *Scientia Marina*, 58: 131-141.
- Bode, A.; Fernández, E.; 1992. Variability of biochemical composition and size distributions of seston in the euphotic zone of the Bay of Biscay: implications for microplankton trophic structure. *Marine Biology*, 114: 147- 155.
- 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.
- Bode, A.; Varela, M.; Casas, B.; González, N.; 2002. Intrusions of eastern North Atlantic central waters and phytoplankton in the north and northwestern Iberian shelf during spring. *Journal of Marine Systems*, 36: 197-218.
- Borges A.V.; Frankignoulle M; 2002. Aspects of dissolved inorganic carbon dynamics in the upwelling system off the Galician coast. *J Mar Sys*, 32:181-198.
- Borja A (1987) Catálogo de moluscos marinos de la Costa Vasca. *Iberus* 7:211-223.
- Borja, A., Aguirrezabalaga, F., Martínez, J., Sola, J.C., García-Arberas, L., Gorostiaga, J.M., 2004. Benthic communities, biogeography and resources management. In: Borja, A., Collins, M. (Eds.), *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanography Series, vol. 70, pp. 455-492
- Borja, A., O. Solaun, J. Franco, V. Perez; 2004. Biomonitoring of heavy metals and organic compounds, at the tissue-organism level. Borja, A. and Collins, M. (Eds.) *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*, Elsevier Oceanography Series, 70: 319-333.
- Botas, J.A.; Bode, A.; Fernández, E.; Anadón, R.; 1988. Descripción de una intrusión de agua de elevada salinidad en el Cantábrico Central: distribución de los nutrientes inorgánicos y su relación con el fitoplancton. *Investigación Pesquera*, 52 (4): 559-572.
- 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.
- Boudouresque C y Verlaque M. (2001) Chapter 13: Ecology of *Paracentrotus lividus*. In: *Edible sea urchins: Biology and Ecology* John M. Lawrence (ed), pp 177-216.
- Broom, D.M., 1975. Aggregation behaviour of the brittle-star *Ophiothrix fragilis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 55, 191–197.



- 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.; Lavín, A.; García, M.J.; González-Pola, C.; Tel Pérez, E.; 2003. Oceanographic variability in the northern shelf of the Iberian Peninsula (southern bay of Biscay). 1990-1999. *ICES Decadal Sym.*, 71-79.
- Cabanas, J.M.; Porteiro, C.; 1998. Links between the North Atlantic Sardine recruitment and their environment. *ICES CM 1998/R*: 23, 10 págs.
- Cabioch, L. 1961. Etude de la répartition des peuplements benthiques au large de Roscoff. *Cahiers de Biologie Marine*, 2: 1-40.
- 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.
- Casares C, Gómez A, Rivera MA, Seoane-Camba J (1987) *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, nueva cita para la Península Ibérica. *Collectanea Botanica* 17:151.
- Casas, B.; Varela, M.; Canle, M.; González, N.; Bode, A.; 1997. Seasonal variations of nutrients, seston and phytoplankton, and upwelling intensity off La Coruña (NW Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 (6): 767-778.
- Castaño-Carrera, M.; P. C. Pardo, M. Álvarez, A. Lavín, C. Rodríguez, A.F. Ríos, R. Carballo, F.F. Pérez; 2012. Carbonic system and nutrients in the Bay of Biscay. *Ciencias Marinas* (aceptado).
- Castro C. G.; Álvarez-Salgado X. A.; Nogueira E.; Gago J.; Pérez F. F.; Bode A.; Ríos A. F.; Rosón G. y Varela M.; 2009. Evidencias bioquímicas do cambio climático, Evidencias e impactos do cambio climático en Galicia, Ed. Xunta de Galicia Cap. 15, 303-326.
- Castro J.; Abad, E.; Artetxe, I.; Cardador, F.; García, D.; 2007. Identification and Segmentation of mixed-species Fisheries operating in the Atlantic Iberian Peninsula waters (IBERMIX project). (Contract Ref.: FISH/2004/03-33). 260 págs.
- Castro, C.; Perez, F.; Holley, S.; Ríos, A.; 1998. Chemical characterisation and modelling of water masses in the Northeast Atlantic. *Progress in Oceanography*, 41: 249-279.
- Castro, J.; Punzón, A.; Pierce, G.J.; Marín, M.; Abad, E.; 2010. Identification of métiers of the Northern Spanish coastal bottom pair trawl fleet by using the partitioning method CLARA. *Fisheries Research*, 102: 184-190.
- Colloca, F., Carpentieri, P., Balestri, E., Ardizzone, G.D. (2004). A critical habitat for Mediterranean fish resources: shelf-break areas with *Leptometra phalangium* (Echinodermata: Crinoidea). *Marine Biology* 145, 1129-1142.



- 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.
- Couceiro, L.; Díaz, J.; Albaina, N.; Barreiro, R.; Irabien, J.A.; Ruiz, J.M.; 2009. Imposex and gender-independent butyltin accumulation in the gastropod *Nassarius reticulatus* from the Cantabrian coast (N Atlantic Spain). *Chemosphere*, 76 (3): 424-427.
- Cremades J, Freire O, Peteiro C (2006) Biología, distribución e integración del alga alóctona *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en las comunidades bentónicas de las costas de Galicia (NW de la Península Ibérica). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 63:169-187.
- Dardignac, J.; 1988. Les pêcheries du golfe de Gascogne. Bilan des connaissances *Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER*, 9: 204 págs.
- 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.
- Díez, I.; Secilla, A.; Santolaria, A.; Gorostiaga, J.M.; 2000. The north coast of Spain. En: *Seas at the Millennium. An environmental evaluation*. C. Sheppard (Ed.). Pergamon. Amsterdam, 2000. Volume I: 135-150.
- Doney, S.C.; V.J. Fabry, R.A. Feely, J.A. Kleypas; 2009. Ocean acidification: the other CO<sub>2</sub> problem, *Ann. Rev. Mar. Sci.*, 1: 169-192, 10.1146/annurev.marine.010908.163834.
- 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.
- Ellis, J. R., Lancaster, J. E., Cadman, P. S. and Rogers, S. I. (2002) The marine fauna of the Celtic Sea. In *Marine biodiversity in Ireland and Adjacent Waters* (ed J. D. Nunn). Ulster Museum, Belfast, pp. 45–65.
- Estrada, M.; 1984. Phytoplankton distribution and composition off the coast of Galicia (northwest of Spain). *Journal of Plankton Research*, 6 (3): 417-434.
- Evans, G.T; Prego, R.; 2003. Rias, estuaries and incised valleys: is a ria an estuary?. *Marine Geology*, 196 (3): 171-175.
- Fabry, V. J.; B. Seibel, B.; R. A. Feely, and J. C. Orr; 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES J. Mar. Science* 65: 414.
- 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. 1997a. Megabenthic decapod crustacean assemblages on the Galician continental shelf and upper slope (north-west Spain). *Marine Biology*, 127: 419-434.
- Fariña, A.C.; Freire, J.; González-Gurriarán, E. 1997b. 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.
- Fariña, AC.; Pereiro, FJ.; 1995. Distribution and abundance of molluscs and decapod crustaceans in trawl samples from the Galician Shelf (NW Spain). *ICES mar. Sci. Symp.* (Act Symp) 199: 189-199.
- Feely, R.A.; Sabine, C.L.; Hernandez-Ayon, J.M.; Ianson, D.; Hales, B.; 2008. Evidence for upwelling of corrosive "acidified" water onto the continental shelf. *Science* 320, 1490e1492.
- Fernandez C (1999) Ecology of *Sargassum muticum* (Phaeophyta) on the North Coast of Spain: IV. Sequence of colonization on a shore. *Botanica Marina* 42:562
- Fernández C, Gutiérrez LM, Rico JM (1990) Ecology of *Sargassum muticum* on the North Coast of Spain. Preliminary observations. *Botanica Marina* 42:553-562
- Fernández, C. (2011). The retreat of large brown seaweeds on the north coast of Spain: the case of *Saccorhiza polyschides*. *European Journal of Phycology*, 46(4): 352–360.
- Fernández, E.; Bode, A.; 1991. Seasonal patterns of primary production in the Central Cantabrian Sea (Bay of Biscay). *Scientia Marina*, 55 (4): 629-636.
- 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, E.; Cabal, J.; Acuña, J.L.; Bode, A.; Botas, A.; García-Soto, C.; 1993. Plankton distribution across a slope current-induced front in the southern Bay of Biscay. *Journal of Plankton Research*, 15 (6): 619-641.
- Fernández-Martínez, R.; Loredó, J.; Ordóñez, A.; Rucandio, M. I.; 2006. Physicochemical characterization and mercury speciation of particle-size soil fractions from an abandoned mining area in Mieres, Asturias (Spain). *Environmental Pollution*, 142 (2): 217-226.
- Flos, J. 1982. Producción primaria, clorofila *a* y visibilidad del disco de Secchi en el Golfo de Vizcaya. *Investigación Pesquera*, 46: 215-230.
- Fraga, F.; Mourino, C.; Manríquez, M.; 1982. Las masas de agua en la costa de Galicia: junio-





- octubre. *Res. Exp. Cient*, 10: 51-77.
- Franco, M.Á.; Viñas, L.; Soriano, J.A.; de Armas, D.; González, J.J.; Beiras, R.; Salas, N.; Bayona, J.M.; Albaigés, J.; 2006. Spatial distribution and ecotoxicity of petroleum hydrocarbons in sediments from the Galicia continental shelf (NW Spain) after the Prestige oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 53: 260-271.
- Fredriksen, S. (2003). Food web studies in a Norwegian kelp forest based on stable isotope ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 260: 71-81
- Freire, J.; González-Gurriarán, E. & Olosa, I.(1992). Spatial distribution of *Munida intermedia* and *M. sarsi* (Crustacea: Anomura) on the Galician Continental Shelf (NW Spain): application of geostatistical analysis. *Est. Cost. Shelf Scien.*,35, 637-648.
- 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.
- Gago J, Gilcoto M, Pérez FF, Ríos AF; 2003. Short-term variability of  $\text{fCO}_2$  in seawater and air-sea  $\text{CO}_2$  fluxes in a coastal upwelling system (Ría de Vigo, NW Spain). *Mar. Chem.*, 80:247-264.
- Gago J. M.; 2000. Transformaciones biogeoquímicas y flujos de carbono en la Ría de Vigo. Estudio de la variación estacional y corta escala, Tesis de doctorado, Universidad de Vigo, España.
- García-Soto, C.; Pingree, R.D.; Valdés, L.; 2002. Navidad development in the southern Bay of Biscay: Climate change and swoddy structure from remote sensing and in situ measurements. *Journal of Geophysical Research*, 107 (C8): 3118.
- Gazeau, F.; Quiblier C.; Jansen J. M.; Gattuso J. P.; Middelburg J. J. and Heip C. H. R.; 2007. Impact of elevated  $\text{CO}_2$  on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*, 34 (L07603). <http://dx.doi.org/10.1029/2006GL028554>
- 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.
- Gilbert, D.; N.N. Rabalais, R.J. Díaz, and J. Zhang; 2010. Evidence for greater oxygen decline rates in the coastal ocean than in the open ocean. *Biogeosciences*,7: 2283-2296.
- Gohin, F.; Lampert, L.; Guillaud, J.F.; Herbland, A.; Nezan, E.; 2003. Satellite and *in situ* observations of a late winter phytoplankton bloom in the northern Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*, 23: 1117-1141.
- 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.



- González, J.J.; Viñas, L.; Franco, M.Á.; Fumega, J.; Soriano, J.A.; Grueiro, G.; Muniategui, S.; López Mahía, P.; Prada, D.; Bayona, J.M.; Alzaga, R.;Albaigés, J. 2006. Spatial and temporal distribution of dissolved/dispersed aromatic hydrocarbons in seawater in the area affected by the Prestige oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 53: 250-259.
- González, N.; Bode, A.; Varela, M.; Carballo, R.; 2003. Interannual variability in hydrobiological variables in the coast of A Coruña (NW Spain) from 1991 to 1999. *ICES Marine Science Symposia*, 219: 382-383.
- González-Gurriarán, E.; Olaso, I.; 1987. Cambios espaciales y temporales de los crustáceos decápodo de la plataforma continental de Galicia (NW de España). *Investigación pesquera*, 51 (1): 323-341.
- González-Irusta, J.M.; Ansorena, F.J.; Goñi de Cerio, F.; Canteras, J.C. (2010) Reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Cantabrian Sea (northern Spain): environmental effects. *Journal of the marine biological assoc. of the U.K.* 90: 699-709.
- González-Quijano, A.; García, A.; Fumega, J.; González, J.J.; 2006. Temporal variation of PCB concentrations in mussel tissue in two areas of Santander Bay (Spain). *Ciencias Marinas*, 32 (2B): 465-469.
- Gorostiaga JM (1988) Sobre la expansión de *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt en la costa Atlántica Europea. *Lurralde* 11:437-443.
- Gruber, N.; 1998. Anthropogenic CO<sub>2</sub> 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.
- Guinda, X.; Juanes, J.A.; Puente, A.; Echavarri-Erasun, B. (2011). Spatial distribution pattern analysis of subtidal macroalgae assemblages by a non-destructive rapid assessment method. *Journal of Sea research* 67, 34-43.
- Guiry, M.D. (2011) *Gelidium sesquipedale*. In: Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2011). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=381396> on 2012-03-12.
- 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.
- Halsband-Lenk, C.; Carlotti, F.; Greve, W.; 2003. Life cycle strategies of calanoid copepod



- congeners: Significance for climate change studies. 3<sup>rd</sup> International Zooplankton Production Symposium, Gijón (Mayo 2003).
- Hansson, H. (2012). *Laetmogone violacea* Théel, 1879. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=124756> on 2012-02-20
- Hartnoll, R.G., Rice, A.L. & Attrill, M.J., 1992. Aspects of the biology of the Galatheid genus *Munida* (Crustacea, Decapoda) from the Porcupine Seabight, Northeast Atlantic. *Sarsia*, 76, 231:246.
- Harvey, J.; 1982. Theta-S relationships and water masses in the eastern North Atlantic. *Deep Sea Research*, 29 (8A):1021-1033.
- Havenhand, J. N.; F.-R. Butler, M. C. Thorndyke, y J. E. Williamson; 2008. Near-future levels of ocean acidification reduce fertilization success in a sea urchin. *Current Biology*, 18 (15): R651-R652.
- 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.
- Heck, K.L., Hays, G., Orth, R.J. (2003) Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 253: 123- 136
- Helfman, G.S.; Collette, B.B.; Facey, D.E.; 1997. *The diversity of fishes*. Blackwell Science: Oxford, 528 págs.
- Hidalgo JG (1917) Fauna malacológica de España, Portugal y las Baleares. Moluscos testáceos marinos. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales* 30:1-752.
- 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.
- Hoeck C, Donze M (1966) The algal vegetation of the rocky côte basque (SW France). *Bulletin de Centre d'Étudies et de Recherches Scientifiques. Biarritz* 6:289-319.
- <http://dx.doi.org/10.1029/2001JC00101>
- Ibáñez M (1980) *Sphaeronassa mutabilis* L. (Neogastropoda) nueva cita para la costa vasca. *Lurralde* 3:123
- ICCAT, 2003. Informe del periodo bienal 2002/03. 2 (1): 223 págs.
- ICES, 2004a. Report of the Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy. ICES CM 2004/ACFM:08.
- ICES, 2004b. Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of



- Hake, Monk and Megrim. ICES CM 2004/ACFM:02.
- ICES, 2007. Report of the ICES-IOC Working Group on Harmful Algal Bloom Dynamics. ICES CM 2007/OCC:06.
- 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. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Irabien, MJ.; Cearreta, A.; Leorri, E.; Gómez, J.; Viguri, J.; 2008. A 130 year of pollution in the Suances estuary (southern Bay of Biscay): Implications for environmental management. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1719-1727.
- Isaacs, J.D.; 1973. Potential trophic biomass and trace-substance concentration in unstructured marine food webs. *Marine Biology*, 22: 97-104.
- Joubin, L.; 1922a. Les coraux de mer profonde nuisibles aux chalutiers. Notes et Memoires. *OV Sci Tech. Pêches Maritimes* 18: 5-16.
- Joubin, L.; 1922b. Distribution géographique de quelques coraux abyssaux dans les mers occidentales européennes. *C. R. Academy of Science*, 175: 930-933.
- Joubin, L.; 1923. Les coraux de mer profonde du plateau continental atlantique. Rapports et proces-verbaux des reunions, vol. 31, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark: 43-46.
- Juanes, J.A., Borja, A. (1991) Biological Criteria for the Exploitation of the Commercially Important Species of *Gelidium* in Spain. *Hydrobiologia* 221, 45-54.
- Junoy, J., Viéitez, J.M. (1992) Macrofaunal abundance analyses in the Rña de Foz (Lugo, Northwest Spain) *Cahiers de Biologie Marine*, 33: 331- 345
- 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.
- Koutsikopoulos, C.; Le Cann, B.; 1996. Physical processes and hydrological structures related to the Bay of Biscay Anchovy. *Scientia Marina*, 60: 9-19.
- Lalli, C.M.; Parsons, T.R.; 1997. Biological Oceanography: An Introduction. Butterworth-Heinemann. 2<sup>nd</sup> Ed. 314 págs.



- 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. <http://www.whoi.edu/science/AOPE/people/tduda/isww/text/lam/>
- 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 *2<sup>nd</sup> year Report of the E.U. SEAMAR Project*.
- Lavín, A.; González-Pola, C.; Cabanas, J.M.; 2003. Spanish Standard Sections (area 4). Annex K of Report of the Working Group on Oceanic Hydrography. ICES CM 2003/C:07.
- 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 the North Atlantic*. Copenhagen, Sep. 1997.
- Lavín, A.; Valdés, L.; Sánchez, F.; Abaunza, P.; Forest, A.; Boucher, J.; Lazure, P.; Jegou, A.M.; 2006. The Bay of Biscay: the encountering of the ocean and the shelf, Interdisciplinary Regional Studies and Syntheses. En: A.P. Robinson, K. Brink, Eds. *The Sea Volume 14B: The Global Coastal Ocean*, Harvard University Press: 933-1001.
- Lawrence, J.M. (1975) On the relationship between marine plants and sea urchins. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 13: 213-286.
- Lawrence, J.M. (2001) The edible sea urchins. In: Lawrence JM (ed) *Edible sea urchins: Biology and ecology*.
- Le Danois, E.; 1948. Les profondeurs de la mer. En: Payot (Ed.). *Trente ans de recherche sur la faune sous-marine au large des côtes de France*. Paris: 303.
- Le Pape, O.; Chauvet, F.; Mahevas, S.; Lazure, P.; Guérault, D.; Desaunay, 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.
- Legendre, L.; Gosselin, M.; 1989. New production and export of organic matter to the deep ocean: consequences of some recent discoveries. *Limnology and Oceanography*, 34 (7): 1374-1380.
- Legendre, L.; Le Fèvre, J.; 1991. From individual plankton cells to pelagic marine ecosystems and to global biogeochemical cycles. En *Particle analysis in Oceanography*. Ed S. Demers. *NATO ASI Series, G 27*: 261-300.
- Legendre, L.; Rassoulzadegan, F.; 1995. Plankton and nutrient dynamics in marine waters. *Ophelia*, 41: 153-172.
- Leorri, E.; Cearreta, A.; Irabien, M.J.; Yustab, I.; 2008. Geochemical and microfaunal proxies to assess environmental quality conditions during the recovery process of a heavily polluted estuary: The Bilbao estuary case (N. Spain). *Science of the Total Environment*, 396 (1): 12-27.
- Lope, M.; Anadón, R.; Álvarez-Ossorio, M.; Valdés, L.; Varela, M.; 2003. Zooplankton biomass timing with temperature in South Bay of Biscay. *3<sup>rd</sup> International Zooplankton Production Symposium*, Gijón (Mayo 2003).
- Lluch JR, Garreta AG, Barceló MC, Ribera MA (1994) Mapas de distribución de algas marinas de la Península Ibérica e Islas Baleares. VII. *Cystoseira* C. Agardh (grupo *C. boccata*) y *Sargassum* C. Agardh (*S. muticum* y *S. vulgare*). *Botanica Complutensis* 19:131-138.
- López-Cotelo I, Viéitez JM, Díaz-Pineda F (1982) Tipos de comunidades bentónicas de la Playa del Puntal (Bahía de Santander). *Cahiers de Biologie Marine* 23:53-69.
- López-Jamar, E. 1978a. Macrobentos infaunal de la Ría de Pontevedra. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 4 (4): 113-130.
- López-Jamar, E. 1978b. Primeros datos sobre la biomasa y la composición del bentos infaunal de la Ría de Pontevedra, en relación con el contenido en materia orgánica del sedimento. *Boletín del Instituto Español Oceanografía*, 4: 57-69.
- López-Jamar, E.; Cal, R.M.; González, G.; Hanson, R.B.; Rey, J.; Santiago, G.; Tenore, K.R.; 1992. Upwelling and outwelling effects on the benthic regime of the continental shelf off Galicia, NW Spain. *Journal of Marine Research*, 50 (3): 465-488.
- López-Jamar, E.; González, G.; 1987. Infaunal macrobenthos of the Galician continental shelf off La Coruña Bay, North-west Spain. *Biology Oceanography*, 4(2): 165-192.
- 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. Societé France Ichthyologie et IRD, Paris: 29-45.
- Lorentsen S-H., Gremillet D. & Nymoen, G.H. (2004). Annual variation in diet of breeding Great Cormorants: Does it reflect varying recruitment of Gadoids? *Waterbirds*, 27: 161-169.
- Manuel, R.L., 1988. Synopses of the British Fauna: British Anthozoa, second ed. Academic Press, London, 241 pp.
- Martínez, J. and Adarraga, I. Programa de vigilancia y control de la introducción de especies invasoras en los ecosistemas litorales de la costa Vasca. 1. Costa de Guipuzkoa. 269 pp. 2005. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco. Sociedad Cultural de investigación submarina. Ref Type: Report.
- Martínez, J. and Adarraga, I. Programa de vigilancia y control de la introducción de especies invasoras en los ecosistemas litorales de la costa vasca. 2. Costa de Vizcaya. 267 pp. 2006. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco. Sociedad cultural de investigación submarina. Ref Type: Report.
- Martínez, J.; Adarraga, I. 2001. Distribución batimétrica de comunidades macrobentónicas de sustrato blando en la plataforma continental de Guipúzcoa (Golfo de Vizcaya). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 17 (1-2): 33-48.
- Massé, J.; 1996. Acoustic observations in the Bay of Biscay: Schooling, vertical distribution, species assemblages and behaviour. *Scientia Marina*, 60 (2): 227-234.
- McCartney, M.S.; Bennet, S.L.; Woodgate-Jones, M.E.; 1991. Eastward Flow through the Mid-Atlantic Ridge at 11° N and its influence on the Abyss of the Eastern Basin. *Journal Physical Oceanography*, 21: 1089-1121.
- 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.
- Meehl, G.A.; T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver and Z.-C. Zhao; 2007. Global Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S.; D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2007).
- Mohammed, A.I. and Fredriksen, S. (2004). Production, respiration and exudation of



- dissolved organic matter by the kelp *Laminaria hyperborea* along the west coast of Norway. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 84, 887-894.
- 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.
- Moreno-Ventas, X.; Lavín, A.; Valdés, L.; 1997. Hydrodynamic Singularities Observed by Satellite Imagery in the Continental Margin of the Bay of Biscay. *2<sup>nd</sup> International Symposium on the Ibero-Atlantic Continental Margin*, Cádiz, 1997.
- Mortensen, T. (1927). *Echinoderms of British Isles*. 471 pp. Oxford University Press.
- Mortensen, T. 1935. A Monograph of the Echinoidea. II. Bothriocidaroida, Melonechinoida, Lepidocentroida, and Stirodonta. C. A. Reitzel & Oxford University Press, Copenhagen & London, 647 pp.
- 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.
- Olabarria C, Rodil IF, Incera M, Troncoso JS (2009) Limited impact of *Sargassum muticum* on native algal assemblages from rocky intertidal shores. *Marine Environmental Research* 67:153-158.
- Olabarria, C., Quintas, P., and Troncoso, J. S. Documentig invasion of *Sargassum muticum* (Yedno.). 165-166. 2006. Barcelona, 12-15 de Septiembre 2006. XIV SIEBM Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Ref Type: Conference Proceeding.
- Olaso, I. 1990. Distribución y abundancia del megabentos invertebrado en fondos de la plataforma cantábrica. *Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía*, 5: 128 págs.
- Olaso, I.; Sánchez, F.; Rodríguez-Cabello, C.; Velasco, F.; 2002. The feeding behaviour of some demersal fish species in response to artificial discarding. *Scientia Marina*, 66 (3): 301-311.
- Orr, J.C.; K. Caldeira, V. Fabry, J.-P. Gattuso, P. Haugan, P. Lehodey, S. Pantoja, H.-O. Pörtner, U. Riebesell, T. Trull, M. Hood, E. Urban y W. Broadgate; 2009. Research Priorities for Ocean Acidification, report from the Second Symposium on the Ocean in a High-CO<sub>2</sub> World, Monaco, October 6-9, 2008, convened by SCOR, UNESCO-IOC, IAEA, and IGBP, 25 págs., (available at <http://www.ocean-acidification.net/Symposium2008/>).
- OSPAR (2010). Background Document for Seapen and Burrowing megafauna communities. Biodiversity series.
- OSPAR, 2000. Quality Status Report 2000: Region IV-Bay of Biscay and Iberian Coast. OSPAR Commission. London. 134 + xiii págs.



- OSPAR, 2010. Quality Status Report 2010: Region IV-Bay of Biscay and Iberian Coast. OSPAR Commission. London. 176 págs.
- Padin, X. A.; Castro, C.G.; Ríos, A. F.; y Pérez, F. F.; 2010. Oceanic CO<sub>2</sub> uptake and water under two contrasting NAO scenarios. *Journal of Marine Systems*, 84: 96-105.
- Padin, X.; Castro, C.; Ríos, A. y Pérez, F.; 2008. fCO<sub>2</sub><sup>sw</sup> variability in the Bay of Biscay during ECO cruises, *Continental Shelf Research* 28: 904-914.
- 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.
- Péres, J.M. (1982). Major benthic assemblages. In: *Marine Ecology Vol. V. Ocean management, Part 1*: 373-522 (O. Kinne, Ed.). J. Wiley & Sons. London.
- Pérez F.F.; C.G. Castro, A.F. Ríos y F. Fraga; 2005. Chemical Properties of the deep winter mixed layer in the Northeast Atlantic (40-47° N). *Journal Marine Systems*, 54: 115-125.
- Pérez F.F.; Ríos A.F.; Rosón G.; 1999. Sea surface carbon dioxide off the Iberian Peninsula (North Eastern Atlantic Ocean). *J. Mar. Syst.* 19: 27-46.
- Pérez, F. F.; Mourinio, C.; Fraga, F.; Ríos, A. F.; 1993. Displacement of water masses y remineralization rates off the Iberian Peninsula by nutrient anomalies. *Journal of Marine Research*, 51: 869-892.
- Pérez-Cirera JL, Cremades J, Bárbara I (1989) Precisiones sistemáticas y sinecológicas sobre algunas algas nuevas para Galicia o para las costas atlánticas de la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 46:35-45.
- Pérez-Ruzafa I, Menéndez JL, Salinas JM (2002) Mapas de distribución de algas marinas de la Península Ibérica e Islas Baleares. XV. *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Fucophyceae). *Botanica Complutensis* 26:147-151.
- 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.
- Pollard, R.T.; Pu, S.; 1985. Structure and circulation of the upper Atlantic Ocean northeast of the Azores. *Progress in Oceanography*, 14: 443-462.
- 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.
- Poulet, S.A.; Laabir, M.; Chaudron, Y.; 1996. Characteristic features of secondary production in the Gulf of Biscay. *Scientia Marina*, 60 (2): 79-95.
- Prego, R.; Vergara, J.; 1998. Nutrient fluxes to the Bay of Biscay from Cantabrian rivers (Spain). *Oceanologica Acta*, 21 (2): 271-278.
- Prouzet, P.; Metzals, K.; Caboche, C.; 1994. L'anchois du golfe de Gascogne. Caractéristiques biologiques et campagne de pêche française en 1992. Rapport CNPM-IMA-IFREMER.
- Punzón, A. 2009. Evolución y caracterización de la actividad pesquera con arte de arrastre en el mar Cantábrico. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Punzón, A.; Hernández, C.; Abad, E.; Castro, J.; Pérez, N.; Trujillo, V.; 2010. Spanish otter trawl fisheries in the Cantabrian Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 67: 1604-1616.
- Punzón, A.; Serrano, A.; Castro, J.; Abad, E.; Gil, J.; Pereda, P.; 2011. Deep-water fishing tactics of the Spanish fleet in the Northeast Atlantic. Seasonal and spatial distribution. *Scientia Marina*, 75: 465-476.
- Punzón, A.; Trujillo, V.; Castro, J.; Pérez, N.; Bellido, J.M.; Abad, E.; Villamor, B.; Abaunza, P.; Velasco, F.; 2008 Closed area management taken after the 'Prestige' oil spill: effects on industrial fisheries. *JMBA2 Biodivers. Rec.*, No. 5709.
- Punzón, A.; Villamor, B.; 2009. Does the timing of the spawning migration change for the southern component of the North East Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*, L. 1758)? An approximation using fishery analyses. *Continental Shelf Research*, 29: 1195-1204.



- Punzón, A.; Villamor, B.; Preciado, I.; 2004. Analysis of the handline fishery targeting mackerel (*Scomber scombrus*, L.) in the North of Spain (ICES Division VIIIbc). *Fisheries Research*, 69: 189-204.
- 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.
- Rallo, A. M. Aportaciones al conocimiento de la fauna bentónica litoral Vizcaína. 5, 51-60. 1981. Oviedo. Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural. 1981. Ref Type: Conference Proceeding.
- Ramón, M.; Leonart, J.; Massutí, E.; (2010). Royal cucumber (*Stichopus regalis*) in the northwestern Mediterranean: Distribution pattern and fishery. *Fisheries Research*, Vol. 105. Pp 21-27.
- Reid, D.G.; 2001. SEFOS: Shelf Edge Fisheries and Oceanography Studies: an overview. *Fisheries Research*, 50: 1-15.
- Rey, J.J.; Medialdea, T. 1989. Los sedimentos cuaternarios superficiales del margen continental español. *Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía*, 3: 29 págs.
- Rice, A.L. & M. de Saint Laurent, 1986. The nomenclature and diagnostic characters of four north-eastern Atlantic species of the genus *Munida* Leach: *Munida rugosa* (Fabricius), *M. tenuimana* G.O. Sars, *M. intermedia* A. Milne Edwards and Bouvier, and *M. sarsi* Huus (Crustacea, Decapoda, Galatheidae). *Journal of Natural History*, 20, 143:163.
- Ríos, A.F.; Pérez, F.F.; Fraga, F.; 1992. Water masses in the upper and middle North Atlantic Ocean east of the Azores. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 39: 645-658.
- Ríos, A.F.; Pérez, F.F.; Fraga, F.; 2001. Long-term (1977-1997) measurements of carbon dioxide in the Eastern North Atlantic: evaluation of anthropogenic input. *Deep Sea Research II*, 48: 2227-2239.



- Rodil, I.F., Cividanes, S., Lastra, M., López, J. (2008) Seasonal variability in the vertical distribution of benthic macrofauna and sedimentary organic matter in an estuarine beach (NW Spain) *Estuaries and Coasts*, 31: 382- 395
- 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.
- Rolán E (1992) Dos especies más de moluscos mediterráneos introducidas en la bahía de O Grove. *Thalassas* 10:135
- Rolán E, Horro J (2005) *Crepidatella dilatata* (Gastropoda, Calyptraeidae) nueva especie introducida en aguas gallegas. *Noticiario de la Sociedad Española de Malacología* 44:60-63
- Rolán E, Horro J, Quintela M (2005) *Cyclope neritea* (Gastropoda, Calyptraeidae) nueva especie introducida en aguas gallegas. *Noticiario de la Sociedad Española de Malacología* 44:57-59.
- Rossi F, Olabarria C, Incera M, Garrido J (2010) The trophic significance of the invasive seaweed *Sargassum muticum* in sandy beaches. *Journal of Sea Research* 63:52-61
- Ruiz-Pico S., Punzón A., Serrano A., Velasco F., Baldó F. and Fernández-Zapico O. Distribution and ecology of the anthozoan *Actinauge richardi* in the Cantabrian Sea. Poster presented in: ISOBAY 2010, Brest
- Sabine CL, Feely RA, Gruber N, Key RM, Lee K, et al; 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Science*, 305: 367-71.
- Sagarminaga, R. 2008. Tortugas: Adaptación a la vida en los océanos. En: Mares de España: The Seas of Spain. Secretaría General del Mar. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. ISBN: 978-84-8320-423-8.
- Salinas JM, Gancedo R, Crespo M (1988) Aparición de *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt en la costa noroeste de España. *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 69:1-22.
- Salinas JM, Llera EM, Fuentes C (1996) Nota sobre la presencia de *Undaria pinnatifida*





- (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta) en Asturias (Mar Cantábrico). Boletín del Instituto Español de Oceanografía 12:77-79.
- Sánchez I, Fernandez C (2005) Impact of the invasive seaweed *Sargassum muticum* (Phaeophyta) on an intertidal macroalgal assemblages. *Journal of Phycology* 41:923-930.
- Sánchez I, Fernandez C, Arrontes J (2005) Long-term changes in the structure of intertidal assemblages after invasion by *Sargassum muticum* (Phaeophyta). *Journal of Phycology* 41:942-949.
- 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. y Grupo de Investigación ECOMARG. 2010. Proyecto de investigación para el seguimiento del Área Marina Protegida de "El Cachucho" e identificación de posibles ecosistemas relevantes en las plataforma de Galicia y mar Cantábrico (ECOMARG-3). Informe Final Acuerdo de Encomienda del IEO con la Dirección General de Biodiversidad (MARM). Instituto Español de Oceanografía, 128 págs.
- Sánchez, F., A. Serrano, S. Parra, M. Ballesteros and J.E. Cartes (2008). Hábitat characteristics as determinant of the structure and spatial distribution of epibenthic and demersal communities of Le Danois Bank (Cantabrian Sea, N. Spain). *Journal of Marine Systems* 72, 64-86.
- 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<sup>e</sup> Colloq. Int., Biarritz, 4-6 avril 2000*. Ed. IFREMER, Actes Colloq., 31: 173-180.
- 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, F.; Serrano, A.; Parra, S.; Ballesteros, M.; Cartes, J.E.; 2008. Habitat characteristics



- as determinant of the structure and spatial distribution of epibenthic and demersal communities of Le Danois Bank (Cantabrian Sea, N. Spain). *Journal of Marine Systems*, 72: 64-86.
- 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-Marín, P.; Beiras, R.; 2008. Lead concentrations and size dependence of lead accumulation in the clam *Dosinia exoleta* from shellfish extraction areas in the Galician Rías (NW Spain). *Aquat. Living Resour*, 21: 57-61.
- Schultze, K., Janke, K., Krüß, A., Weidemann, W., 1990. The macrofauna and macroflora associated with *Laminaria digitata* and *L. hyperborea* at island of Helgoland (German Bight, North Sea). *Helgoland Marine Research* 44 (1), 39-51.
- Segovia-Zavala, JA.; Delgadillo-Hinojosa, F.; Vidal-Talamantes, R.; Munoz-Barbosa, A.; Gutiérrez-Galindo, EA. 2003. *Mytilus californianus* transplanted as upwelling bioindicators to two areas off Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 29 (4B): 665-675.
- Serrano, A., Sánchez, F., García-Castrillo, G. (2006) Epibenthic communities of trawlable grounds of the Cantabrian sea. *Scientia Marina*, 70, pp 149-159.
- Serrano, A.; A. Punzón; P. Ríos; J. Cartes; X. Valeiras; A. Lourido; J.C. Arronte; J. Cristobo;, R. Bañón; V. Papiol; S. Parra; F. Sánchez; I. Frutos; A. García-Alegre; I. Preciado; M. Blanco; A. Luque; S. Gofas; C. Orejas; M. Druet; M. Gómez-Ballesteros; M. Ruiz-Villarreal; 2012. Deep sea benthic assemblages of the Galicia Bank: effects of seamount environmental variables. *Actas XIII International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay (ISOBAY13)*
- Serrano, A.; Francisco Sánchez, Antonio Punzón, F. V. & Olaso, I. (2011). Deep sea megafaunal assemblages off the northern Iberian slope related to environmental factors. *Sci. Mar.*, 2011, 75 (3), 425-437
- Serrano, A.; Preciado, I.; Abad, E.; Frutos, I. (2008). Spatial distribution patterns of demersal and epibenthic communities on the Galician continental shelf (NW Spain). *Journal of Marine Systems*, 72, 87-100.
- Serrano, A.; Sánchez, F.; García-Castrillo, G.; 2006. Epibenthic communities of trawlable grounds of the Cantabrian Sea. *Scientia Marina*, 70 (S1): 149-159.
- 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: 425-437.

Serret, P.; Fernández, E.; Sostres, J.A.; Anadón, R.; 1999. Seasonal compensation of microbial production and respiration in a temperate sea. *Marine Ecology Progress Series*, 187: 43-57.

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

Shaffer S. (2003). Preferential use of nearshore kelp habitats by juvenile salmon and forage fish. Proceedings of the Georgia Basin/Puget Sound Research Conference.

Sjøtun K., Fredriksen S., Lein T. E., Rueness J., & K. Sivertsen (1993). Population studies of *Laminaria hyperborea* from its northern range of distribution in Norway. *Hydrobiologia*, 260/261:215-221

Smetacek, V.; von Bodungen, B.; Knoppers, B.; Peinert, R.; Pollehne, F.; Stegmann, P.; Zeitzschel, B.; 1984. Seasonal stages characterizing the annual cycle of an inshore pelagic system. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 183: 126-135.

Solá, A.; Franco, C.; Lago de Lanzós, A.; Motos, L.; 1992. Temporal evolution of *Sardina pilchardus* (Walb.) spawning on the N-NW coast of the Iberian Peninsula. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 8 (1): 123-138.

Soriano, J.A.; 2009. Tesis doctoral. Evaluación y seguimiento del contenido en hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) en mejillón silvestre de la costa de Galicia y Cantábrico, antes y después del vertido del B/T Prestige. Universidade da Coruña, A Coruña.

Soriano, J.A.; Viñas, L.; Franco, M.A.; González, J.J.; Nguyen, M.H.; Bayona, J.M.; Albaigés, J.; 2007. Spatial and temporal trends of polycyclic aromatic hydrocarbons in wild mussels from the Cantabrian coast (N Spain) after the Prestige oil spill. *Journal of environmental monitoring*, 9: 1018-1023.

Soriano, J.A.; Viñas, L.; Franco, M.Á.; González, J.J.; Ortiz, L.; Bayona, J.M.; Albaigés, J. 2006. Spatial and temporal trends of petroleum hydrocarbons in wild mussels from the Galician coast (NW Spain) affected by the Prestige oil spill. *Science of the Total Environment*, 370: 80-90.

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.
- Stöhr, S.; Hansson, H. (2012). *Ophiura ophiura*. In: Stöhr, S., O'Hara, T. (Eds) (2012). World Ophiuroidea database. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=124929> on 2012-02-21
- Teira, E.; Abalde, J.; Álvarez-Ossorio, M.T.; Bode, A.; Cariño, C.; Cid, A.; Fernández, E.; González, N.; Lorenzo, J.; Valencia, J.; Varela, M.; 2003. Plankton carbon budget in a coastal wind driven upwelling station off A Coruna (NW Iberian Peninsula). *Marine Ecology Progress Series*, 265: 31-43.
- Templado, J., Capa, M., Guallart, J. & Luque, A., 2009. 1170 Arrecifes. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 142 p.
- Tréger, P.; Le Corre, P.; Grall, J.R.; 1979. The seasonal variations of nutrients in the upper waters of the Bay of Biscay region and the relation to phytoplankton growth. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 26 (10): 1121-1152.
- Tueros, I., A. Borja, J. Larreta, J. G. Rodriguez, V. Valencia, E. Millan; 2009. Integrating long-term water and sediment pollution data, in assessing chemical status within the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1389-1400.
- 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.
- Uriarte, A.; Prouzet, P.; Villamor, B.; 1996. Bay of Biscay and Ibero Atlantic anchovy populations and their fisheries. *Scientia Marina*, 60 (2): 237-255.
- Valdés, L.; Álvarez-Ossorio, M.T.; 1996. Tipificación de los copépodos pelágicos de la costa de Lugo. *Thalassas*, 12: 9-17.
- 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.; Beaugrand, G.; Harris, R.; Irigoien, X.; López-Urrutia, A.; Moral, M.; Planque, B.; 2001. Seasonal dynamics and year-to-year variability (1991-1999) of *Calanus*



- helgolandicus* and *Acartia clausi* in the Bay of Biscay and Celtic Sea. *ICES Symposium on Hydrobiological variability in the ICES Area, 1990-1999*. Edinburgh (UK), (August 2001).
- 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. Shermann y H.R. Skjoldal (Ed.). Elsevier Science B.V. Amsterdam, 2002. Págs. 293-320.
- 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.
- Valdés, L.; Moral, M.; 1998. Time series analysis of copepod diversity and species richness in the Southern Bay of Biscay (Santander, Spain) and their relationships with environmental conditions. *ICES Journal of Marine Science.*, 55: 783-792.
- 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.
- 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.
- van der Lingen, C.D.; Bertrand, A.; Bode, A.; Brodeur, R.; Cubillos, L.; Espinoza, P.; Friedland, K.; Garrido, S.; Irigoien, X.; Möllmann, C.; Rodriguez-Sanchez, R.; Tanaka, H.; Temming, A.; 2009. Trophic dynamics. En: Checkley Jr., D.M., Alheit, J.; Oozeki, Y.; Roy, C. Eds. *Climate Change and Small Pelagic Fish*. Cambridge University Press: 112-157 (Chapter 7).
- Varela, M.; 1992. Upwelling and phytoplankton ecology in Galician (NW Spain) rías and shelf waters. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 8: 57-74.
- Varela, M.; 1996. Phytoplankton ecology in the Bay of Biscay. *Scientia Marina*, 60 (2): 45-53.
- Velando, A. y Freire, J. (1999). Colonialidad y conservación de aves marinas: el caso del cormorán moñudo. *Etología*. 7, 55-62.
- Vidal-Liñán, L.; Bellas, J.; Campillo, J. A.; Beiras, R.; 2010. Integrated use of antioxidant enzymes in mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for monitoring pollution in highly



- productive coastal areas of Galicia (NW Spain). *Chemosphere*, 78: 265-272.
- Viejo RM, Arrontes J, Andrew NL (1995) An experimental evaluation of the effect of wave action on the distribution of *Sargassum muticum* in Northern Spain. *Botanica Marina* 38:437-442.
- Villamor, B.; Abaunza, P.; Lucio, P.; Porteiro, C.; 1997. Distribution and age structure of mackerel (*Scomber scombrus*, L.) and horse mackerel (*Trachurus trachurus*, L.) in the northern coast of Spain, 1989-1994. *Scientia Marina*, 61 (3): 345-366.
- 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 (11): 1617-1636.
- Viñas, L.; Franco, M.Á.; González, J.J.; 2009. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Composition of Sediments in the Ría de Vigo (NW Spain). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 57 (1): 42-49.
- Viñas, L.; Franco, M.A.; Soriano, J.A.; González, J.J.; Pon, J.; Albaigés, J. 2010. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the Spanish northern continental shelf. Assessment of spatial and temporal trends. *Environmental Pollution*, 158: 1551-1560.
- Warner, G. F. (1971). On the ecology of a dense bed of the brittle-star *Ophiothrix fragilis*. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 51:267-282.
- Warner, G.F., Woodley, J., (1975). Suspension-feeding in the brittle star *Ophiothrix fragilis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 55, 199–210
- 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.