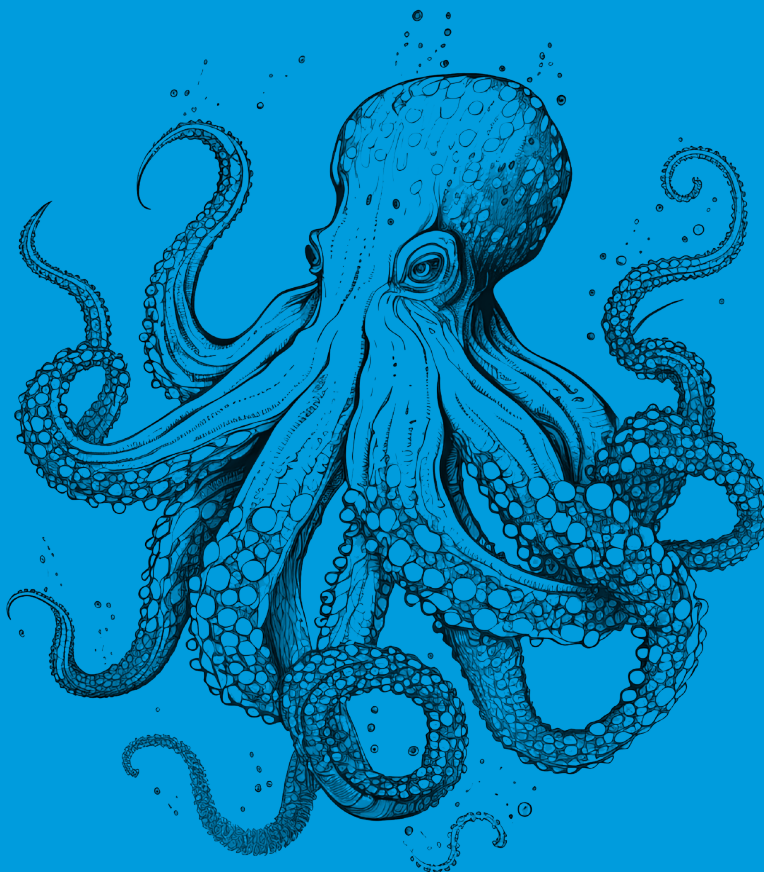


EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM NORATLÁNTICA



Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 1 Hábitats pelágicos



Cofinanciado por
la Unión Europea



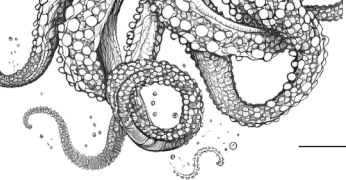
GOBIERNO
DE ESPAÑA

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



Fondos Europeos

ESTRATEGIAS
MARINAS
Protegiendo el mar para todos



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



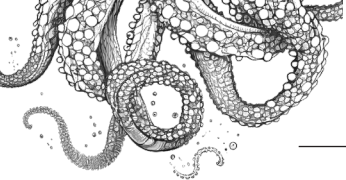
Aviso legal: Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Edita: © Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Madrid 2025.

NIPO: 665-25-050-2

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

MITECO: www.miteco.es



Autores del documento

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA-CSIC

- Alejandro Isla
- Fernando Rayón Viña
- Esther Velasco-Senovilla

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

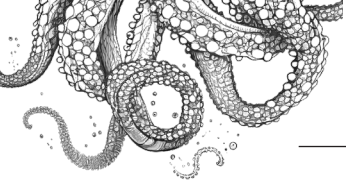
- Itziar Martín Partida
- Marta Martínez-Gil Pardo de Vera
- Lucía Martínez García-Denche
- Francisco Martínez Bedia
- Carmen Francoy Olagüe

COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Enrique Nogueira (Coordinación descriptor)
- Rafael González-Quirós (Coordinación descriptor)
- Alberto Serrano López (Coordinación)
- Paula Valcarce Arenas (Coordinación)
- Mercedes Rodríguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carillo de Albornoz (Coordinación)

CARTOGRAFIA Y BASES DE DATOS ESPACIALES (IEO-CSIC)

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

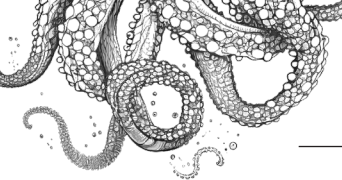


ÍNDICE

Autores del documento.....	3
1. Introducción.....	6
2. Definición de buen estado ambiental (BEA) para cada criterio.....	9
3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor 1. Biodiversidad-hábitats pelágicos.....	11
4. Evaluación general a nivel de demarcación marina D1. Hábitats pelágicos predominantes	13
5. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: hábitats pelágicos predominantes..	18
5.1. Hábitats pelágicos costeros.....	18
5.2. Hábitats pelágicos de plataforma.....	22
5.3. Hábitats pelágicos oceánicos	27
5.4. Gráficas de indicadores.....	30
6. Efectos de cambio climático y la acidificación sobre el descriptor 1- hábitats pelágicos	61
7. Referencias	65



INTRODUCCIÓN



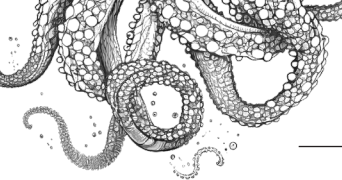
1. Introducción

El seguimiento y evaluación de hábitats pelágicos (HP) en el contexto de las estrategias marinas (EEMM) se fundamenta en una serie de indicadores basados en el plancton. La comunidad de plancton es muy diversa, formada por protistas y metazoos que habitan todo tipo de hábitats acuáticos y abarca un amplio rango de tamaños, modos tróficos, estrategias reproductivas o rasgos del ciclo vital. Los organismos planctónicos presentan una serie de características, tales como ciclos de vida cortos, sensibilidad a las condiciones ambientales, papel relevante en el funcionamiento y dinámica del ecosistema que resultan convenientes para la gestión ambiental de un entorno altamente dinámico y variable como el medio pelágico. Los factores abióticos y bióticos del hábitat (temperatura, luz, nutrientes, disponibilidad de alimento) ejercen un control prominente en los procesos del ciclo biológico que determinan la dinámica del plancton, como crecimiento, fecundidad y supervivencia. Por ello, este componente fundamental del ecosistema pelágico es buen centinela de las alteraciones del ecosistema, ya sean promovidas por la variabilidad natural o inducidas por el hombre debido a factores como la contaminación, la sobreexplotación de los recursos y el cambio climático, las cuales pueden actuar de forma sinérgica. Las comunidades de plancton se consideran “indicadores de vigilancia” que pueden proporcionar claves para separar la variabilidad debida a procesos naturales de la inducida por presiones e impactos antropogénicos. En consecuencia, se han sugerido varias métricas basadas en diferentes componentes y procesos de la comunidad de plancton, construidas a partir de propiedades de masa, grupos funcionales, especies características o tasas, como indicadores de vigilancia para evaluar el estado del ecosistema.

En el marco de las estrategias marinas, se han propuesto varios indicadores basados en el plancton para evaluar el estado ambiental de los hábitats pelágicos en relación con el descriptor de biodiversidad (descriptor D1), el funcionamiento de la red trófica (D4) y la eutrofización (D5). Se relaciona también con aspectos de los descriptores de especies invasoras (D2) e integridad del lecho submarino (D6). Por otra parte, las muestras biológicas que se adquieren para la caracterización de las comunidades de plancton en los sistemas de observación del medio marino (programas de seguimiento) se complementan con información adquirida de otras variables esenciales del océano (VEO), como las propiedades físicas y biogeoquímicas que definen las condiciones abióticas del hábitat pelágico. Estos sistemas de observación proporcionan además información de otras VEO y de variables necesarias para evaluar el estado del ecosistema pelágico respecto a otros descriptores de estado, por ejemplo, condiciones hidrográficas (D7), contaminantes disueltos (D8) microplásticos (D10), así como procesos relacionados con el cambio climático (acidificación y ciclo de carbono).

Los diferentes dominios espaciales que componen los “hábitats pelágicos predominantes” de la demarcación noratlántica se han dividido en hábitat pelágico costero, de plataforma y oceánico, según la clasificación establecida en la Decisión (UE) 2017/848 de la Comisión, de 17 de mayo de 2017, por la que se establecen los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como especificaciones y métodos normalizados de seguimiento y evaluación, y por la que se deroga la Decisión 2010/477/UE, para el descriptor D1C6. Dicha zonación está basada en las diferencias fisiográficas y oceanográficas con variaciones espacio-temporales a diferentes escalas que influyen en la distribución y productividad de las comunidades planctónicas. Las condiciones hidrográficas en zonas templadas del Atlántico nororiental se caracterizan por un marcado ciclo estacional definido por procesos de mezcla en invierno y estratificación estival que determina a su vez la estacionalidad de la comunidad planctónica. En la demarcación noratlántica este ciclo puede verse condicionado por la presencia de afloramientos de aguas ricas en nutrientes que estimulan la producción. Estos afloramientos son fenómenos típicamente costeros, y presentan una mayor duración e intensidad en la zona de Galicia que en el Cantábrico, sugiriendo la diferenciación de estas dos subregiones con distintas características hidrodinámicas y biológicas.

La evaluación del descriptor D1C6 se ha realizado en base a indicadores de biomasa y abundancia de los distintos componentes de las comunidades planctónicas, desde picoplancton hasta mesoplancton, incluyendo organismos procariotas y eucariotas, autótrofos y heterótrofos. La caracterización de la



comunidad de plancton en la demarcación noratlántica se sustenta en el Programa de Series Temporales RADIALES del CN IEO-CSIC, orientado a monitorizar mensualmente una serie de variables esenciales oceanográficas (VEO) a lo largo de cinco transectos perpendiculares a la costa frente a Santander, Gijón, Cudillero, A Coruña y Vigo

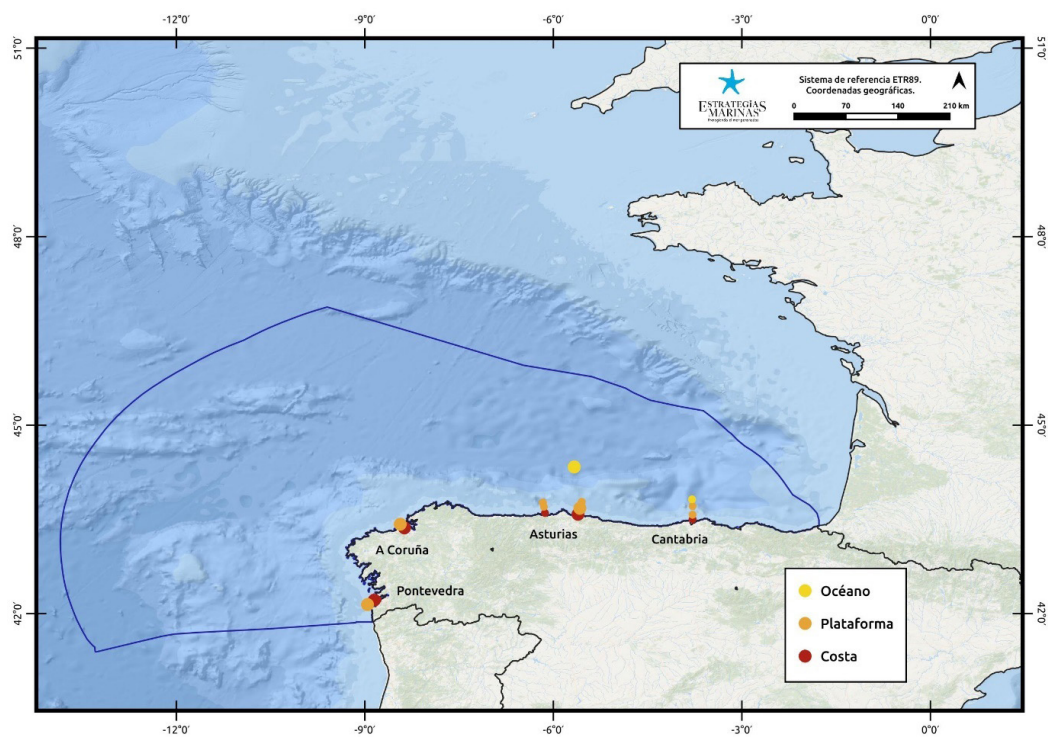
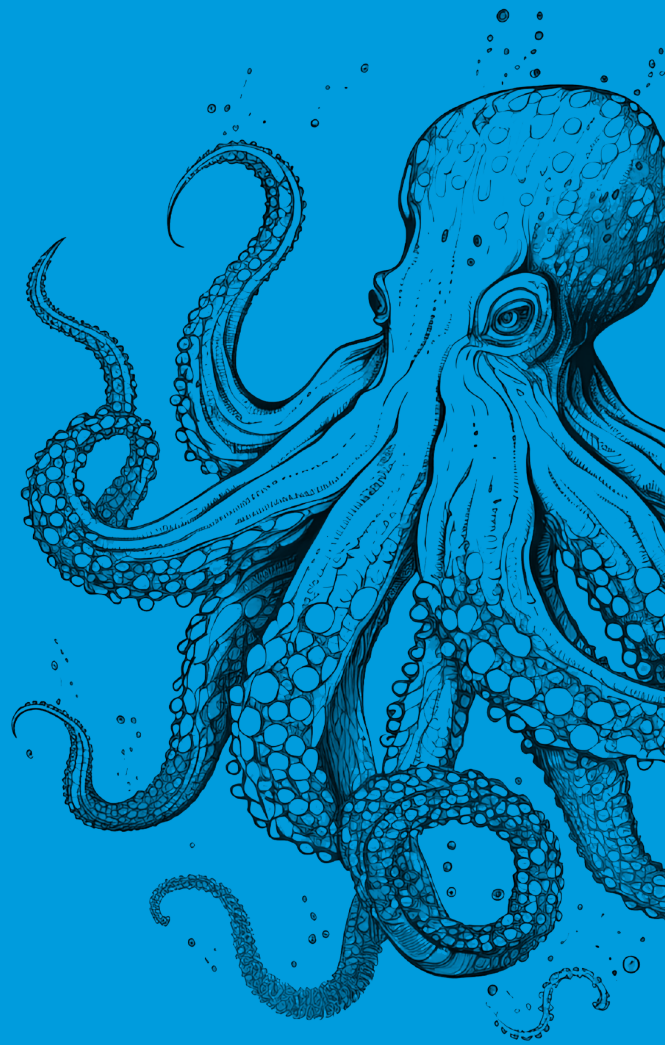
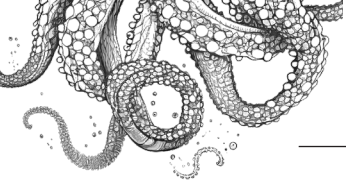


Figura 1. Por otra parte, el carácter regular y la periodicidad y continuidad del Programa RADIALES permite resolver las escalas de variación temporal estacional y plurianual. Para la evaluación del descriptor se han seleccionado estaciones de referencia representativas que cubran la variabilidad regional para los hábitats costeros y de plataforma. Mapa de la demarcación noratlántica señalando las estaciones de muestreo de los tres tipos de hábitats pelágicos evaluados: costeros (●), de plataforma (●) y oceánicos (●).



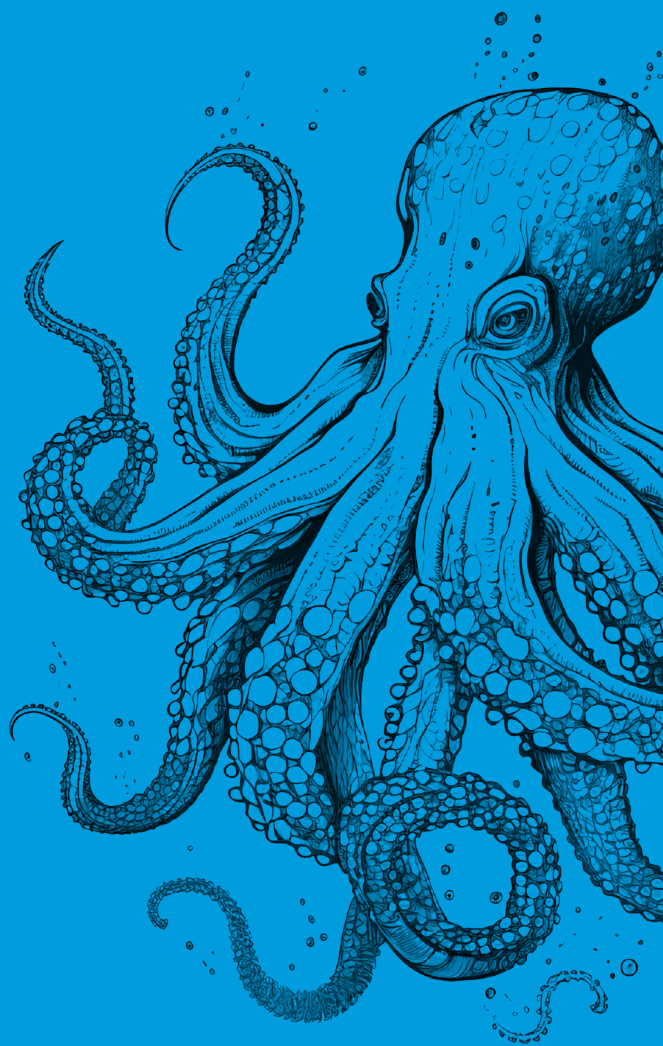
DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL



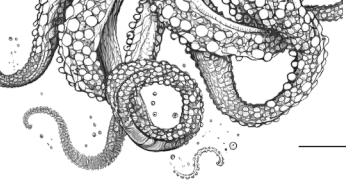
2. Definición de buen estado ambiental (BEA) para cada criterio

Los hábitats pelágicos son evaluados a través del criterio D1C6. Este criterio precisa, según la Decisión (UE) 2017/848 de la Comisión, de 17 de mayo de 2017, que la condición del tipo de hábitat (de salinidad variable, costeros, de la plataforma continental y oceánicos/fuera de la plataforma continental) incluidas su estructura biótica y abiótica y sus funciones, no esté adversamente afectada por las presiones antropogénicas.

La evaluación del criterio D1C6 se realiza a partir del análisis de una serie de indicadores basados en la abundancia, biomasa y composición de las comunidades planctónicas. La presencia de cambios súbitos o significativos en estas comunidades indicaría cambios de estado en el ecosistema, con impacto potencial en otros descriptores (eutrofización, niveles tróficos superiores). Por el contrario, la estabilidad temporal (sin variaciones significativas) de los indicadores basados en plancton indicarían, a priori, un buen estado ambiental (BEA) de los hábitats pelágicos. En base a esto, se considerará que el criterio D1C6 alcanza el BEA en función de la existencia de diferencias significativas o no, y su signo creciente o decreciente, para cada indicador en el ciclo de evaluación presente (2016-2021) con respecto al ciclo de referencia anterior (2010-2015).



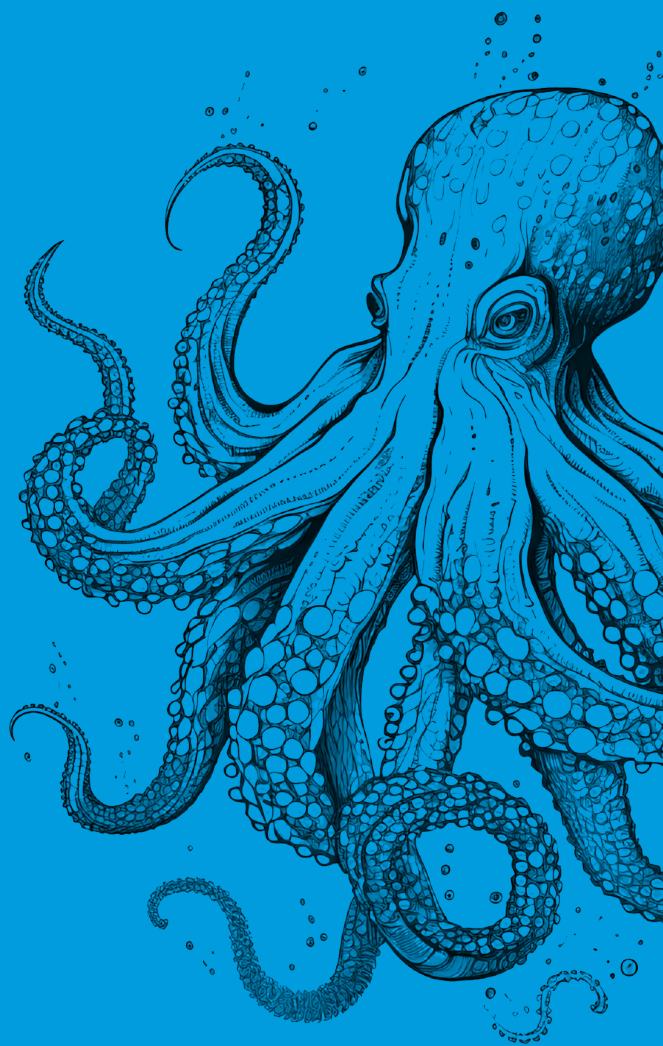
CARACTERÍSTICAS, CRITERIOS Y ELEMENTOS EVALUADOS POR EL DESCRIPTOR



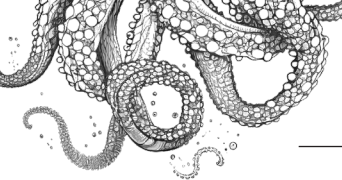
3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor 1. Biodiversidad-hábitats pelágicos

Tabla 1. Criterios del C1D6 que han sido evaluados en esta tercera evaluación inicial (✓).

Característica	Elemento	Criterio
Grupo de hábitats	Tipo de Hábitat	D1C6
Hábitats pelágicos predominantes	Hábitats pelágicos costeros	✓
	Hábitats pelágicos de plataforma	✓
	Hábitats pelágicos oceánicos	✓



EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA



4. Evaluación general a nivel de demarcación marina D1. Hábitats pelágicos predominantes

Consecución del BEA

Tabla 2. Resultados de la evaluación del descriptor D1-Hábitats pelágicos a nivel de demarcación marina.

Valor umbral para la consecución del BEA en un tipo de hábitat pelágico	No existe. La variabilidad natural de las comunidades planctónicas impide asignar valores umbral que determinen explícitamente la consecución del BEA a partir de los indicadores analizados.
Resultados del tercer ciclo	Los valores de los distintos indicadores que conforman el criterio D1C6 se comparan con los obtenidos el anterior ciclo en las mismas estaciones. Las diferencias observadas encajan con la conocida complejidad de la dinámica planctónica en el área evaluada asociada a una elevada actividad de los procesos físicos y biológicos, por lo que podríamos presuponer que el descriptor se encuentra en buen estado. Sin embargo, en alguno de los indicadores (los referidos a la abundancia de fitoplancton, por ejemplo) se detectan de forma incipiente algunas tendencias que podrían dar lugar a cambios significativos a más largo plazo, por lo que es necesario continuar con la monitorización y evaluación de los indicadores del descriptor para tener resultados estadísticamente más robustos, especialmente en el contexto de cambio climático
Resultado de la evaluación	Desconocido, al no alcanzarse una evaluación concluyente, por no poder establecer la calidad del estado ambiental a partir de la evaluación de este criterio en el presente ciclo.
Periodo de evaluación	2016 -2021

Descripción del estado del grupo de hábitats

Los indicadores seleccionados para evaluar las comunidades planctónicas y el modo en que se analizan se repiten para los tres tipos de hábitats pelágicos (costeros, de plataforma y oceánicos). De cada uno de los indicadores se analizó la evolución temporal y se compararon los valores observados en el periodo de evaluación (2016-2021) con los del anterior ciclo de evaluación, el cual se toma como periodo de referencia. La tendencia de los distintos indicadores aporta una visión detallada de la dinámica de la comunidad planctónica. No obstante, para ninguno de los indicadores analizados se puede concluir que los cambios detectados estén provocados por presiones e impactos antropogénicos y el estado ambiental se considera por tanto desconocido tanto para cada tipo de hábitat como para el hábitat pelágico en conjunto.

Dada la sensibilidad de los organismos planctónicos a los cambios ambientales no se descarta que sean afectados por la presión ejercida por el cambio climático. Sin embargo, la duración de las series temporales no es aún lo suficientemente larga para ser concluyente en este sentido. Los indicios que puedan vislumbrarse en el presente ciclo deberán ser respaldados manteniendo los programas de observación con muestreos regulares, expandiendo el rango temporal de forma que permita analizar de forma más detallada la evolución temporal a largo plazo y aumentar la sensibilidad para detectar cambios significativos y la robustez de las estimaciones. Los gráficos incluidos en las evaluaciones de los distintos tipos de hábitats ilustran la importancia de valorar el ciclo de evaluación en un marco temporal más amplio.

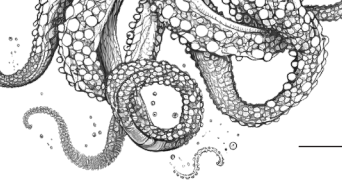


Tabla 3. Estados y tendencias.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (evaluación no concluyente); ■ No evaluado
Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido

Hábitat	Estado del D1C6	Tendencia (cambio de estado)
Hábitats pelágicos costeros	■ Desconocido (evaluación no concluyente)	↔ Estable
Hábitats pelágicos oceánicos	■ Desconocido (evaluación no concluyente)	↔ Estable
Hábitats pelágicos oceánicos	■ Desconocido (evaluación no concluyente)	↔ Estable

Los siguientes apartados se aplican por igual a los distintos tipos de hábitats pelágicos (costeros, de plataforma, y oceánicos).

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

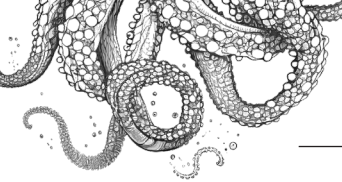
Los resultados indican que para la mayoría de indicadores no se aprecian cambios significativos con respecto al periodo de referencia en ninguno de los tres tipos de hábitats, por lo que podríamos presuponer que el descriptor se encuentra en buen estado en todos ellos. Sin embargo, se vislumbran algunas tendencias incipientes que podrían dar lugar a cambios significativos en el contexto actual de cambio climático, lo que refuerza la necesidad de continuar con la monitorización y evaluación de los indicadores del descriptor.

Los cambios observados en los distintos indicadores que conforman este criterio se encuentran dentro de los márgenes de variación natural esperable y no se pueden vincular a cambios en el estado ambiental propiciados por presiones e impactos antropogénicos. En consecuencia, el resultado de la evaluación no es concluyente y se considera desconocido.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

Los indicadores utilizados para evaluar el criterio D1C6 fueron seleccionados al considerarse los más representativos para describir el estado de la comunidad planctónica en su conjunto y/o ser sensibles a cambios ambientales.

Todos los indicadores fueron analizados siguiendo el mismo procedimiento: partiendo de la serie temporal con muestreos mensuales se calculó el valor medio para cada mes durante el periodo correspondiente al anterior ciclo de evaluación (2010-2015), generando el ciclo estacional de referencia. Las anomalías se estiman como la diferencia de los valores observados respecto a este ciclo estacional de referencia. La representación de las anomalías permite visualizar si cada valor obtenido durante el periodo de evaluación es mayor o menor que el valor de referencia, así como la magnitud de la diferencia. La suma acumulada (cusum) de las anomalías permite a su vez visualizar la tendencia local de estas anomalías. Finalmente, se estimó si las anomalías durante el periodo de evaluación eran significativamente diferentes del valor medio de las anomalías en el periodo de referencia mediante un test t o Wilcoxon según se ajusten o no a una distribución normal.



Parámetros utilizados

Los parámetros utilizados para los distintos indicadores, enumerados en la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7 se agrupan en dos categorías:

- Biomasa (para los indicadores de fitoplancton y de zooplancton).
- Abundancia (para bacterioplancton, fitoplancton y zooplancton, tanto total como de los grupos principales).

Los parámetros asociados a los indicadores relativos al zooplancton, tanto la biomasa como la abundancia, se refieren a los valores integrados entre la superficie y 100 m de profundidad o hasta 5 m por encima del fondo en las estaciones menos profundas, mientras que los asociados a fitoplancton y bacterias se refieren a los valores en superficie.

Valores umbral

La evaluación de este criterio se basa en las tendencias de los distintos indicadores, basadas en las variaciones entre el periodo de evaluación (2016-2021) y el periodo de referencia (2010-2015). Este enfoque se orienta hacia la evolución temporal en lugar de a la medida de valores concretos, por lo que no conlleva ningún valor umbral que determine el estado ambiental.

Consecución del parámetro

El método elegido para evaluar este criterio no implica el establecimiento de valores umbral, por lo que se asigna el estado desconocido en este apartado para todos los indicadores en los tres tipos de hábitats.

Evaluación a nivel regional/subregional

Parte de los datos usados en esta evaluación fueron también utilizados en la evaluación de los indicadores PH1 ('Changes in Phytoplankton and Zooplankton Communities') y PH2 ('Changes in Phytoplankton Biomass and Zooplankton Abundance') del QSR¹ ('Quality Status Report') 2023 OSPAR para la Region IV. Sin embargo, tanto la definición de los indicadores, la metodología empleada para su obtención, así como la forma de analizarlos son diferentes, por lo que no se considera que se puedan aplicar aquí los resultados derivados de la evaluación de OSPAR.

Principales actividades humanas y presiones relacionadas

El aporte de nutrientes, incluido en la lista de presiones antropogénicas sobre el medio marino mencionadas en el Anexo III de la Directiva, podría afectar a las comunidades planctónicas (especialmente al fitoplancton) de los hábitats pelágicos costeros cuando alcance niveles suficientemente altos como para provocar situaciones de eutrofia. Este potencial impacto se evalúa con detalle por el descriptor de eutrofización (D5).

Por otra parte, la subregión gallega de la demarcación comprende las Rías Altas y Rías Baixas, con Finisterre como límite entre ambas zonas. Las rías son ecosistemas singulares, altamente productivos y biodiversos que sustentan importantes actividades de acuicultura, marisqueo y explotación de recursos pesqueros, además de albergar en su entorno núcleos de población densamente poblados, lo que acentúa la relevancia de mantener los programas de seguimiento.

1 <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/thematic-assessments/pelagic-habitats/>

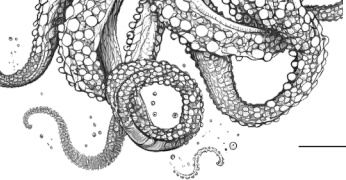
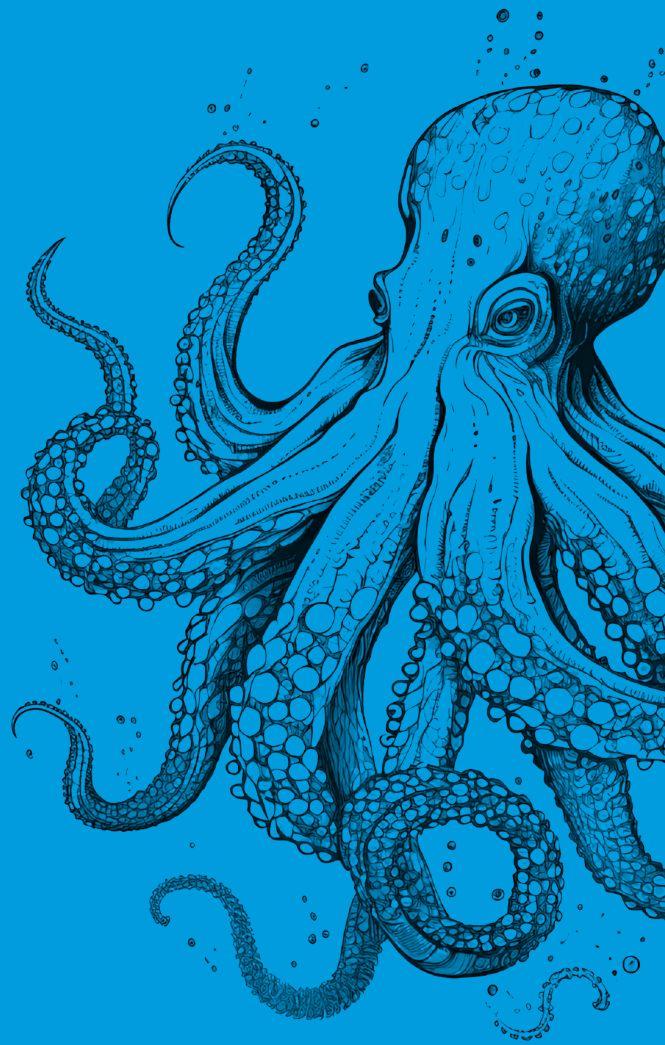
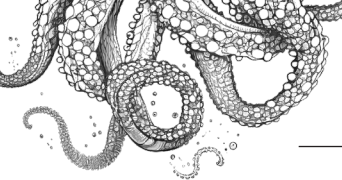


Tabla 4. Actividades y presiones relacionadas con el descriptor 1-Hábitats pelágicos.

Actividad	Presión
Pesca y marisqueo (profesional, recreativa)	Introducción o propagación de especies exóticas. Aporte de nutrientes Aporte de materia orgánica
Transporte marítimo	
Acuicultura marina, incluida la infraestructura	
Agricultura	
Usos urbanos	



EVALUACIÓN POR ELEMENTO Y CRITERIO



5. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: hábitats pelágicos predominantes

5.1. Hábitats pelágicos costeros

Área de evaluación

Los indicadores usados para evaluar el estado de los hábitats pelágicos en esta demarcación se elaboran a partir de datos obtenidos en el marco del Programa RADIALES. El programa de muestreo consiste en una serie de transectos perpendiculares a la costa, a lo largo de los cuales se distribuyen una serie de estaciones fijas que se visitan mensualmente. En esta evaluación se seleccionan tres transectos, situados frente a Gijón, A Coruña, y Vigo (Figura 2). El primero se considera representativo de la situación en el mar Cantábrico mientras que los dos transectos de Galicia presentan una mayor productividad, especialmente durante los meses de verano asociada a una mayor intensidad de los afloramientos costeros.

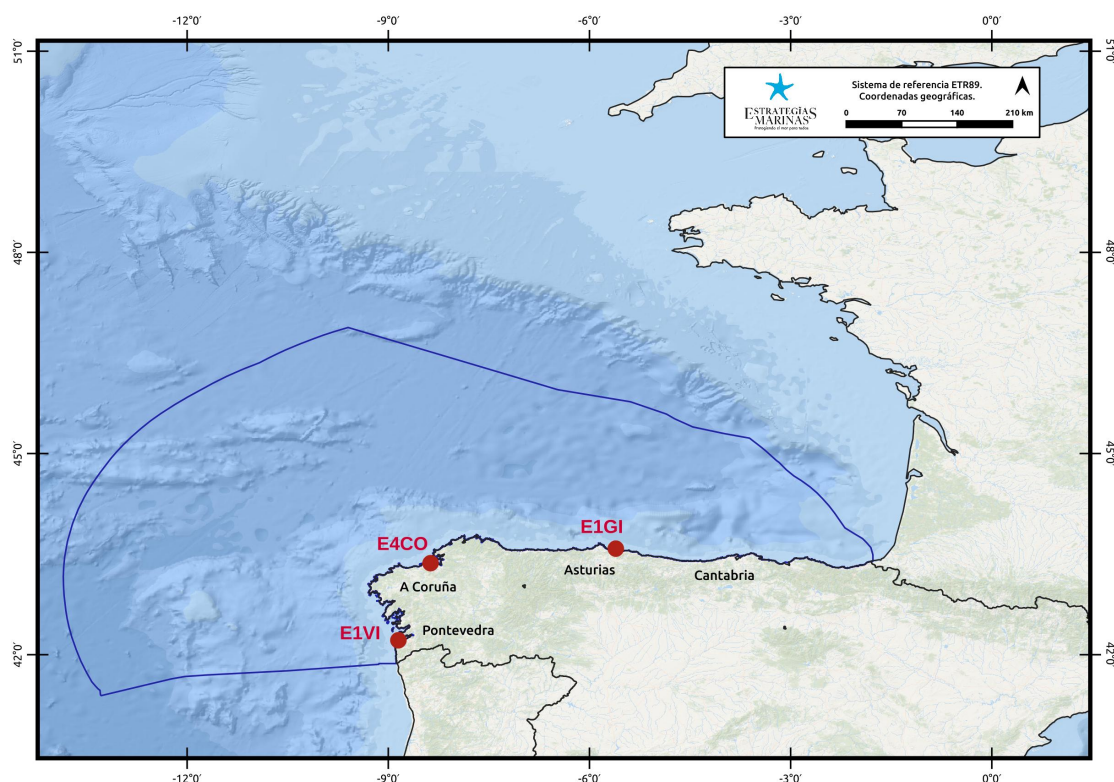


Figura 2. Mapa con la posición de las estaciones costeras evaluadas en la demarcación noratlántica.

De cada uno de estos transectos se toma una estación como referente de hábitat pelágico costero: E1GI (Gijón), E4CO (A Coruña) y E1VI (Vigo).

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 5 se muestra la lista completa de indicadores y las estaciones en que fueron evaluados dentro del hábitat pelágico costero.

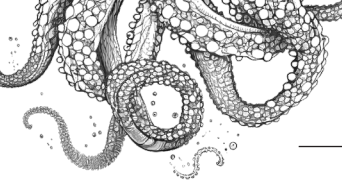


Tabla 5. Indicadores utilizados para evaluar el criterio D1C6, código con el que fueron identificados en el informe digital, y estaciones de la zona costera en que fueron analizados durante el periodo de evaluación.

Indicador	Código	Unidades	E1GI	E1VI	E4CO
Biom. Mesozoopl.	PH_BM_ZP	mg / m ³	✓	✓	
Ab. Mesozoopl.	PH_AB_ZP	Indiv. / m ³		✓	
Ab. Copépodos	PH_AB_COP	Indiv. / m ³		✓	
Ab. Cladóceros	PH_AB_CLAD	Indiv. / m ³		✓	
Ab. Apendicularias	PH_AB_AP	Indiv. / m ³		✓	
Ab. Fitoplancton	PH_AB_PHYT	Células / mL		✓	
Ab. Diatomeas	PH_AB_DIAT	Células / mL		✓	
Ab. Dinoflagelados	PH_AB_DINO	Células / mL		✓	
Ab. Bacterias	PH_AB_BACT	Células / mL	✓		
Ab. Synechococcus	PH_AB_SYNECH	Células / mL	✓		
Ab. Prochlorococcus	PH_AB_PROCHL	Células / mL	✓		
Ab. Picoplankton	PH_AB_PICO	Células / mL	✓		
Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓		✓

Valores obtenidos para el parámetro

A continuación, se muestran los gráficos con las anomalías mensuales calculadas respecto a los valores mensuales medios del ciclo de referencia y la suma acumulada de las mismas para la biomasa de zooplancton en las estaciones costeras. Las Figura 3 y 4 presentan las series temporales desde su origen, y diferenciando los periodos de evaluación y referencia, con el valor medio para cada uno de ellos. En todos los gráficos se indica con una línea vertical discontinua el momento a partir del cual se inicia el periodo de evaluación (2016).

Los gráficos de las series temporales de los valores del resto de indicadores enumerados en la Tabla 3 se presentan en el apartado “Gráficas de indicadores”.

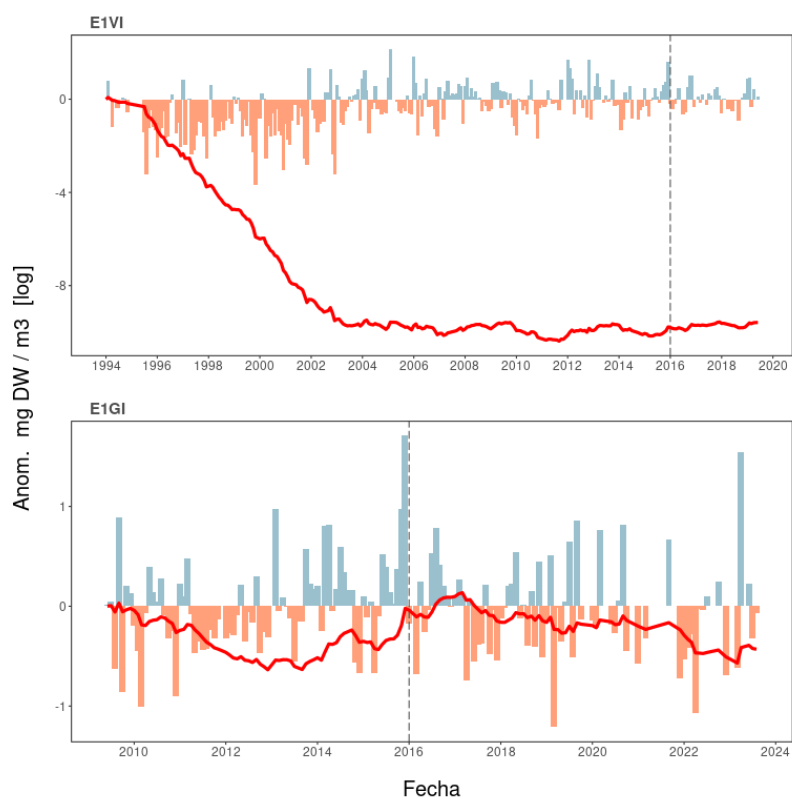
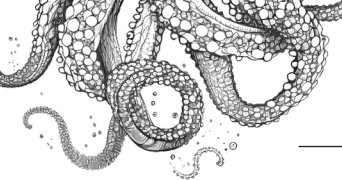


Figura 3. Anomalías mensuales de biomasa de zooplancton respecto al ciclo de referencia (2010-2015), y suma acumulada de las mismas.

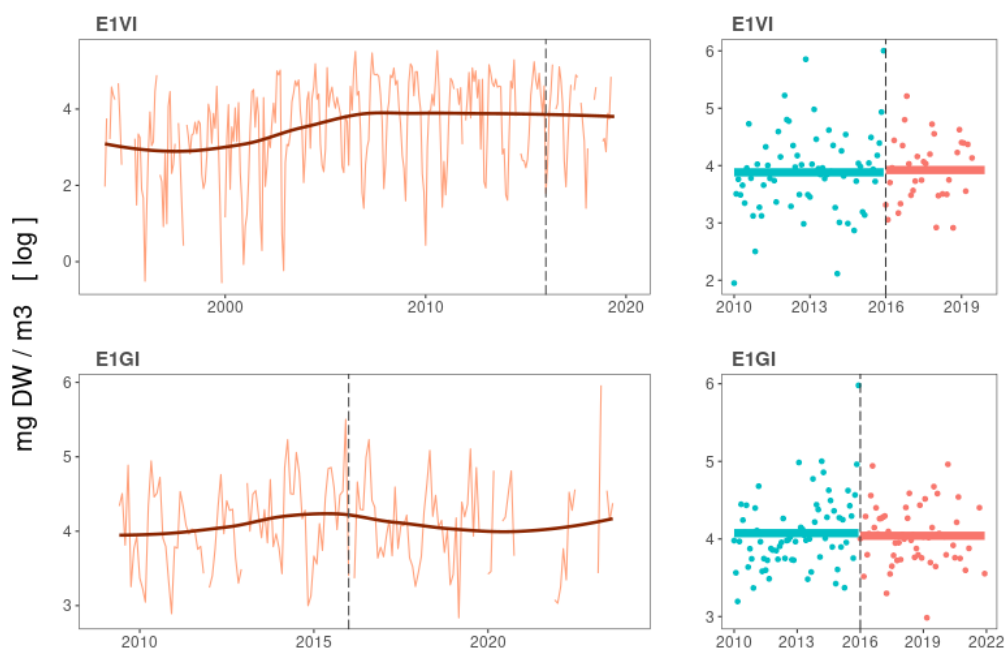
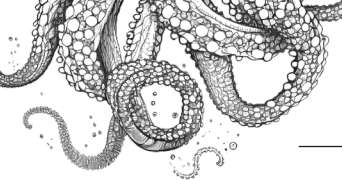


Figura 4. Biomasa de zooplancton desde que se inició la recogida de datos en el programa RADIALES (columna izquierda). La línea marrón más sólida representa el ajuste loess. Los gráficos de la columna derecha muestran los valores desestacionalizados de los periodos de evaluación y referencia. Las líneas horizontales representan el valor medio para cada periodo.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Estable.

La Figura 5 sintetiza gráficamente las variaciones de los distintos indicadores respecto al anterior ciclo de evaluación en las estaciones costeras. Muestra si los valores medidos durante el periodo de evaluación son mayores o menores que en el periodo de referencia, y si estas diferencias son significativas. Esta representación permite tener una visión de conjunto acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos costeros.

Los indicadores referidos a la composición del zooplancton y fitoplancton fueron analizados únicamente en la estación del transecto de Vigo (subregión de Galicia), mientras que la composición del picoplancton (bacterioplancton y picoeucariotas) solo se evaluó en el transecto de la subregión cantábrica. La abundancia de fitoplancton total y de diatomeas aumentó significativamente respecto al anterior periodo de evaluación, mientras que la abundancia de dinoflagelados es ligeramente inferior. En cuanto al picoplancton, ninguno de sus componentes presenta diferencias significativas respecto al anterior ciclo. La abundancia del zooplancton total y de los cladóceros tiende a aumentar, mientras que los copépodos y las apendicularias presentan valores más bajos que el periodo anterior, si bien las diferencias solo son significativas en este último grupo.

En cuanto a la biomasa, en el caso del fitoplancton tiende a disminuir en este ciclo, de forma más notoria en el transecto de A Coruña, mientras que en el caso del zooplancton no se detectaron cambios significativos.

Las diferencias observadas no se pueden atribuir de forma irrefutable a presiones antropogénicas. De modo general se puede considerar que la tendencia del estado es estable respecto al periodo de referencia, aunque es necesario continuar con el programa de monitorización para tener resultados más concluyentes y con mayor robustez estadística, especialmente de los descriptores que muestran una diferencia significativa respecto al ciclo anterior.

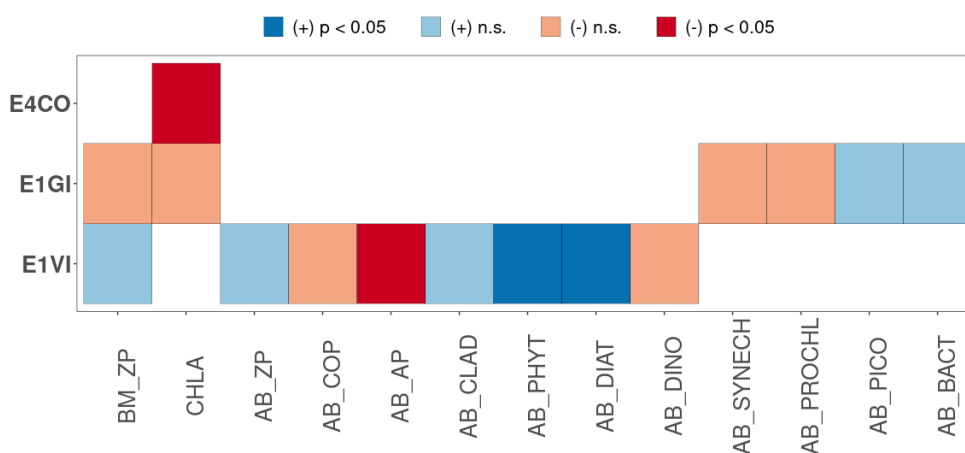
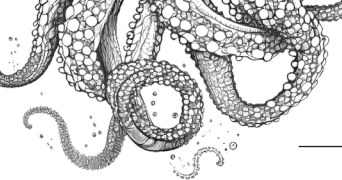


Figura 5. Representación de los resultados de los análisis comparando las anomalías para cada indicador y estación respecto al periodo de referencia en la zona costera.



5.2. Hábitats pelágicos de plataforma

Área de evaluación

El estado de los distintos hábitats pelágicos en esta demarcación se evalúa basándose en el programa de muestreos del proyecto RADIALES, descrito con más detalle en el apartado correspondiente a los hábitats pelágicos costeros.

Dentro de este programa se seleccionaron tres estaciones representativas de los hábitats pelágicos de plataforma: E2GI para el mar Cantábrico (Gijón), y E2CO (A Coruña) y E3VI (Vigo) para la subregión de Galicia norte y sur respectivamente (Figura 6).

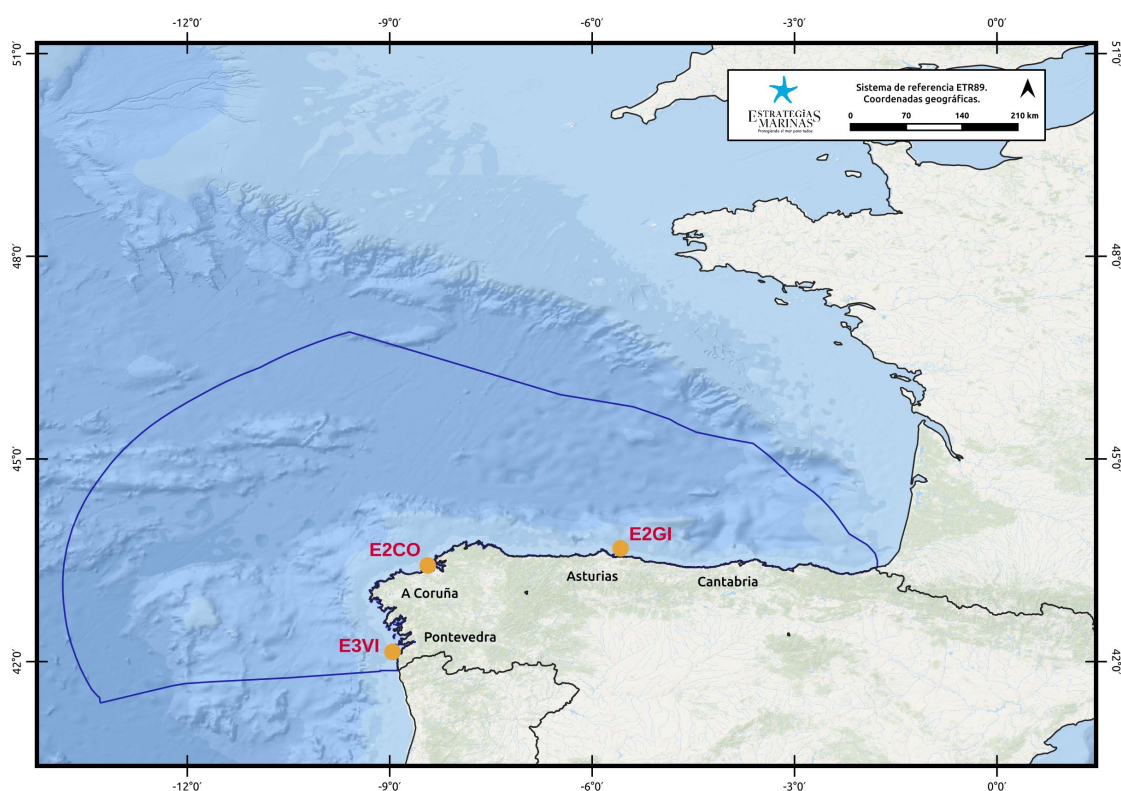


Figura 6. Mapa con la posición de las estaciones de plataforma evaluadas en la demarcación noratlántica.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 6 se muestra la lista completa de indicadores y las estaciones en que fueron evaluados dentro de los hábitats pelágicos de plataforma

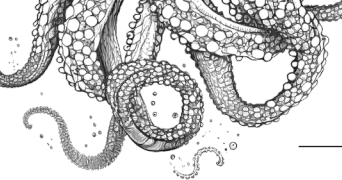


Tabla 6. Indicadores utilizados para evaluar el criterio D1C6, código con el que fueron identificados en el informe digital, y estaciones de la zona de plataforma en que fueron analizados durante el periodo de evaluación.

Indicador	Código	Unidades	E2GI	E3VI	E2CO
Biom. Mesozoopl.	PH_BM_ZP	mg / m ³	✓	✓	✓
Ab. Mesozoopl.	PH_AB_ZP	Indiv. / m ³	✓	✓	
Ab. Copépodos	PH_AB_COP	Indiv. / m ³	✓	✓	
Ab. Cladóceros	PH_AB_CLAD	Indiv. / m ³	✓	✓	
Ab. Apendicularias	PH_AB_AP	Indiv. / m ³	✓	✓	
Ab. Fitoplancton	PH_AB_PHYT	Células / mL		✓	
Ab. Diatomeas	PH_AB_DIAT	Células / mL		✓	
Ab. Dinoflagelados	PH_AB_DINO	Células / mL		✓	
Ab. Bacterias	PH_AB_BACT	Células / mL	✓		
Ab. Synechococcus	PH_AB_SYNECH	Células / mL	✓		
Ab. Prochlorococcus	PH_AB_PROCHL	Células / mL	✓		
Ab. Picoplankton	PH_AB_PICO	Células / mL	✓		
Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓	✓	✓

Valores obtenidos para el parámetro

En la Figura 7 se muestran los gráficos con las anomalías mensuales calculadas respecto a los valores mensuales medios del ciclo de referencia y la suma acumulada de las mismas para la biomasa de zooplancton en las estaciones de plataforma. La Figura 8 presenta las series temporales desde su origen, y diferenciando los periodos de evaluación y referencia, con el valor medio para cada uno de ellos. En todos los gráficos se indica con una línea vertical discontinua el momento a partir del cual se inicia el periodo de evaluación (2016).

Los gráficos de las series temporales de los valores del resto de indicadores enumerados en la Tabla 6 se presentan en el apartado “Gráficas de indicadores”.

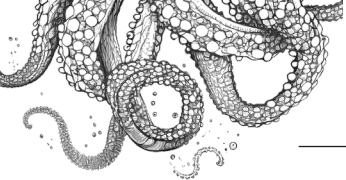


Figura 7. Anomalías mensuales de biomasa de zooplancton respecto al ciclo de referencia (2010-2015), y suma acumulada de las mismas

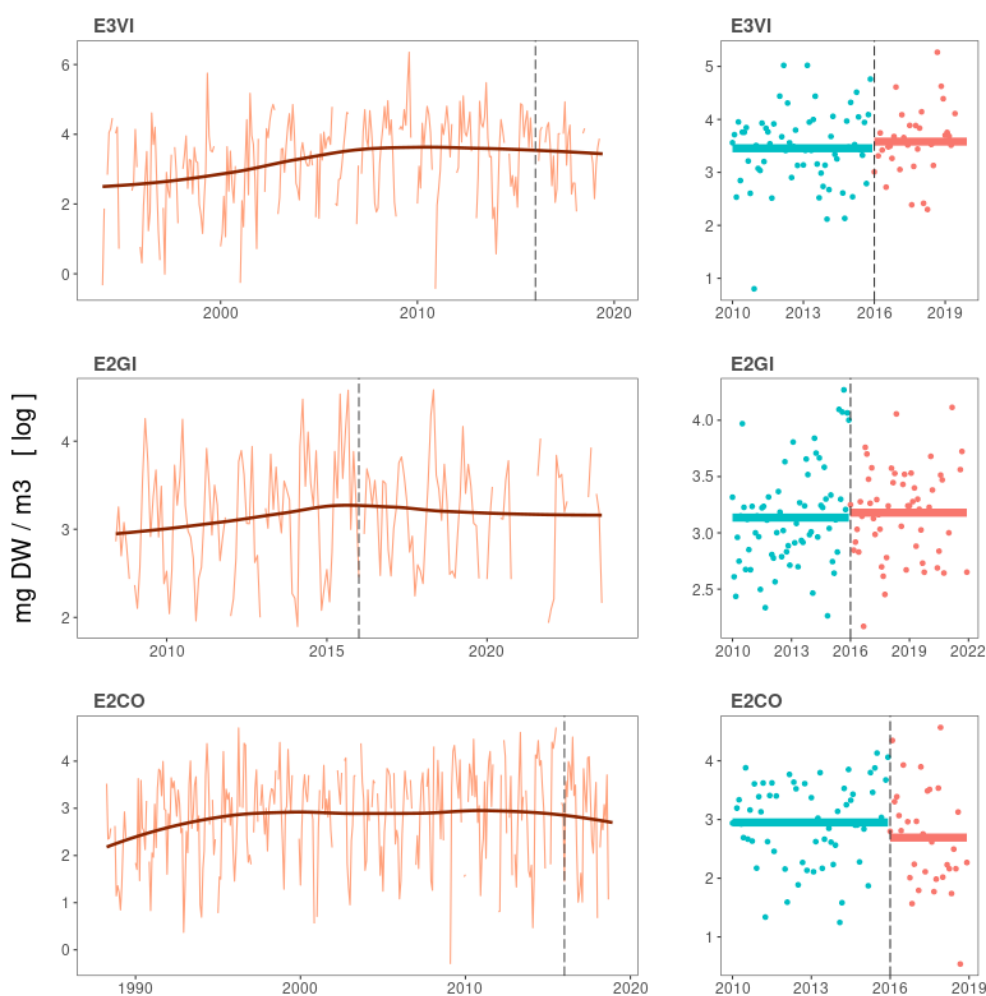
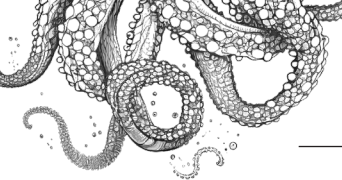


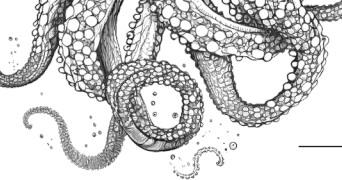
Figura 8. Biomasa de zooplancton desde que se inició la recogida de datos en el programa RADIALES (columna izquierda). La línea marrón más sólida representa el ajuste loess. Los gráficos de la columna derecha muestran los valores desestacionalizados de los periodos de evaluación y referencia. Las líneas horizontales representan el valor medio para cada periodo.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Estable.

La Figura 9 sintetiza gráficamente las variaciones de los distintos indicadores respecto al anterior ciclo de evaluación en las estaciones de plataforma. Muestra si los valores medidos durante el periodo de evaluación son mayores o menores que en el periodo de referencia, y si estas diferencias son significativas. Esta representación permite tener una visión de conjunto acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos de plataforma.

Los indicadores referidos a la composición del fitoplancton fueron analizados únicamente en el transecto de Vigo, mientras que la composición del picoplancton solo se evaluó en el transecto cantábrico. La abundancia de fitoplancton total y de los dos principales grupos evaluados aumentó respecto al anterior periodo de evaluación, aunque en el caso de los dinoflagelados el aumento es menos notable. En cuanto al picoplancton, ninguno de sus componentes presenta diferencias significativas respecto al anterior ciclo. La abundancia del zooplancton no muestra un patrón de variación claro entre grupos ni entre los dos transectos en que se analizó. Las diferencias más destacadas respecto al periodo de referencia se observaron en los copépodos (menos abundantes que el ciclo anterior) y cladóceros (más abundantes), y únicamente en el transecto de Vigo.



En cuanto a la biomasa, en el caso del fitoplancton tiende a disminuir en este ciclo, de forma más notoria en el transecto de Gijón, mientras que en el caso del zooplancton apenas varía.

Las diferencias observadas no se pueden atribuir de forma irrefutable a presiones antropogénicas y de modo general se puede considerar que la tendencia del estado es estable respecto al periodo de referencia. Las variaciones y tendencias observadas se encuentran dentro de los márgenes asociados a la variabilidad natural del ecosistema. No obstante, es necesario continuar con el programa de monitorización para tener resultados más concluyentes, especialmente de los descriptores que muestran una diferencia significativa respecto al ciclo anterior.

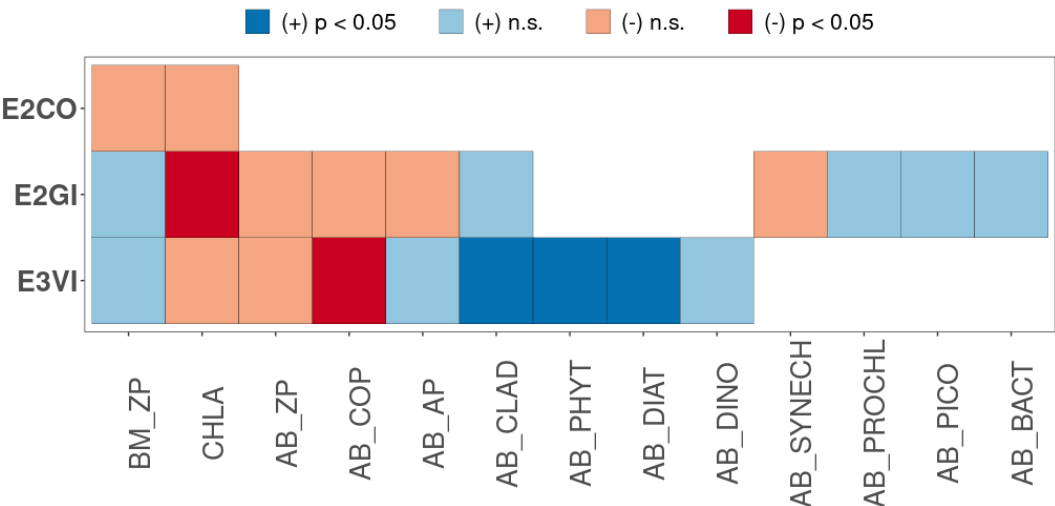
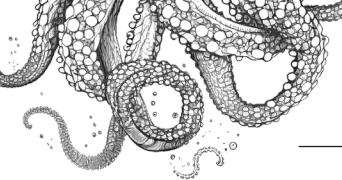


Figura 9. Representación de los resultados de los análisis comparando las anomalías para cada indicador y estación respecto al periodo de referencia en la zona de plataforma.



5.3. Hábitats pelágicos oceánicos

Área de evaluación

El estado de los distintos hábitats pelágicos en esta demarcación se evalúa basándose en el programa de muestreos del proyecto RADIALES, descrito con más detalle en el apartado correspondiente a los hábitats pelágicos costeros.

De los tres transectos de estaciones seleccionados solo el Cantábrico llega hasta la zona oceánica, donde se sitúa la estación E4GI (Figura 10). La evaluación de los hábitats pelágicos oceánicos en esta demarcación se basa por tanto en los resultados de esta estación.

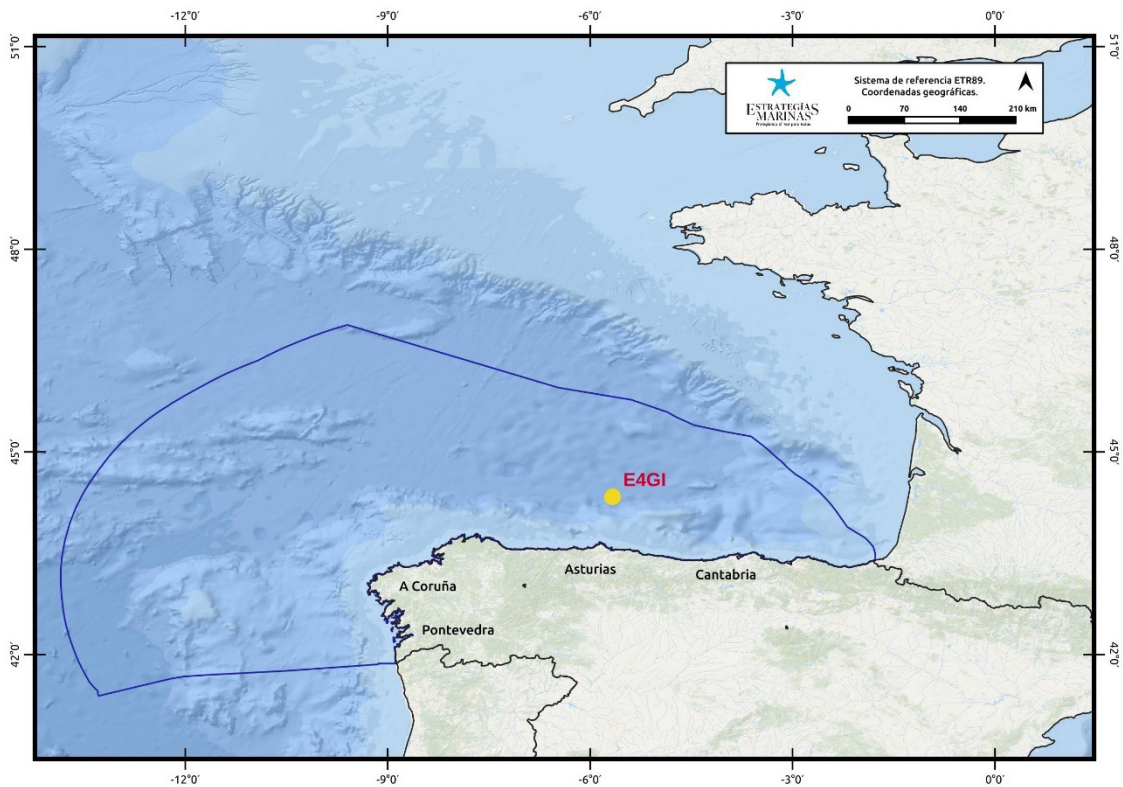


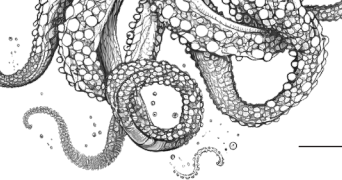
Figura 10. Posición de la estación E4GI, la única oceánica muestreada en la demarcación noratlántica.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 7 se muestra la lista completa de indicadores evaluados en la estación oceánica.

Tabla 7. Indicadores utilizados para evaluar el criterio D1C6 y código con el que fueron identificados en el informe digital. En la última columna se indica cuáles de estos indicadores fueron analizados durante el periodo de evaluación en la estación oceánica.

Indicador	Código	Unidades	E4GI
Biom. Mesozoopl.	PH_BM_ZP	mg / m ³	✓
Ab. Mesozoopl.	PH_AB_ZP	Indiv. / m ³	✓
Ab. Copépodos	PH_AB_COP	Indiv. / m ³	✓



Indicador	Código	Unidades	E4GI
Ab. Cladóceros	PH_AB_CLAD	Indiv. / m ³	✓
Ab. Apendicularias	PH_AB_AP	Indiv. / m ³	✓
Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓

Valores obtenidos para el parámetro

En la Figura 11 se muestran los gráficos con las anomalías mensuales calculadas respecto a los valores mensuales medios del ciclo de referencia y la suma acumulada de las mismas para la biomasa de zooplancton en la estación oceánica. La Figura 12 presenta las series temporales desde su origen, y diferenciando los periodos de evaluación y referencia, con el valor medio para cada uno de ellos. En todos los gráficos se indica con una línea vertical discontinua el momento a partir del cual se inicia el periodo de evaluación (2016).

Los gráficos para el resto de indicadores se presentan en el apartado “Gráficas de indicadores”.

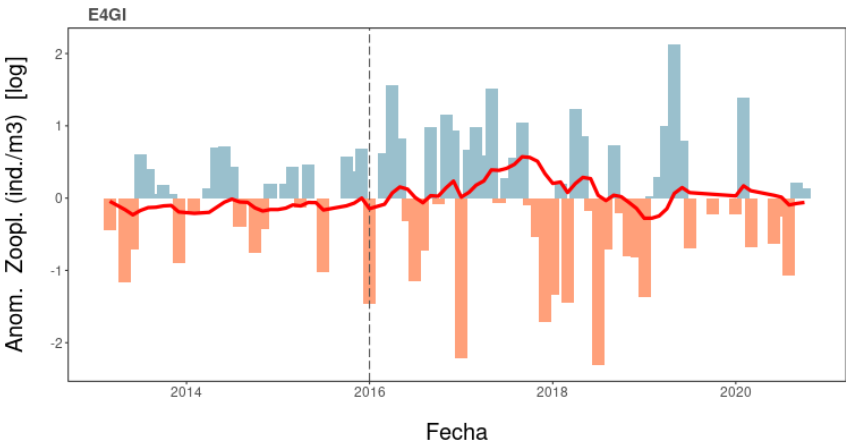


Figura 11. Anomalías mensuales de biomasa de zooplancton respecto al ciclo de referencia (2010-2015), y suma acumulada de las mismas.

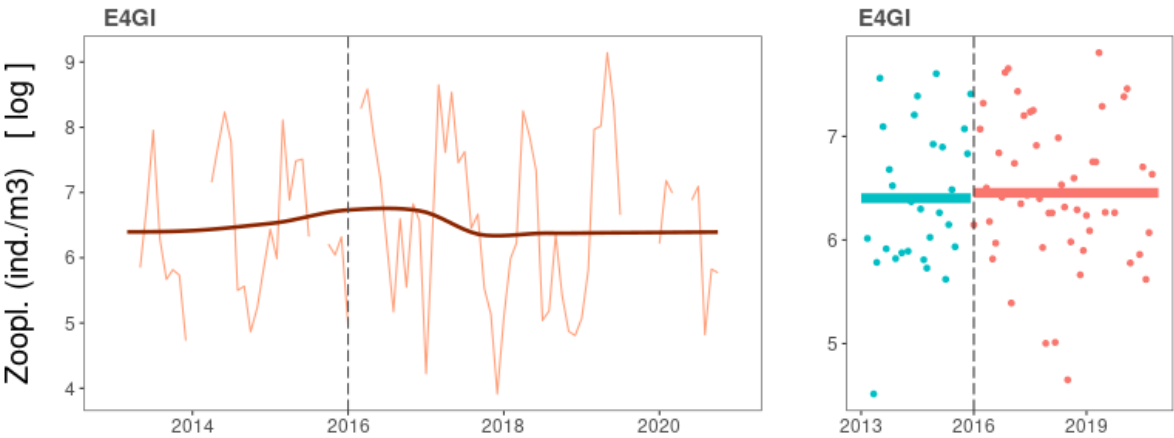
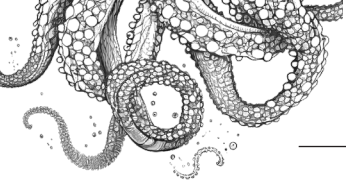


Figura 12. Biomasa de zooplancton desde que se inició la recogida de datos en el programa RADIALES (columna izquierda). La línea marrón más sólida representa el ajuste loess. Los gráficos de la columna derecha muestran los valores desestacionalizados de los periodos de evaluación y referencia. Las líneas horizontales representan el valor medio para cada periodo.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Estable.

La Figura 13 sintetiza gráficamente las variaciones de los distintos indicadores respecto al anterior ciclo de evaluación en la estación oceánica. Muestra si los valores medidos durante el periodo de evaluación son mayores o menores que en el periodo de referencia, y si estas diferencias son significativas. Esta representación permite tener una visión de conjunto acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos.

Durante el periodo de evaluación se analizaron los indicadores referidos a la biomasa de zooplancton y fitoplancton, y todos los relacionados con la abundancia de zooplancton. Se detectó un descenso en la biomasa de fitoplancton respecto al periodo anterior. En cuanto al zooplancton, tanto la biomasa como la abundancia total y de los distintos grupos analizados también tienden a disminuir, si bien las diferencias no son tan evidentes como en el caso de la clorofila. La única disonancia en este patrón se detecta en el grupo de los cladóceros, cuya tendencia creciente podría ser consecuencia del incremento de temperatura asociado al cambio climático observado en la región dado su carácter termófilo.

Las diferencias observadas no se pueden atribuir de forma irrefutable a presiones antropogénicas. De modo general se puede considerar que la tendencia del estado es estable respecto al periodo de referencia, aunque es necesario continuar con el programa de monitorización para tener resultados más concluyentes.

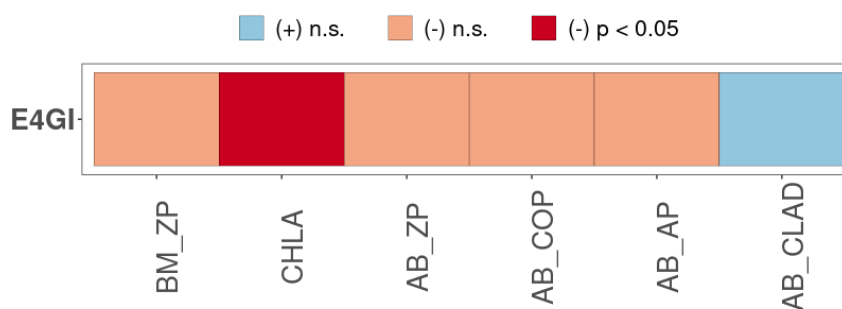
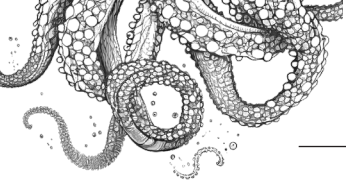


Figura 13. Representación de los resultados de los análisis comparando las anomalías para cada indicador respecto al periodo de referencia en la estación oceánica.



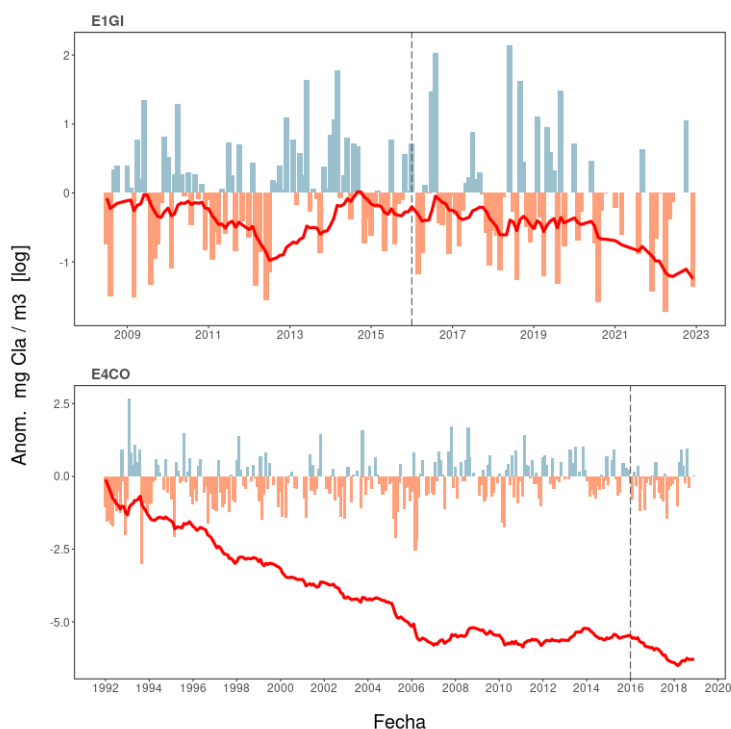
5.4. Gráficas de indicadores

Representación gráfica de los valores, transformados a logaritmo, de los distintos indicadores (salvo el de biomasa de zooplancton, cuyos gráficos se muestran a modo de ejemplo en el apartado 'Valores obtenidos para el parámetro' para cada tipo de hábitat) en las estaciones en que fueron evaluados. Para cada indicador se muestran tres tipos de gráficos:

- Anomalías mensuales calculadas respecto a los valores mensuales medios del ciclo de referencia (2010-2015, correspondiente al anterior ciclo de evaluación), y suma acumulada de las mismas.
- Serie temporal desde que se inició la recogida de datos en el programa RADIALES: la línea más sólida representa el ajuste loess.
- Valores desestacionalizados de los periodos de evaluación y referencia: la línea horizontal representa el valor medio para cada periodo.

En los tres tipos de gráficos se indica con una línea vertical discontinua el momento a partir del cual se inicia el periodo de evaluación.

Hábitats pelágicos costeros



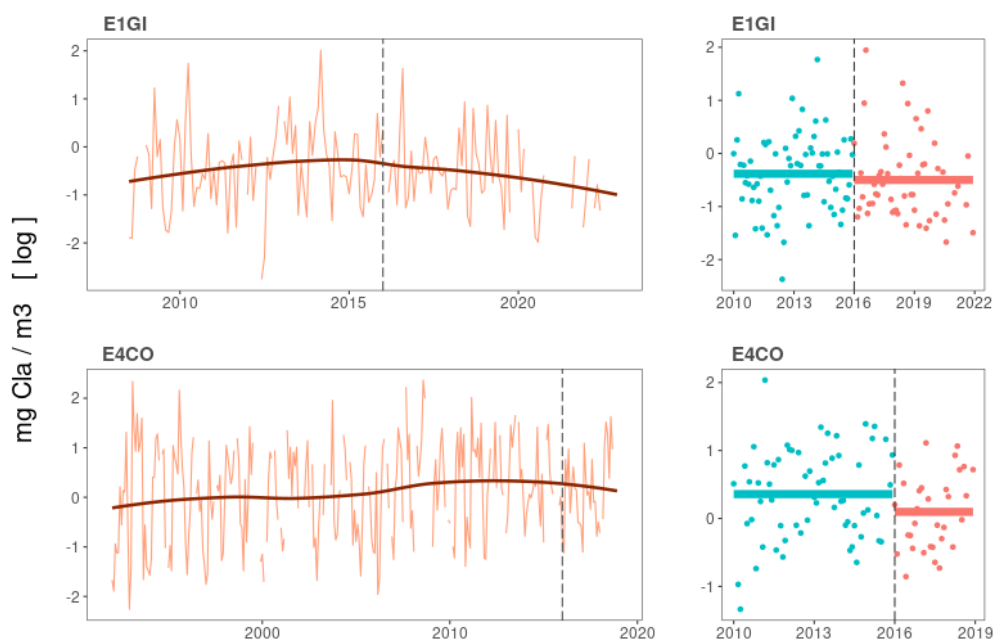
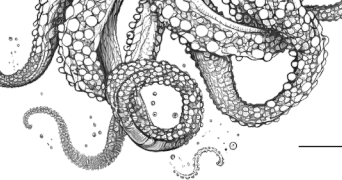


Figura 14. Concentración de clorofila en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica

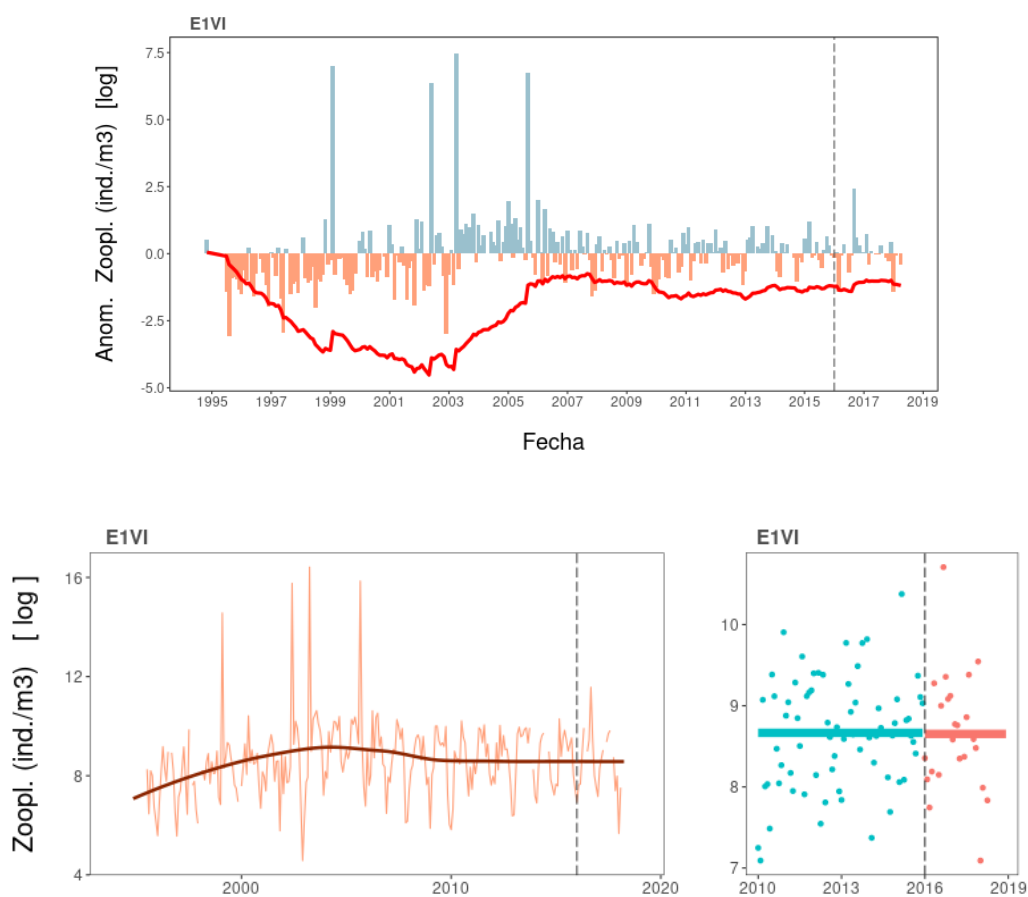


Figura 15. Abundancia de mesozooplankton total en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

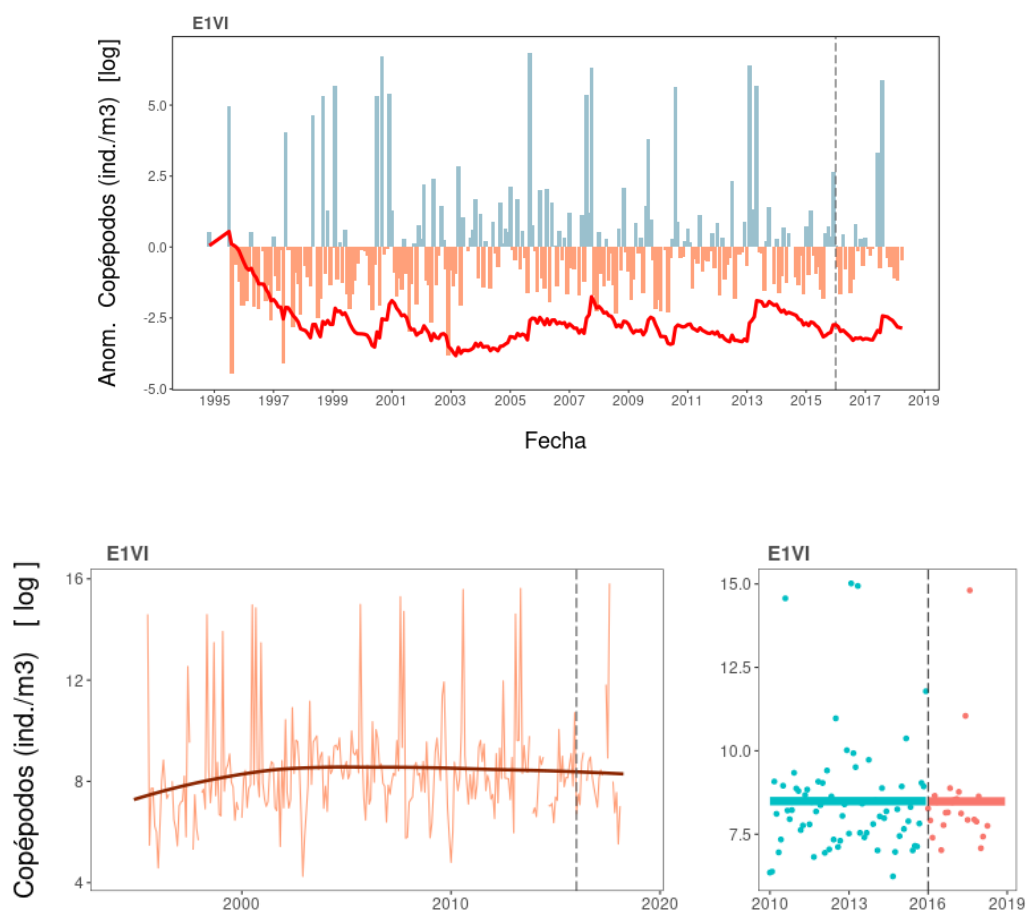
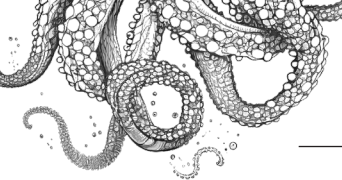


Figura 16. Abundancia de copépodos en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

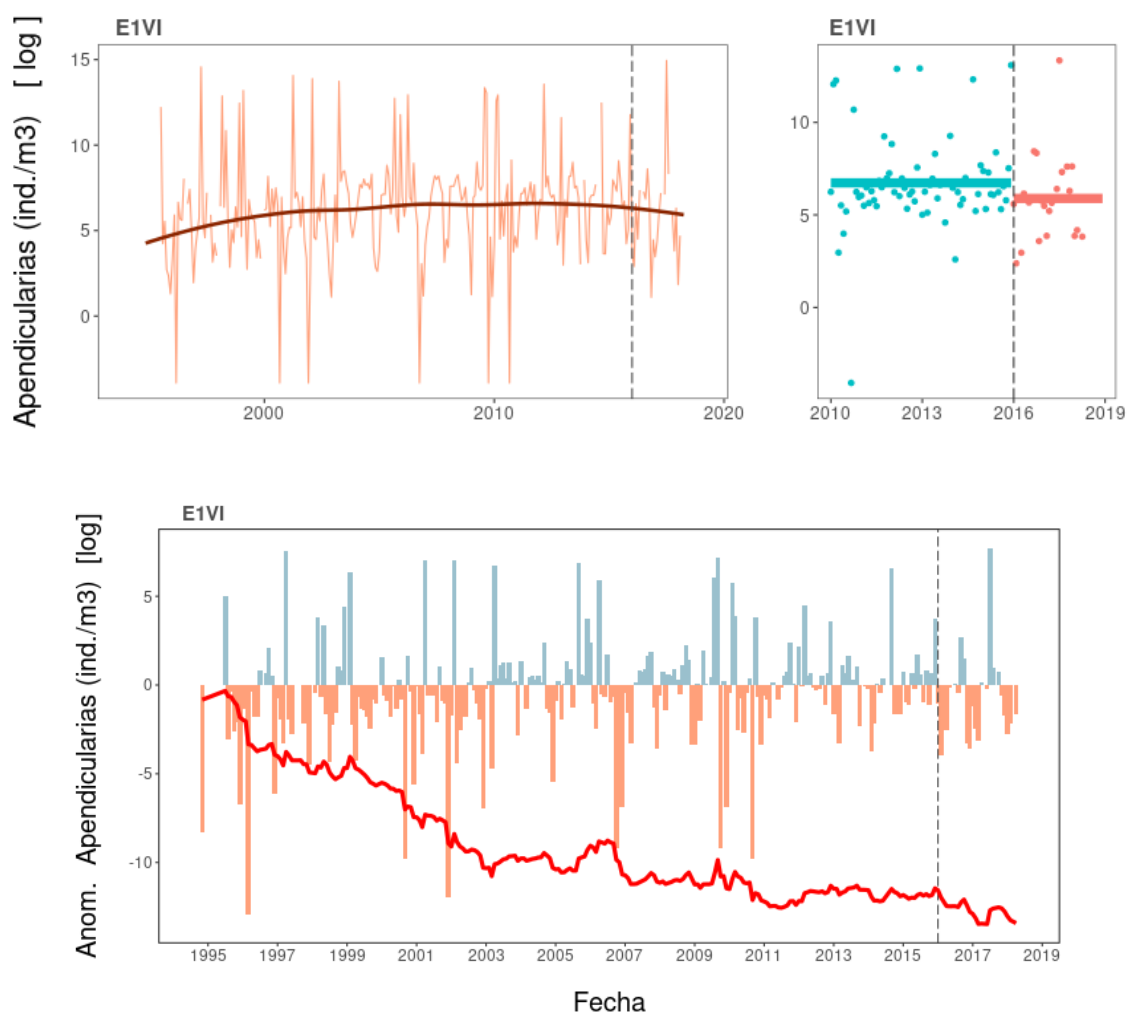
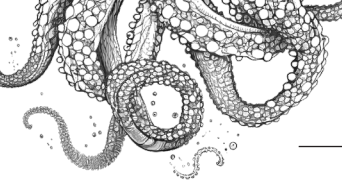


Figura 17. Abundancia de apendicularias en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

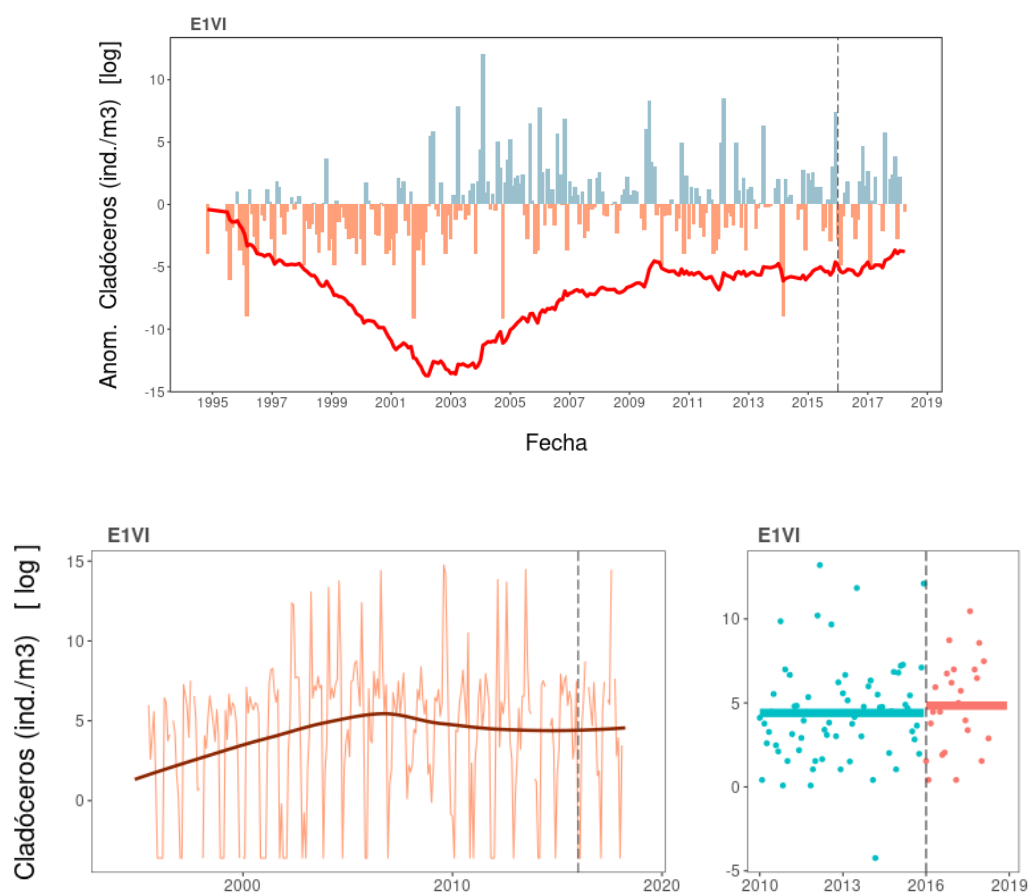
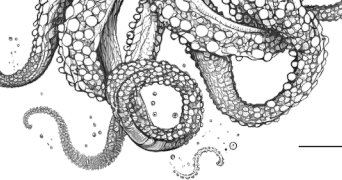


Figura 18. Abundancia de cladóceros en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

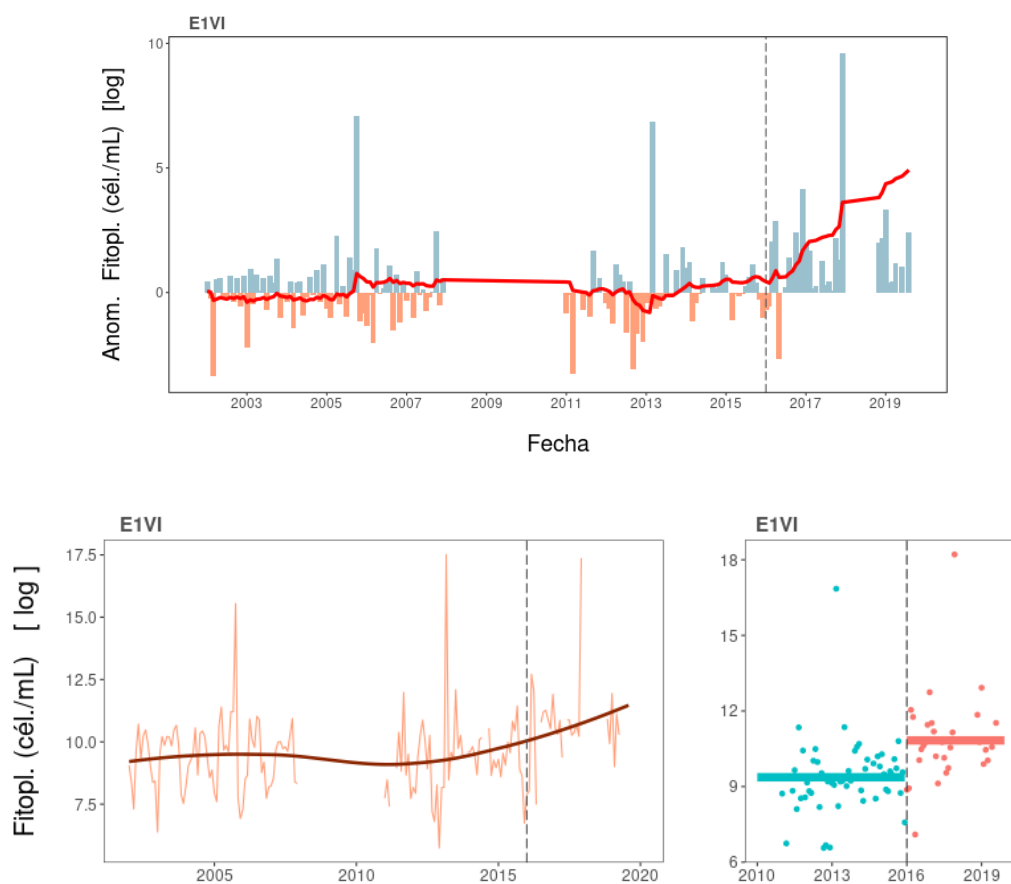
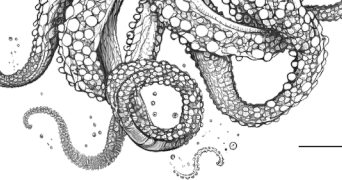


Figura 19. Abundancia de fitoplancton $> 5 \mu\text{m}$ en superficie en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

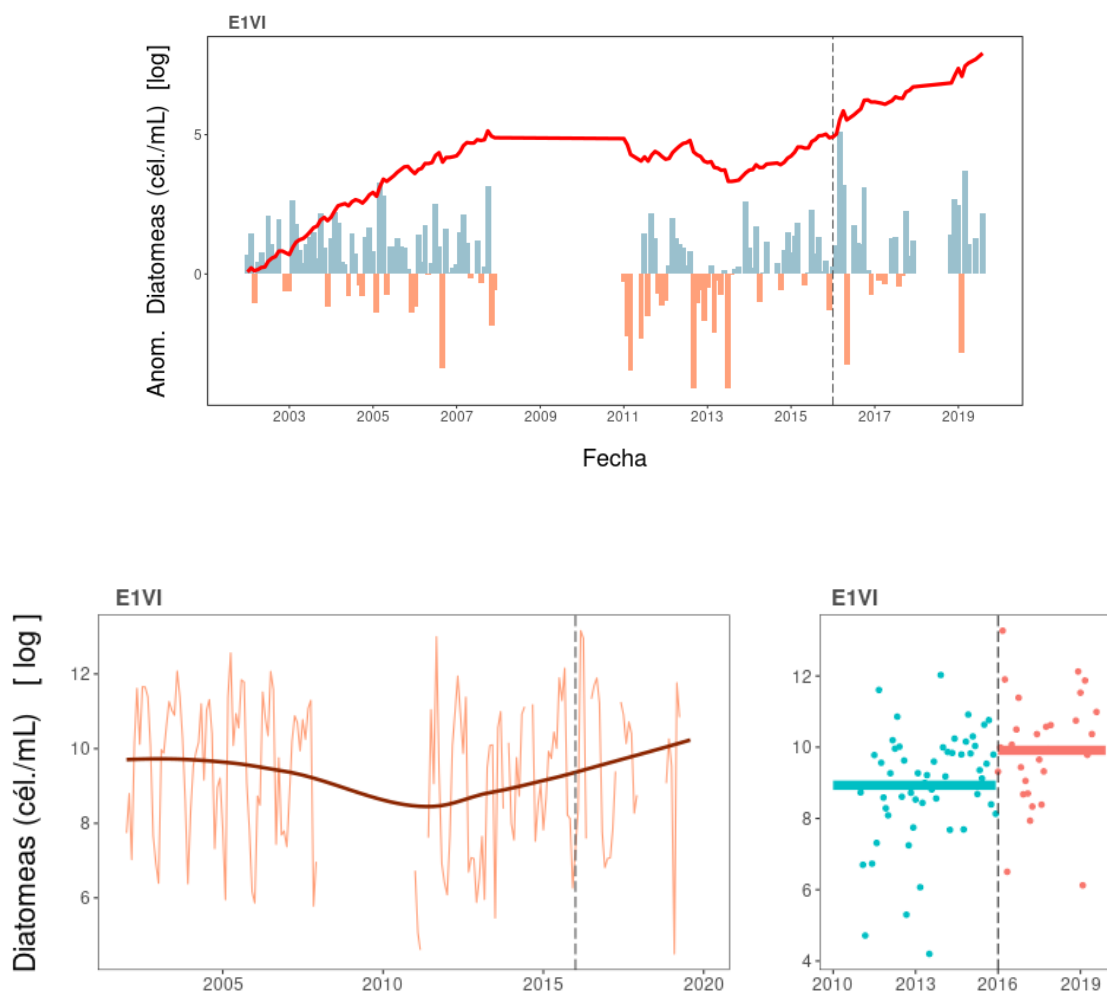
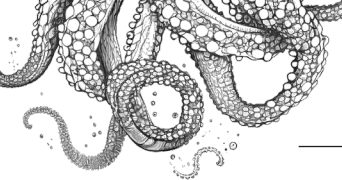


Figura 20. Abundancia de diatomeas en superficie en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

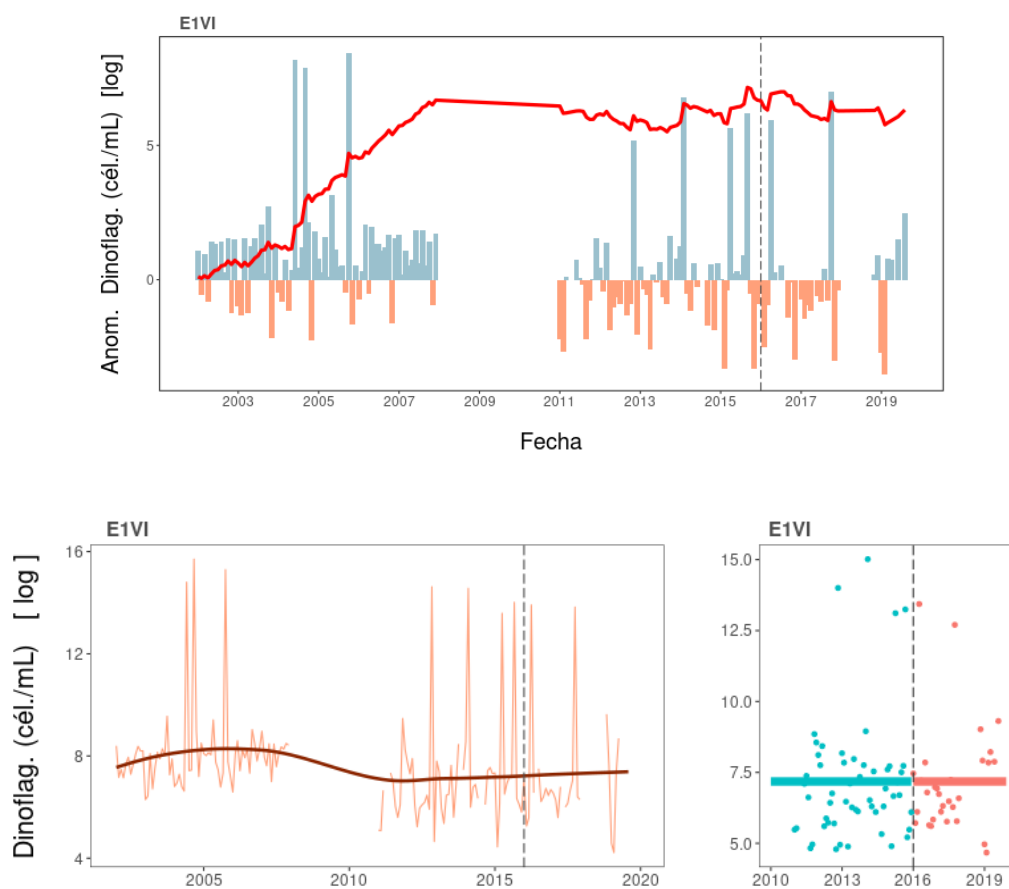
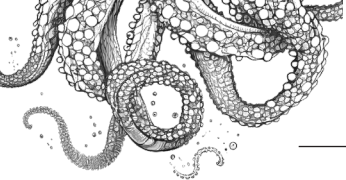


Figura 21. Abundancia de dinoflagelados en superficie en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

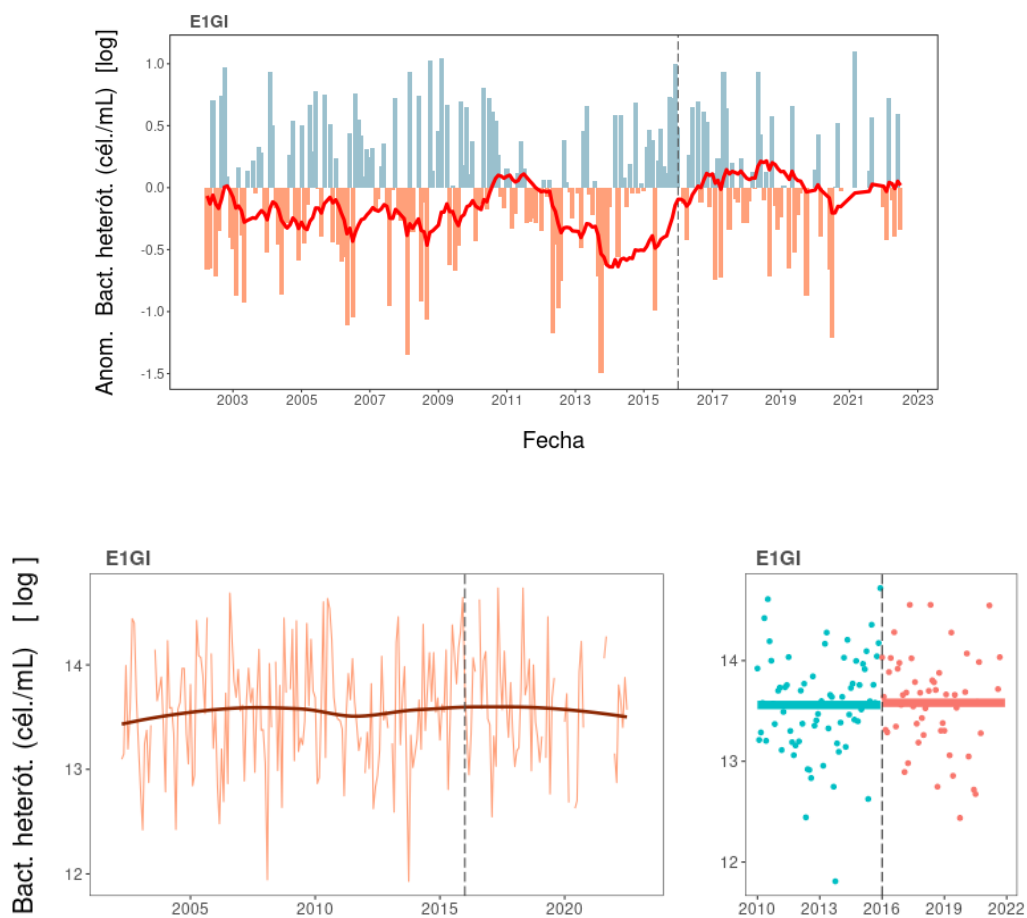
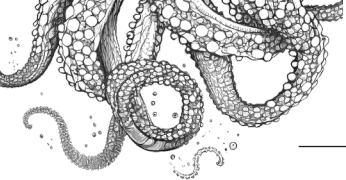


Figura 22. Abundancia de bacterias heterótrofas en superficie en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

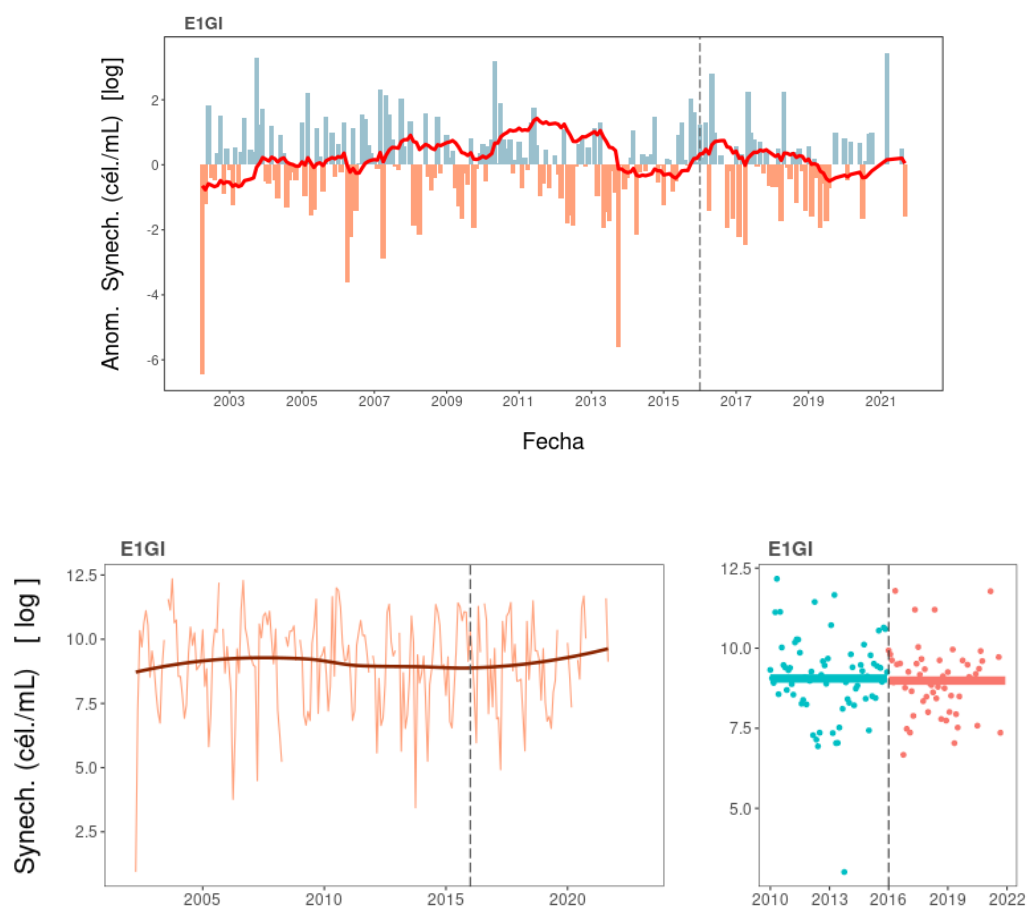
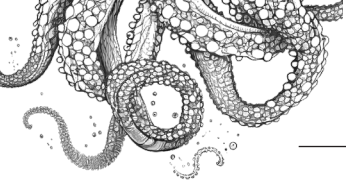


Figura 23. Abundancia de *Synechococcus* en superficie en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

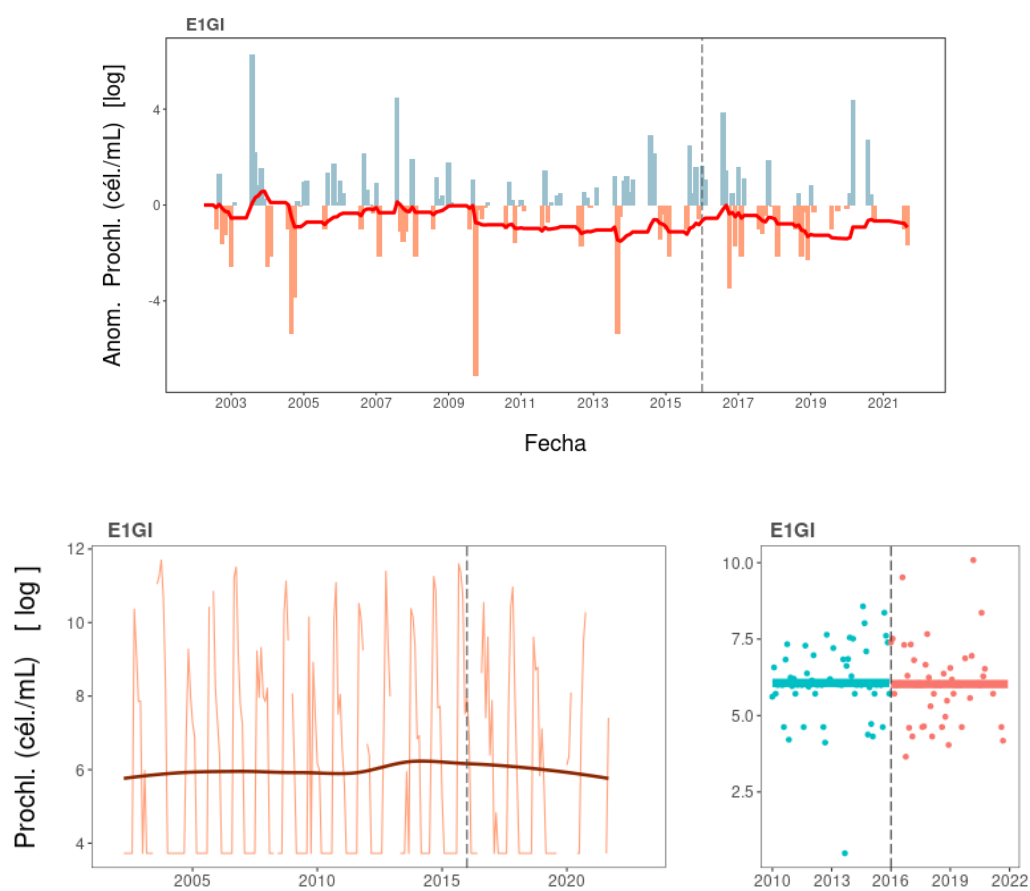
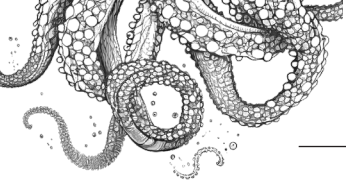


Figura 24. Abundancia de *Prochlorococcus* en superficie en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.

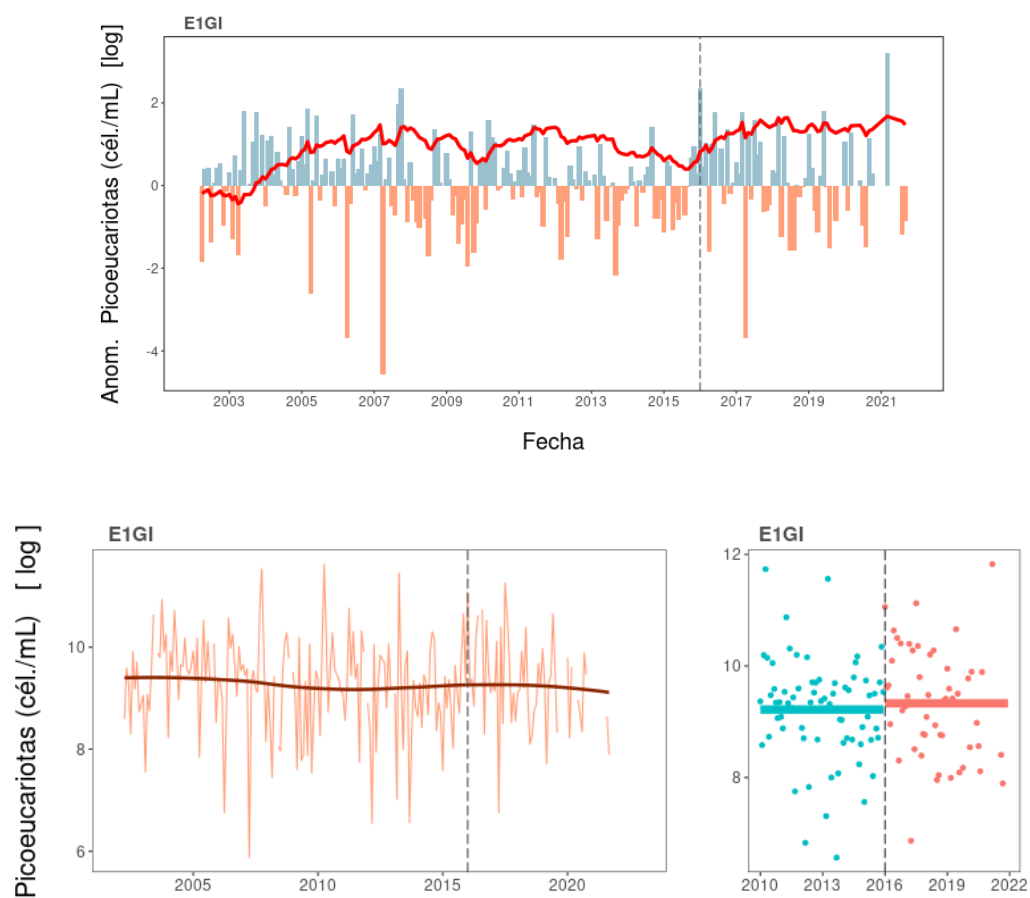
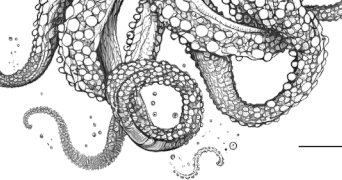
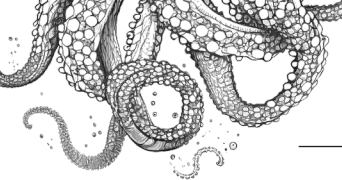


Figura 25. Abundancia de picoeucariotas en superficie en las estaciones costeras de la demarcación noratlántica.



Hábitats pelágicos de plataforma

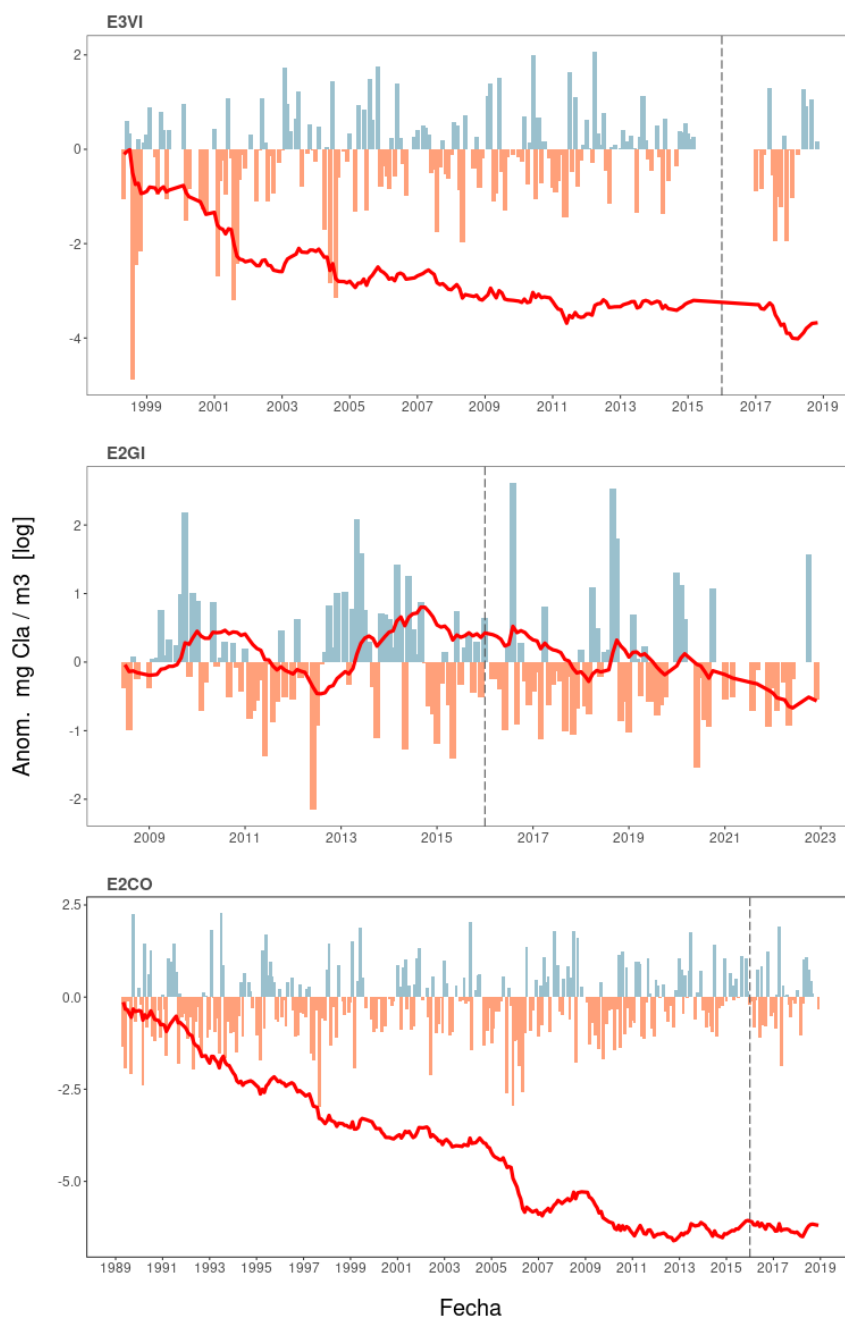


Figura 26. Concentración de clorofila en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

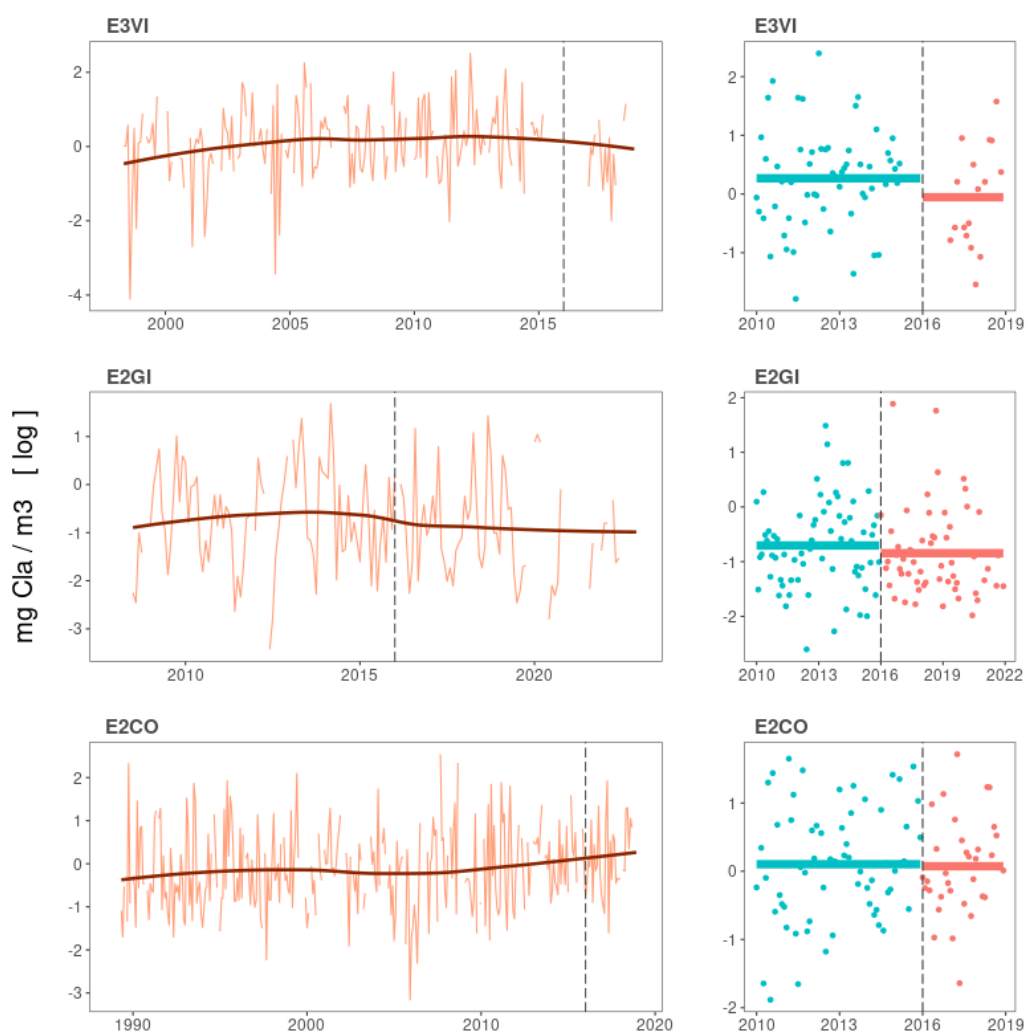
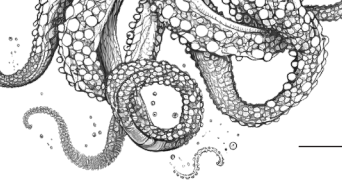


Figura 27. Concentración de clorofila en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

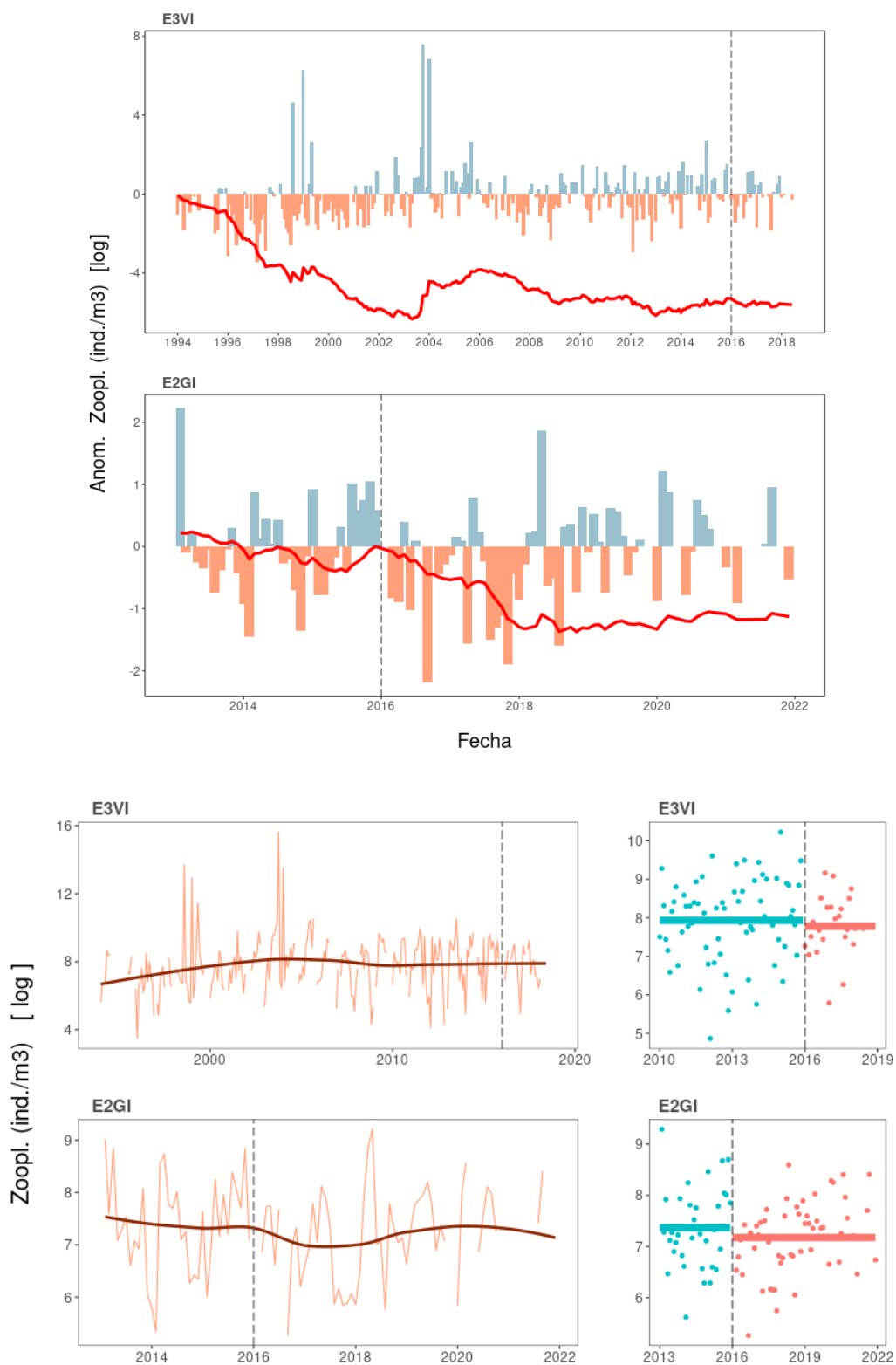
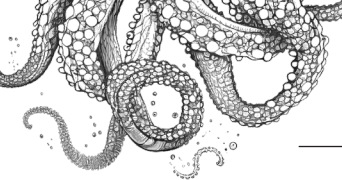


Figura 28. Abundancia de mesozooplankton total en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

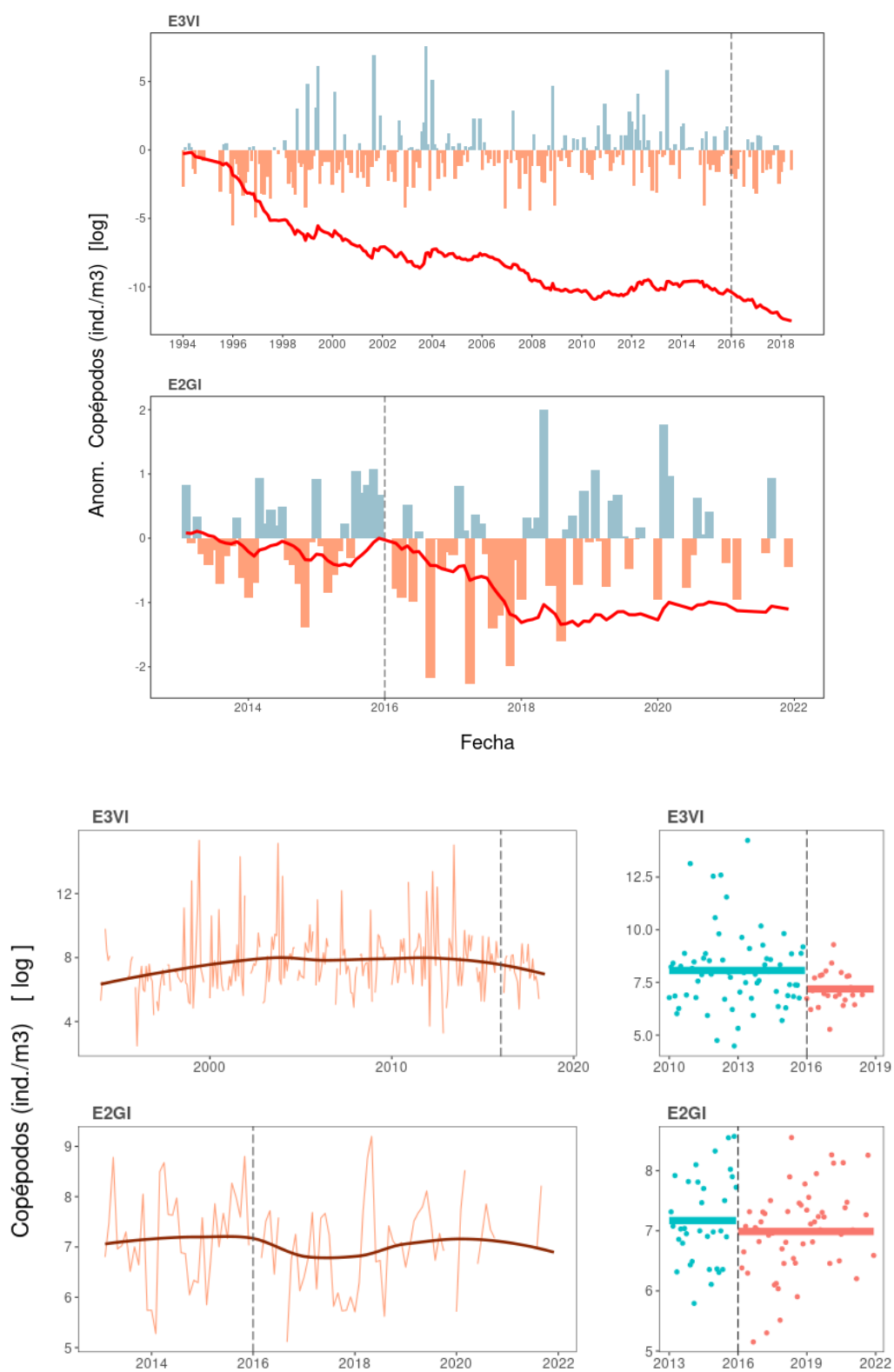
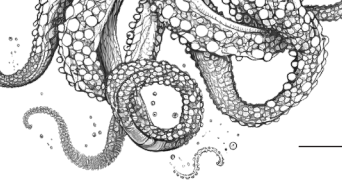


Figura 29. Abundancia de copépodos en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

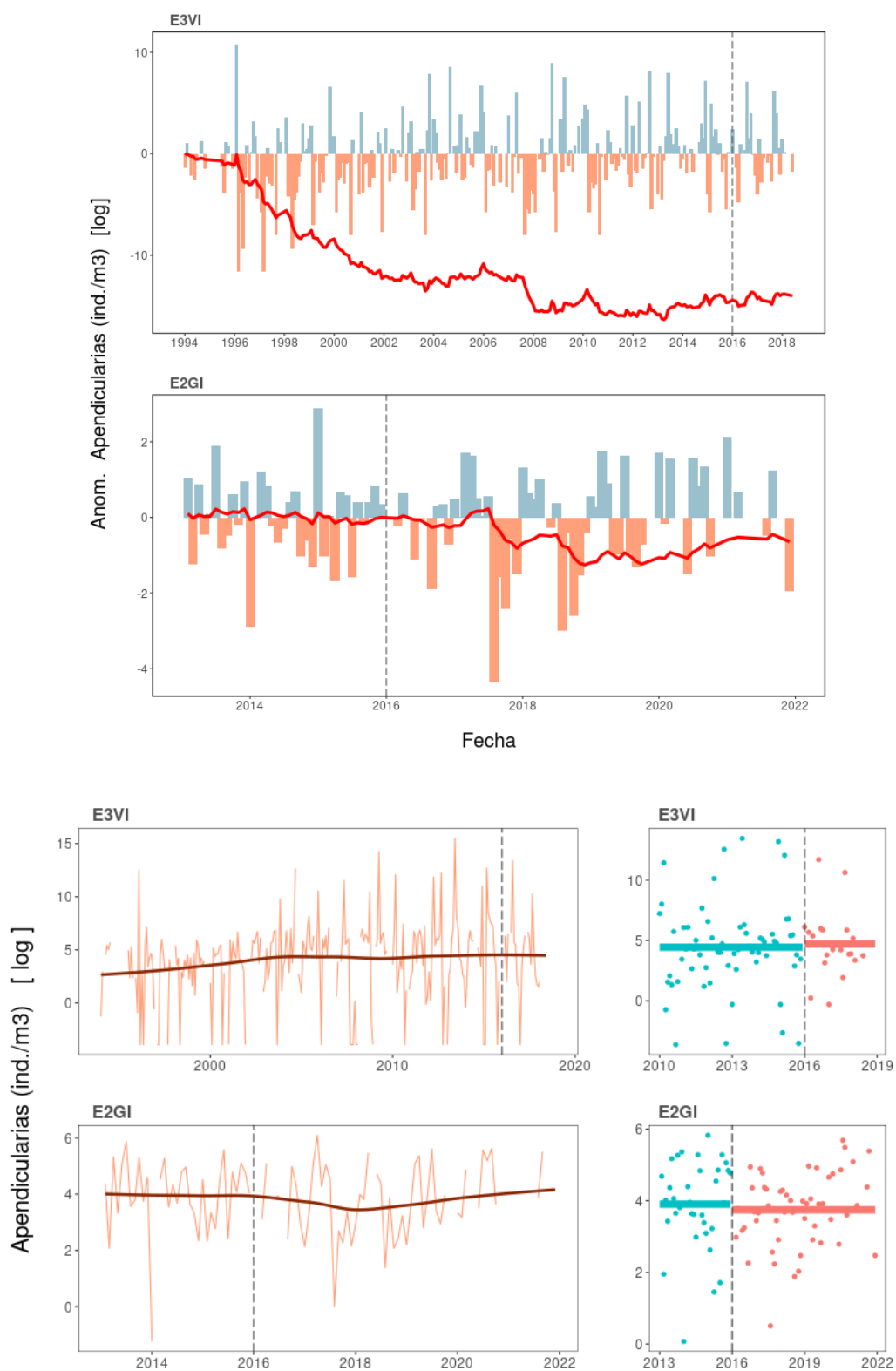
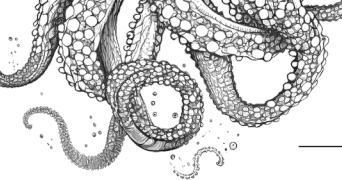


Figura 30. Abundancia de apendicularias en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

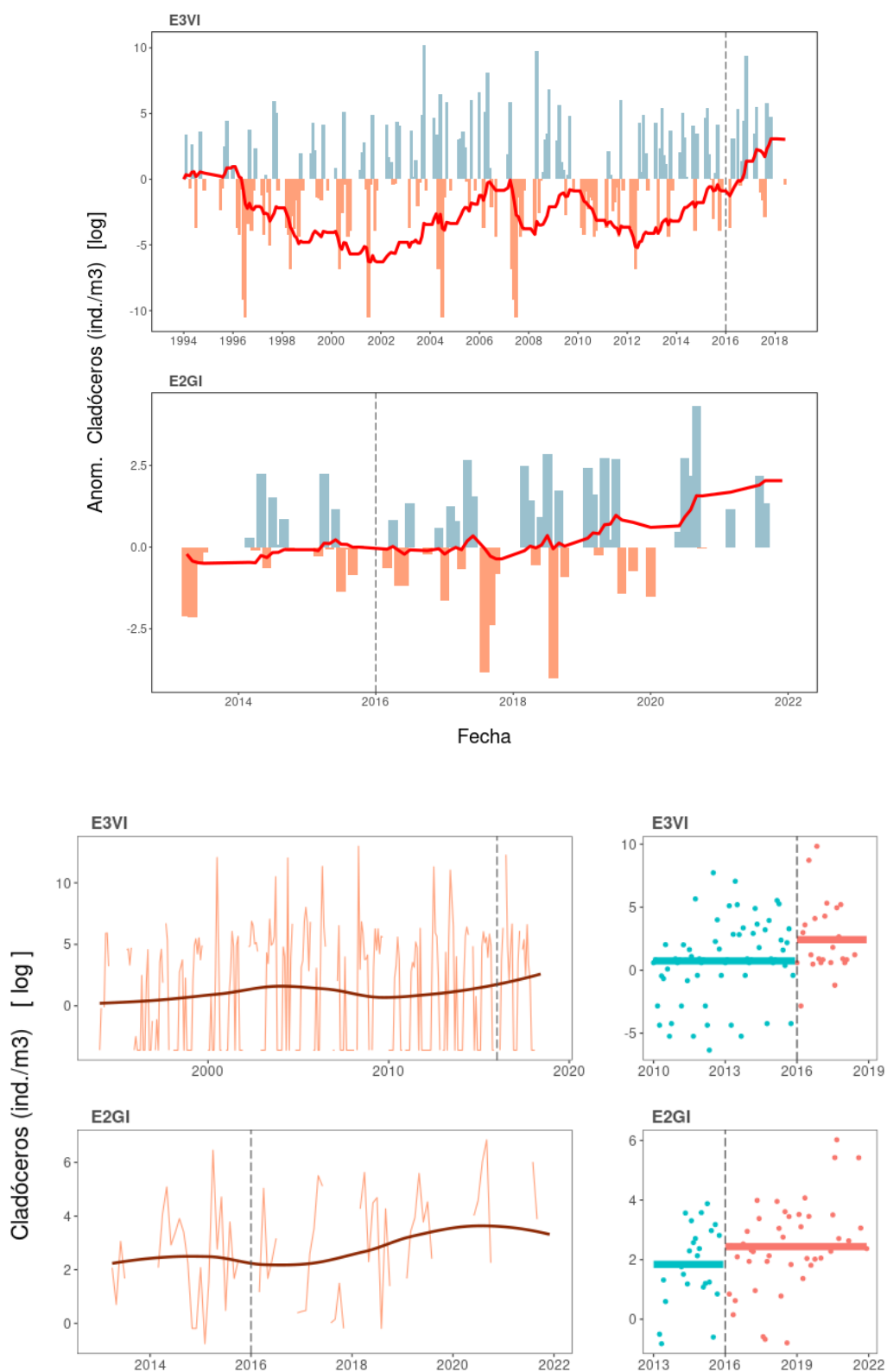
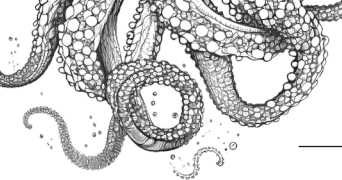


Figura 31. Abundancia de cladóceros en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

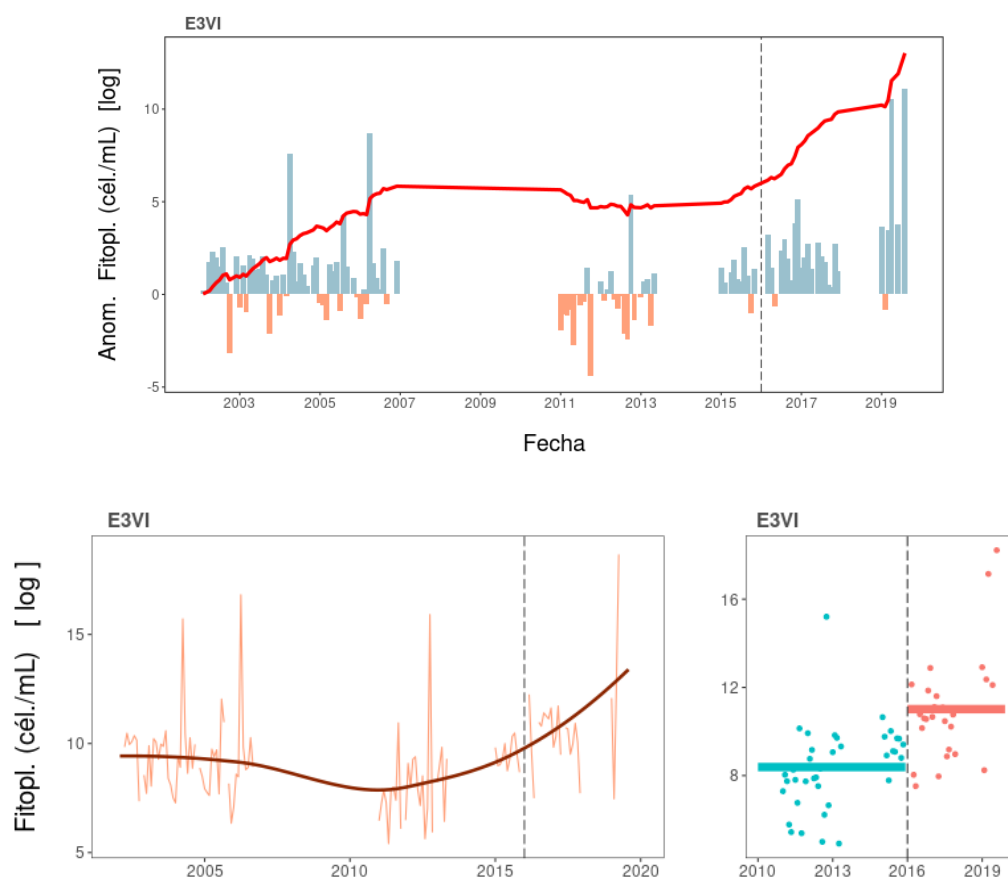
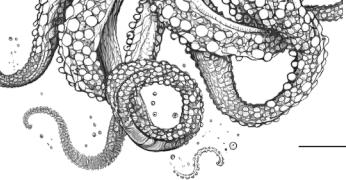


Figura 32. Abundancia de fitoplancton $> 5 \mu\text{m}$ en superficie en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

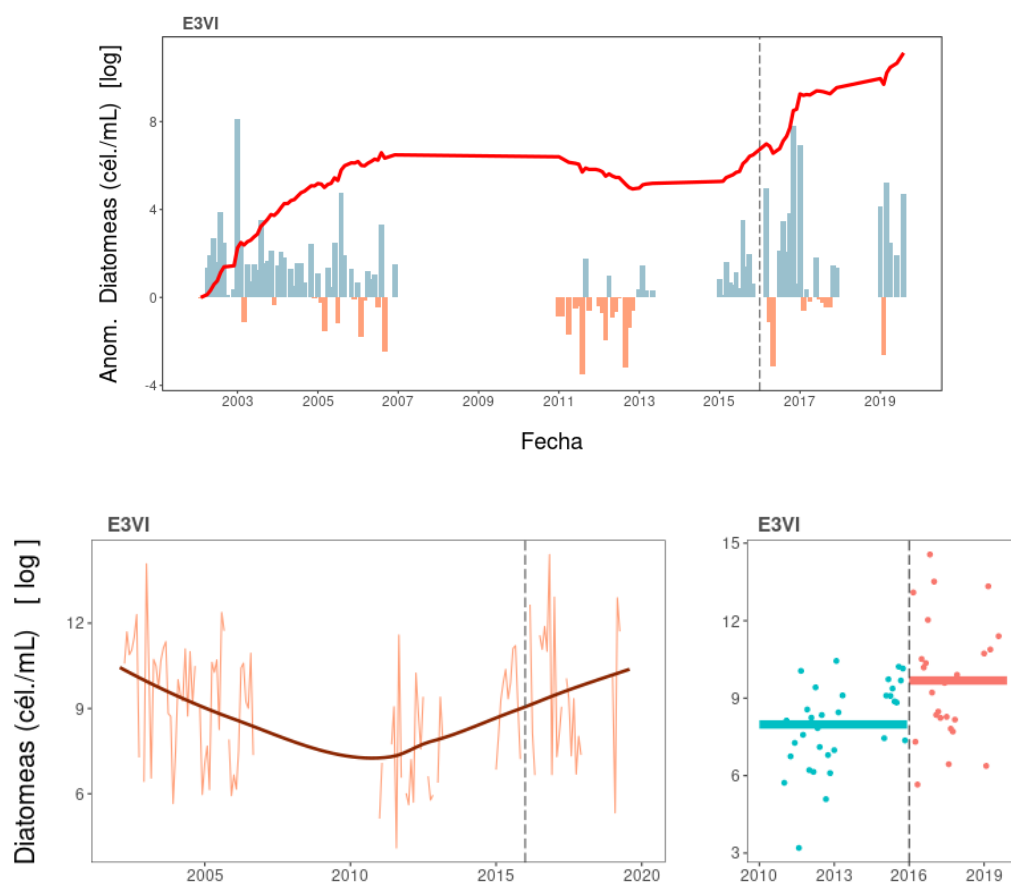
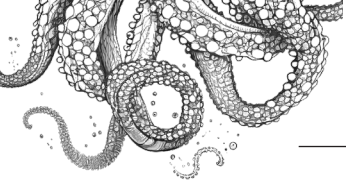


Figura 33. Abundancia de diatomeas en superficie en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

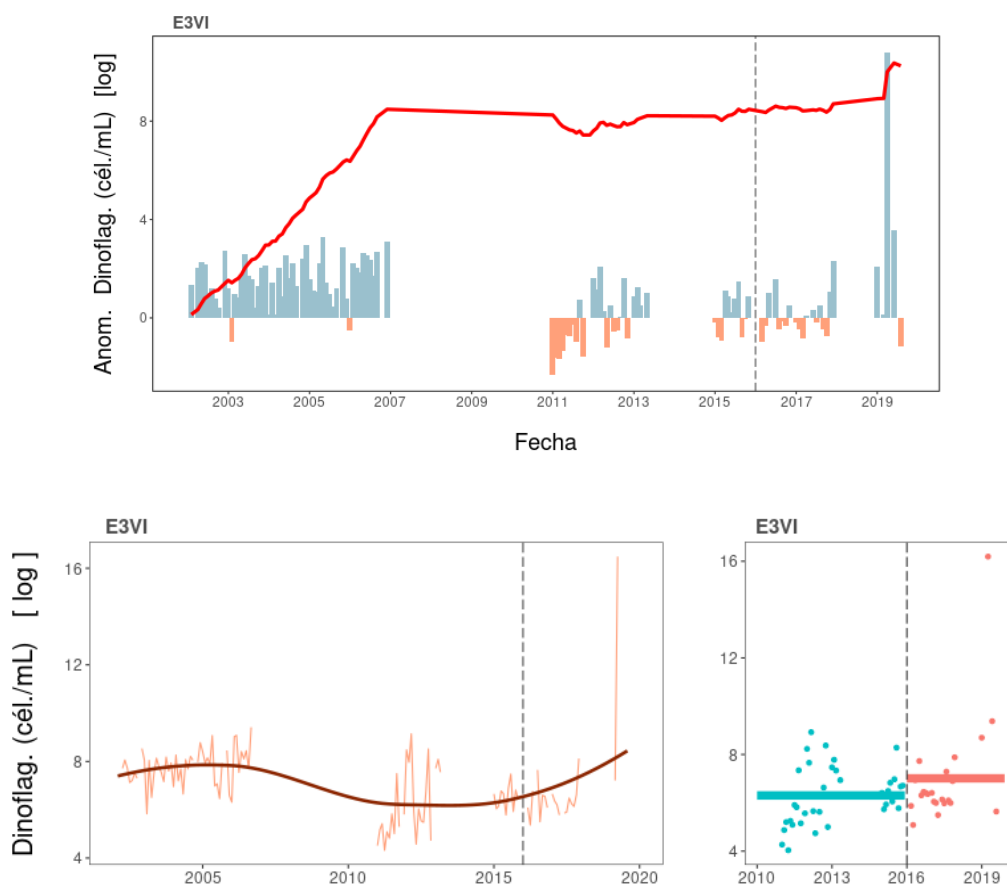
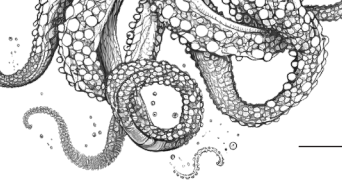


Figura 34. Abundancia de dinoflagelados en superficie en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

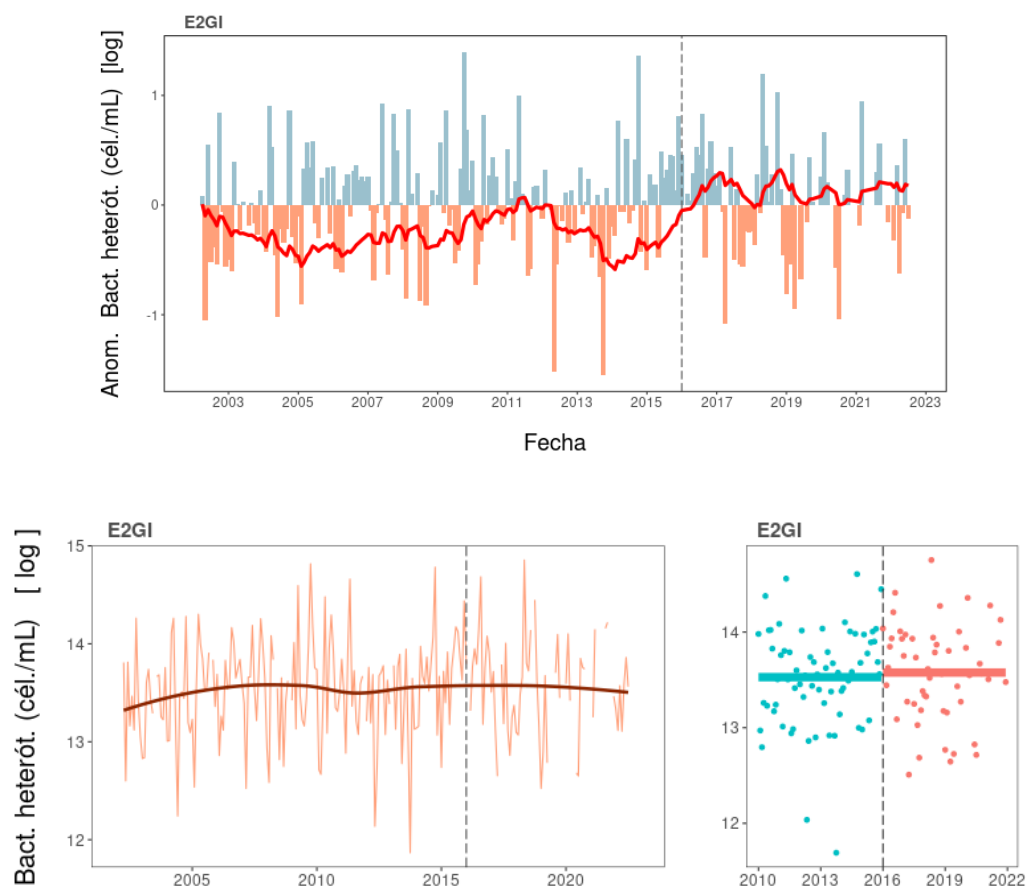
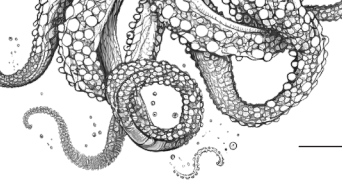


Figura 35. Abundancia de bacterias heterótrofas en superficie en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

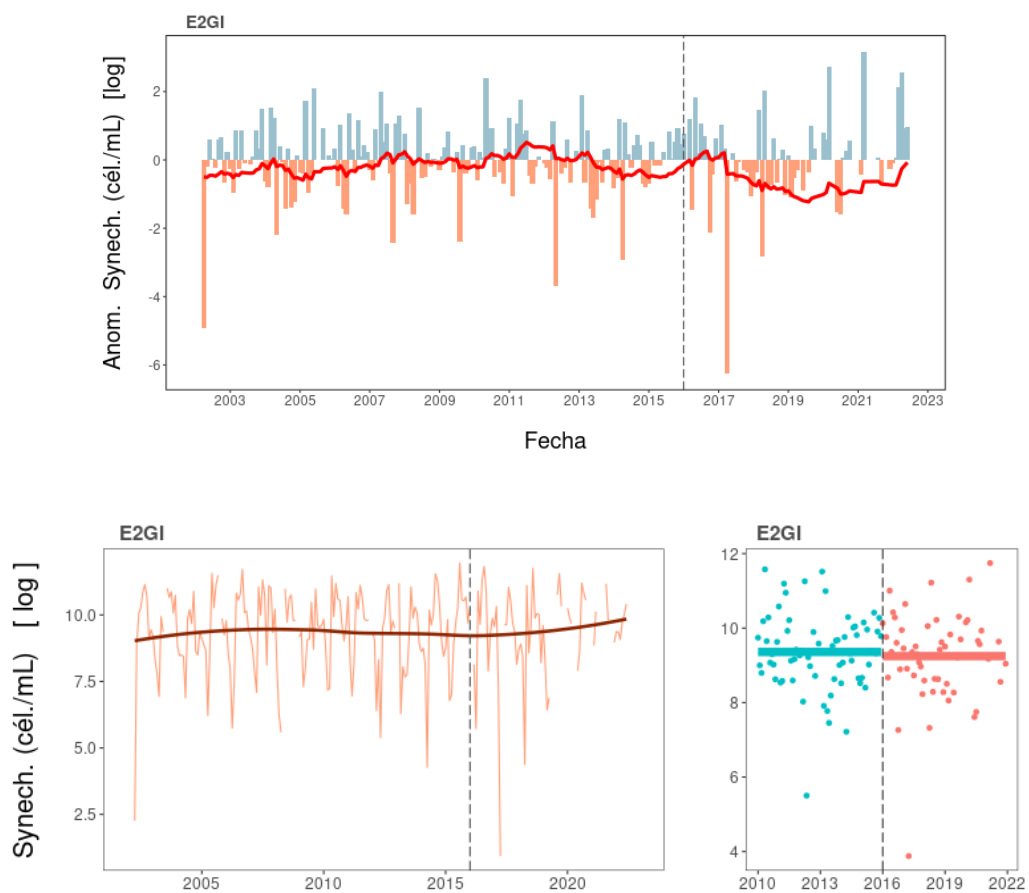
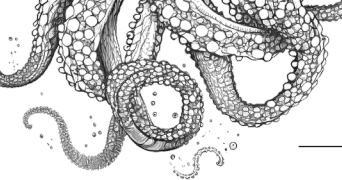


Figura 36. Abundancia de *Synechococcus* en superficie en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

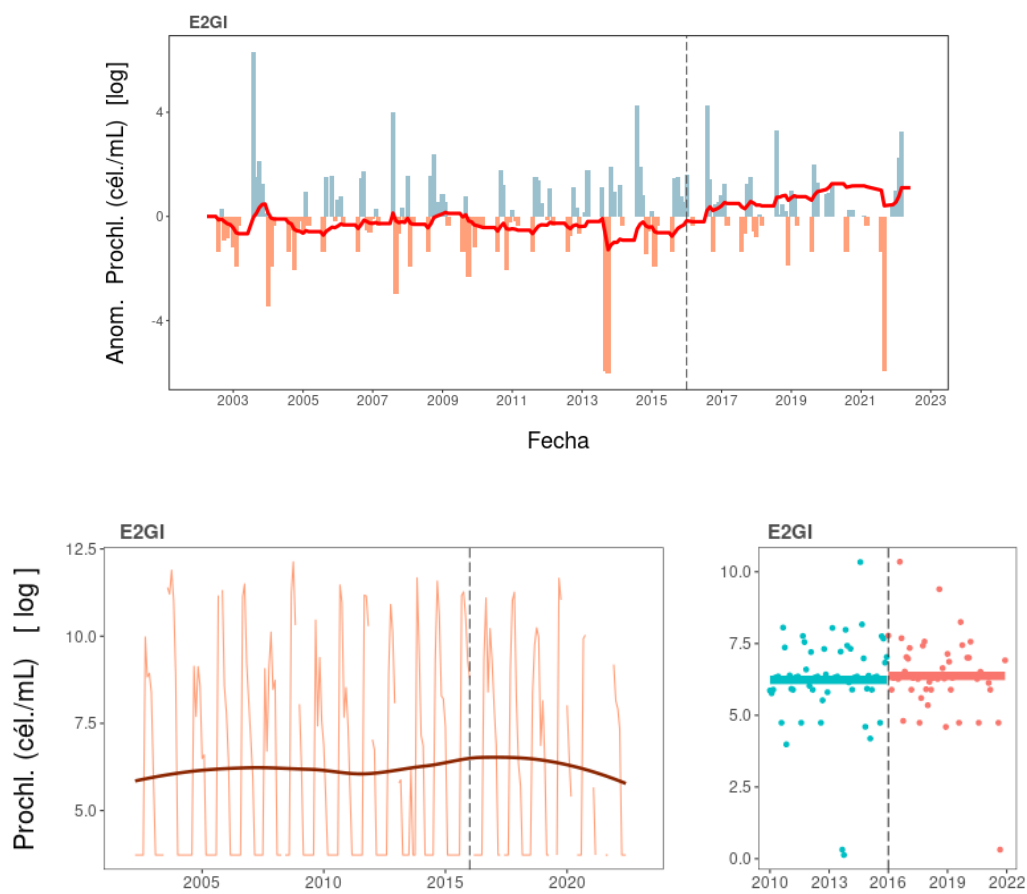
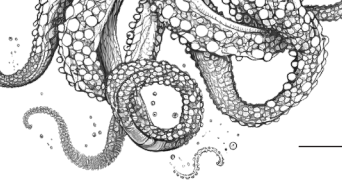


Figura 37. Abundancia de *Prochlorococcus* en superficie en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.

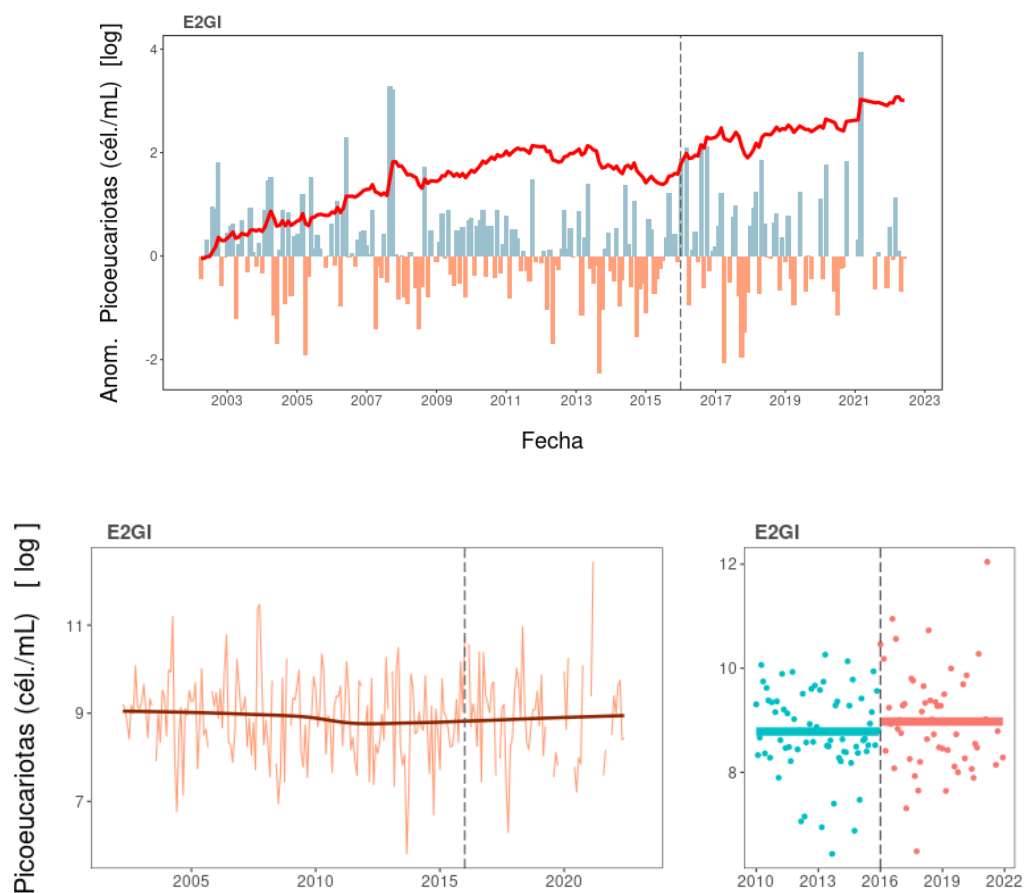
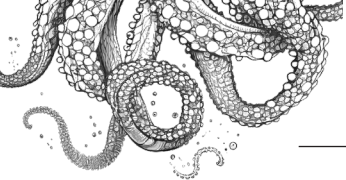
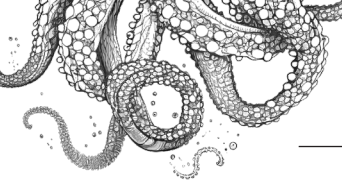


Figura 38. Abundancia de picoeucariotas en superficie en las estaciones de plataforma de la demarcación noratlántica.



Hábitats pelágicos oceánicos

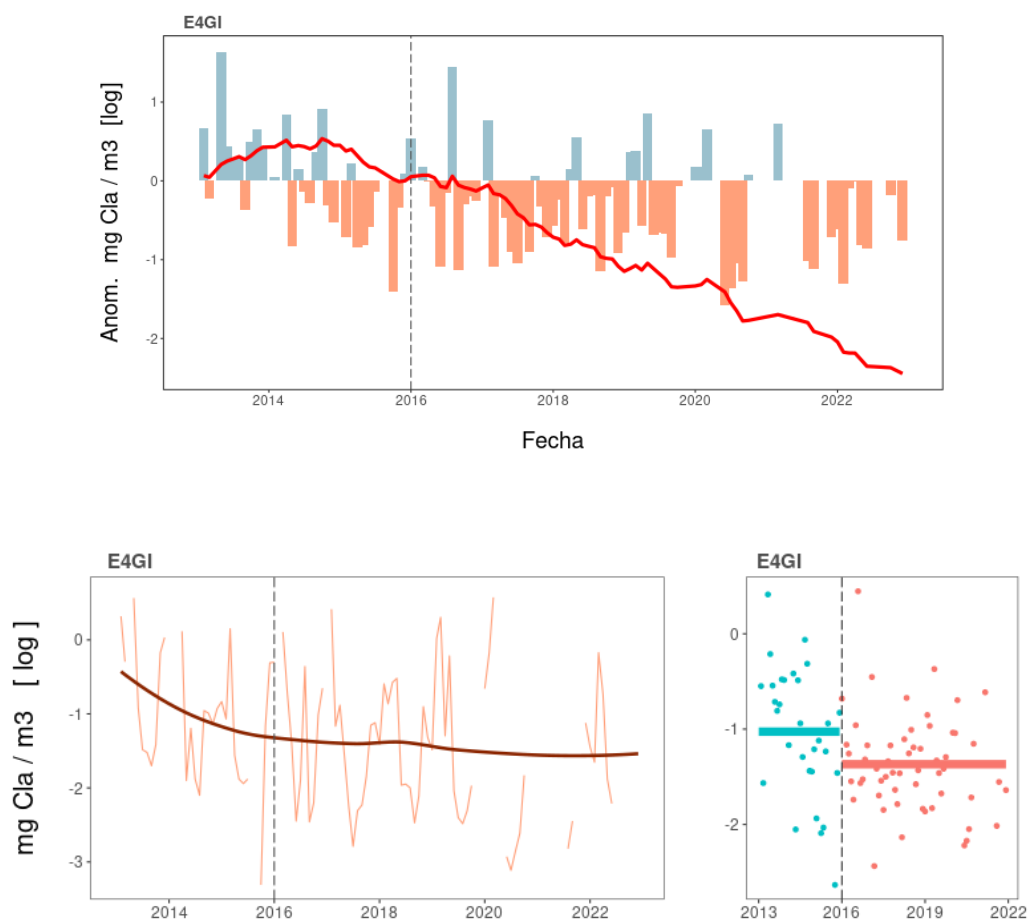


Figura 39. Concentración de clorofila en la estación oceánica de la demarcación noratlántica.

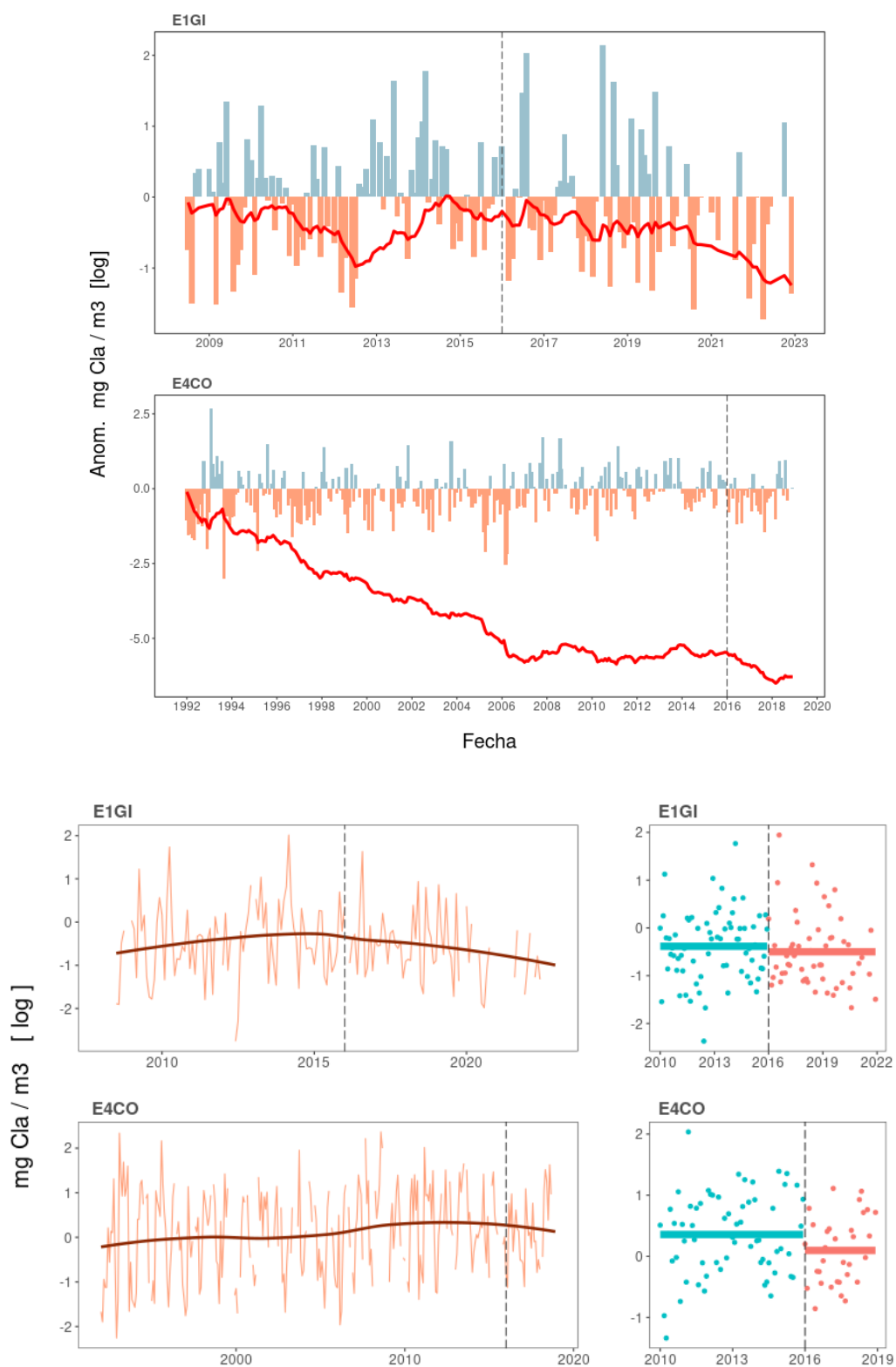
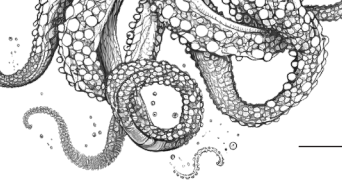


Figura 40. Abundancia de mesozooplankton total en la estación oceánica de la demarcación noratlántica.

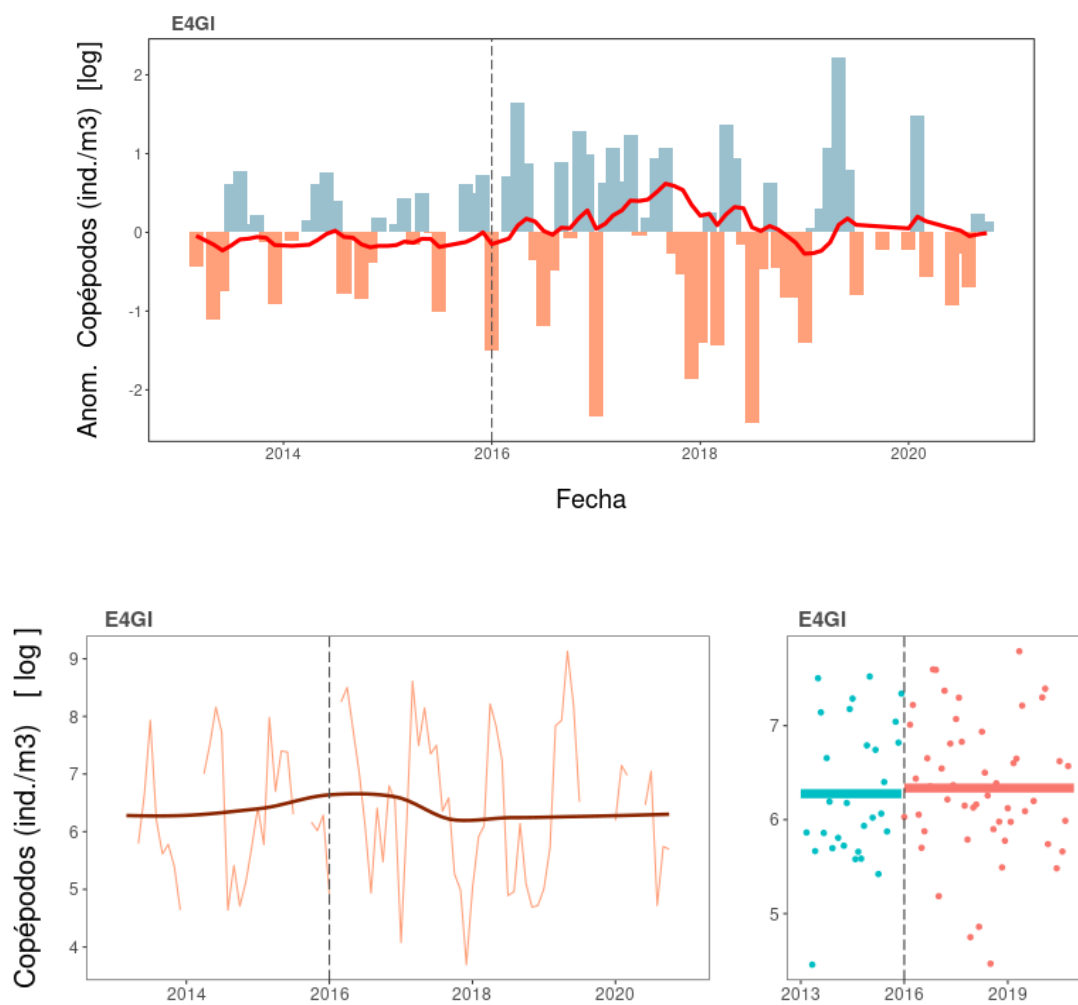
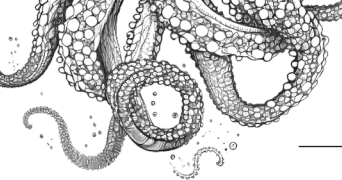


Figura 41. Abundancia de copépodos en la estación oceánica de la demarcación noratlántica.

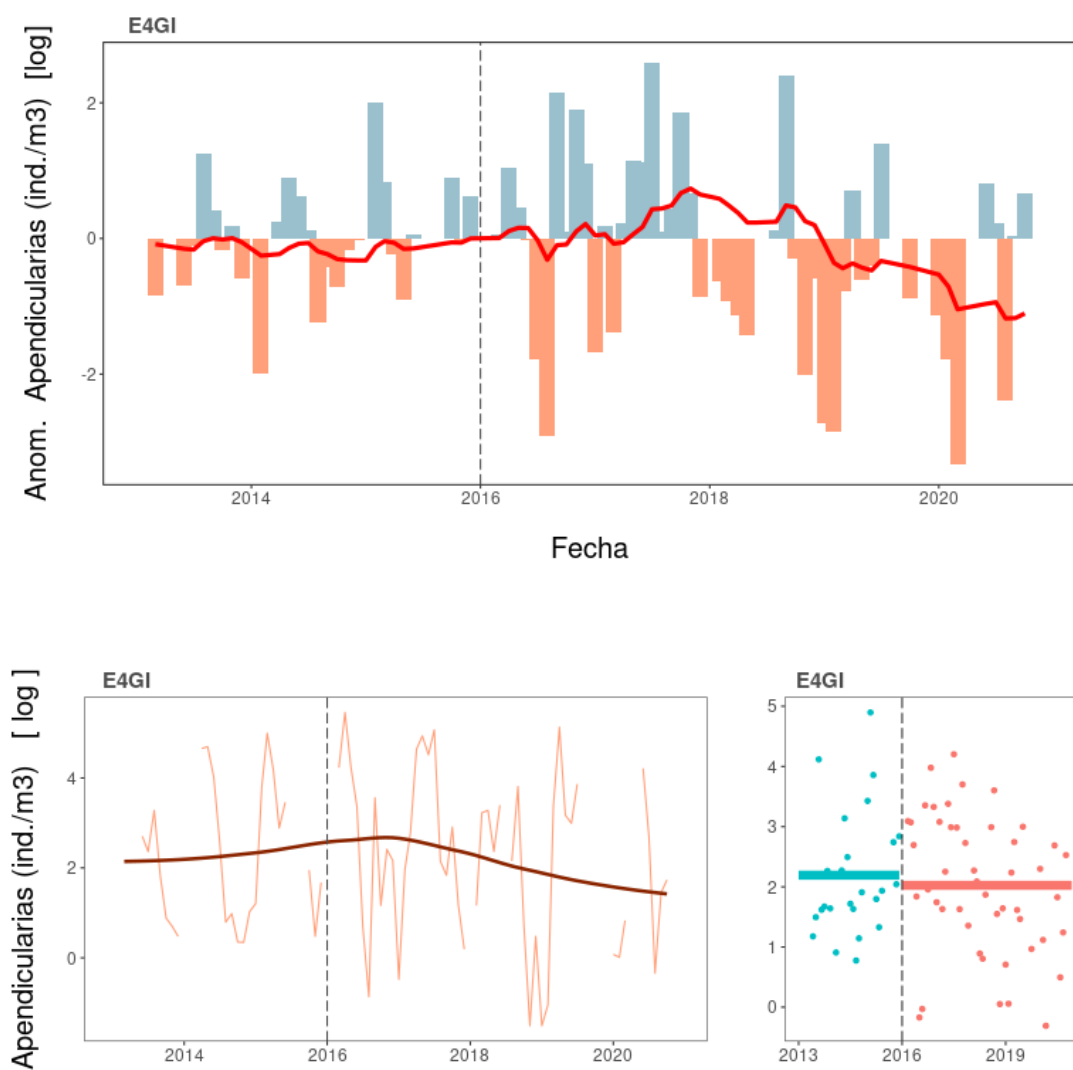
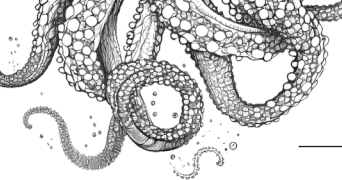


Figura 42. Abundancia de apendicularias en la estación oceánica de la demarcación noratlántica.

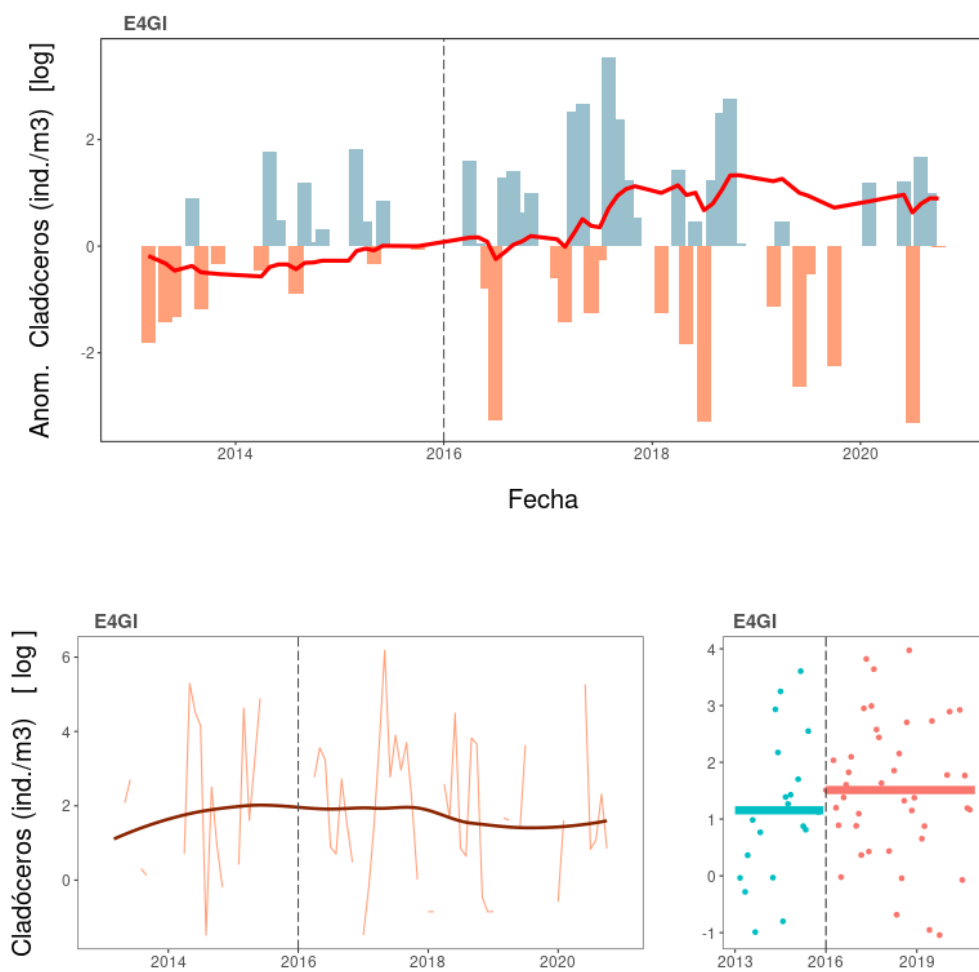
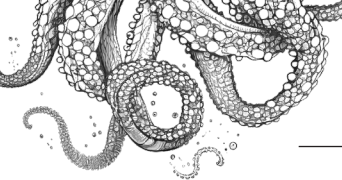
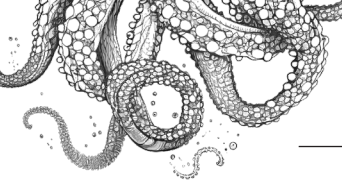


Figura 43. Abundancia de cladóceros en la estación oceánica de la demarcación noratlántica.



EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ACIDIFICACIÓN



6. Efectos de cambio climático y la acidificación sobre el descriptor 1- hábitats pelágicos

En la demarcación noratlántica se han reportado tendencias ascendentes significativas de la temperatura superficial del mar, más intensas en la subregión del mar Cantábrico que en la de Galicia. Para esta última se ilustra el aumento de temperatura en la zona oceánica (Figura 44).

Entre las diferentes entidades taxonómicas que integran la comunidad de plancton se encuentran grupos de organismos o especies que presentan un carácter termófilo. De los grupos de zooplancton podemos destacar el caso de los cladóceros, que en general presentan un carácter más termófilo que la mayoría de los copépodos presentes en esta demarcación. En esta evaluación se ha detectado una tendencia creciente en la abundancia de este grupo, especialmente en las zonas de plataforma y oceánica (Figura 31 y Figura 44 del apartado “Graficas de indicadores”).

Entre las especies de zooplancton cabe destacar el par de especies congéneres de *Temora*, *T. longicornis* y *T. stylifera*, esta última con mayor preferencia por temperaturas más elevadas. Tanto en la estación costera como en la de plataforma en la subregión Galicia Sur (estaciones E1VI y E3VI, respectivamente) se ha observado un incremento sostenido de *T. stylifera* a partir de 2007. Esta especie pasó de tener presencias ocasionales a consolidar una estacionalidad a partir de ese año (Figura 45). Este par de especies congéneres con diferentes preferencias térmicas podrían constituirse como especies indicadoras de cambio climático en la demarcación, aunque es preciso continuar con los programas de seguimiento para confirmar su idoneidad como especies indicadoras. Es conveniente además evaluar el potencial de otros grupos taxonómicos, como por ejemplo el zooplancton gelatinoso, o de indicadores basados en procesos que afecten a toda la comunidad de plancton, como la estructura de tamaños (relacionado con el flujo de materia y energía, descriptor D4 de redes tróficas) o la relevancia de la mixotrofia (para los organismos incluidos en el fitoplancton) como indicadores de cambio climático y de alteraciones de los hábitats pelágicos.

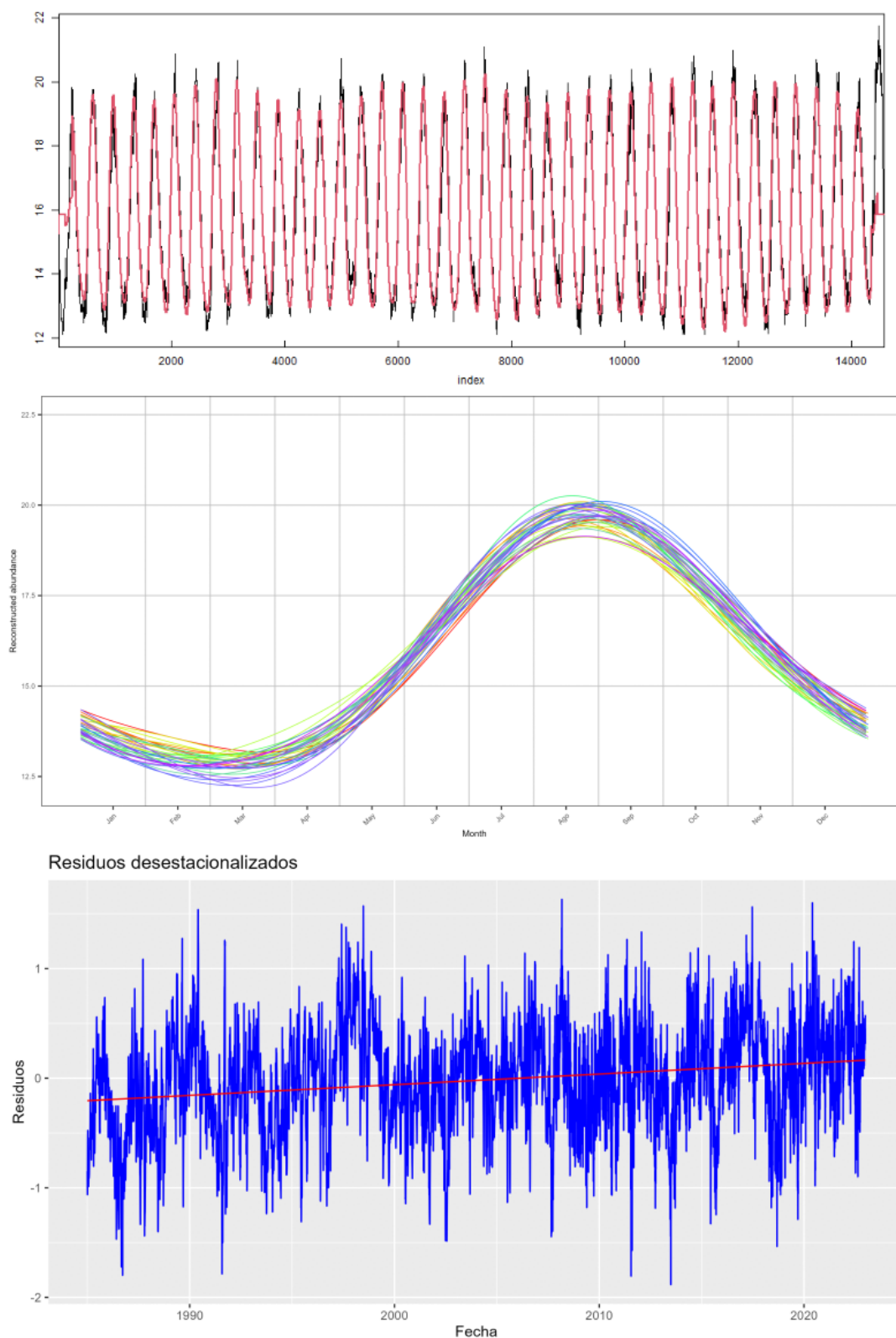
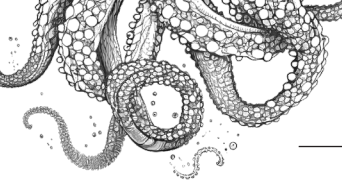


Figura 44. Temperatura superficial en la zona oceánica de la subregión Galicia Sur (43°N , 11°W) a partir de la serie temporal del reanálisis ECMWF ERA5 (<https://registry.opendata.aws/ecmwf-era5>). La figura muestra, de arriba abajo: la serie diaria temporal bruta y su reconstrucción mediante el primer y segundo armónico del ciclo anual extraído mediante análisis de ondículas; los ciclos estacionales de cada año extraídos de la serie; residuos desestacionalizados y su tendencia lineal.

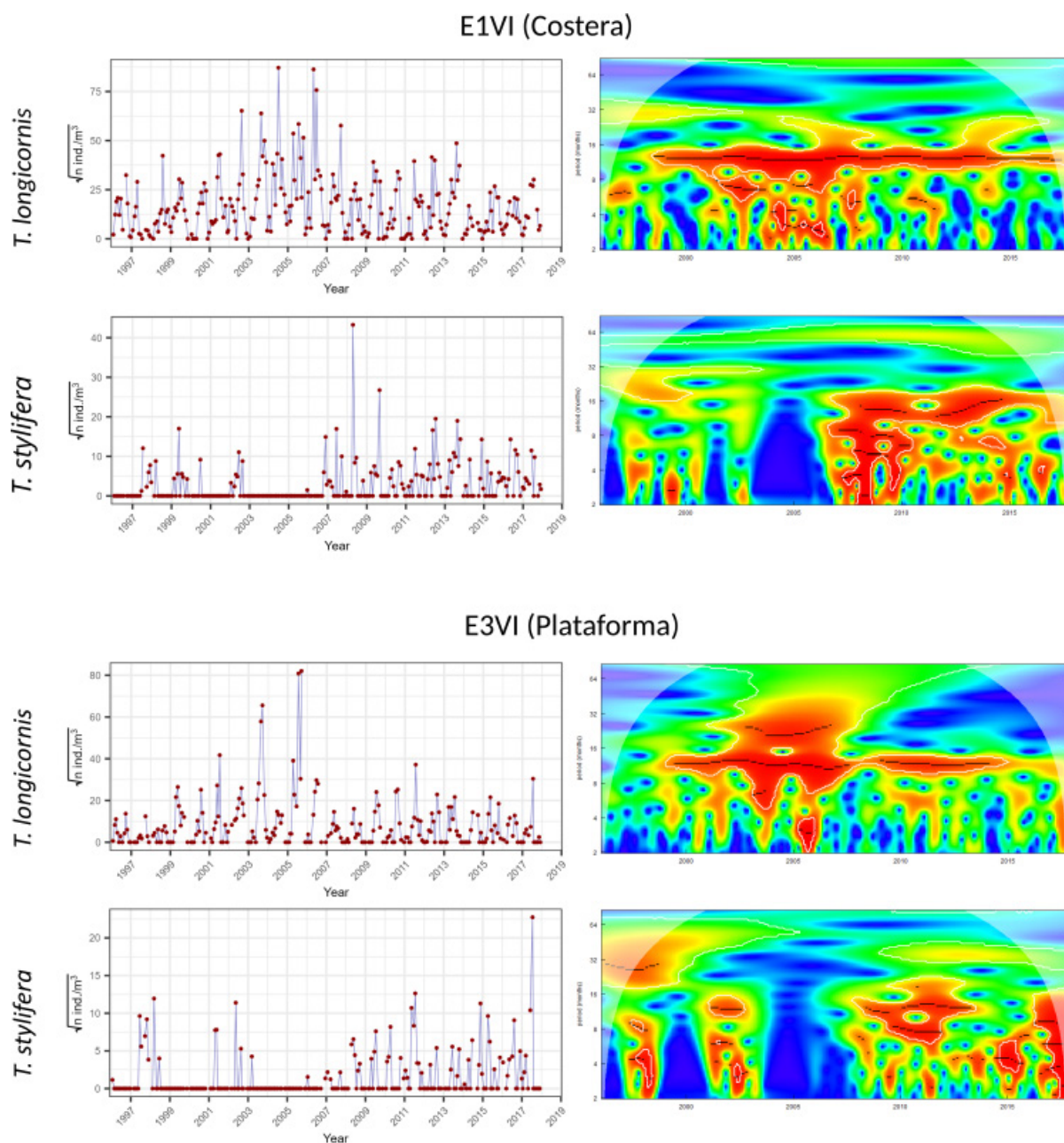
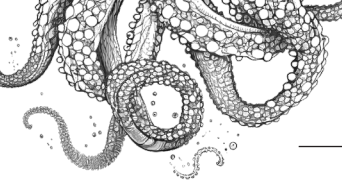
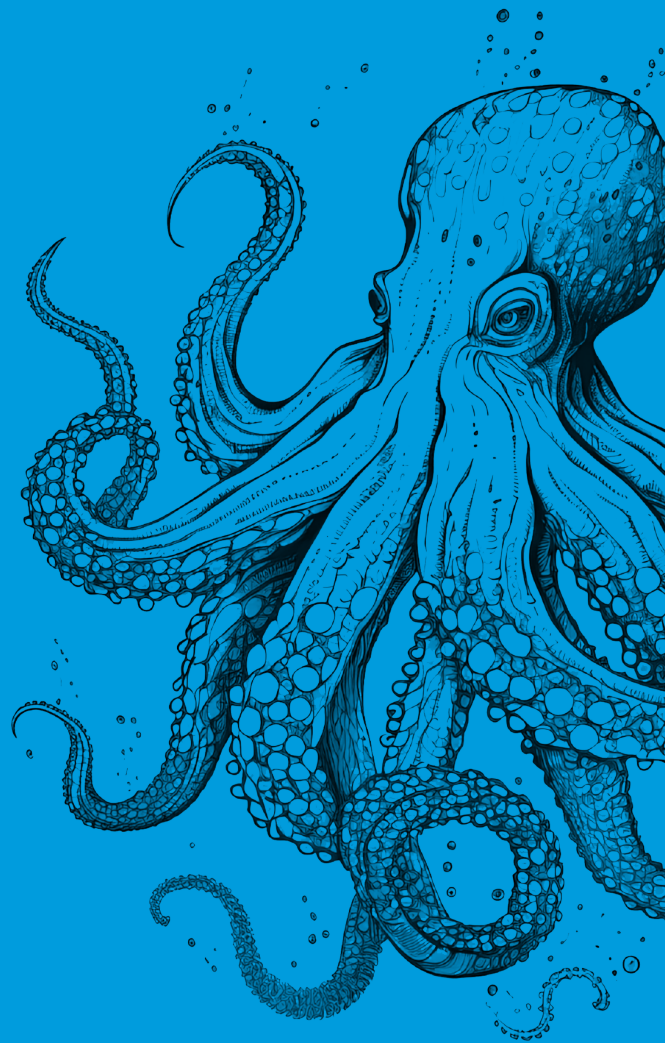
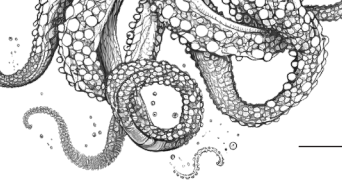


Figura 45. Serie temporal de *Temora longicornis* y *T. stylifera* en los dominios costeros y de plataforma de la subregión Galicia Sur (estaciones E1VI y E3VI, respectivamente). En la columna de la derecha se representa el resultado del análisis mediante ondículas de las series temporales (escalograma), las cuales muestran un incremento de abundancia de *T. stylifera* y consolidación de su estacionalidad en ambos dominios a partir del año 2007.



REFERENCIAS



7. Referencias

- Bedford J., Johns D., Greenstreet S., McQuatters-Gollop A. 2018. Plankton as prevailing conditions: A surveillance role for plankton indicators within the Marine Strategy Framework Directive. *Marine Policy*, 89: 109-115. doi: [10.1016/j.marpol.2017.12.021](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.12.021)
- Bode A., Lavín A., Valdés L. (Eds). 2012. Cambio climático y oceanográfico en el Atlántico del norte de España. Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Ciencia e Innovación. ISBN:978-84-95877-08-6. 279 pp.
- Bucklin A., Peijnenburg K., Kosobokova K. N., O'Brien T. D., Blanco-Bercial L., Cornils A., Falkenhaus T., Hopcroft R. R., Hosia A., Laakmann S., Li CH., Martell L., Questel J. M., Wall-Palmer D., Wang M, Wiebe P. H., Weydmann-Zwolicka A. 2021. Toward a global reference database of COI barcodes for marine zooplankton. *Marine Biology* (2021) 168 (78): 1-26 doi: [10.1007/s00227-021-03887-y](https://doi.org/10.1007/s00227-021-03887-y).
- Chiba S., Tadokoro, K., Sugisaki, H., Saino, T. 2006. Effects of decadal climate change on zooplankton over the last 50 years in the western subarctic North Pacific. *Global Change Biology*, 12(5), 907-920. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01136.x.
- Hays G. C., Richardson A. J., Robinson C. 2005. Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(6), 337-44. doi: 10.1016/j.tree.2005.03.004.
- McQuatters-Gollop A., Atkinson A., Aubert A., Bedford J., Best M., Bresnan E., Cook K., Devlin M., David R.G., G.Johns G. Machairopoulou M., McKinney A., Mellor A., Ostle C., Scherer C., Tett P. 2019. Plankton lifeforms as a biodiversity indicator for regional-scale assessment of pelagic habitats for policy. *Ecological Indicators*, 101: 913-925. doi: [10.1016/j.ecolind.2019.02.010](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.010).
- Robinson K. L., Ruzicka J. J., Decker M. B., Brodeur R. D., Hernandez F. J., Quiñones J., Acha E. M., Uye S.-i., Mianzan H., Graham W. M. 2014. Jellyfish, forage fish, and the world's major fisheries. *Oceanography* 27(4):104-115. doi: 10.5670/oceanog.2014.90.
- Steinberg D. K., Landry M. R. 2017. Zooplankton and the ocean carbon cycle. *Annual Review of Marine Science*. 2017. 9:413-44. doi: 10.1146/annurev-marine-010814-015924.
- Valdés L., Bode A., Latasa M., Nogueira E., Somavilla R., Varela M.M., González-Pola C., Casas G. 2021. Three decades of continuous ocean observations in the North Atlantic Spanish waters: The RADIALES time series project, context, achievements and challenges. *Progress in Oceanography*, 190: 102671. doi: 10.1016/j.pocean.2021.102671.

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos