

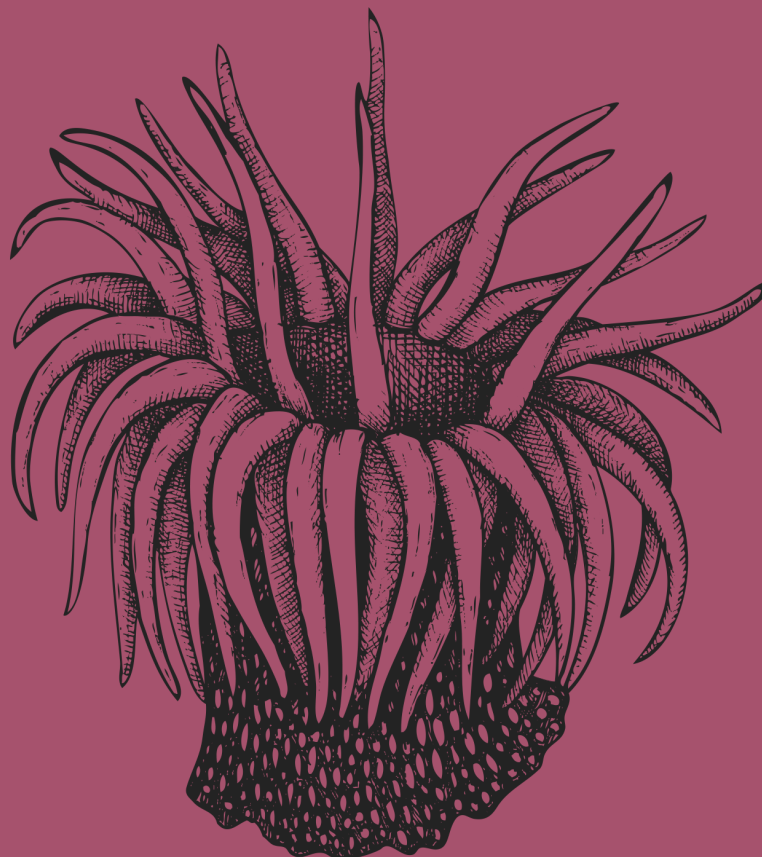
EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM SUDATLÁNTICA



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

- Ricardo F. Sánchez Leal
- Teresa Montaña Barroso

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)

- Lidia Yebra (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

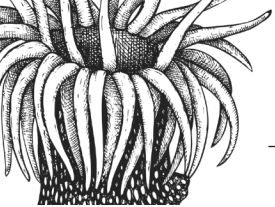


ÍNDICE

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. Habitats pelagicos predominantes	13
5. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: habitats pelágicos predominantes .	18
5.1. Hábitats pelágicos costeros	18
5.2. Hábitats pelágicos de plataforma.....	22
5.3. Hábitats pelágicos oceánicos	28
6. Efectos del cambio climático y la acidificación sobre el D1C6-hábitats pelágicos.....	34
7. Referencias	36



EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO



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, formado por protistas y metazoos que habitan todo tipo de hábitats acuáticos y abarcan 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 preminente 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 o 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 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), por lo que para estos descriptores se han propuesto indicadores comunes basados en el plancton. 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 (planes 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, así como de variables necesarias para evaluar el estado del ecosistema pelágico respecto a otros descriptores de estado (p.ej. condiciones hidrográficas, contaminantes disueltos, microplásticos), así como procesos relacionados con el cambio climático (acidificación y ciclo de carbono).

Los diferentes dominios espaciales que componen los “hábitats pelágicos predominantes” en los que se ha estructurado el hábitat pelágico de la demarcación sudatlántica son: hábitat pelágico costero, de plataforma y oceánico, según la clasificación propuesta 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 se basa en las diferencias fisiográficas, debido a la influencia costera, y oceanográficas (variaciones espacio-temporales a diferentes escalas) que generan un gradiente costero-oceánico que influye en los procesos físicos y biológicos.

Desde un punto de vista oceanográfico, la demarcación sudatlántica, se diferencia de otros sistemas del océano global por su intercambio, mayoritariamente bicapa, con salida de agua mediterránea (MW) desde el mar Mediterráneo hacia el golfo de Cádiz en la capa inferior y entrada de agua atlántica por la capa superior. En general, las aguas de la demarcación son consideradas oligotróficas, sin embargo, en zonas puntuales existen procesos de afloramientos de aguas profundas y ricas en nutrientes que son clave en la actividad pesquera y los procesos biológicos a nivel regional.

La evaluación del descriptor D1C6 se ha realizado en base a indicadores de biomasa y abundancia de distintos componentes de las comunidades planctónicas. Los datos utilizados para la elaboración



de dichos indicadores son adquiridos en el marco del proyecto STOCA (Series Temporales de Observaciones Oceanográficas en el Golfo de Cádiz) con una frecuencia de muestreo estacional (invierno, primavera, verano y otoño). De los diferentes puntos de estudio que constituyen el plan de muestreo del proyecto STOCA, se han seleccionado las estaciones GD1, GD3 y GD6 del transecto “Guadalquivir” como estaciones de referencia para la evaluación de los diferentes tipos de hábitats pelágicos. Se ha escogido estas tres estaciones por ser las que presentan mayor disponibilidad de datos procesados y analizados para todos los indicadores. Además, la influencia de la dinámica del río Guadalquivir, uno de los ríos más grandes de España, la convierte en una zona de relevante interés ecológico para su evaluación.

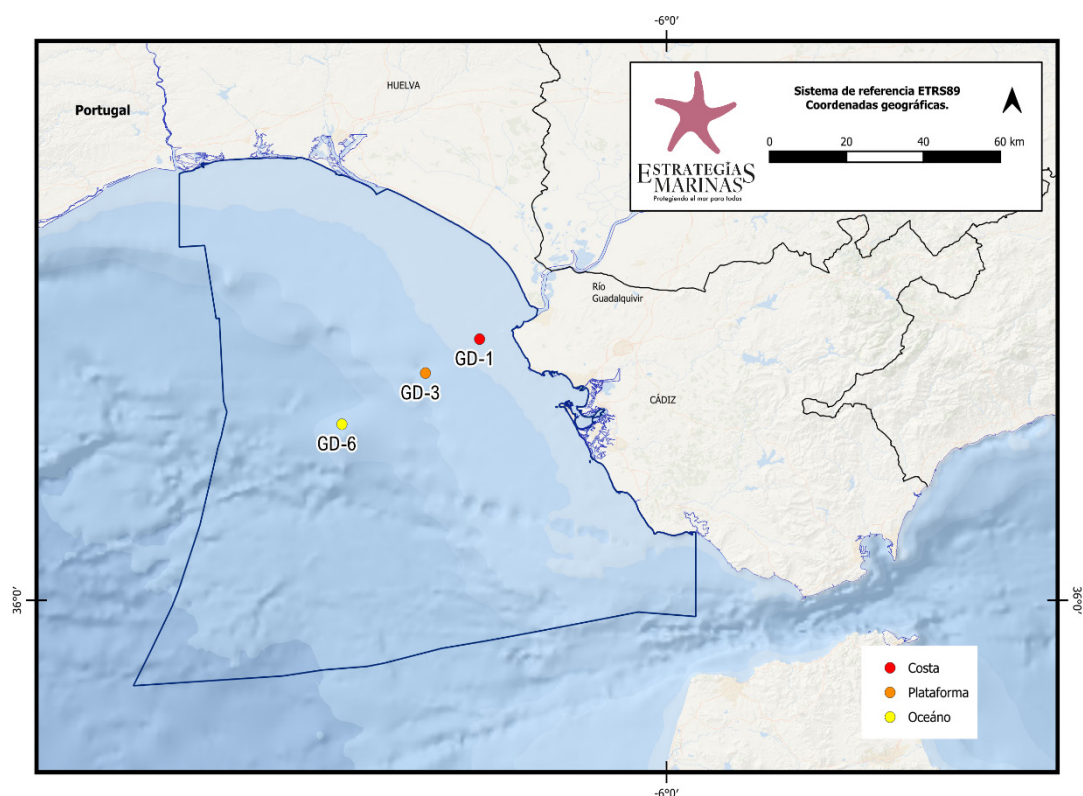


Figura 1. Mapa de la demarcación sudatlántica, señalando las estaciones de muestreo representativas de los tres tipos de hábitats pelágicos evaluados: costeros (●), de plataforma (●) y oceánicos (●).



DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL



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

Los hábitats pelágicos son evaluados a través de un solo criterio, el D1C6. El criterio D1C6 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 está 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 las comunidades planctónicas 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 indicaría, 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, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS POR EL DESCRIPTOR



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

Tabla 1. Criterios del D1C6 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 naturaleza altamente dinámica de las comunidades planctónicas dificulta el establecimiento de unos valores umbral que determinen la consecución del BEA a partir de los indicadores analizados.
Resultados del tercer ciclo	Se ha evaluado las tendencias, significativas o no, durante el periodo de evaluación actual o, en el caso que haya sido posible, con respecto al periodo de evaluación anterior. Los resultados indican que, para la mayoría de indicadores analizados en los tres hábitats evaluados, no se aprecian cambios significativos a lo largo del periodo de evaluación ni con respecto al periodo de referencia, en el caso del indicador biomasa de mesozooplankton para la mayoría de los tipos de hábitats, por lo que podríamos presuponer que el descriptor se encuentra en buen estado. Sin embargo, no se pueden obtener conclusiones definitivas al respecto y algunas tendencias detectadas incipientemente podrían dar lugar a cambios significativos en el contexto actual de cambio climático, por lo que es necesario continuar con la monitorización y evaluación de los indicadores del descriptor.
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 (costero, de plataforma y oceánico).

Para cada uno de los indicadores se analiza la evolución temporal de los datos a lo largo del periodo de evaluación (2016-2021), comparándose, en el caso que sea posible, con periodos de referencia anteriores. Para el caso particular de la presente demarcación, al no disponer de información de ciclos de evaluación anteriores, para la mayoría de indicadores, esencialmente se han valorado las tendencias del ciclo de evaluación actual, siendo solo posible comparar con el ciclo anterior los datos del indicador biomasa de mesozooplankton. 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 antropogénicas, y el estado ambiental se considera 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 disponibles no es aún lo suficientemente larga para que los análisis realizados sean concluyentes 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 más detalladamente la evolución temporal de largo recorrido y aumentar la sensibilidad para detectar cambios significativos.

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 descriptor D1C6	Tendencia (cambio de estado)
Hábitat pelágico costero	■	¿?
Hábitat pelágico de plataforma	■	¿?
Hábitat pelágico oceánico	■	¿?

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

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Los resultados indican que, para la mayoría de indicadores evaluados en el hábitat costero, de plataforma y oceánico, en el caso del indicador biomasa de mesozooplankton no se aprecian cambios significativos a lo largo del ciclo de evaluación actual, ni con respecto al periodo de referencia para la mayoría de los tipos de hábitats. No obstante, cabe destacar que algunas tendencias detectadas incipientemente podrían dar lugar a cambios significativos en el contexto actual de cambio climático, por lo que es necesario continuar con el seguimiento y evaluación de los indicadores del descriptor.

Hasta la fecha, los patrones observados en los distintos indicadores que conforman este criterio no se pueden vincular a cambios en el estado ambiental, por lo que el resultado de la evaluación no es concluyente y es considerado 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 utilizados para evaluar el estado ambiental de los distintos tipos de hábitats se obtuvieron a partir de los datos obtenidos con muestreos estacionales (invierno, primavera, verano y otoño) durante las campañas oceanográficas del proyecto STOCA. En base a esta información se elaboran series temporales para cada indicador, que se analizan en busca de cambios significativos en la dinámica planctónica. En el caso de la demarcación sudatlántica, al no disponer de registros temporales de ciclos de evaluación anteriores para la mayoría de indicadores, se evalúa la tendencia significativa (creciente, decreciente o constante) de los datos transformados a logaritmo durante el periodo de evaluación actual (2016-2021) utilizando el test de Mann-Kendall, y el método de la pendiente de Sen para calcular la inclinación de dicha tendencia. Solo para el indicador biomasa de mesozooplankton, al disponer de registros consistentes para tres años (2013-2015) correspondientes al ciclo de evaluación anterior (2010-2015), se evalúa si las anomalías durante el periodo de evaluación son 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. Finalmente, 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.



Cabe destacar que para el hábitat pelágico costero los indicadores de abundancia relativos al zooplancton se basan en datos tomados durante el periodo comprendido entre 2016 y 2018. Asimismo, para la demarcación sudatlántica el indicador biomasa de mesozooplancton está evaluado a partir de datos de biovolumen ($\text{ml} / 100 \text{ m}^3$) y no de peso seco ($\text{mg peso seco} / \text{m}^3$) recopilados entre 2016 y el primer trimestre de 2021. Se prevé el uso de datos de peso seco para la evaluación del indicador biomasa de mesozooplancton, así como de disponer de datos para los indicadores que no han podido ser analizados en el presente ciclo para futuros periodos de evaluación.

Parámetros utilizados

Los parámetros utilizados para cada indicador se enumeran en la Tabla 5, para el hábitat pelágico costero, en la Tabla 6 para el de plataforma y en la Tabla 7 para el oceánico.

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 200 m de profundidad o hasta 5 m por encima del fondo en las estaciones menos profundas, muestreados mediante pescas oblicuas con red Bongo-40 equipada con mallas de 200 micras. Los indicadores basados en fitoplancton se han obtenido a partir de muestras superficiales recogidas utilizando botellas Niskin.

Valores umbral

La evaluación de este criterio se basa en las tendencias de los distintos indicadores a lo largo del periodo de evaluación (2016-2021), y en el caso que sea posible, en las variaciones entre el periodo de evaluación y el periodo de referencia (2010-2015). Este enfoque se orienta hacia la evolución temporal en vez 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.

Evaluación a nivel regional/subregional

La demarcación sudatlántica esta englobada dentro de la Región IV de las “assessment units” establecidas por OSPAR. Sin embargo, no se reportaron resultados para la evaluación de los indicadores (Changes in Phytoplankton and Zooplankton Communities) y PH2 (Changes in Phytoplankton Biomass and Zooplankton Abundance) para esta demarcación en el QSR¹ 2023 de OSPAR (Quality Status Report).

Principales actividades humanas y presiones relacionadas

Entre las principales presiones y actividades humanas que podrían afectar al estado de los hábitats pelágicos se destacan:

- El **aporte de nutrientes** a unos niveles considerablemente altos podría afectar a las comunidades planctónicas (especialmente al fitoplancton) de los hábitats pelágicos costeros si alcanzasen niveles suficientemente altos como para provocar episodios de eutrofización.
- **Perturbaciones biológicas** derivadas de la introducción de especies alóctonas, tanto mediante aguas de lastres como mediante la expansión de la distribución de especies subtropicales hacía el

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



norte que podrían ocasionar cambios significativos en la composición y abundancia de la comunidad planctónica propios del hábitat pelágico de la demarcación.

Tabla 4. Actividades y presiones relacionadas con el descriptor D1-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 A NIVEL DE CRITERIO Y ELEMENTO



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

Los indicadores propuestos son monitorizados en los diferentes dominios espaciales en los que se ha estructurado el medio pelágico en base a características fisiográficas y oceanográficas de la demarcación: costero, de plataforma y oceánico.

5.1. Hábitats pelágicos costeros

Área de evaluación

La estación de referencia utilizada para evaluar el estado de los hábitats pelágicos costeros en esta demarcación es la estación “GD1” (Figura 1). Es la estación del radial Guadalquivir más próxima a la costa, con una distancia a la desembocadura del río Guadalquivir de 12 km y una profundidad aproximada de 20 metros. No obstante, a pesar de su cercanía a la desembocadura del río, se considera este hábitat pelágico como costero, y no de salinidad variable, ya que en raras ocasiones se ve influenciada por la pluma de sedimentos del río como consecuencia de los procesos oceanográficos y fenómenos climáticos predominantes en la zona, así como a la modificación del caudal natural del río, el cual está sometido a importantes presiones antropogénicas.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 5 se muestra la lista completa de indicadores 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 reporting digital, y estaciones de la zona costera en que fueron analizados durante el periodo de evaluación.

Indicador	Código	Unidades	GD1
Biomasa Mesozooplankton	PH_BM_ZP	ml /100 m ³	✓
Abundancia Mesozooplankton	PH_AB_ZP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Copépodos	PH_AB_COP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Cladóceros	PH_AB_CLAD	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Apendicularias	PH_AB_AP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Fitoplancton	PH_AB_PHYT	Células / mL	
Abundancia Diatomeas	PH_AB_DIAT	Células / mL	
Abundancia Dinoflagelados	PH_AB_DINO	Células / mL	
Abundancia Bacterias	PH_AB_BACT	Células / mL	
Abundancia <i>Synechococcus</i>	PH_AB_SYNECH	Células / mL	
Abundancia <i>Prochlorococcus</i>	PH_AB_PROCHL	Células / mL	
Abundancia Picoeucariotas	PH_AB_PICO	Células / mL	
Concentración Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓



Valores obtenidos para el parámetro

A continuación, se presentan los gráficos de las series temporales de los valores (transformados a logaritmo) de los distintos indicadores enumerados en la Tabla 5, para el periodo de evaluación del ciclo actual (2016-2021) y, en el caso de la biomasa de mesozooplankton, tanto del periodo de evaluación como de los tres últimos años del periodo de referencia (2013-2015) (Figura 2 a 5). En los gráficos se representan los datos transformados a logaritmo en forma de puntos y el ajuste LOESS ("Local Regression") como una línea sólida de color marrón. Además, en el gráfico para el indicador basado en la biomasa de mesozooplankton se representa una línea vertical discontinua que indica la separación entre el ciclo de evaluación y el ciclo de referencia.

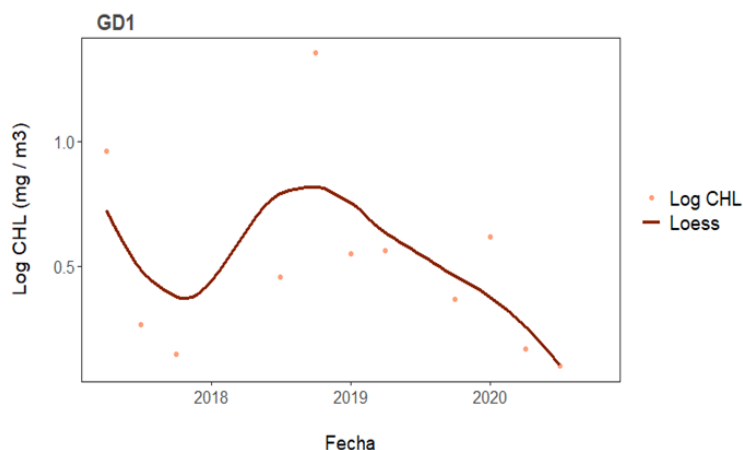


Figura 2. Concentración de clorofila en la estación costera de la demarcación sudatlántica.

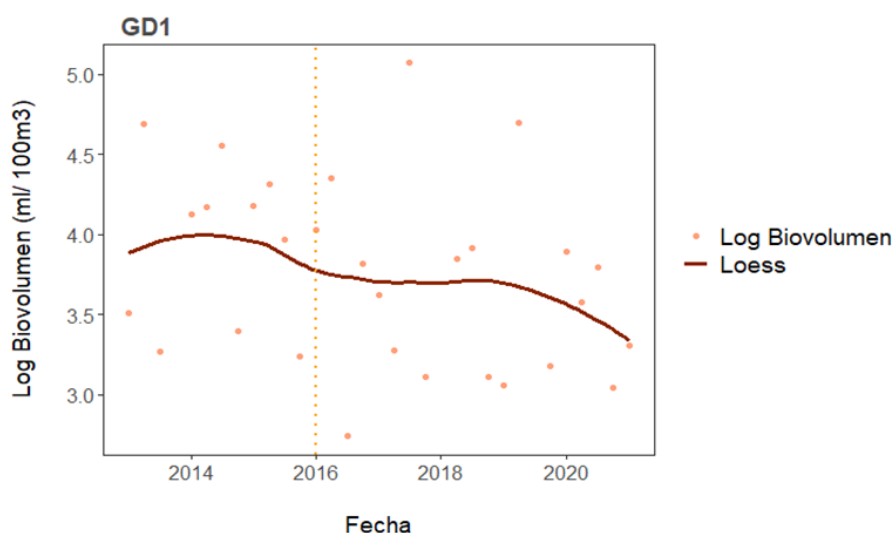


Figura 3. Biomasa de mesozooplankton en la estación costera de la demarcación sudatlántica.

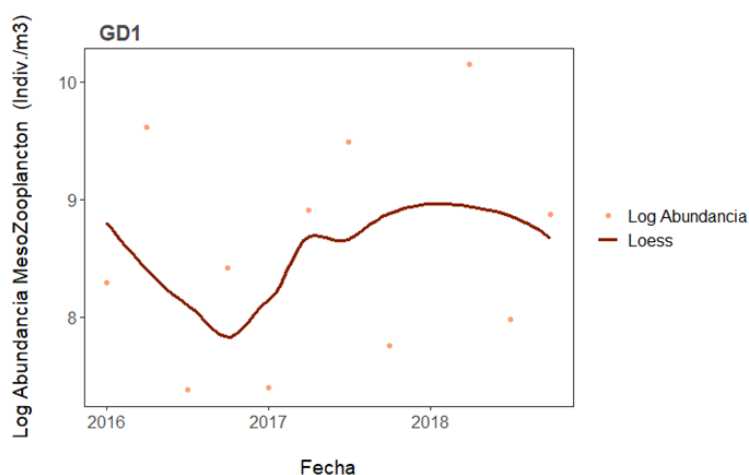


Figura 4. Abundancia de mesozooplankton total en la estación costera de la demarcación sudatlántica.

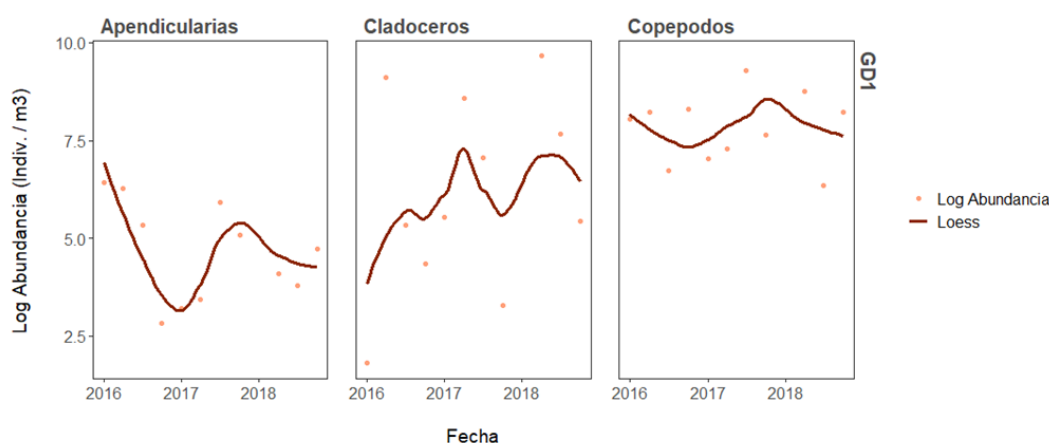


Figura 5. Abundancia de copépodos, apendicularias y cladóceros en la estación costera de la demarcación sudatlántica.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Desconocida.

En la Figura 6 se sintetizan visualmente las variaciones de los distintos indicadores para el ciclo de evaluación actual, y para el caso del indicador biomasa de mesozooplankton, con respecto al periodo de referencia (Figura 7). La Figura 6 muestra si las variaciones en los patrones han sido significativas o no, así como la dirección creciente, decreciente o constante de dichos cambios durante el periodo de evaluación. La Figura 7 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 conjunta acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos costeros.

No se observa para ninguno de los indicadores cambios significativos durante el periodo de evaluación o con respecto al periodo de evaluación de referencia, en el caso del indicador biomasa de mesozooplankton. Sin embargo, al no disponer, para la mayoría de indicadores, de datos que poder comparar con el periodo de evaluación anterior no se puede concluir el estado de la tendencia con respecto al ciclo de referencia. Es por esta razón que se le asigna el estado de desconocido.



No obstante, a pesar de no detectarse cambios estadísticamente significativos, a priori se puede observar que tanto la concentración de clorofila como la biomasa mesozooplanctónica presentan una tendencia decreciente, la cual también se repite en los hábitats pelágicos de plataforma y oceánico. En el mismo contexto, se aprecia una tendencia creciente en la abundancia de mesozooplancton total y en los cladóceros, que puede observarse también en el resto de hábitats evaluados. Por último, cabe destacar que la abundancia de copépodos presenta un patrón aparentemente creciente, que también se percibe en el hábitat de plataforma. Con respecto a la abundancia de apendicularias, se percibe una disminución en la abundancia de las mismas, a diferencia de lo que ocurre en el resto de hábitats pelágicos. Es necesario continuar la monitorización de estos indicadores con el objetivo de crear series temporales lo suficientemente extensas y consistentes que permitan confirmar si las tendencias se mantienen o si por el contrario se deben a la variabilidad interanual natural de las comunidades.

Indicador	GD1
Abundancia Mesozooplancton	
Abundancia Copépodos	
Abundancia Cladóceros	
Abundancia Apendicularias	
Abundancia Fitoplancton	
Abundancia Diatomeas	
Abundancia Dinoflagelados	
Abundancia Bacterias	
Abundancia Synechococcus	
Abundancia Prochlorococcus	
Abundancia Picoeucariotas	
Concentración Clorofila	

	-	+
p < 0.05		
ns		

Figura 6. Representación de los resultados de los análisis estadísticos donde se evalúa si ha habido cambios significativos a lo largo del periodo de evaluación en la zona oceánica. Azul: tendencia creciente; rojo: tendencia decreciente; blanco: sin datos.

Indicador	GD1
Biomasa Mesozooplancton	

	+	-
p < 0.05		
ns		

Figura 7. Representación de los resultados de los análisis estadísticos comparando las anomalías para cada indicador y estación respecto al periodo de referencia en la zona costera. Azul: incremento respecto al periodo de referencia; rojo: disminución respecto al periodo de referencia.



5.2. Hábitats pelágicos de plataforma

Área de evaluación

La estación de referencia utilizada para la evaluar el estado de los hábitats pelágicos de plataforma en esta demarcación es la estación “GD3” (Figura 1). Esta estación se sitúa a 31 km de la costa, pero aún se sitúa dentro de la plataforma continental, la cual tiene una longitud de aproximadamente 46 km. Esta estación tiene una profundidad aproximada de 80 metros.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 6 se muestra la lista completa de indicadores fueron evaluados dentro del hábitat pelágico de plataforma.

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

Indicador	Código	Unidades	GD3
Biomasa Mesozooplankton	PH_BM_ZP	ml / 100 m ³	✓
Abundancia Mesozooplankton	PH_AB_ZP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Copépodos	PH_AB_COP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Cladóceros	PH_AB_CLAD	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Apendicularias	PH_AB_AP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Fitoplancton	PH_AB_PHYT	Células / mL	✓
Abundancia Diatomeas	PH_AB_DIAT	Células / mL	✓
Abundancia Dinoflagelados	PH_AB_DINO	Células / mL	✓
Abundancia Bacterias	PH_AB_BACT	Células / mL	
Abundancia <i>Synechococcus</i>	PH_AB_SYNECH	Células / mL	✓
Abundancia <i>Prochlorococcus</i>	PH_AB_PROCHL	Células / mL	✓
Abundancia Picoeucariotas	PH_AB_PICO	Células / mL	✓
Concentración Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓

Valores obtenidos para el parámetro

A continuación, se presentan los gráficos de las series temporales de los valores (transformados a logaritmo) de los distintos indicadores enumerados en la Tabla 6, para el periodo de evaluación del ciclo actual (2016-2021) y, en el caso de la biomasa de mesozooplankton, tanto del periodo de evaluación como de los tres últimos años del periodo de referencia (2013-2015) (Figura 8 a 17). En los gráficos se representan los datos transformados a logaritmo en forma de puntos y el ajuste LOESS



("Local Regression") como una línea sólida de color marrón. Además, en el gráfico para el indicador basado en la biomasa de mesozooplankton se representa una línea vertical discontinua que indica la separación entre el ciclo de evaluación y el ciclo de referencia.

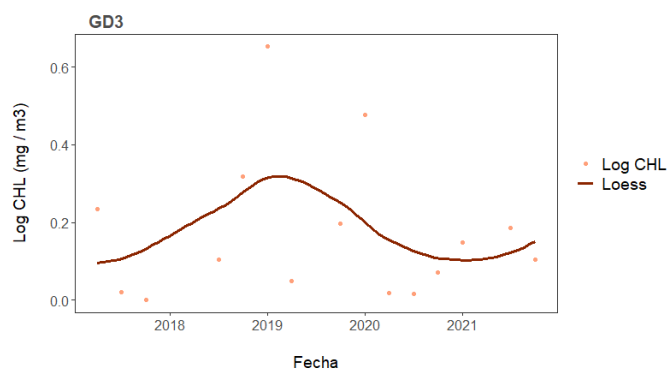


Figura 8. Concentración de clorofila en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

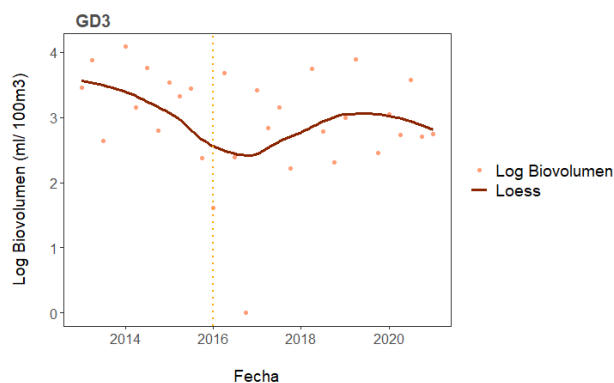


Figura 9. Biomasa de mesozooplankton en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

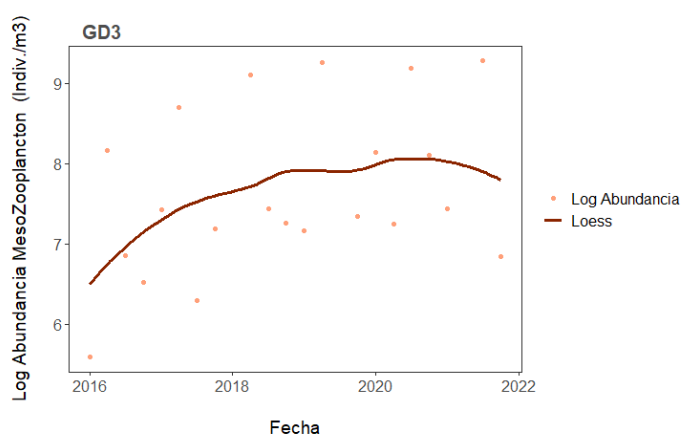


Figura 10. Abundancia de mesozooplankton total en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

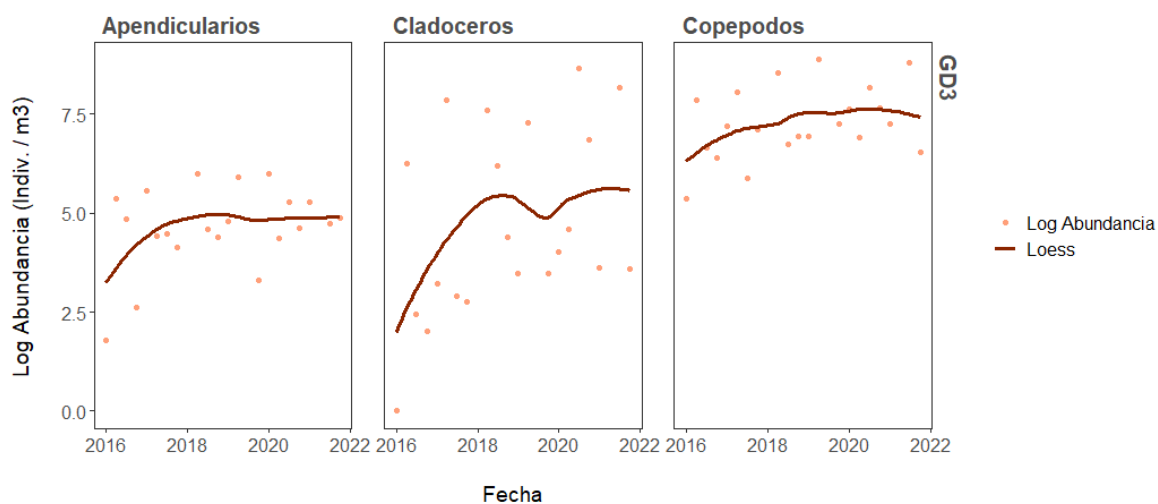


Figura 11. Abundancia de copépodos, apendicularias y cladóceros en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

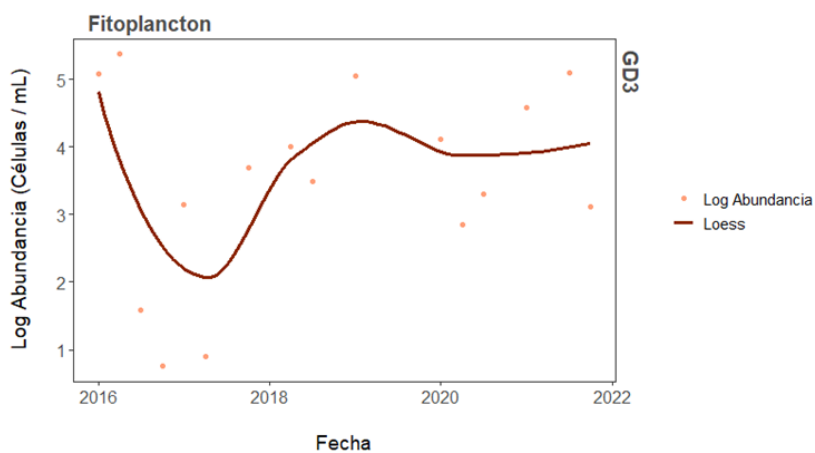


Figura 12. Abundancia de fitoplancton en superficie en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

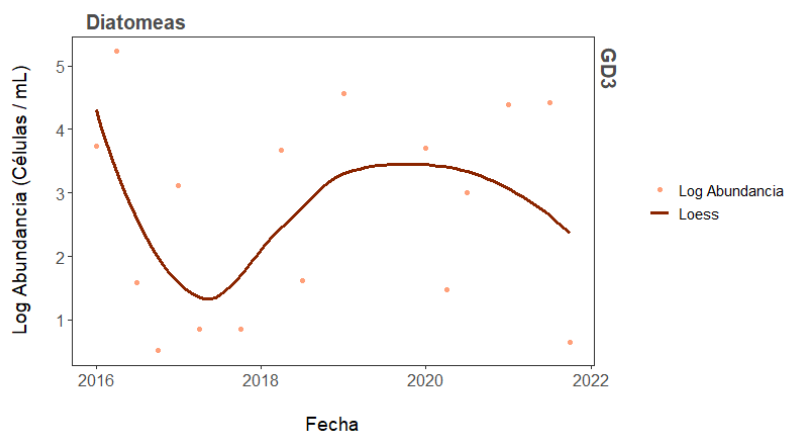


Figura 13. Abundancia de diatomeas en superficie en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

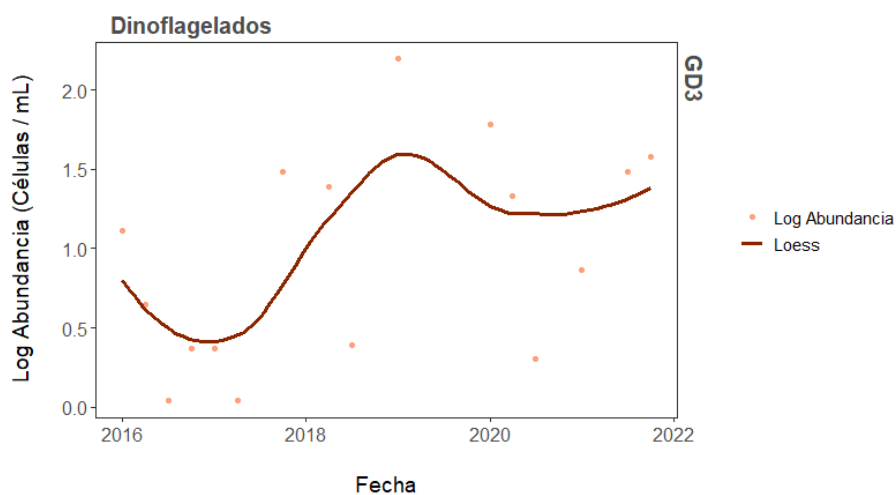


Figura 14. Abundancia de dinoflagelados en superficie en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

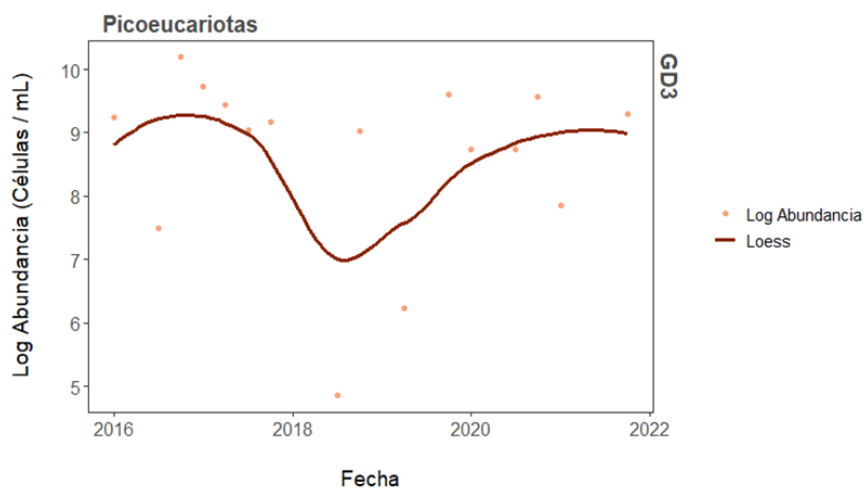


Figura 15. Abundancia de picoeucariotas en superficie en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

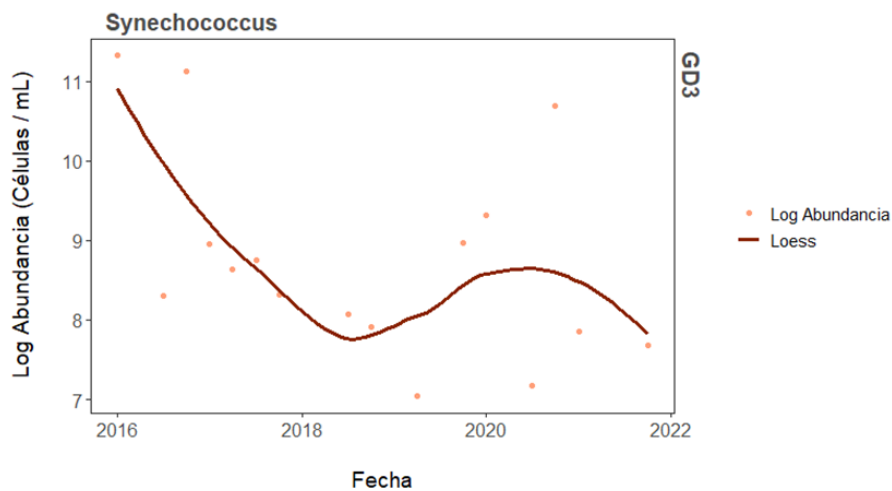


Figura 16. Abundancia de Synechococcus en superficie en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

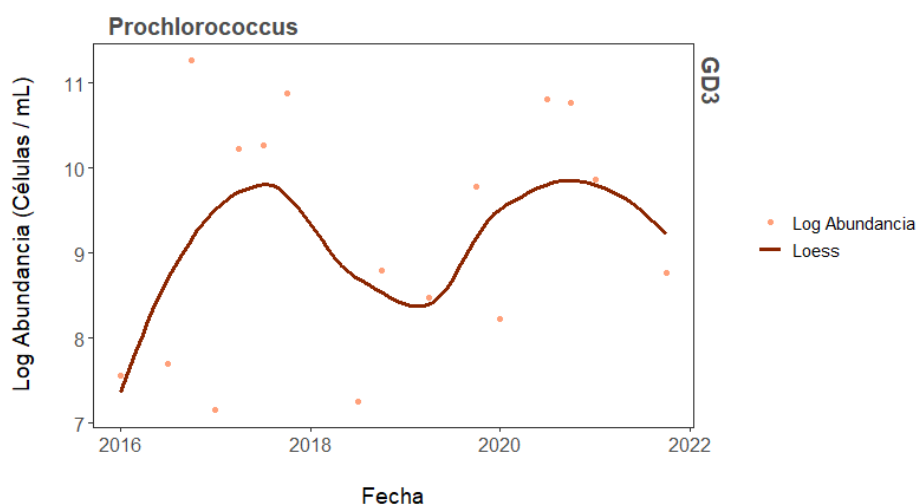


Figura 17. Abundancia de *Prochlorococcus* en superficie en la estación de plataforma de la demarcación sudatlántica.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Desconocida.

En la Figura 18 se sintetizan visualmente las variaciones de los distintos indicadores para el ciclo de evaluación actual, y para el caso del indicador biomasa de mesozooplankton, con respecto al periodo de referencia (Figura 19). La Figura 18 muestra si las variaciones en los patrones han sido significativas o no, así como la dirección creciente, decreciente o constante de dichos cambios durante el periodo de evaluación. La Figura 19 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 conjunta acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos costeros.

La mayor parte de los indicadores no presentan cambios significativos. Sin embargo, al no tener, para la mayoría de indicadores, datos que poder comparar con el periodo de evaluación anterior no se puede concluir el estado de la tendencia con respecto al ciclo de referencia. Es por esta razón que se le asigna el estado de desconocido.

No obstante, se detecta una tendencia positiva estadísticamente significativa para la abundancia de cladóceros a lo largo del ciclo de evaluación actual, así como una tendencia negativa significativa a nivel estadístico para la biomasa de mesozooplankton entre el ciclo de evaluación actual y el ciclo de referencia. Esto coincidiría con las aparentes tendencias reportadas en los otros dominios espaciales evaluados. En este hábitat se vuelve a reportar una tendencia decreciente en la concentración de clorofila. En cuanto a la abundancia de fitoplancton, diatomeas y dinoflagelados no se muestran cambios significativos durante el ciclo de evaluación, y la tendencia es presuntamente creciente; lo mismo ocurre con la abundancia de *Prochlorococcus*, cuyo patrón se repite en el hábitat oceánico. En cuanto a la abundancia de *Synechococcus* y Picoeucariotas, no se muestran cambios significativos, y la tendencia es, según las observaciones preliminares, decreciente. Es necesario continuar la monitorización de estos indicadores con el objetivo de crear series temporales lo suficientemente extensas y consistentes que permitan confirmar si las tendencias se mantienen o si por el contrario se deben a la variabilidad interanual natural de las comunidades.



Indicador	GD3		-	+
Abundancia Mesozooplankton				
Abundancia Copépodos		p < 0.05		
Abundancia Cladóceros		ns		
Abundancia Apendicularias				
Abundancia Fitoplancton				
Abundancia Diatomeas				
Abundancia Dinoflagelados				
Abundancia Bacterias				
Abundancia Synechococcus				
Abundancia Prochlorococcus				
Abundancia Picoeucariotas				
Concentración Clorofila				

Figura 18. Representación de los resultados de los análisis estadísticos donde se evalúa si ha habido cambios significativos a lo largo del periodo de evolución en la zona oceánica. Azul: tendencia creciente; rojo: tendencia decreciente; blanco: sin datos.

Indicador	GD3
Biomasa Mesozooplankton	

	+	-
p < 0.05		
ns		

Figura 19. Representación de los resultados de los análisis estadísticos comparando las anomalías para cada indicador y estación respecto al periodo de referencia en la zona de plataforma. Azul: incremento respecto al periodo de referencia; rojo: disminución respecto al periodo de referencia.



5.3. Hábitats pelágicos oceánicos

Área de evaluación

La estación de referencia utilizada para evaluar el estado de los hábitats pelágicos oceánicos en esta demarcación es la estación "GD6" (Figura 1). Esta estación se encuentra fuera de la plataforma oceánica, a una distancia de 61,5 km de la costa y presenta una profundidad aproximada de 460 m.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 7 se muestra la lista completa de indicadores que fueron evaluados dentro del hábitat pelágico oceánico.

Tabla 7. Indicadores utilizados para evaluar el criterio D1C6, código con el que fueron identificados en el reporting digital, y estaciones de la zona oceánica en que fueron analizados durante el periodo de evaluación.

Indicador	Código	Unidades	GD6
Biomasa Mesozooplankton	PH_BM_ZP	ml / 100 m ³	✓
Abundancia Mesozooplankton	PH_AB_ZP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Copépodos	PH_AB_COP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Cladóceros	PH_AB_CLAD	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Apendicularias	PH_AB_AP	Indiv. / m ³	✓
Abundancia Fitoplancton	PH_AB_PHYT	Células / mL	
Abundancia Diatomeas	PH_AB_DIAT	Células / mL	
Abundancia Dinoflagelados	PH_AB_DINO	Células / mL	
Abundancia Bacterias	PH_AB_BACT	Células / mL	
Abundancia <i>Synechococcus</i>	PH_AB_SYNECH	Células / mL	✓
Abundancia <i>Prochlorococcus</i>	PH_AB_PROCHL	Células / mL	✓
Abundancia Picoeucariotas	PH_AB_PICO	Células / mL	✓
Concentración Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓

Valores obtenidos para el parámetro

A continuación, se presentan los gráficos de las series temporales de los valores (transformados a logaritmo) de los distintos indicadores enumerados en la Tabla 7, para el periodo de evaluación del ciclo actual (2016-2021) y, en el caso de la biomasa de mesozooplankton, tanto del periodo de evaluación como de los tres últimos años del periodo de referencia (2013-2015) (Figura 20 a 26). En los gráficos se representan los datos transformados a logaritmo en forma de puntos y el ajuste LOESS ("Local Regression") como una línea sólida de color marrón. Además, en el gráfico para el indicador



basado en la biomasa de mesozooplankton se representa una línea vertical discontinua que indica la separación entre el ciclo de evaluación y el ciclo de referencia.

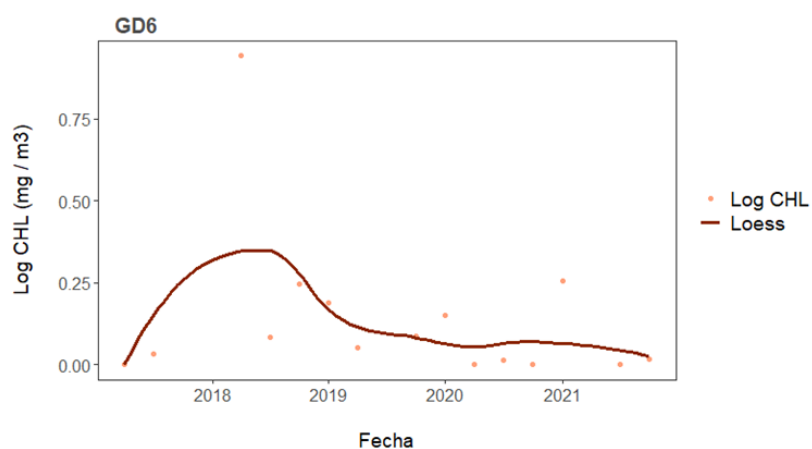


Figura 20. Concentración de clorofila en la estación oceánica de la demarcación sudatlántica.

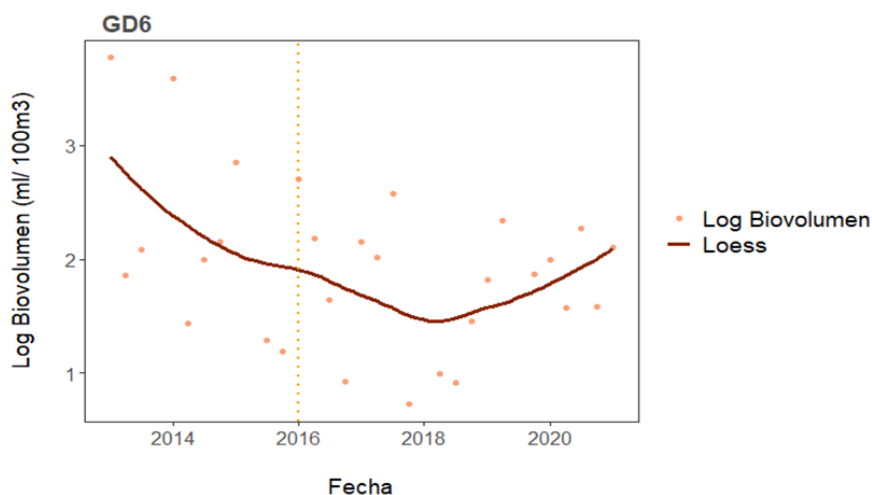


Figura 21. Biomasa de mesozooplankton en la estación oceánica de la demarcación sudatlántica.

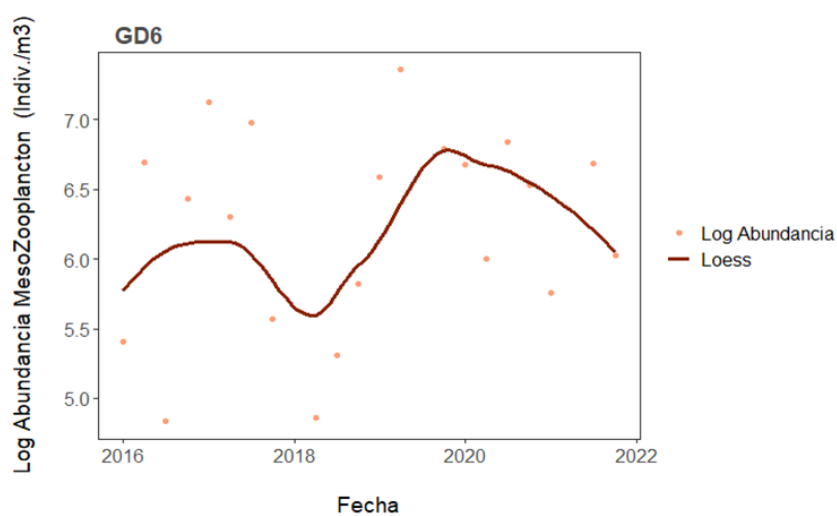


Figura 22. Abundancia de mesozooplankton total en la estación oceánica de la demarcación sudatlántica.

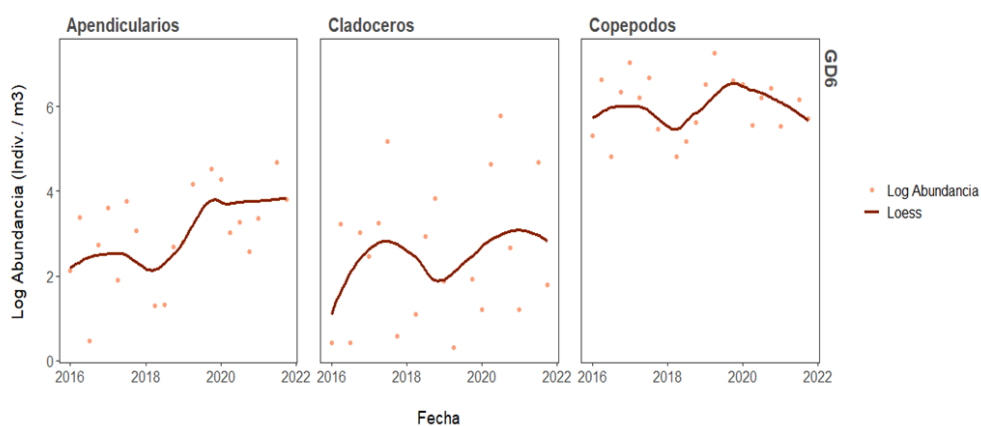


Figura 23. Abundancia de copépodos, apendicularias y cladóceros en la estación oceánica de la demarcación sudatlántica.

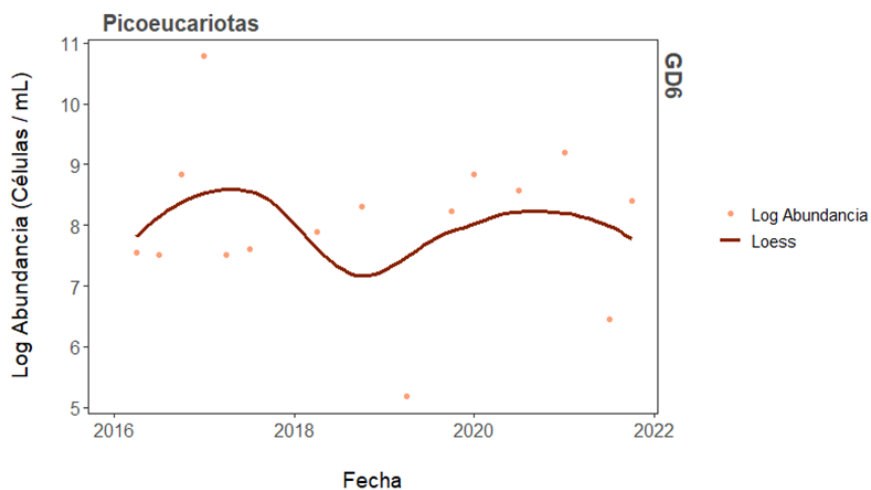


Figura 24. Abundancia de picoeucariotas en superficie en la estación oceánica de la demarcación sudatlántica.

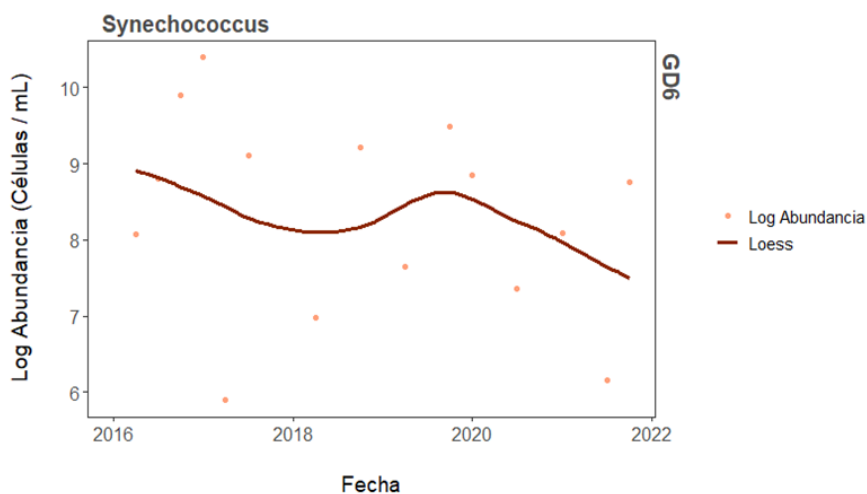


Figura 25. Abundancia de Synechococcus en superficie en la estación oceánica de la demarcación sudatlántica.

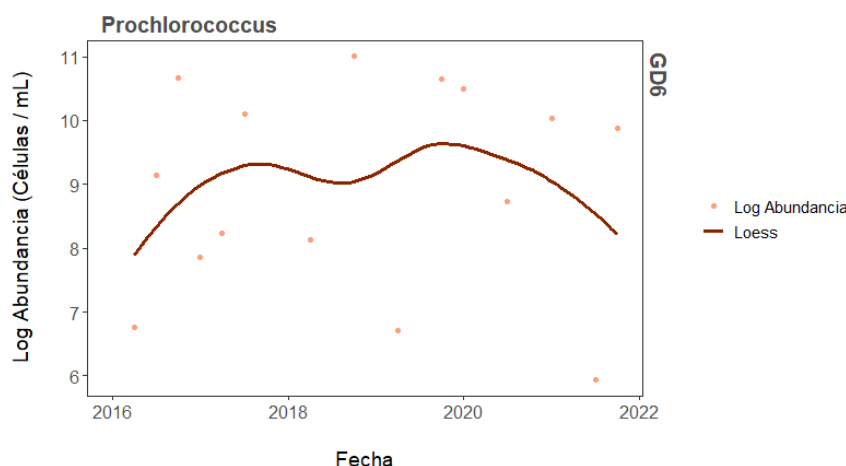


Figura 26. Abundancia de *Prochlorococcus* en superficie en la estación oceánica de la demarcación sudatlántica.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Desconocida.

En la Figura 27 se sintetizan visualmente las variaciones de los distintos indicadores para el ciclo de evaluación actual, y para el caso del indicador biomasa de mesozooplankton, con respecto al periodo de referencia (Figura 28). La Figura 27 muestra si las variaciones en los patrones han sido significativas o no, así como la dirección creciente, decreciente o constante de dichos cambios durante el periodo de evaluación, mientras que, la Figura 28 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 conjunta acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos oceánicos.

No se observan cambios significativos para la mayoría de los indicadores evaluados. Sin embargo, al no tener, para gran parte de los indicadores, datos que poder comparar con el periodo de evaluación anterior no se puede concluir el estado de la tendencia con respecto al ciclo de referencia. Es por esta razón que se le asigna el estado de desconocido.

Según los incipientes resultados obtenidos, se observa una tendencia creciente significativa en las apendicularias, mientras que la abundancia de copépodos muestra una tendencia decreciente, aunque no significativa. En cuanto a la abundancia de las cianobacterias del género *Synechococcus* y *Prochlorococcus*, no se han registrado cambios significativos, aunque se observa una tendencia decreciente en el primero y creciente en el segundo, similar a lo observado en la plataforma. La abundancia de picoeucariotas tiende a aumentar en este hábitat y disminuir en el de plataforma. Por último, al igual que ocurría en el resto de dominios evaluados, se percibe una disminución de la concentración de clorofila e incremento en la abundancia de cladóceros a lo largo del periodo de evaluación actual, así como un descenso en la biomasa mesozooplanktónica con respecto al periodo de referencia. Es necesario continuar la monitorización de estos indicadores con el objetivo de crear series temporales lo suficientemente extensas y consistentes que permitan confirmar si las tendencias se mantienen o si por el contrario se deben a la variabilidad interanual natural de las comunidades.



Indicador	GD6
Abundancia Mesozooplancton	
Abundancia Copépodos	
Abundancia Cladóceros	
Abundancia Apendicularias	
Abundancia Fitoplancton	
Abundancia Diatomeas	
Abundancia Dinoflagelados	
Abundancia Bacterias	
Abundancia Synechococcus	
Abundancia Prochlorococcus	
Abundancia Picoeucariotas	
Concentración Clorofila	

	↗	↘	↔
p<0.05			
ns			

Figura 27. Representación de los resultados de los análisis estadísticos donde se evalúa si ha habido cambios significativos a lo largo del periodo de evaluación en la zona oceánica. Azul: tendencia creciente; rojo: tendencia decreciente; amarillo: tendencia estable; blanco: sin datos.

Indicador	GD6
Biomasa Mesozooplancton	

	+	-
p<0.05		
ns		

Figura 28. Representación de los resultados de los análisis estadísticos comparando las anomalías para cada indicador y estación respecto al periodo de referencia en la zona oceánica. Azul: incremento respecto al periodo de referencia; rojo: disminución respecto al periodo de referencia.



EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ACIDIFICACIÓN



6. Efectos del cambio climático y la acidificación sobre el D1C6-hábitats pelágicos

Las comunidades planctónicas se caracterizan por ser altamente sensibles a los cambios físico-químicos del entorno, por lo que son susceptibles a los cambios provocados por el cambio climático y la acidificación de los océanos (Hays et al., 2005; Ratnarajah et al., 2023). Así mismo, debido a sus características intrínsecas y al cumplir un papel clave en el funcionamiento del ecosistema, constituyendo la base de importantes servicios ecosistémicos como son las pesquerías y el secuestro de carbono (Beaugrand, Brander, Lindley, Souissi, & Reid, 2003; Canu et al., 2015), son considerados componentes esenciales en la evaluación de su estado según la comisión de OSPAR. Esto convierte a los organismos planctónicos en indicadores de vigilancia del estado de los hábitats pelágicos.

En este apartado cabría destacar algunas tendencias incipientes que se han reportado en los resultados del presente documento. Por un lado, se ha observado una presunta tendencia creciente de organismos de carácter termófilo, los cladóceros, en los tres hábitats pelágicos evaluados, que podría estar relacionado con el aumento de temperatura en la capa superficial de mezcla del área de evaluación (Yebra et al., 2022; Sampaio de Souza et al., 2005). Asimismo, también se ha reportado para los tres dominios evaluados, una aparente disminución de la biomasa mesozooplanctónica con respecto a un aumento de su abundancia, lo cual podría indicar una disminución en el tamaño de los organismos que componen la comunidad mesozooplanctónica. Esta aparente disminución en el tamaño de estos organismos podría estar también vinculada con el aumento de temperatura en la capa superficial de mezcla (Daufresne et al., 2009; Beaugrand et al., 2010; Campbell et al. 2021; Brandão et al. 2021; Skjoldal & Sperfeld, 2024).

Sin embargo, resulta difícil elaborar conclusiones definitivas sobre las tendencias observadas y su relación con el cambio climático (Benedetti et al., 2021), dado que las comunidades planctónicas están condicionadas por diversos factores, tanto naturales como antropogénicos, siendo su dinámica altamente compleja. Además, la limitada disponibilidad de series temporales lo suficientemente extensas y consistentes dificulta la obtención de resultados estadísticamente robustos para la mayoría de los indicadores. Por lo tanto, es esencial continuar con la monitorización de nuestros mares para comprender mejor sus fenómenos e implicaciones.



REFERENCIAS



7. Referencias

- Beaugrand, G., Edwards, M., & Legendre, L. (2010). Marine biodiversity, ecosystem functioning, and carbon cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(22), 10120-10124.
- Bedford, J., Ostle, C., Johns, D. G., Atkinson, A., Best, M., Bresnan, E., ... & McQuatters-Gollop, A. (2020). Lifeform indicators reveal large-scale shifts in plankton across the North-West European shelf. *Global Change Biology*, 26(6), 3482-3497.
- Benedetti, F., Vogt, M., Elizondo, U. H., Righetti, D., Zimmermann, N. E., & Gruber, N. (2021). Major restructuring of marine plankton assemblages under global warming. *Nature communications*, 12(1), 5226.
- Brandão, M. C., Benedetti, F., Martini, S., Soviadan, Y. D., Irisson, J. O., Romagnan, J. B., ... & Lombard, F. (2021). Macroscale patterns of oceanic zooplankton composition and size structure. *Scientific Reports*, 11(1), 15714.
- Campbell, M. D., Schoeman, D. S., Venables, W., Abu-Alhaija, R., Batten, S. D., Chiba, S., ... & Richardson, A. J. (2021). Testing Bergmann's rule in marine copepods. *Ecography*, 44(9), 1283-1295.
- Daufresne, M., Lengfellner, K., & Sommer, U. (2009). Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(31), 12788-12793.
- Hays, G. C., Richardson, A. J., & Robinson, C. (2005). Climate change and marine plankton. *Trends in ecology & evolution*, 20(6), 337-344.
- OSPAR Commission. (2023). Changes in Plankton Diversity. Recuperado de <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/changes-plankton-diversity/>
- Ratnarajah, L., Abu-Alhaija, R., Atkinson, A., Batten, S., Bax, N. J., Bernard, K. S., ... Yebra, L. (2023). Monitoring and modelling marine zooplankton in a changing climate. *Nature Communications*, 14(1), 564.
- Sampaio de Souza, C., Mafalda Jr, P., Sallés, S., Ramirez, T., Cortés, D., Garcia, A., ... & Vargas-Yañez, M. (2005). Tendencias estacionales y espaciales en la comunidad mesozooplancónica en una serie temporal plurianual en el noroeste del Mar de Alborán, España. *Revista de biología marina y oceanografía*, 40(1), 45-54.
- Skjoldal, H. R., & Sperfeld, E. (2024). Size-fractionated zooplankton biomass in the Barents Sea: macroecological patterns across biogeography, climate, and varying ecosystem state (1989-2020). *Marine Ecology Progress Series*, 726, 31-47.
- Yebra L, M Puerto, N Valcárcel-Pérez, S Putzeys, F Gómez-Jakobsen, C García-Gómez, JM Mercado (2022) Spatio-temporal variability of the zooplankton community in the SW Mediterranean 1992-2020: linkages with environmental drivers. *Progress in Oceanography* 203: 102782

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos