



EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM ESTRECHO Y ALBORÁN

Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 1 Hábitats pelágicos



Cofinanciado por
la Unión Europea



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 (IEO-CSIC)

- Lidia Yebra (Coordinación del descriptor)
- Elena Pérez de Rubín
- Francina Moya
- Manuel Vargas Yáñez
- Nerea Valcárcel Pérez
- Candela García Gómez
- María Teresa Camarena Gómez
- Cristina Alonso Moreno
- Enrique Ballesteros Fernández
- Silvia Sánchez Aguado

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)

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

CARTOGRAFÍA Y BASES DE DATOS ESPACIALES (IEO-CSIC)

- M^o 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 .	17
5.1. Hábitats pelágicos costeros	17
5.2. Hábitats pelágicos de plataforma.....	20
5.3. Hábitats pelágicos oceánicos	23
5.4. Gráficas de indicadores.....	26
6. Efectos de cambio climático y la acidificación sobre el descriptor 1- hábitats pelágicos.....	36
7. Referencias	38



INTRODUCCIÓN



1. Introducción

El seguimiento y evaluación de los 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 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 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 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). Se relaciona también con aspectos de los descriptores de especies invasoras (D2) e integridad del fondo marino (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, así como de variables necesarias para evaluar el estado del ecosistema pelágico respecto a otros descriptores de estado, p.ej. 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 del Estrecho y Alborán 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. La demarcación del Estrecho y Alborán presenta una gran biodiversidad, abundancia y productividad planctónicas, que sustentan a pesquerías de pequeños peces pelágicos de interés comercial. El mar de Alborán se caracteriza por un alto hidrodinamismo, debido a la entrada de un chorro de agua atlántica a través del estrecho de Gibraltar que da lugar a dos giros anticiclónicos oligotróficos que ocupan el oeste y el este de la cuenca. Así mismo, en la zona noroeste de la cuenca se producen de forma recurrente afloramientos de agua mediterránea profunda mediados por vientos de poniente que generan un gradiente de productividad planctónica costero-oceánico, así como oeste-este.

La evaluación del descriptor D1C6 se ha realizado en base a indicadores de biomasa y abundancia de los distintos componentes las comunidades planctónicas, desde picoplancton hasta mesoplancton,



incluyendo organismos procariotas y eucariotas, autótrofos y heterótrofos. Los datos utilizados para la elaboración de indicadores son adquiridos en el marco de los proyectos ESMARES y RADMED con una frecuencia de muestreo estacional (invierno, primavera, verano, otoño). Para la evaluación de cada hábitat pelágico (costa, plataforma, océano) se han seleccionado estaciones de referencia representativas y comunes a todos los indicadores.

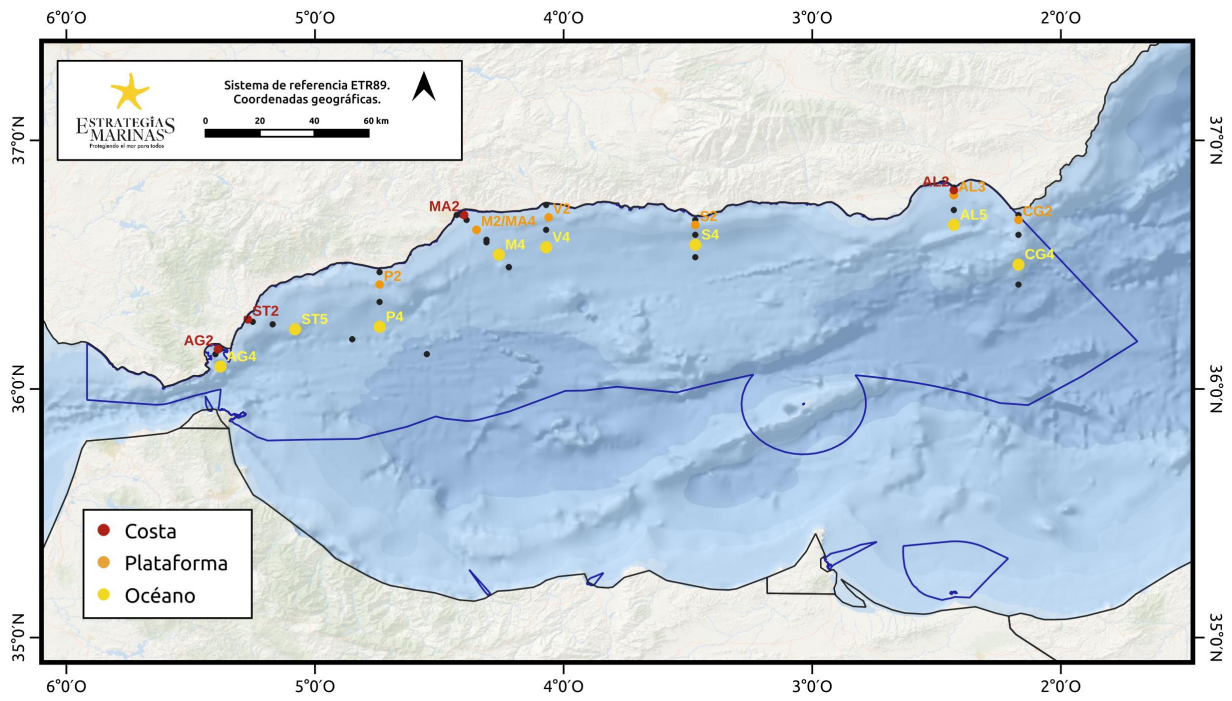


Figura 1. Mapa de la demarcación del Estrecho y Alborán, señalando las estaciones de muestreo representativas de los tres tipos de hábitats pelágicos evaluados: costero (●), de plataforma (●) y oceánico (●).



DEFINICIÓN DEL 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 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 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, 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 a nivel de demarcación marina del descriptor D1-hábitats pelágicos.

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. Los resultados indican que, para la mayoría de los indicadores y en los tres hábitats evaluados, no se aprecian cambios significativos con respecto al periodo de referencia, por lo que podríamos presuponer que el descriptor se encuentra en buen estado. Sin embargo, 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 el que se analizan se repiten para los tres tipos de hábitats pelágicos (costeros, de plataforma y oceánicos). De cada uno de los indicadores se analiza la evolución temporal y se comparan los valores observados en el periodo de evaluación 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 antropogénicas, 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 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 de forma más detallada 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

Tipo de hábitat	Estado del D1C6	Tendencia (cambio de estado)
Hábitat pelágico costero	■	↔ Estable
Hábitat pelágico de plataforma	■	↔ Estable
Hábitat pelágico oceánico	■	↔ 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 los 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. Sin embargo, 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.

Los cambios 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 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 estacionales se calcula el valor medio para cada estación del año durante el periodo correspondiente al anterior ciclo de evaluación (2010-2015), creando el ciclo anual de referencia. Las anomalías se estiman como la diferencia de los valores observados respecto al ciclo 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. 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 cada indicador se enumeran en las Tablas 3, 4 y 5, y son:

- Biomasa de fitoplancton y de zooplancton
- Abundancia total y de grupos principales de bacterioplancton, fitoplancton y zooplancton

Los indicadores basados en mesozooplancton se han obtenido integrando los valores obtenidos en la columna de agua (0-100 m máximo) mediante pescas oblicuas con red Bongo equipada con malla



de 250 micras o mediante pescas verticales con red WP2-doble equipada con malla de 200 micras. Los indicadores basados en las fracciones más pequeñas del plancton (picoeucariotas, bacterias y fitoplancton) se han obtenido a partir de muestras superficiales recogidas mediante botellas Niskin. La clorofila superficial se ha determinado mediante fluorimetría o mediante espectrofotometría a partir de muestras superficiales recogidas con botellas Niskin.

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.

Evaluación a nivel regional/subregional

No se dispone de otras evaluaciones a nivel regional ni subregional para este descriptor en el Mediterráneo. Tampoco se han establecido valores umbral para hábitats pelágicos en el marco del Convenio de Barcelona.

Principales actividades humanas y presiones relacionadas

La introducción de especies alóctonas, tanto mediante aguas de lastre (p.ej. puerto de Algeciras) como mediante la expansión de la distribución de especies subtropicales hacia el norte (a través del estrecho de Gibraltar), podría ocasionar perturbaciones biológicas en la demarcación. Así mismo, el aporte de nutrientes es otra presión a considerar ya que podría afectar a las comunidades planctónicas (especialmente al fitoplancton) de los hábitats pelágicos costeros si alcanzasen niveles suficientemente altos como para provocar situaciones de eutrofización.

Tabla 4. Principales actividades y presiones relacionadas con el descriptor D1 - Hábitats pelágicos.

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



EVALUACIÓN POR ELEMENTO Y CRITERIO A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA



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

5.1. Hábitats pelágicos costeros

Área de evaluación

El programa de monitorización se basa en campañas oceanográficas, en las que se realizan muestreos en una serie de transectos perpendiculares a la costa, a lo largo de los cuales se distribuyen estaciones fijas que se visitan de forma periódica cuatro veces al año (invierno, primavera, verano y otoño). En esta evaluación se seleccionan 4 estaciones costeras correspondientes a los transectos situados frente a Algeciras (AG2), Sotogrande (ST2), Málaga (MA2) y Almería (AL2). El primero se considera representativo de la zona de influencia atlántica y el estrecho de Gibraltar, en el límite oeste de la demarcación. El segundo está localizado en la zona de afloramiento recurrente originado por vientos de poniente. El tercer transecto representa la bahía de Málaga que es una zona de retención de la biomasa planctónica producida en la zona de afloramiento al oeste de la demarcación y alberga una de las mayores zonas de puesta de sardina en el Mediterráneo. El transecto de Almería es representativo de la zona más occidental de la demarcación, más oligotrófica y altamente influenciada por la variabilidad del frente Orán-Almería que separa las aguas atlánticas superficiales del resto del Mediterráneo.

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 reporting digital, y estaciones de la zona costera en las que fueron analizados durante el periodo de evaluación.

Indicador	Código	Unidades	AG2	ST2	MA2	AL2
Biomasa Mesozooplankton	PH_BM_ZP	mg peso seco / 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 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) del indicador Biomasa de zooplancton (DW, mg peso seco/m³), para los periodos de evaluación y de referencia (2010-2021) (Figura 2). La línea marrón sólida representa el ajuste Loess. La línea vertical discontinua indica 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 5 se presentan en el apartado “Gráficas de indicadores”.

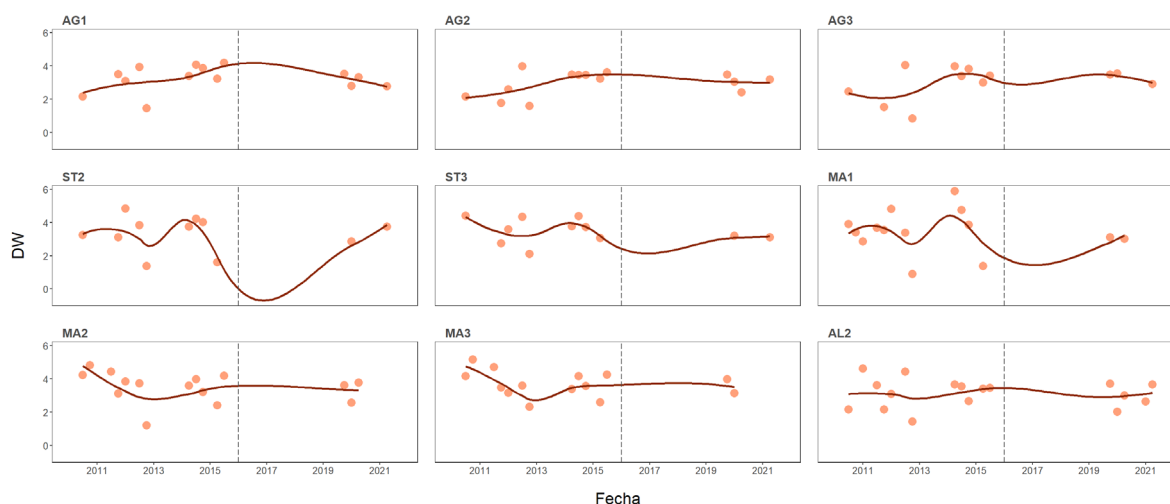


Figura 2. Biomasa de mesozooplankton (log, mg peso seco/m³) en las estaciones costeras de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red WP2-doble de 200 micras.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Estable.

La Figura 3 sintetiza gráficamente las variaciones de los distintos indicadores respecto al anterior ciclo de evaluación. 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 o no. Esta representación permite tener una visión de conjunto acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos costeros. La mayoría de los indicadores no presenta cambios significativos con respecto al periodo anterior, por lo que en general, la tendencia del estado respecto al periodo anterior se considera estable para la demarcación. Sin embargo, se han detectado algunas tendencias opuestas en los indicadores de las cianofíceas *Synechococcus* (positiva) y *Prochlorococcus* (negativa), y un descenso de bacterias heterótrofas en el oeste de la demarcación; así mismo se ha observado un decrecimiento en la abundancia de copépodos, el principal componente del mesozooplankton, en la costa de Almería. Será necesario continuar la monitorización de estos indicadores para obtener una serie temporal más larga que permita verificar si las tendencias se mantienen o si por el contrario se deben a la variabilidad interanual natural de las comunidades.



	AG2	ST2	MA2	AL2		-	+
Biomasa Mesozooplankton							
Abundancia Mesozooplankton					p<0.05		
Abundancia Copépodos					ns		
Abundancia Cladóceros							
Abundancia Apendicularias							
Abundancia Diatomeas							
Abundancia Dinoflagelados							
Abundancia Bacterias							
Abundancia <i>Synechococcus</i>							
Abundancia <i>Prochlorococcus</i>							
Abundancia Picoeucariotas							
Concentración Clorofila							

Figura 3. 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; blanco: datos insuficientes para realizar evaluación estadística; gris: sin datos; ns: no significativo.



5.2. Hábitats pelágicos de plataforma

Área de evaluación

El programa de monitorización se basa en campañas oceanográficas, en las que se realizan muestreos en una serie de transectos perpendiculares a la costa, a lo largo de los cuales se distribuyen estaciones fijas que se visitan de forma periódica cuatro veces al año (invierno, primavera, verano y otoño). En esta evaluación se seleccionan 7 estaciones correspondientes a los transectos situados frente a Cabo Pino (P2), Málaga (M2/MA4), Vélez (V2), Cabo Sacratif (S2), Almería (AL3) y Cabo de Gata (CG2). Estas estaciones son representativas del gradiente de productividad este-oeste, desde la zona occidental de afloramiento hasta el extremo oriental, en la zona de plataforma del norte de la demarcación del Estrecho y Alborán.

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 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	P2	M2	MA4	V2	S2	AL3	CG2
Biomasa Mesozooplancton	PH_BM_ZP	mg peso seco / m ³	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abundancia Mesozooplancton	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 Synechococcus	PH_AB_SYNECH	Células / mL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abundancia Prochlorococcus	PH_AB_PROCHL	Células / mL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abundancia Picoeucariotas	PH_AB_PICO	Células / mL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Concentración Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Valores obtenidos para el parámetro

En la Figura 4 y Figura 5 se muestran los gráficos de las series temporales de los valores (transformados a logaritmo) del indicador biomasa de zooplancton (DW, mg peso seco/m³), para los periodos de evaluación y de referencia (2010-2021). La línea marrón sólida representa el ajuste Loess. La línea vertical discontinua indica 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”.

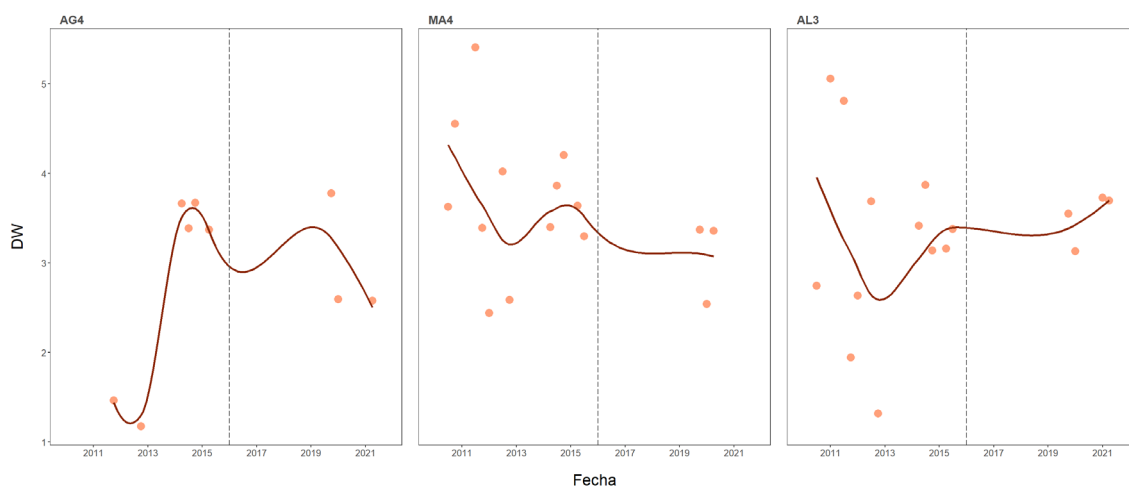


Figura 4. Biomasa de mesozooplancton (log, mg peso seco/m³) en las estaciones de plataforma de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red WP2-doble de 200 micras.

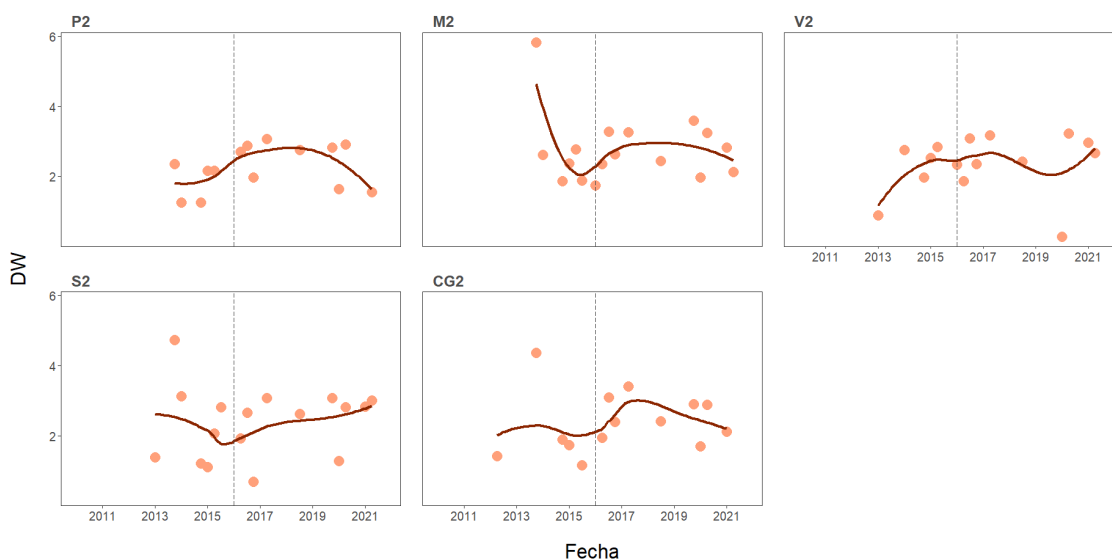


Figura 5. Biomasa de mesozooplancton (log, mg peso seco/m³) en las estaciones de plataforma de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red Bongo 20 de 250 micras.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Estable.

La Figura 6 sintetiza gráficamente las variaciones de los distintos indicadores respecto al anterior ciclo de evaluación. 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 o no. Esta representación permite tener una visión de conjunto acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos costeros. La mayoría de los indicadores no presenta cambios significativos con respecto al periodo anterior, por lo que en general la tendencia del estado respecto al periodo anterior se consideraría estable para la demarcación. Sin embargo, se han detectado algunas tendencias negativas en el indicador de dinoflagelados, aunque no se ven reflejadas en la abundancia total del fitoplancton. En la bahía de Málaga se detecta un aumento significativo de la abundancia de cladóceros; en contraposición a una disminución de la concentración de clorofila y de la cianofícea *Prochlorococcus* que no se aprecian en el resto de la demarcación. Así mismo, en la plataforma almeriense se observa una tendencia negativa en el indicador de bacterias heterótrofas que no es significativa en la estación más costera. Será necesario continuar la monitorización de estos indicadores para obtener una serie temporal más larga que permita verificar si las tendencias se mantienen o si por el contrario se deben a la variabilidad interanual natural de las comunidades.

	P2	M2	MA4	V2	S2	AL3	CG2		-	+
Biomasa Mesozooplancton										
Abundancia Mesozooplancton								p<0.05		
Abundancia Copépodos								ns		
Abundancia Cladóceros										
Abundancia Apendicularias										
Abundancia Fitoplancton										
Abundancia Diatomeas										
Abundancia Dinoflagelados										
Abundancia Bacterias										
Abundancia <i>Synechococcus</i>										
Abundancia <i>Prochlorococcus</i>										
Abundancia Picoeucariotas										
Concentración Clorofila										

Figura 6. 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; blanco: datos insuficientes para realizar evaluación estadística; gris: sin datos; ns: no significativo.



5.3. Hábitats pelágicos oceánicos

Área de evaluación

El programa de monitorización se basa en campañas oceanográficas, en las que se realizan muestreos en una serie de transectos perpendiculares a la costa, a lo largo de los cuales se distribuyen estaciones fijas que se visitan de forma periódica cuatro veces al año (invierno, primavera, verano y otoño). En esta evaluación se seleccionan 8 estaciones correspondientes a los transectos situados frente a Algeciras (AG4), Sotogrande (ST5), Cabo Pino (P4), Málaga (M4), Vélez (V4), Cabo Sacratif (S4), Almería (AL5) y Cabo de Gata (CG4). Estas estaciones son representativas de las aguas oceánicas de la mitad norte de la demarcación del Estrecho y Alborán, desde la zona occidental bajo la influencia del chorro de agua atlántica que penetra por el estrecho de Gibraltar hasta el extremo oriental, en la zona más oligotrófica limítrofe con el frente Orán-Almería y la demarcación levantino-balear.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 7 se muestra la lista completa de indicadores y las estaciones en 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 analizadas durante el periodo de evaluación.

Indicador	Código	Unidades	AG4	ST5	P4	M4	V4	S4	AL5	CG4
Biomasa Mesozooplankton	PH_BM_ZP	mg peso seco / 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 Bacterias	PH_AB_BACT	Células / mL	✓	✓					✓	
Abundancia Synechococcus	PH_AB_SYNECH	Células / mL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abundancia Prochlorococcus	PH_AB_PROCHL	Células / mL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Abundancia Picoeucariotas	PH_AB_PICO	Células / mL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Concentración Clorofila	PH_CHLA	mg / m ³	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Valores obtenidos para el parámetro

En las Figura 7 y Figura 8 se muestran los gráficos de las series temporales de los valores (transformados a logaritmo) del indicador biomasa de zooplancton (DW, mg peso seco/m³), para los periodos de evaluación y de referencia (2010-2021). La línea marrón sólida representa el ajuste Loess. La línea vertical discontinua indica 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 7 se presentan en el apartado “Gráficas de indicadores”.

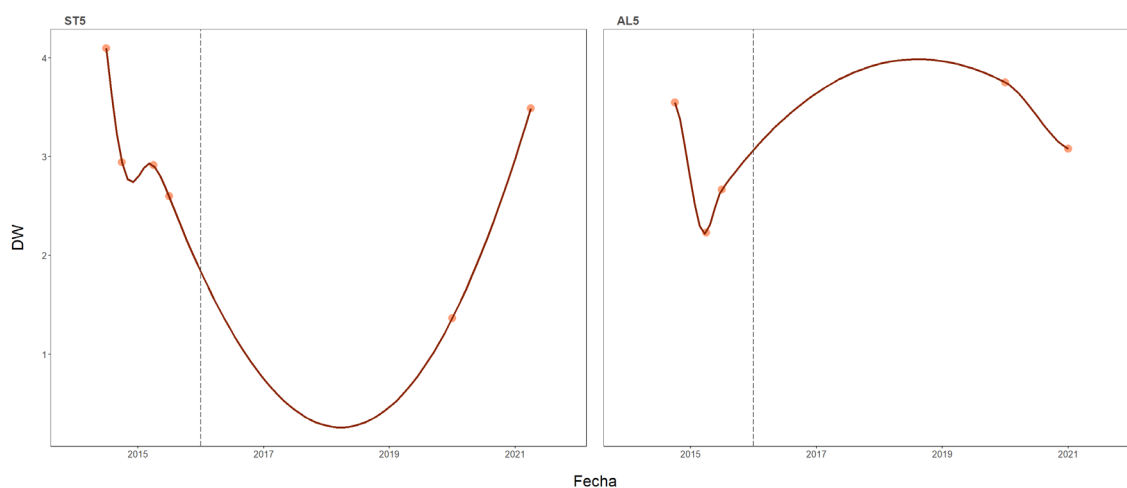


Figura 7. Biomasa de mesozooplancton (log, mg peso seco/m³) en las estaciones oceánicas de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red WP2-doble de 200 micras.

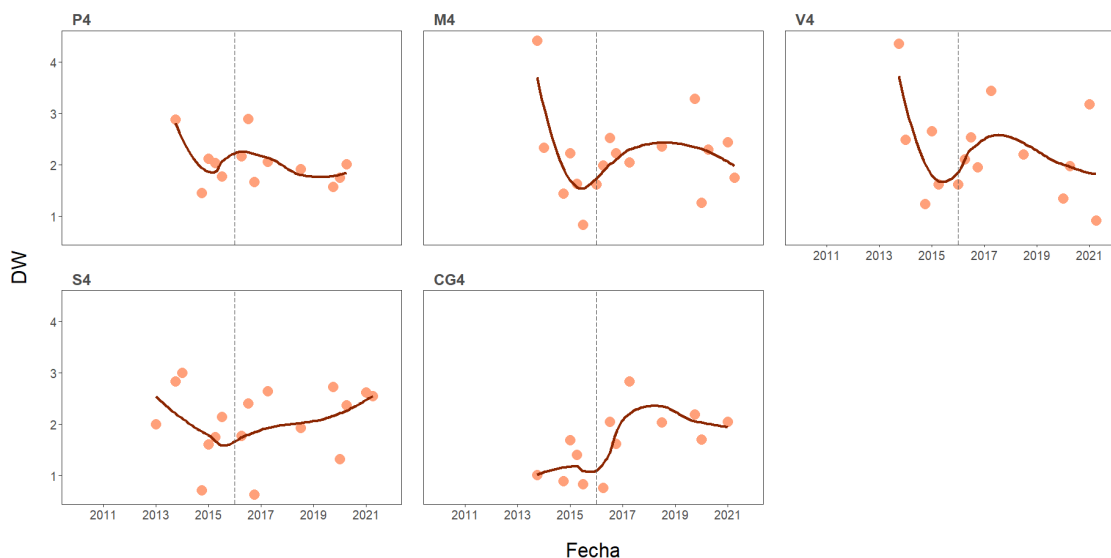


Figura 8. Biomasa de mesozooplancton (log, mg peso seco/m³) en las estaciones oceánicas de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red Bongo 20 de 250 micras.



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. 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 o no. Esta representación permite tener una visión de conjunto acerca de la dinámica de la comunidad planctónica en los hábitats pelágicos oceánicos. La mayoría de los indicadores no presenta cambios significativos con respecto al periodo anterior, por lo que en general la tendencia del estado respecto al periodo anterior se consideraría estable para la demarcación. Únicamente se han detectado tendencias significativas en dos zonas muy dinámicas: una tendencia negativa en la abundancia de bacterias heterótrofas en el estrecho de Gibraltar, y una tendencia positiva en la biomasa de mesozooplancton en el frente Orán-Almería, sin embargo, estas tendencias no se han observado en el resto de estaciones oceánicas. Dada la alta variabilidad natural que induce el hidrodinamismo en la demarcación, será necesario continuar la monitorización de estos indicadores para obtener una serie temporal más larga que permita verificar si las tendencias se mantienen o si por el contrario se deben a la variabilidad natural de las comunidades.

	AG4	ST5	P4	M4	V4	S4	AL5	CG4			
Biomasa Mesozooplancton										-	+
Abundancia Mesozooplancton									p<0.05		
Abundancia Copépodos									ns		
Abundancia Cladóceros											
Abundancia Apendicularias											
Abundancia Bacterias											
Abundancia <i>Synechococcus</i>											
Abundancia <i>Prochlorococcus</i>											
Abundancia Picoeucariotas											
Concentración Clorofila											

Figura 9. 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; blanco: datos insuficientes para realizar evaluación estadística; gris: sin datos; ns: no significativo.



5.4. Gráficas de indicadores

Representación gráfica de las series temporales 2010-2021 de los valores (transformados a logaritmo) de los distintos indicadores en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán en las que fueron evaluados. La línea marrón sólida representa el ajuste Loess. La línea vertical discontinua indica el momento a partir del cual se inicia el periodo de evaluación (2016).

- Figura10. Log de Abundancia Meso zooplancton (Indiv./m³), red WP2-doble 200 micras
- Figura11. Log de Abundancia Copépodos (Indiv./m³), red WP2-doble 200 micras
- Figura12. Log de Abundancia Cladóceros (Indiv./m³), red WP2-doble 200 micras
- Figura13. Log de Abundancia Apendicularias (Indiv./m³), red WP2-doble 200 micras
- Figura14. Log de Abundancia Fitoplancton (Células/mL)
- Figura15. Log de Abundancia Diatomeas (Células/mL)
- Figura16. Log de Abundancia Dinoflagelados (Células/mL)
- Figura17. Log de Abundancia Bacterias (Células/mL)
- Figura18. Log de Abundancia Synechococcus (Células/mL)
- Figura19. Log de Abundancia Prochlorococcus (Células/mL)
- Figura20. Log de Abundancia Picoeucariotas (Células/mL)
- Figura21. Log de Concentración Clorofila (mg/m³), medida mediante espectrofotometría
- Figura22. Log de Concentración Clorofila (mg/m³), medida mediante fluorometría

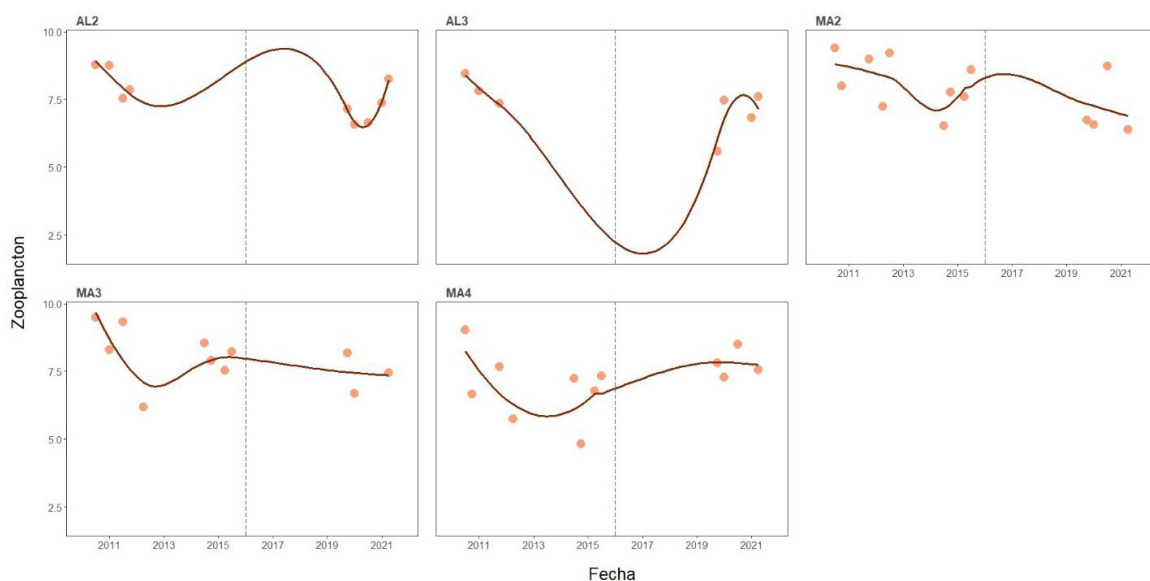


Figura 10. Abundancia de mesozooplankton total (log, Indiv./m³) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red WP2-doble de 200 micras.

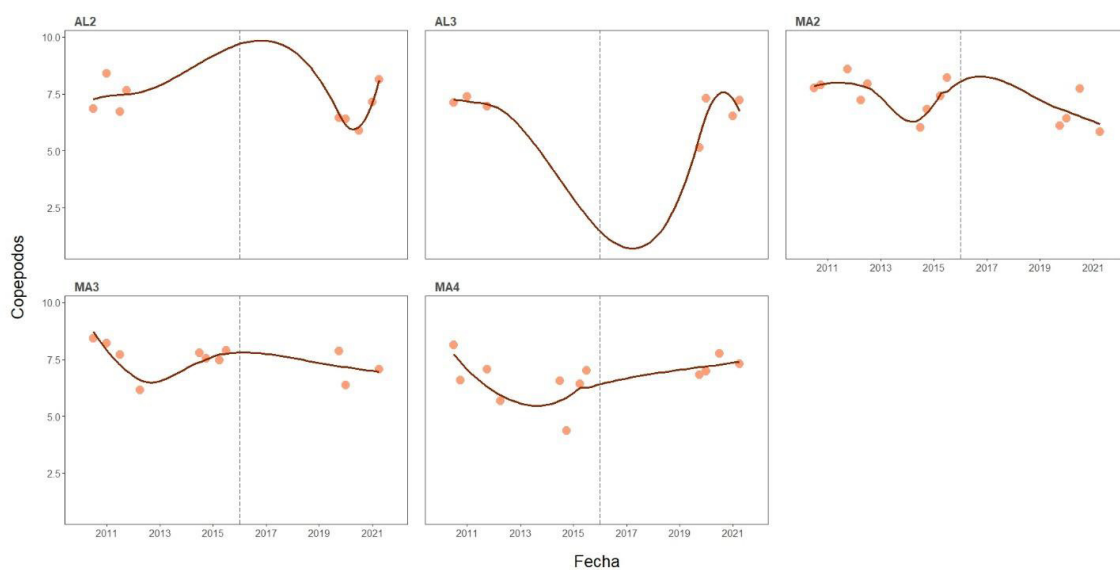


Figura 11. Abundancia de copépodos ($\log, \text{Indiv./m}^3$) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red WP2-doble de 200 micras.

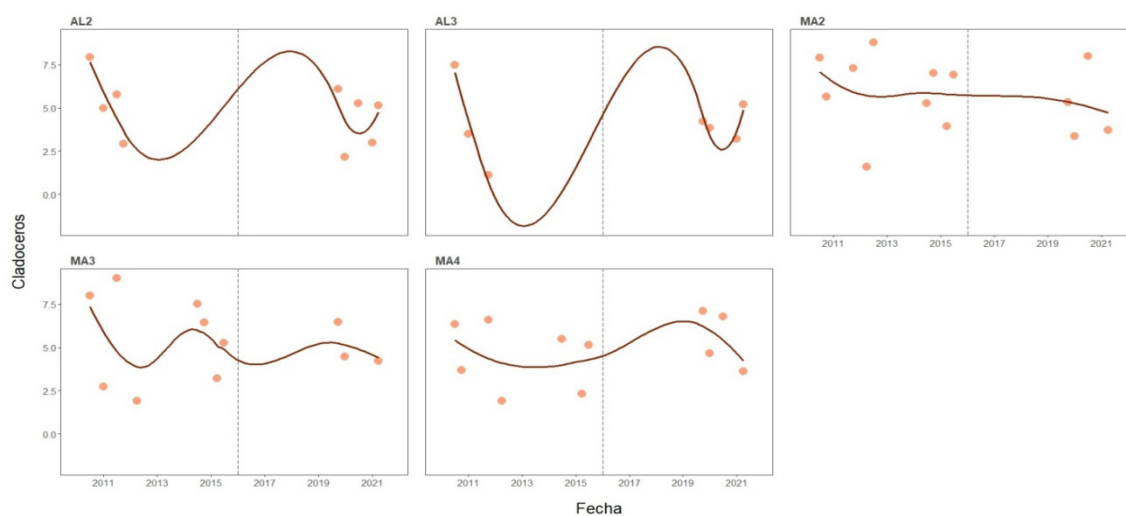


Figura 12. Abundancia de cladóceros (log, Indiv./m³) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red WP2-doble de 200 micras

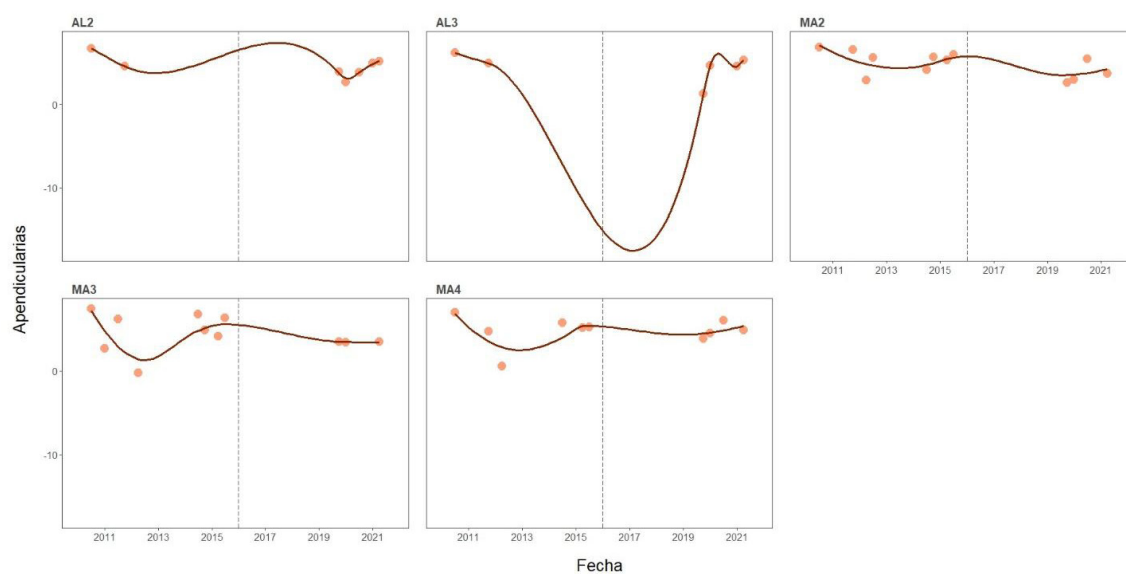


Figura 13. Abundancia de apendicularias (log, Indiv./m³) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán, capturada mediante red WP2-doble de 200 micras.

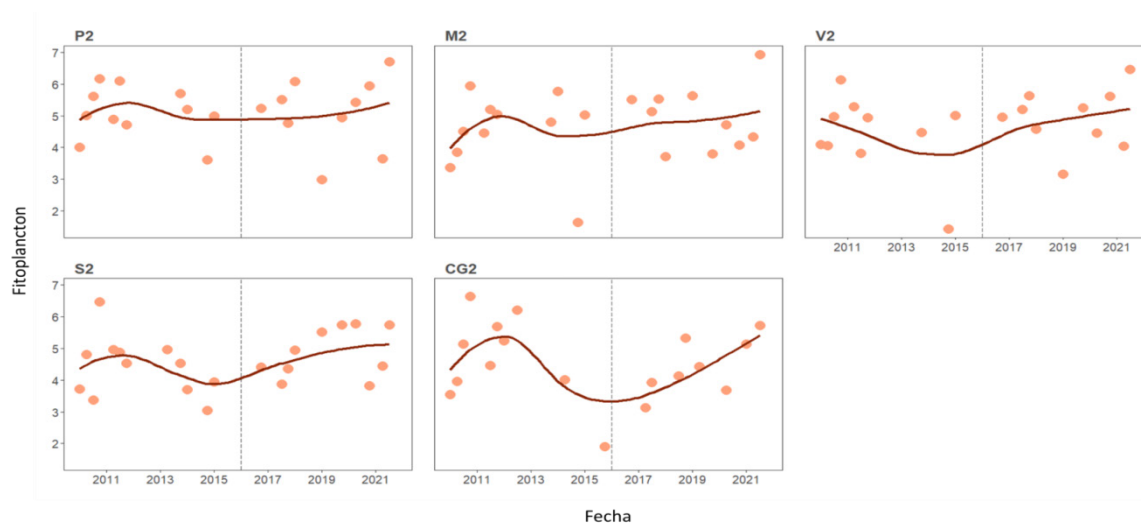


Figura 14. Abundancia de fitoplancton en superficie (log, Células/mL) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán.

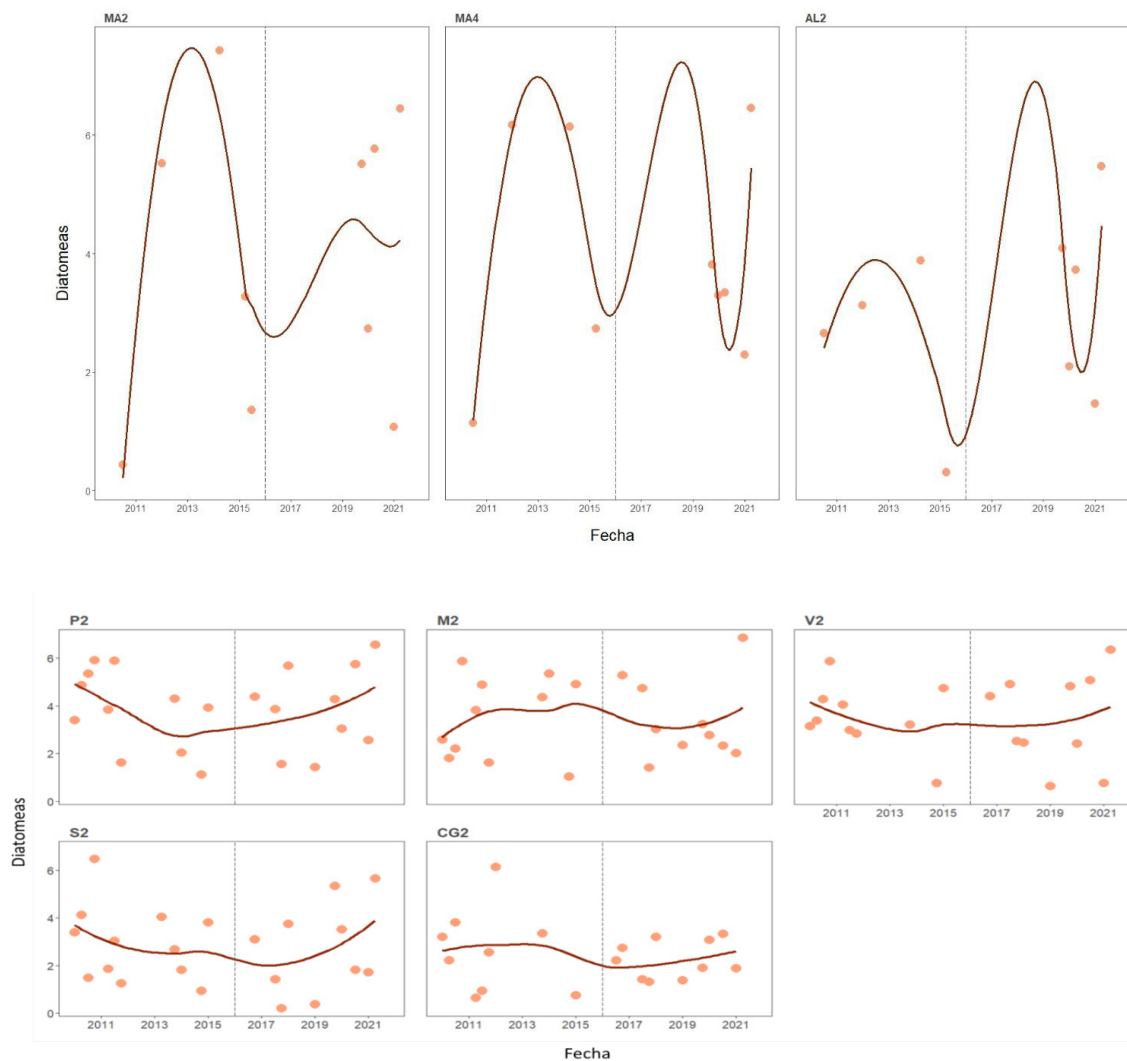


Figura 15. Abundancia de diatomeas en superficie (log, Células/mL) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán.

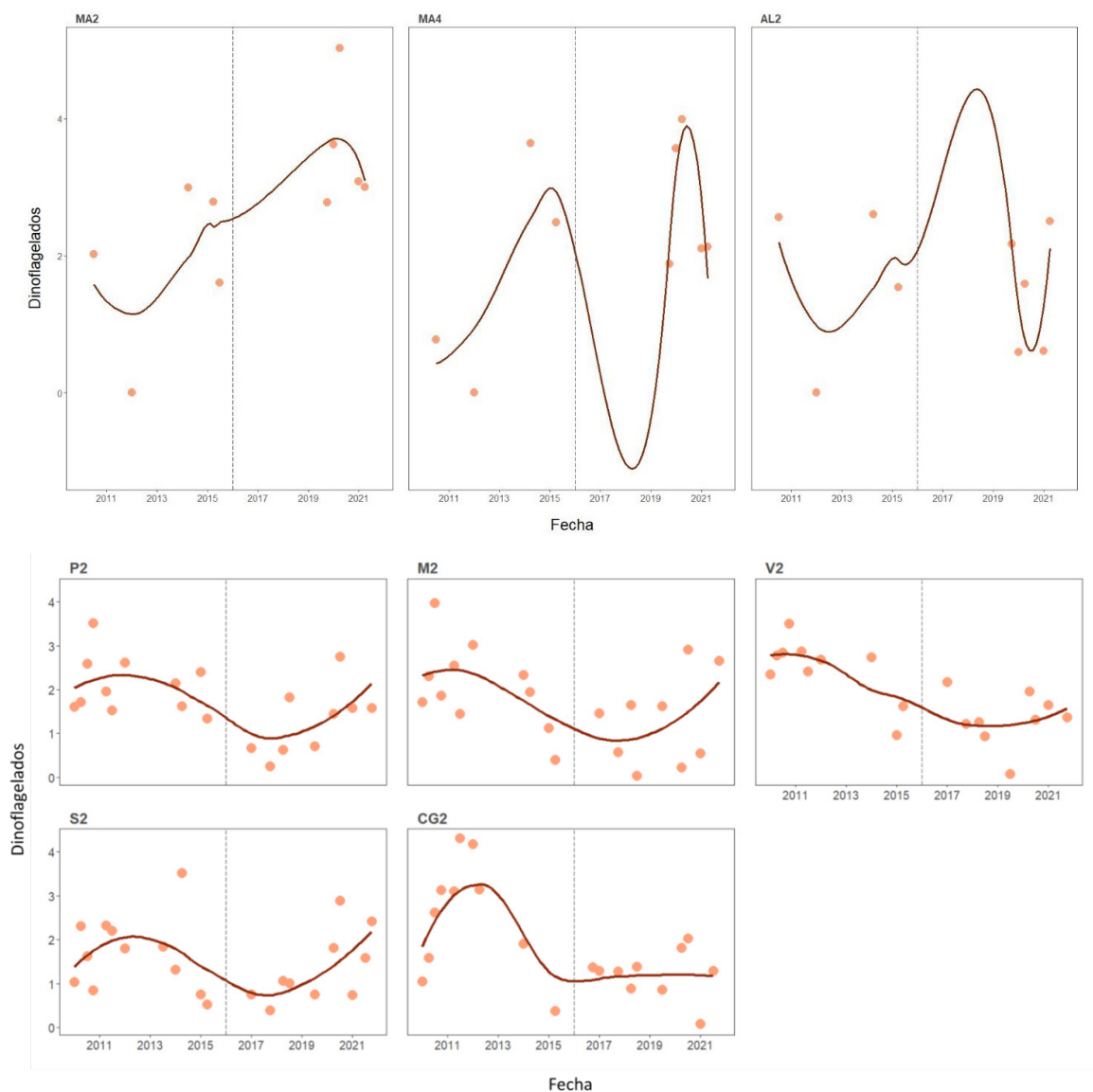


Figura 16. Abundancia de dinoflagelados en superficie (log, Células/mL) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán.

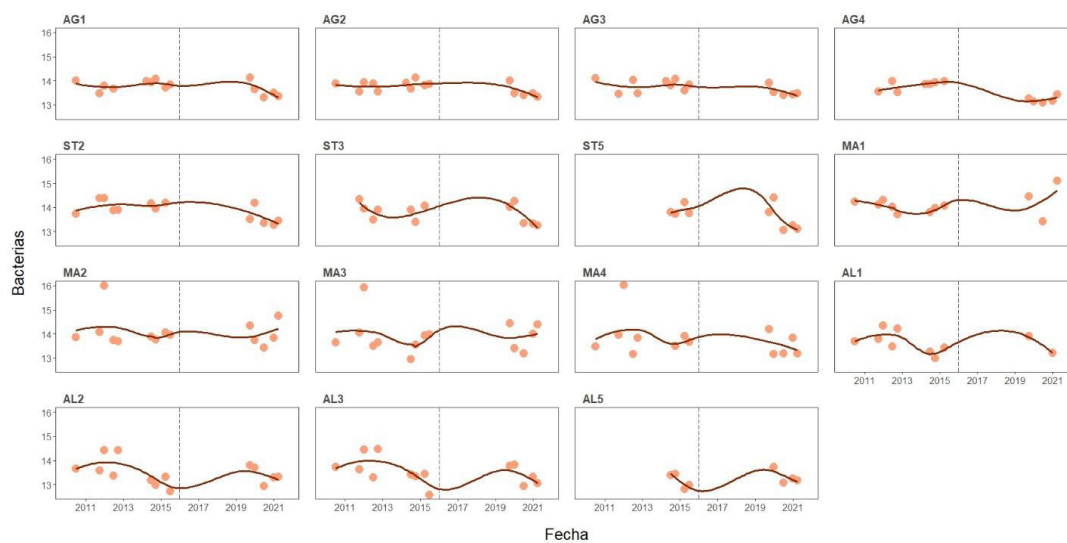


Figura 17. Abundancia de bacterias heterótrofas en superficie (log, Células/mL) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán.

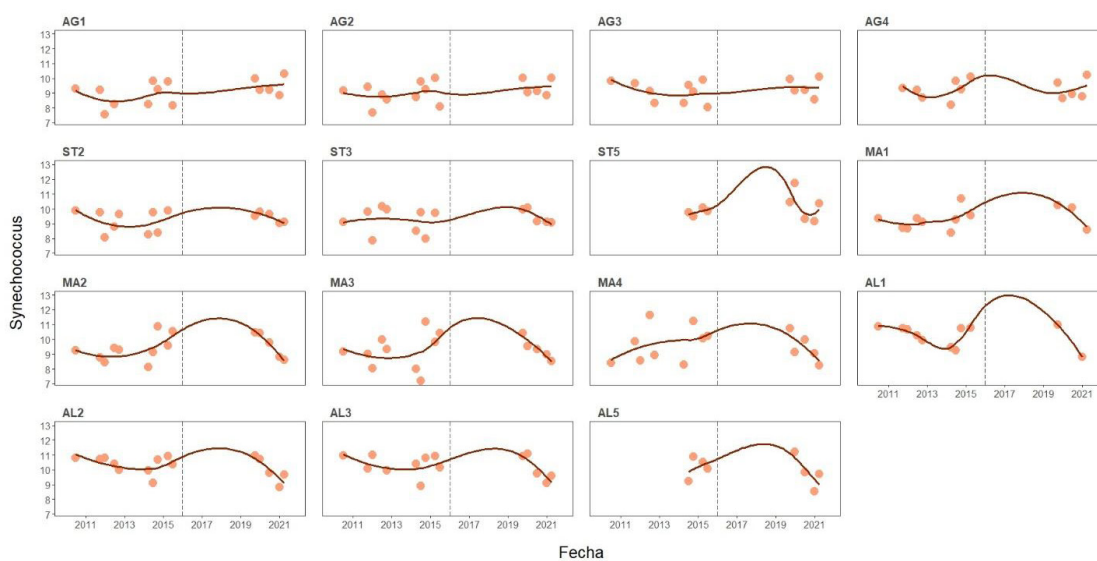


Figura 18. Abundancia de *Synechococcus* en superficie (log, Células/mL) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán.

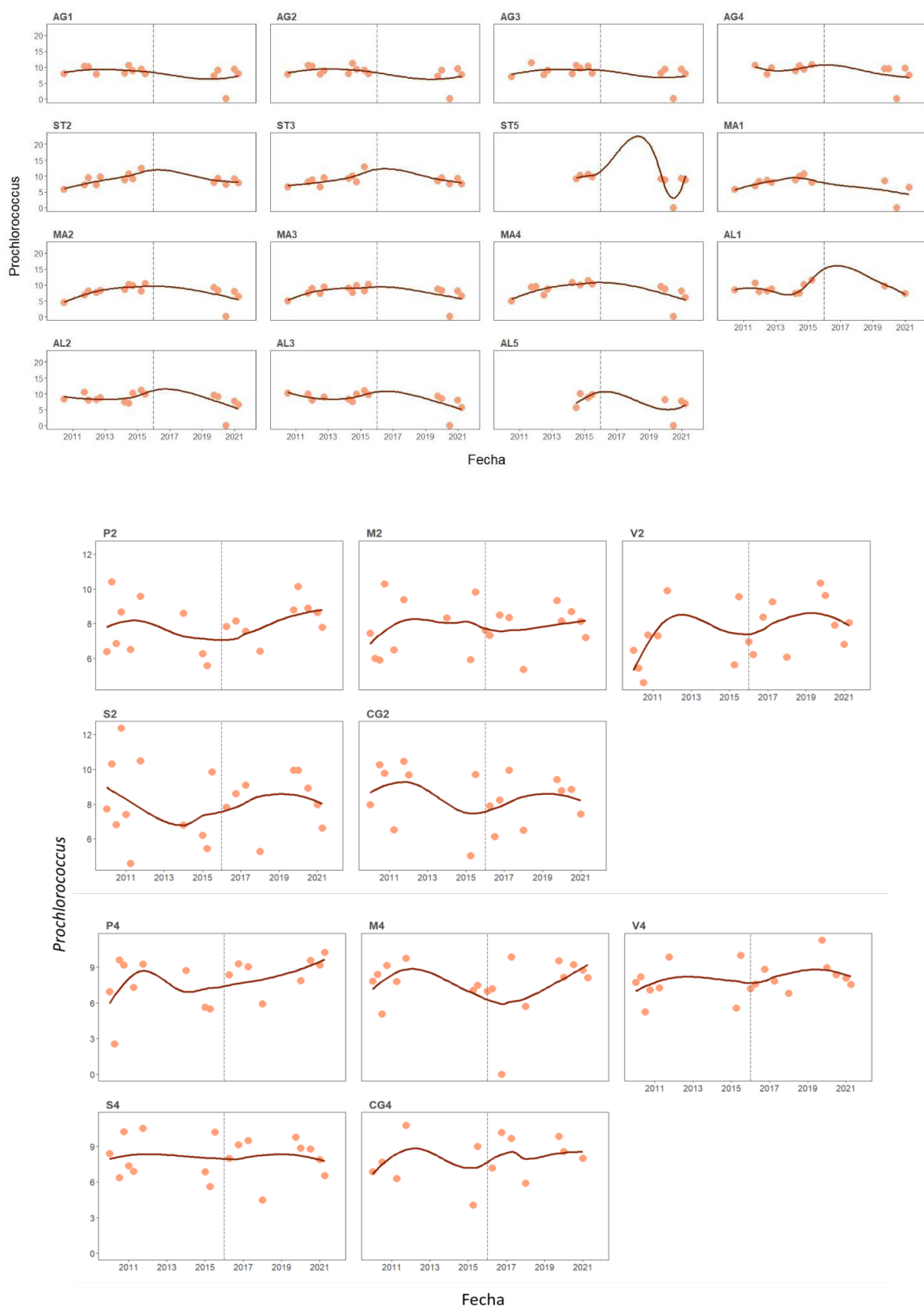


Figura 19. Abundancia de *Prochlorococcus* en superficie (log, Células/mL) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán

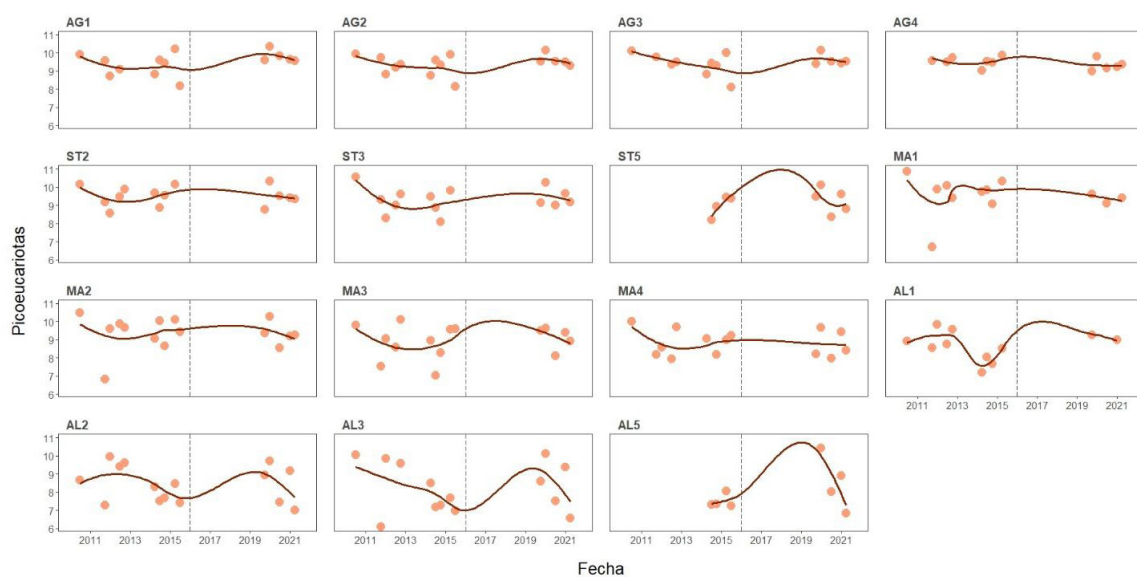


Figura 20. Abundancia de picoeucariotas en superficie (log, Células/mL) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán.

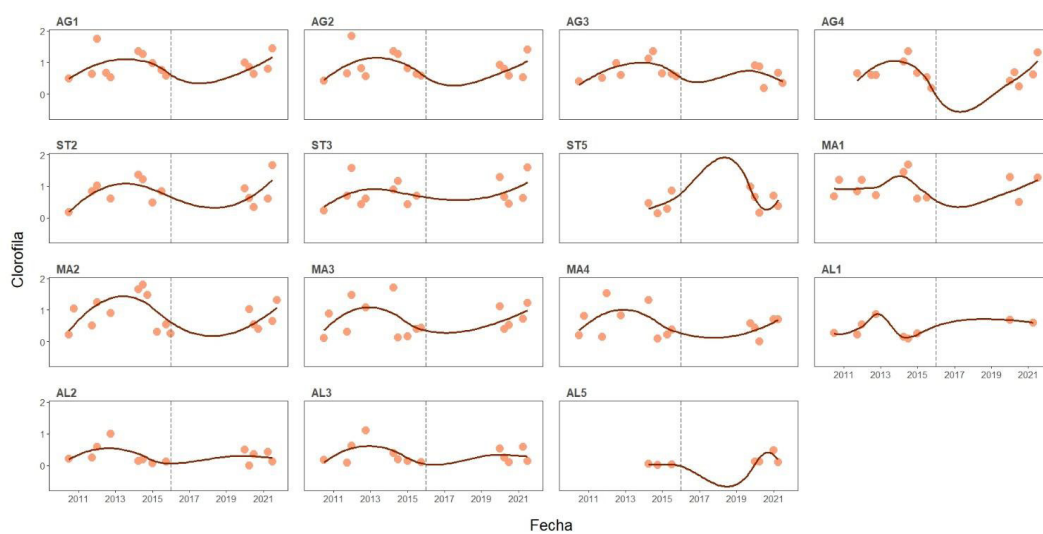


Figura 21. Concentración de clorofila ($\log, \text{mg}/\text{m}^3$) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán, medida mediante espectrofotometría.

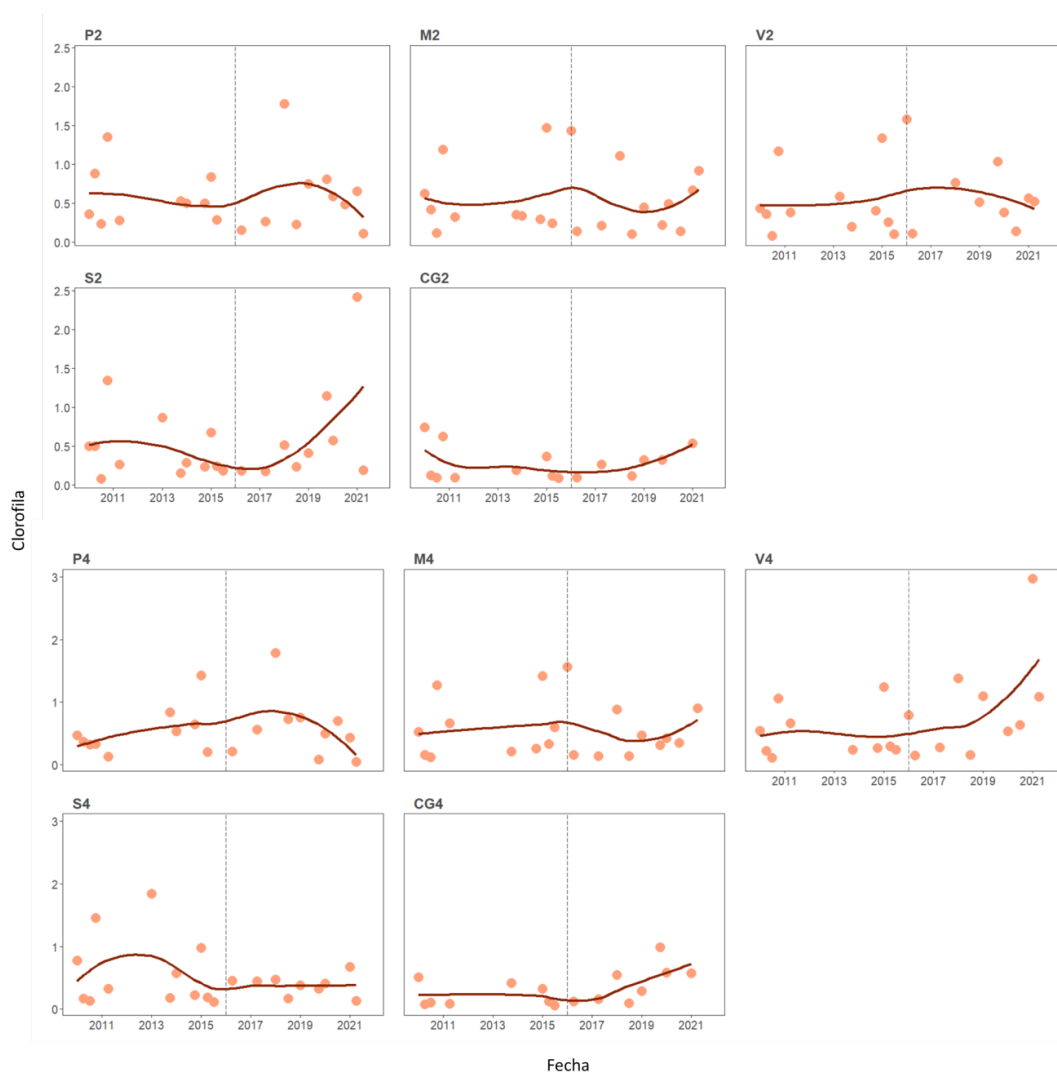


Figura 22. Concentración de clorofila ($\log, \text{mg}/\text{m}^3$) en las estaciones de la demarcación del Estrecho y Alborán, medida mediante fluorimetría.



EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ACIDIFICACIÓN



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

Los organismos planctónicos se caracterizan por su alta sensibilidad a las variaciones físico-químicas del entorno, y por tanto también responden a las variaciones derivadas del cambio climático y de la acidificación de los océanos. Además, su tiempo de generación es relativamente corto lo que permite la detección de variaciones en los hábitats pelágicos con mayor anticipación que en niveles tróficos superiores. Asimismo, el plancton constituye la base de la cadena trófica por lo que cambios en su composición y dinámica pueden afectar al funcionamiento del ecosistema. Esto convierte a los organismos planctónicos en indicadores de vigilancia del estado de los hábitats pelágicos.

Estudios recientes (Vargas-Yáñez et al., 2023), muestran la existencia de un aumento de la temperatura en las aguas de las capas intermedias y profundas en el Mediterráneo occidental. Para las aguas superficiales los análisis de series temporales de frecuencia mensual muestran un calentamiento de la capa superficial claro e intenso (a un ritmo superior a 2° C/100 años). En el presente ciclo no se han podido caracterizar efectos atribuibles al cambio climático, esto es debido a que las series temporales de datos de los indicadores basados en plancton son todavía cortas y no permiten vislumbrar cambios a largo plazo. Sin embargo, se ha documentado a nivel global y en esta demarcación cambios en las comunidades planctónicas debidos al cambio climático, principalmente en respuesta al aumento de la temperatura (Ratnarajah et al., 2023). Por ejemplo, en las dos últimas décadas se ha detectado una disminución del 10-20 % en la clorofila superficial de las demarcaciones mediterráneas (Gómez-Jakobsen et al., 2022), que estaría ocasionada por un aumento de la temperatura superficial, que aumenta la estratificación y reduce la fertilización de las capas superiores mediante mezcla vertical, y por cambios locales en la circulación atmosférica que reduce la frecuencia de los episodios de afloramiento producidos por vientos de poniente en la zona oeste de la demarcación del Estrecho y Alborán. Así mismo, en la bahía de Málaga se detectaron cambios en la composición de las comunidades de mesozooplancton, donde se observa un aumento de la abundancia relativa de cladóceros en otoño al comparar el periodo 2010-2020 con 1992-2000 (Yebra et al., 2022). Este incremento es debido a la preferencia de los cladóceros por las aguas cálidas típicas del verano que, debido al aumento de temperatura en verano y otoño, favorece la dominancia de los cladóceros con respecto a los copépodos. De igual modo, las altas temperaturas registradas en verano en la última década están propiciando una mayor intensidad de las floraciones masivas de plancton gelatinoso (doliólidos y salpas), que llegan a nuestras playas en forma de arribazones. Recientemente, en un estudio que abarca el periodo 2007-2017, se ha observado un aumento significativo en la abundancia de los moluscos pterópodos en la costa norte de Alborán, entre la bahía de Málaga y cabo de Gata (Fernández-De Puellas et al., 2023), sugiriendo que no hay impacto de acidificación en el zooplancton de la demarcación.

La alta variabilidad natural en las aguas superficiales unida a la longitud reducida de las series de datos temporales tiene como resultado la ausencia de tendencias significativas en el análisis de la mayoría de indicadores, por lo que es necesario continuar con la monitorización de nuestros mares.



REFERENCIAS



7. Referencias

Fernández de Puelles ML, Gazá M, Cabanellas-Reboredo M, O'Brien TD (2023) Decadal trends in the zooplankton community of the western Mediterranean. *Water* 15: 4267. <https://doi.org/10.3390/w15244267>

Gómez-Jakobsen F, I Ferrera, L Yebra, JM Mercado (2022) Two decades of satellite surface chlorophyll-a concentration (1998-2019) in the Spanish Mediterranean marine waters (Western Mediterranean Sea): Trends, phenology and eutrophication assessment. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 28: 100855. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100855>

Ratnarajah L, R Abu-Alhaija, A Atkinson, S Batten, NJ Bax, KS Bernard, G Canonico, A Cornils, JD Everett, M Grigoratou, NH Ahmad Ishak, D Johns, F Lombard, E Muxagata, C Ostle, S Pitois, AJ Richardson, K Schmidt, L Stemmann, KM Swadling, G Yang, L Yebra (2023). Monitoring and modelling marine zooplankton in a changing climate. *Nature Communications* 14: 564. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36241-5>

Vargas-Yáñez M, Moya F, Serra M, Juza M, Jordà G, Ballesteros E, Alonso C, Pascual J, Salat J, Moltó V, Tel E, Balbín R, Santiago R, Piñeiro S and García-Martínez MC (2023) Observations in the Spanish Mediterranean Waters: A Review and Update of Results of 30-Year Monitoring. *Journal of Marine Science and Engineering* 11: 1284. <https://doi.org/10.3390/jmse11071284>

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. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102782>

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos