# EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM ESTRECHO Y ALBORÁN

## TERCER CICLO ESTRATEGIAS MARINAS

# DESCRIPTOR 5

## EUTROFIZACIÓN



Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

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

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

ESTRATEGIAS MARINAS
Protegiendo el mar para todos

**MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA**

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 (MITECO). Madrid 2019.

**NIPO:** 638-19-082-7

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)**

- Jesús Mercado Carmona
- María Teresa Camarena Gómez
- Miriam Domínguez Rodríguez
- Isabel Ferrera Ceada
- Candela García Gómez
- Francisco Gómez Jakobsen
- Antonio Sánchez Sánchez
- Nerea Valcárcel Pérez

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

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

**COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)**

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





# ÍNDICE

AUTORES DEL DOCUMENTO 3
1. DESCRIPTOR 5. EUTROFIZACIÓN 5
2. DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL (BEA) 12
2.1 DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL A NIVEL DE CRITERIO 12
2.2 DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL A NIVEL DE DESCRIPTOR 13
3. CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR 18
4. EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE LA DEMARCACIÓN MARINA 22
5. EVALUACIÓN POR CRITERIOS, CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS 27
5.1 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C1 27
5.2 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C2 42
5.3 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C3 48
5.4 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C4 56
5.5 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C5 62
6. REFERENCIAS 67

01



# INTRODUCCIÓN

revelaron que cada una de estas áreas presentaron también diferencias significativas en concentración de nutrientes, lo que indicó que son expresión de los principales mecanismos subyacentes que determinan la productividad en la demarcación. Las zonas con productividad contrastante obtenidas en ese análisis fueron utilizadas para delimitar unidades marinas de evaluación (MRUs) lo más coherentes posible con esta variabilidad natural. Estas zonas de productividad contrastante fueron utilizadas como criterio de agregación espacial de los datos y para el establecimiento de valores umbral (VU). Así mismo, sirvieron de guía para el diseño de los programas de seguimiento. En la segunda evaluación inicial de las estrategias marinas y en respuesta a la necesidad de introducir la escala espacial de la DMA, se proyectaron espacialmente las masas de agua de la DMA en las MRUs obtenidas por análisis de las imágenes de satélite, lo que permitió agregar los datos generados en aplicación de la DMA conforme a un criterio basado en el ciclo anual de productividad promedio en la demarcación. No obstante, se optó por evaluar independientemente las aguas de la DMA agrupadas conforme a la distribución de las MRUs y el resto de las aguas de la DMESAL.

Previa a esta tercera evaluación inicial, se ha llevado a cabo una nueva recopilación de imágenes de satélite de clorofila que ha permitido obtener una serie temporal de 20 años con datos de entre 1998 y 2019 (por comparación, la serie utilizada en la primera evaluación inicial abarcó desde 1992 a 2002). Esta serie se analizó siguiendo el mismo procedimiento estadístico que se usó para la primera evaluación inicial, lo que nos permite reevaluar las MRUs establecidas inicialmente. Los resultados publicados en Gómez-Jakobsen et al. (2022) indican que la zonación resultante basada en datos de 1998-2019 es similar a la obtenida con los datos de 1992-2002 (Figura 1), lo que refuerza la validez de esta aproximación. Esta zonación es consecuencia principalmente de las diferencias entre las aguas del sector oeste y este. En el sector oeste, casi toda la zona costera es ocupada por el área ALBC1, excepto la zona del entorno del estrecho de Gibraltar donde se muestra la influencia del *jet* atlántico y su conexión con el giro anticiclónico (ALBO1). La zona ALBC1 se extiende aproximadamente hasta Motril; sin embargo, en la zona de plataforma entre el Estrecho y la bahía de Marbella el ciclo de productividad es algo diferente al obtenido en el entorno de la bahía de Málaga (áreas ALBP1 y ALBP2). Esta última área se extiende hasta Motril, donde la influencia de ALBP2 se manifiesta próxima a costa, ocupando parte de las aguas de la DMA. El resto de la mitad este de la DMESAL es ocupado por agua principalmente oceánica (ALBO2).

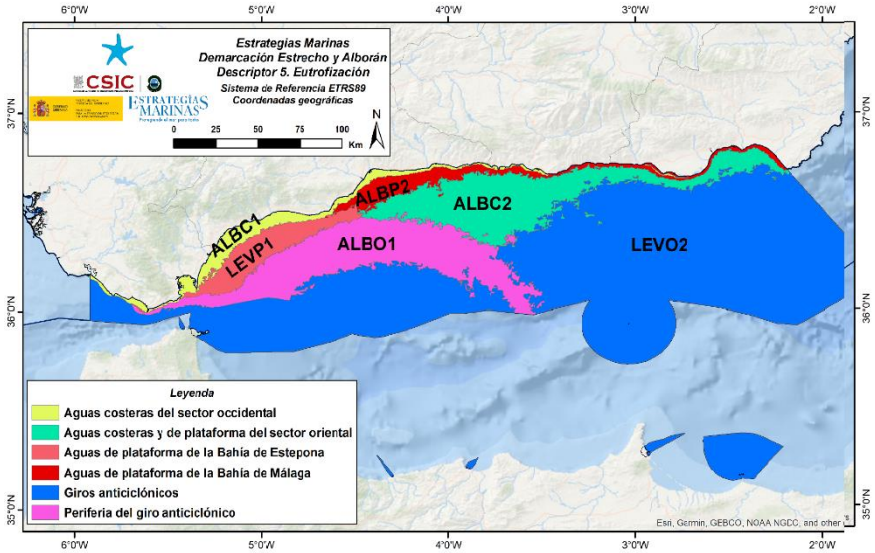
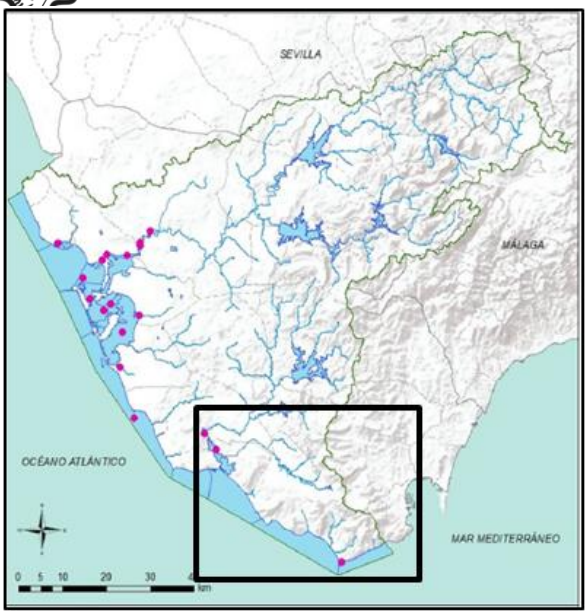



Figura 1. Unidades espaciales de evaluación (MRUs) utilizadas para la tercera evaluación inicial

Independientemente de la división de la demarcación entre zonas de productividad contrastante, en la Decisión 2017/848/UE se publicaron los criterios y normas metodológicas que han de guiar la evaluación de la eutrofización en la demarcación. En cuanto a la escala espacial de evaluación, señala que se han de tener en cuenta las "aguas costeras, con arreglo a la Directiva 2000/60/CE", con la finalidad de asegurar la coherencia entre las evaluaciones de los elementos de calidad analizados en esa Directiva y los criterios evaluados en la DMEM. Para el resto de la demarcación, propone utilizar criterios de agregación que se acuerden a nivel internacional, regional o subregional, aunque en caso de no haberlos, "los Estados miembros podrán utilizar los establecidos al nivel nacional, siempre y

cuando la cooperación regional prosiga en la forma prevista en los artículos 5 y 6 de la Directiva 2008/56/CE". En los trabajos de elaboración del *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo (en adelante QSRMED; UNEP/MAP 2024) realizados por UNEP/MAP en el marco del Convenio de Barcelona, el Mediterráneo se dividió en varias subregiones que a su vez fueron divididas en varias subdivisiones. El mar de Alborán fue una de estas subdivisiones en la subregión del Mediterráneo oeste. Para la evaluación del CI14 (clorofila) éste se dividió a su vez en aguas costeras y oceánicas (hasta 20 km de distancia desde la costa). Las aguas costeras fueron subdivididas según la distribución de las masas de agua de la DMA. Las aguas oceánicas se agruparon en dos zonas, situadas al este y al oeste de Motril (ESPWOW y ESPEOW), aunque en el texto se describieron también las MRUs utilizadas en la segunda evaluación inicial de las estrategias marinas.

A nivel nacional, las masas de agua costeras se agrupan según la cuenca hidrográfica de influencia. Su evaluación, en el marco de la DMA, se realiza en el contexto de los planes hidrológicos de la demarcación hidrográfica (DH) correspondiente. En DMESAL, las aguas costeras están comprendidas dentro de las DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (DHCMA), del Guadalete y Barbate (DHGB; Figura 2), de Melilla y de Ceuta. El listado de masas de agua costera, así como su tipología, según consta en las respectivas memorias de los planes hidrológicos para el ciclo de planificación hidrológica 2022/2027 (Real Decreto 817/2015), se especifican en la Tabla 1 (debe notarse que las clasificadas como *muy modificadas* no han sido consideradas en esta evaluación). Según la citada tipología, las tres masas de agua costera de la DHGB corresponden a aguas atlánticas influenciadas por aguas mediterráneas (AC-T20). Dentro de la DHCMA, la zona costera es ocupada por aguas mediterráneas influenciadas por agua atlántica (AC-T10); las aguas de Melilla están clasificadas en la tipología AC-T08 (aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, profundas rocosas).



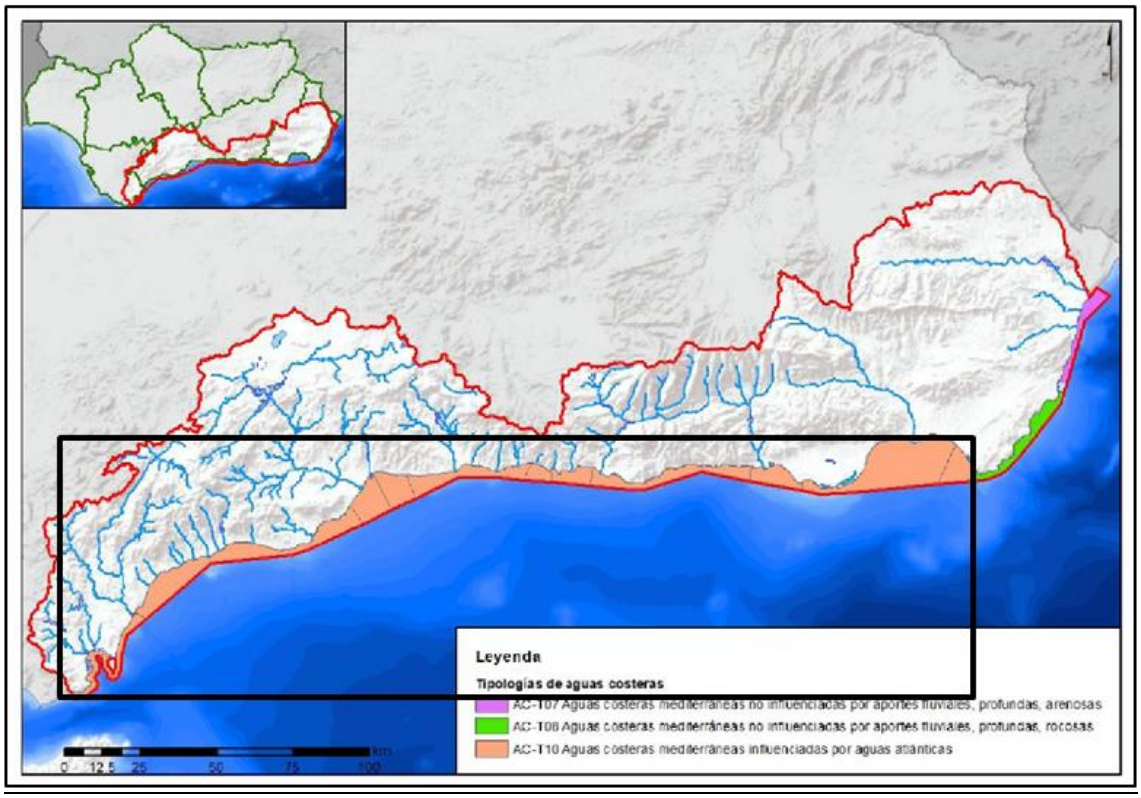




Figura 2. Masas de agua costera de la DMA según información recogida en los documentos de planificación hidrológica (tercer ciclo) de la demarcación del Guadalete y Barbate (DHGB) y de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (DHCMA). Los recuadros negros indican las masas de agua que se incluyen en la DMESAL. Los mapas han sido tomados de los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica.

| Masa de agua | Extensión (km²) | Tipología | MRU |
|---|---|---|---|
| Natural. Marismas de Barbate-C. de Gracia | 70,14 | AC-T20* | ALBC1 |
| Cabo de Gracia-P. de Tarifa | 77,75 | AC-T20 | ALBC1 |
| Punta de Tarifa-D. ecorregiones Atlántica-Mediterránea | 30,7 | AC-T20 | ALBO1 |
| División ecorregiones atlánticas-Punta del Carnero | 19,4 | AC-T10** | ALBO1 |
| Punta del Carnero-Desembocadura del Getares | 7,8 | AC-T10 | ALBC1 |
| Desembocadura del Getares-Límite PN de los Alcornocales | 15,6 | AC-T10 | ALBC1 |
| Límite PN de los Alcornocales-Muelle de Campamento | 6,47 | AC-T10 | ALBC1 |
| Muelle de Campamento-Aeropuerto de Gibraltar | 17,52 | AC-T10 | ALBC1 |
| Gibraltar-Desembocadura del Guadiaro | 52,91 | AC-T10 | ALBC1 |
| Desembocadura del Guadiaro-Punta de Calaburra | 301,60 | AC-T10 | ALBC1 |
| Punta de Calaburra-Torremolinos | 95,48 | AC-T10 | ALBC1 |
| Torremolinos-Puerto de Málaga | 114,51 | AC-T10 | ALBC1 |
| Puerto de Málaga-Rincón de la Victoria | 100,91 | AC-T10 | ALBC1 |
| Rincón de la Victoria-Límite PN de Acantilados de Maro | 157,73 | AC-T10 | ALBC1 |
| Ámbio del PN Acantilados de Maro | 39,1 | AC-T10 | ALBC1 |
| Límite del PN Acantilados de Maro-Salobreña | 65,13 | AC-T10 | ALBP2 |
| Salobreña-Calahonda | 63,12 | AC-T10 | ALBP2 |
| Calahonda-Puerto de Adra | 121,84 | AC-T10 | ALBP2 |
| Puerto de Adra-Guardias Viejas | 88,04 | AC-T10 | ALBP2 |
| Guardias Viejas-Rambla de Morales | 478,57 | AC-T10 | ALBC2 |
| Rambla de Morales-Cabo de Gata | 89,96 | AC-T10 | ALBC2 |
| Bahía Norte | 25,06 | AC-T10 | ALBO2 |
| Bahía Sur | 14,40 | AC-T10 | ALBO2 |
| Aguadú-Horcas Coloradas | 4,72 | AC-T08*** | ALBO2 |
| Horcas Colordas-Cabo Trapana | 3,78 | AC-T08 | ALBO2 |

Tabla 1. Masas de agua costera de la Demarcación Hidrográfica de Guadalete-Barbate (filas con fondo marrón), Demarcación Hidrológica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (fondo verde), Demarcación de Ceuta (filas de fondo naranja) y Demarcación de Melilla (filas de fondo gris). La columna *Tipología* indica su clasificación según los tipos recogidos en la Decisión 817/2015, tal como se detalla en los documentos de Planificación Hidrológica. MRU es la unidad marina a la que se ha adscrito la masa de agua de acuerdo con el análisis espacial que se describe a continuación. *AC-T20: Aguas costeras atlánticas influenciadas por aguas mediterráneas. **AC-T10: Aguas costeras mediterráneas influenciadas por aguas atlánticas. ***AC-T08: Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, profundas rocosas

La comparación de la zonación basada en el análisis de la serie temporal de clorofila (Figura 1) con la distribución de masas de agua costera de la DMA (Figura 2) y su tipología (Tabla 1), evidencia que las masas de agua de la DMA solapan con diferentes áreas de productividad, lo cual es por otro lado esperable dado que la tipología de las masas de agua de la DMA está basada únicamente en un criterio hidrológico mientras que el establecimiento de las áreas de la DMEM se basa en el ciclo anual de productividad. Con el fin de que la evaluación de la DMESAL esté fundamentada principalmente en criterios relacionados con los mecanismos que determinan la distribución de la productividad, en la tercera evaluación inicial se ha optado por usar las áreas de productividad contrastante como MRUs, siguiendo por otro lado lo realizado en las dos anteriores evaluaciones. Para integrar la escala espacial de la DMA dentro de este esquema, cada una de las masas de agua de la DMA se ha proyectado sobre el mapa de distribución de las MRUs con el fin de asignarlas a una unidad determinada. Dado que algunas masas de agua solapan con más de una MRU, se ha optado por asignarla a la unidad con la que solapa en un porcentaje mayor. El resultado de la distribución de las masas de agua entre las MRUs se muestra en la Tabla 1. Sólo en tres MRUs las masas de agua costera ocupan más del 1 % (Tabla 2; ALBC1, ALBC2 y ALBP2). En conjunto, estas tres MRUs incluyen aproximadamente el 80 % de las masas de agua de la DMA que a su vez ocupan un 3 % de la DMESAL.

| MRUs | Denominación | km² | DMA |
|---|---|---|---|
| ALBC1 | Aguas costeras del sector occidental | 895 (3,5%) | 79,7% |
| ALBC2 | Aguas costeras y de plataforma del sector oriental | 3412 (13,5%) | 14,3% |
| ALBP1 | Aguas de plataforma de la Bahía de Estepona | 1032 (4,1%) | 1,2% |
| ALBP2 | Aguas de plataforma de la Bahía de Málaga | 1002 (4,0'%) | 62,9% |
| ALBO1 | Periferia del giro anticiclónico | 3684 (14,6%) | 0,96% |
| ALBO2 | Giros anticiclónicos | 15196 (60,2%) | 0,93% |

Tabla 2. Unidades marinas de evaluación (MRUs) identificadas a partir del análisis de las imágenes de satélite de clorofila *a*. Se indica su extensión en km$^2$ (entre paréntesis el porcentaje de superficie que representa con relación al total de la DMESAL) y el porcentaje de estas que es ocupado por masas de agua de la DMA.

02



# DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL

# 2. DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL (BEA)

## 2.1 DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL A NIVEL DE CRITERIO

Se indica a continuación la definición del BEA para cada uno de los criterios recogida en la Decisión 2017/848/UE (entre comillas) y cómo ha sido interpretado en función de los datos e información disponible en este tercer ciclo.

| Criterio | Definición de la decisión | Definición adoptada |
|---|---|---|
| D5C1 | Las concentraciones de nutrientes no se encuentran en niveles que indiquen efectos adversos de eutrofización | El índice de calidad ambiental (EQR, *environmental quality ratio*) calculado como la razón del VU y la concentración promediada del periodo es mayor o igual a 1 para todos los elementos evaluados |
| D5C2 | Las concentraciones de clorofila-a no se encuentran en niveles que indiquen efectos adversos producidos por un exceso de nutrientes | El EQR calculado como la razón del VU y el percentil 90 de la concentración de clorofila en el periodo evaluado es mayor o igual a 1 |
| D5C3 | El número, la extensión espacial y la duración de las floraciones de algas nocivas no se encuentran a niveles que indiquen efectos adversos producidos por un exceso de nutrientes | No se detecta un aumento significativo durante el periodo de evaluación en la frecuencia de aparición y abundancia de los principales grupos taxonómicos productores de toxinas. |
| D5C4 | El límite fótico (transparencia) de la columna de agua no se reduce, debido a un aumento de las algas en suspensión, a un nivel que indique efectos adversos producidos por el exceso de nutrientes | El porcentaje de valores de transparencia registrados que indican que el límite fótico se sitúa por encima del fondo en las estaciones cuya batimetría podría permitir el desarrollo de comunidades de macrófitos es inferior al 10 % y no se encuentra una tendencia decreciente significativa en el límite fótico |
| D5C5 | La concentración de oxígeno disuelto no se reduce, debido a un exceso de nutrientes, a niveles que indiquen efectos adversos en los hábitats bentónicos (incluidas la biota y las especies móviles asociadas) u otros efectos de eutrofización | El EQR calculado dividiendo el percentil 10 de las concentraciones de oxígeno del periodo evaluado por el VU (6 mg $L^{-1}$) es mayor o igual a 1 |
| D5C6 | La abundancia de macroalgas oportunistas no se encuentra a niveles que indiquen efectos adversos producidos por el exceso de nutrientes | Puesto que la abundancia de macroalgas oportunistas será evaluada en el marco de otros descriptores, se remite a los mismos para una definición del BEA |
| D5C7 | La composición de las especies y la abundancia relativa o la distribución por profundidades de las comunidades de macrófitos alcanzan valores que indican que no se dan efectos adversos producidos por enriquecimiento de nutrientes y materia orgánica | Al igual que el criterio D5C6, esté criterio será evaluado en el marco de otros descriptores, se remite a los mismos para una definición del BEA |
| D5C8 | La composición de las especies y la abundancia relativa de las comunidades de macrofauna alcanzan valores que indican que no se dan efectos adversos producidos por un enriquecimiento de nutrientes y materia orgánica | No se dispone de datos para evaluar este criterio y proporcionar un valor de BEA. No obstante, se tendrá en cuenta lo reportado en el tercer ciclo de planificación hidrológica en el que se evaluó el índice BOPA |

Tabla 3. Definición del buen estado ambiental a nivel de criterio para el descriptor D5.

## 2.2 DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL A NIVEL DE DESCRIPTOR

Reglas de agregación

En el QSRMED se propuso el uso del índice TRIX o la herramienta NEAT para la evaluación integrada de los elementos que configuran los indicadores D5C1 y D5C2 de la Decisión 2017/848/CE. Sin embargo, para la región del Mediterráneo oeste (que incluye la DMESAL) no se utilizó ningún método de integración (entre otros motivos porque sólo se evaluó el D5C2). Tampoco hay un método de integración de los indicadores de eutrofización acordado en el marco del Convenio de Barcelona para la subregión del Mediterráneo oeste.

Por otro lado, en la Decisión 2017/848/CE se propone agrupar los indicadores del D5 en nutrientes, indicadores de efectos directos e indicadores de efectos indirectos, pero no establece normas para integrar el resultado de los elementos y parámetros evaluados dentro de cada grupo. Esta situación es similar a la encontrada en la segunda evaluación inicial, lo que en ese momento nos llevó a usar las reglas de integración de elementos del indicador y de los propios indicadores del procedimiento común de evaluación de la eutrofización de OSPAR. En la tercera evaluación inicial, optamos por seguir también estas reglas de integración que fueron revisadas en 2022 (COMP4; Figura 3). El COMP4 establece dos tipos de áreas, *áreas sin problemas de eutrofización* y *áreas con problemas de eutrofización* que asumiremos equivalentes a áreas en BEA y no BEA, respectivamente. En la tercera evaluación proponemos usar los elementos evaluados cuantitativamente dentro de cada categoría de criterios para determinar su estado, mientras que los elementos o parámetros para los que no se cuenta con un VU que permita un análisis cuantitativo serán utilizados como información complementaria.

La evaluación de todos los elementos del criterio D5C1 (categoría I del COMP4; nutrientes) nos permitirá concluir si la MRU está o no afectada por exceso de nutrientes. Para esto, tanto el DIN como el DIP deben encontrarse a concentraciones por debajo de los respectivos VU en el periodo analizado (según procedimiento que se detalla a continuación).

Definición de BEA a nivel de criterio: Se considerará que el criterio está en BEA cuando todos los elementos y/o parámetros evaluados cuantitativamente se encuentren por debajo del VU (regla *One Out all Out*).

Puesto que no disponemos de VU para TN y TP, estos elementos no determinarán el estado ambiental de la MRU, pero sí se tendrán en cuenta de manera que tendencias positivas llevarán a marcar el criterio para indicar que deben obtenerse más datos de estos elementos en los programas de seguimiento del siguiente ciclo y subrayar así que es necesario contar con un criterio cuantitativo (valor umbral) en la siguiente evaluación. La determinación de efectos directos e indirectos es llevada a cabo atendiendo también al resultado de la evaluación de los criterios valorados cuantitativamente (D5C2 y D5C5, respectivamente) y matizada según los resultados del resto de criterios (es decir, se significará que es necesario un especial seguimiento de los criterios secundarios de efectos directos, indirectos o ambos si los indicadores complementarios presentan un estado pobre, aun habiéndose determinado que el D5C2 y D5C5 están en BEA).

Una vez evaluados los tres grupos de criterios, se clasificará el estado de eutrofización de la MRUs de acuerdo con el siguiente esquema (Figura 4):

i) BEA: Áreas sin enriquecimiento de nutrientes donde no se detectan efectos directos ni indirectos

ii) BEA*: Áreas con concentraciones en exceso o con tendencias positivas significativas de algunos de los elementos y/o parámetros del D5C1, pero sin efectos directos ni indirectos, o bien áreas en las que

D5C2 y D5C5 se encuentran en BEA pero la información de los criterios no evaluados cuantitativamente aconseja un especial seguimiento en el próximo ciclo de evaluación

iii) no BEA: Áreas que muestran un grado incrementado de nutrientes acompañado de efectos directos y/o indirectos

iv) no BEA: áreas con efectos directos y/o indirectos, pero sin evidencia de exceso de nutrientes

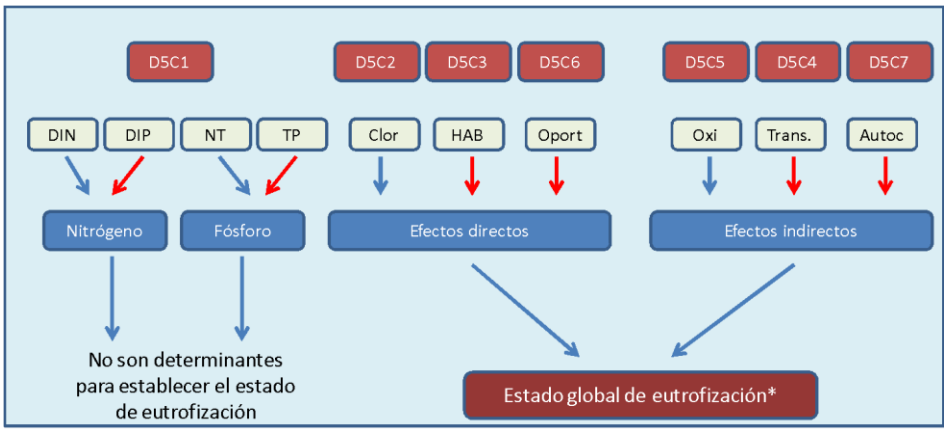



Figura 3. Esquema que ilustra la relación entre los criterios de la Decisión 2017/848/CE y su agrupación según las categorías de indicadores del COMP4 (OSPAR, 2023)




Figura 4. Clasificación de las MRUs de acuerdo con los resultados del análisis de los criterios y elementos de los criterios agrupados conforme al esquema del COMP4. Para los nutrientes las celdas sombreadas en gris indican que no contribuyen a la clasificación del MRU cuando se detectan efectos directos y/o indirectos.

A escala de demarcación, la Decisión 2017/848/UE establece también la necesidad de cuantificar el porcentaje de área que se encuentra en BEA así como cuál es la superficie mínima que debe encontrarse en BEA para establecer que la demarcación también lo está. Para calcular la superficie de la DMESAL en BEA tanto para el descriptor como para cada criterio, se ha tenido en cuenta la evaluación de cada MRU y la superficie que representa en el total de la demarcación. El umbral de porcentaje de área mínimo que debe estar en BEA para considerar que la DMESAL lo está se ha establecido en el 91% atendiendo a que las MRUs que incluyen aguas costeras de la DMA (que son las más susceptibles a la eutrofización) representan aproximadamente el 21% de la superficie (Tabla 2). De esta manera, un umbral del 91 % asegura que la DMESAL no será considerada en BEA si más de la mitad de la superficie ocupada por MRUs costeras no lo está.

El esquema propuesto para la evaluación global de la eutrofización en cada MRU es compatible con el método establecido en la DMA para evaluar el estado ecológico de las aguas costeras (Real Decreto 817/2015). Según el mismo, el estado es muy bueno o bueno cuando ninguno de los indicadores de calidad biológica (ECB en la Figura 5, que incluyen la clorofila, las comunidades de fitoplancton y las comunidades bentónicas, esto es, los criterios agrupados como efectos directos e indirectos) se desvían sustancialmente respecto a las condiciones de referencia y tampoco lo hacen los indicadores de calidad químicos y físico-químicos (Q/FQ, que incluyen nutrientes y oxígeno entre otros). En la DMA se consideran también los indicadores hidromorfológicos (HMF) para establecer el estado muy bueno o bueno, pero estos no influyen en la determinación del estado cuando las desviaciones de uno de los indicadores biológicos y/o químicos/físico-químicos sean significativas respecto a las condiciones de referencia, en cuyo caso se establece que la masa de agua se encuentra en estado peor que bueno (moderado, deficiente o malo). Consecuentemente, una MRU que se encuentre en BEA debería presentar un estado ecológico muy bueno o bueno según el esquema de la DMA salvo que la MRU haya alcanzado el BEA, pero presente exceso de nutrientes que quedaría clasificada como en estado peor que bueno en la DMA. La MRU que no se encuentre en BEA quedaría en todo caso clasificada como con un estado ecológico peor que bueno en la DMA. Este esquema permite comparar directamente las evaluaciones de la DMA con la evaluación del D5, tal como establece la Decisión 2017/848/CE. No obstante, la equivalencia entre el BEA del D5 y la clasificación del estado ecológico de la DMA debería hacerse con precaución ya que en la determinación de este último se tienen en cuenta también elementos de calidad química que no son evaluados en el marco del D5. Además, la concentración de oxígeno que es evaluada en la DMEM como un elemento ligado a efectos indirectos (junto con las comunidades bentónicas), en la DMA se evalúa como un indicador de calidad físico-química.

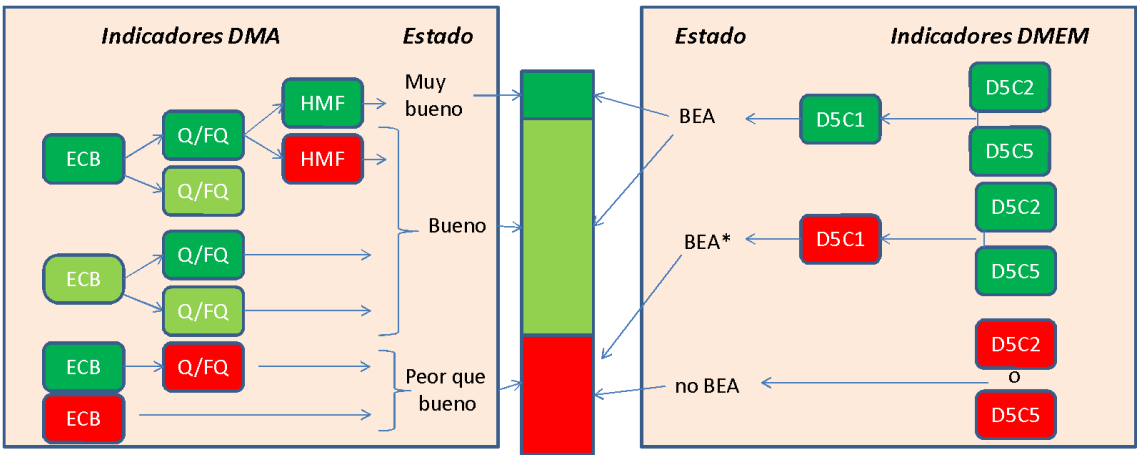



Figura 5. Esquema para la evaluación del estado ecológico de las aguas costeras basado en el Real Decreto 817/2015 (indicadores DMA) comparado con el esquema de integración de los indicadores para la evaluación del estado de eutrofización de cada MRU (indicadores DMEM). ECB: indicadores de calidad biológica; Q/FQ, indicadores de calidad química y físico-química; HMF, indicadores hidromorfológicos.

El esquema de evaluación propuesto para la tercera evaluación inicial es también compatible con las recomendaciones del Real Decreto 47/2022 sobre la *protección de las aguas por contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias*. La determinación del estado de eutrofización según este real decreto estará basada en dos criterios, nutrientes y fitoplancton. El criterio *nutrientes* incluye las formas de nitrógeno y fósforo inorgánico presentes en el agua, mientras que el criterio *fitoplancton* incluye el indicador clorofila, esto es, ambos criterios son equivalentes al D5C1 y D5C2, respectivamente. El Real Decreto propone clasificar un área como *no eutrófica* cuando los nutrientes y la clorofila no excedan los respectivos valores umbral; cuando sea sólo la clorofila o los nutrientes el indicador que los sobrepase, el área será calificada como *en riesgo de eutrofización*. El área se clasificará como *eutrófica* cuando ambos, clorofila y nutrientes, excedan los valores umbral. Consecuentemente, una MRU que no se encuentre en BEA podría ser calificada como eutrófica según

el Real Decreto 47/2022. Si el área se encuentra en BEA y no presenta exceso de nutrientes sería clasificada como no eutrófica. En el caso de que se encuentre en BEA pero presente exceso de nutrientes (esto es, BEA*), estaría en riesgo de eutrofización según el Real Decreto.

03



# CRITERIOS, CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR 5

# 3. CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR

Desde la publicación de la Directiva 2008/56/CE y de las primeras interpretaciones y recomendaciones para la evaluación de la eutrofización en el marco de esta (como por ejemplo las del grupo de trabajo sobre eutrofización de la UE en 2010; Ferreira, 2010), ha habido pocos cambios en el esquema conceptual del descriptor. Básicamente se asume que la eutrofización es un proceso producido por el enriquecimiento en nutrientes debido a actividades humanas que da lugar a un aumento de la concentración de clorofila y a cambios en las comunidades de fitoplancton (efectos directos) y que en fases avanzadas puede producir una disminución de la concentración de oxígeno y la transparencia, así como cambios en las comunidades bentónicas (efectos indirectos). El sistema de indicadores que emergió de esta definición fue ligeramente modificado por la Decisión 2017/848/UE, que definió como criterios primarios (esto es, aquellos cuya evaluación es obligatoria) el D5C1 (nutrientes), D5C2 (clorofila) y D5C5 (oxígeno en el fondo); y en zonas donde se detectaran problemas de eutrofización, se aconsejó la evaluación de criterios secundarios complementarios (que se listan en la Tabla 4). Este esquema de criterios no ha sido modificado con posterioridad, aunque sí se han publicado algunas recomendaciones por diferentes grupos de trabajo para guiar su evaluación y garantizar la coherencia en su aplicación entre los diferentes Estados miembros y con los convenios regionales. La Decisión 2017/848/UE definió también los elementos y parámetros que componen cada criterio, que en el caso del D5C1 incluye diferentes formas de nitrógeno y fósforo (nitrógeno inorgánico disuelto, nitrógeno total, fósforo inorgánico disuelto y fósforo total; DIN, TN, DIP y TP, respectivamente).

Siguiendo lo establecido en la Decisión 2017/848/UE, para todas las MRUs de la DMESAL se han evaluado los criterios primarios y dentro de estos, los elementos y parámetros para los que se dispone de datos (Tabla 4); algunos de los criterios secundarios (D5C3 y D5C4) sólo se han evaluado en las MRUs que incluyen las áreas costeras (ALBC1, ALBC2 y ALBP2). Los criterios secundarios relacionados con las comunidades bentónicas no se han evaluado puesto que serán analizados en el marco de otro descriptor; no obstante, se mencionan los resultados de esas evaluaciones como información complementaria a la evaluación del D5 (incluyendo no sólo la evaluación realizada dentro de esta tercera evaluación inicial de las estrategias marinas sino también las publicadas en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica).

Se indican a continuación algunas de las consideraciones principales que han guiado la evaluación de los criterios evaluados de acuerdo con lo recogido en la Decisión 2017/848/UE y a la información y datos disponibles:

Criterio D5C1. La definición del BEA en los términos de la Decisión 2017/848/UE implica que los nutrientes deben ser evaluados en función de su impacto sobre otros elementos del ecosistema (algunos definidos en el resto de criterios), lo cual a menudo es complejo dado que en general no se cuenta con información suficiente para determinar cuál es el límite de concentración de nutrientes a partir del cual cada uno de estos criterios responde negativamente en cada MRU. Por ello, la definición del BEA para el criterio D5C1 que se adoptó en la primera evaluación inicial se centró en determinar si la concentración de nutrientes sobrepasó las concentraciones esperables de acuerdo con las características hidrológicas de la MRU y con la variabilidad observada considerando todo el periodo de tiempo para el cual se dispuso de datos. En principio, desviaciones de la concentración en el periodo de evaluación más allá de lo esperado indicarían que los aportes terrestres impactan el balance de nutrientes. El problema pues en la definición del BEA para este criterio se trasladó a la definición de valores umbrales adecuados para cada elemento del criterio (en adelante valores umbral, VU) frente a los que comparar las concentraciones obtenidas en el periodo de evaluación.

Criterio D5C2. La Decisión 2017/848/UE incide en determinar el BEA para este criterio en función de la relación causa-efecto entre el exceso de nutrientes y el incremento en la productividad de la

columna de agua. No obstante, la evaluación de esta relación es compleja y requiere un buen conocimiento de la dinámica espacial y temporal tanto de los nutrientes como de la propia clorofila. Esto es especialmente difícil en el caso de la DMESAL porque la productividad está fuertemente condicionada por la circulación horizontal de las masas de agua y el impacto del régimen de vientos. Por esto, la definición del BEA para el criterio D5C2 que se adoptó en la primera evaluación inicial se centró en determinar si la concentración de clorofila sobrepasó en cada MRU las concentraciones esperables de acuerdo con sus características hidrológicas y con la variabilidad observada. Para esto se calcularon VU considerando todo el periodo de tiempo para el cual se dispuso de datos para cada MRU. En la segunda evaluación inicial, para las aguas costeras de la DMA se consideraron además como VU los publicados en los planes hidrológicos. En este tercer ciclo se ha adoptado una estrategia cuantitativa similar para la evaluación de este criterio.

Criterio D5C3. Es de suponer que este criterio alude únicamente a especies planctónicas y que el término floración de algas nocivas se refiere a los episodios de crecimiento masivo de ciertas especies que pueden derivar en la producción de toxinas. En medio marino estas floraciones son producidas principalmente por algunas especies de cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados y en general se considera que, si bien el exceso de nutrientes en la columna de agua es condición necesaria para que se produzcan, los mecanismos que los generan son poco conocidos. Este es el caso de la DMESAL donde la presencia de toxinas y/o de las especies que las producen, es un fenómeno recurrente cuya aparición (y extensión o duración) no es fácil relacionar directamente con episodios de contaminación por nutrientes. Por tanto, con el conocimiento actualmente disponible no es posible establecer una definición cuantitativa del BEA para este criterio basada en un VU. No obstante, atendiendo al hecho de que el aumento de la frecuencia de estos episodios se podría relacionar con una mayor disponibilidad de nutrientes, se propone evaluar la tendencia en la frecuencia de aparición y/o abundancia de los grupos de especies que más frecuentemente producen episodios de mareas rojas en la DMESAL.

Criterio D5C4. Los efectos adversos del exceso de nutrientes sobre la transparencia derivan indirectamente del posible aumento de la abundancia de fitoplancton y puede tener esencialmente dos consecuencias sobre los ecosistemas: (1) reducir la superficie ocupada por las comunidades de macrófitos al afectar negativamente a su crecimiento (al reducir la luz que llega al fondo); (2) aumentar la proporción de la columna de agua donde predominan los procesos de respiración, que consumen oxígeno. En relación con el primer efecto, la reducción de la transparencia puede dar lugar a cambios en el límite de distribución de las comunidades bentónicas desde costa hacia mar adentro, lo que en general viene marcado por la profundidad de la capa fótica o límite fótico (profundidad a la que llega el 1 % de la luz incidente en superficie). Dado que la batimetría determina la distribución de estas comunidades, el posible impacto de la reducción de la transparencia depende de la batimetría de la zona que se considere. Por tanto, no es posible establecer un valor del límite fótico común (VU) para toda la DMESAL sino que este debe variar según se trate o no de zonas que por su batimetría puedan albergar comunidades de macrófitos. Igual ocurre con el segundo efecto adverso, para el que no es posible determinar un VU común para toda la DMESAL, por lo que sólo puede ser valorado atendiendo a su tendencia en el periodo actual. A estas dificultades hay que unir el hecho de que la transparencia es afectada por la presencia de sustancias coloreadas disueltas y en suspensión cuya concentración en el agua no está necesariamente relacionada con el aumento de la biomasa de fitoplancton.

Criterio D5C5. El efecto del exceso de nutrientes sobre la concentración de oxígeno se produce de manera indirecta debido a que un aumento de la biomasa algal produce un aumento de la materia orgánica que tiende a acumularse en el fondo marino. En general, en la literatura científica se establece el umbral de 6 mg $L^{-1}$ como el límite de concentración por debajo del cual se pueden manifestar efectos negativos del déficit de oxígeno sobre la fauna bentónica. Por tanto, se cuenta con un VU indicador de efectos adversos que puede ser utilizado ampliamente. No obstante, la definición del BEA para este criterio requiere definir también para cada MRU con qué frecuencia es tolerable obtener registros por debajo de este umbral considerando el periodo de evaluación completo.

Valores umbral. Como se ha indicado anteriormente, para los elementos de los indicadores que se evalúan cuantitativamente (D5C1, D5C2 y D5C5) es necesario establecer valores umbral. En la primera evaluación inicial, los VUs utilizados fueron las concentraciones de referencia calculadas para cada MRU a partir de todos los datos que pudieron ser recopilados. En la segunda evaluación inicial, para las aguas costeras se consideraron además los umbrales utilizados para los mismos elementos en aplicación de la DMA para la definición del límite entre el estado bueno/moderado, que estuvieron en ese momento basados en la información publicada en los planes hidrológicos del segundo ciclo de planificación hidrológica. En esta tercera evaluación inicial se ha seguido el mismo criterio de manera que en las MRUs que no contienen significativamente masas de agua de la DMA (aquellas en las que estas últimas representan menos del 10 % del área, Tabla 2) se han usado los VUs calculados en la primera evaluación inicial o bien se han calculado nuevos valores si no se disponía de estos. En las MRUs que incluyen masas de agua de la DMA, se han usado los umbrales del límite de estado bueno/moderado recogidos en el Real Decreto 817/2015. Hay que notar que el caso de algunos parámetros del D5C1 (TN y TP) no se dispuso en la segunda evaluación de valores suficientes para definir un VU ni existían valores umbrales definidos en el marco de la DMA. En la presente evaluación nos encontramos en la misma situación. Por tanto, no es posible proveer una definición de BEA para estos elementos.

| Criterio | Elemento | MRUs | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ALBC1 | ALBC2 | ALBP1 | ALBP2 | ALBO1 | ALBO2 |
| D5C1 | DIP | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ |
| | DIN | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ |
| | TP | ☑ | ☑ | X | ☑ | X | X |
| | TN | ☑ | ☑ | X | ☑ | X | X |
| D5C2 | Chla | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ |
| D5C3 | HAB | ☑ | ☑ | X | ☑ | X | X |
| D5C4 | Límite fótico | ☑ | ☑ | X | ☑ | X | X |
| D5C5 | Oxígeno | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ | ☑ |
| D5C6 | Macroalgas oportunistas | X* | X* | X | X* | X | X |
| D5C7 | Macrófitas | X* | X* | X | X* | X | X |
| D5C8 | Macrofauna bentónica | X* | X* | X | X* | X | X |

Tabla 4. Elementos de los criterios del D5 que han sido evaluados en esta tercera evaluación inicial (☑**).** Se indican también los elementos que no han sido evaluados en el marco de este descriptor pero que sí son considerados en la evaluación del D5 por disponerse de evaluaciones realizadas en el marco de otros descriptores o de la DMA (**X***). Los elementos marcados con **X** no han sido considerados en la evaluación.

05



# EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA

# 4. EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE LA DEMARCACIÓN MARINA

**CONSECUCIÓN DEL BEA**

| | |
|---|---|
| Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización) | **91 %** |
| Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo | **100 %** |
| Resultado de la evaluación | Se alcanza el BEA en 2024 |
| Periodo de evaluación | 2016-2021 |

Tabla 5. Resultados de la evaluación general en la DMESAL para el descriptor 5.

Los resultados de la evaluación de la eutrofización de la DMESAL obtenidos aplicando el esquema de integración antes explicado se resumen en la Tabla 2 donde se muestra que todas las MRUs de la demarcación se encuentran en BEA. No obstante, en ALBP1 se encontró un exceso de amonio y en ALBC1, ALBC2 y ALBP2 las concentraciones de algunos nutrientes fueron significativamente más altas en el periodo evaluado que en el periodo previo. En conjunto por tanto la carga de nutrientes en la costa de la DMESAL es alta, aunque no se superan los valores umbral con el procedimiento de cálculo utilizado. En la anterior evaluación inicial se detectaron también concentraciones elevadas de nutrientes en las áreas costeras, situación que se mantiene en el periodo evaluado como indican las tendencias crecientes encontradas por comparación con 2011-2015 (Tabla 6). En general, estos resultados coinciden con los obtenidos a partir del análisis del estado ecológico de las aguas costeras de la DMA, recogidos en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica. De acuerdo con esta evaluación, basada en datos del periodo 2016-2019, hubo tres masas de agua de la DMA (localizadas en las MRUs ALBC1 y ALBP2) en las que se detectó un exceso de nutrientes. Esta situación es congruente con el hecho de que en más del 60 % de las masas de agua costera de la DMA las aguas residuales son una de las principales presiones.

El resultado de la evaluación de los indicadores de efectos directos no muestra una incidencia significativa del exceso de nutrientes sobre la producción primaria pelágica, coincidiendo también con los resultados de la evaluación de la DMA que indican que todas las masas de agua se encuentran en estado muy bueno o bueno con respecto a la clorofila. Tampoco se detectan efectos significativos sobre la concentración de oxígeno en la columna de agua ni sobre las comunidades bentónicas (esto último basado en la evaluación del indicador de la fauna bentónica de invertebrados [BOPA] contenida en los planes hidrológicos). No obstante, en dos MRUs (ALBC2 y ALBO2) las concentraciones de clorofila en el periodo de evaluación son mayores a las del periodo previo (2011-2015) lo cual puede ser debido (al menos en ALBC2) a las mayores concentraciones de nutrientes. Es importante señalar también el hecho de que el sector occidental de la DMESAL viene siendo afectado desde 2015 por la presencia del alga invasora *Rugulopterix okamurae*, (Altamirano-Jeschke et al. 2016; Figueroa et al. 2023) respecto a la que se tienen evidencias de que presenta una alta capacidad de asimilar nutrientes y de que, posiblemente, la alta disponibilidad de estos en algunas áreas haya contribuido a su capacidad expansiva en la DMESAL (Mercado et al. 2022). El estado ecológico de las comunidades de macroalgas y angiospermas no fue evaluado en el tercer ciclo de planificación hidrológica, por lo que no es posible relacionar directamente las tendencias positivas de los nutrientes encontradas en algunas áreas de la DMESAL con los posibles cambios en las comunidades de macrófitos, lo que constituye un aspecto que debería ser reforzado en el siguiente ciclo de aplicación de las EEMM. Por otro lado, la confianza estadística de la evaluación es en general aceptable para las MRUs costeras pero pobre para las MRUs que ocupan la parte oceánica de la DMESAL, por lo que se requiere un mayor esfuerzo en el seguimiento de estas áreas.

| Área evaluación | % de aguas nacionales | D5C1 | D5C2 | D5C3 | D5C4 | D5C5 | D5C6 | D5C7 | D5C8 | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ALBC1** | 7,6 | ↑ | | | | | | | | **BEA*** |
| **ALBC2** | 11,2 | ↑ | ↑ | | | | | | | **BEA*** |
| **ALBP1** | 5,9 | | | | | | | | | **BEA*** |
| **ALBP2** | 3,1 | ↑ | | | | | | | | **BEA*** |
| **ALBO1** | 22,2 | | | | | | | | | **BEA** |
| **ALBO2** | 49,9 | | ↑ | | | | | | | **BEA** |

Tabla 6. Resultados de la evaluación de los criterios para cada MRU. BEA indica Buen Estado Ambiental. El asterisco en la columna estado indica que existe algún elemento del criterio que requiere especial seguimiento por haberse encontrado tendencias positivas en el periodo actual.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (evaluación no concluyente); ■ No evaluado. ↑Tendencia creciente

| | Nutrientes | | | Efectos directos | | | Efectos indirectos | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1EI | 2EI | 3EI | 1EI | 2EI | 3EI | 1EI | 2EI | 3EI |
| **ALBC1** | | | | | | | | | |
| **ALBC2** | | | | | | | | | |
| **ALBP1** | | | | | | | | | |
| **ALBP2** | | | | | | | | | |
| **ALBO1** | | | | | | | | | |
| **ALBO2** | | | | | | | | | |

Tabla 7. Comparación de los resultados de la evaluación del D5 en las tres evaluaciones iniciales

## PRINCIPALES PRESIONES RELACIONADAS

| Presiones | Actividades |
|---|---|
| Aporte de nutrientes | Cultivo de especies vivas<br>Transporte<br>Usos urbanos e industriales<br>Reestructuración física de ríos, costa o fondos (gestión del agua) |
| Aporte de materia orgánica | |

Tabla 8. Principales actividades y presiones que afectan al descriptor 5.

En general, los aportes de nutrientes se clasifican según su origen en puntuales y difusos (Figura 6). La contaminación puntual se produce principalmente por los vertidos de aguas residuales e industriales, que en su mayoría (al menos los más significativos) son inventariados en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (REEFT). Los ríos representan también fuentes importantes de nutrientes, en especial cuando se encuentran a su vez afectados por contaminación. Entre las fuentes difusas se incluyen los lixiviados agrícolas y de granjas que alcanzan el medio marino por infiltración directa o por vía de las descargas de aguas subterráneas cuya importancia apenas si ha sido evaluada.

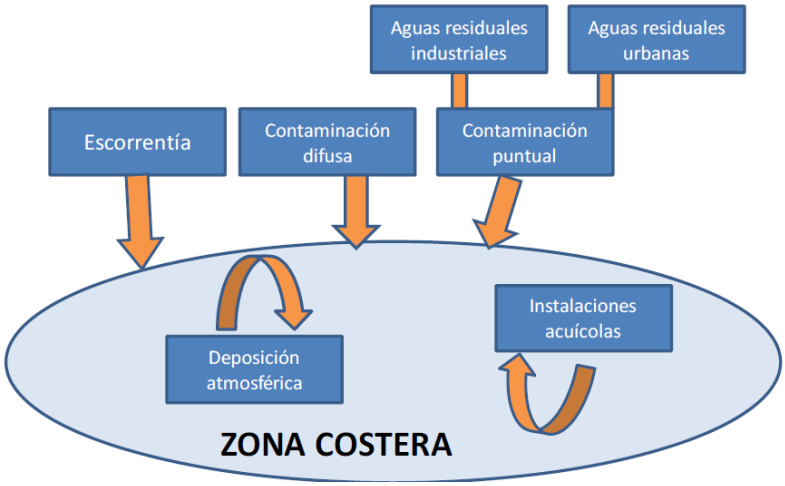



Figura 6. Esquema que ilustra las principales presiones que afectan al Descriptor 5

En conjunto, según datos del ciclo de planificación hidrológica 2015-2021 de la demarcación hidrológica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, en el periodo mencionado existían en la parte mediterránea de la DMESAL 89 puntos de vertidos puntuales (inventariados) de origen urbano de los que 73 eran de aguas residuales urbanas además de 25 instalaciones de acuicultura marina (principalmente sistemas de cultivos en la franja marítima, como bateas y *long-lines* para moluscos y jaulas para peces). Como consecuencia, en el mismo informe del plan hidrológico se estimó que aproximadamente un 33 % de las aguas costeras *sensu* Directiva Marco del Agua (Directiva 2006/60/CE; DMA) estaban afectadas por vertidos de estas fuentes. En conjunto, para el periodo 2011-2016, los vertidos de nitrógeno total (NT) inventariados en el PRTR (fuentes puntuales) variaron anualmente entre 6 y 10 kt y los de fósforo total entre 0,4-0,6 kt.

Los datos disponibles sobre la entrada de nutrientes desde ríos son más escasos. No obstante, el régimen de precipitaciones en la cuenca de Alborán se caracteriza por un período anual extremadamente seco (meses de junio a agosto) y un período húmedo que se extiende de octubre a mayo, por lo que el caudal de los ríos tiene un fuerte carácter estacional. Además, muchos de estos ríos están represados en su curso medio, reduciendo aún más el caudal descargado. A este patrón temporal hay que añadir las notables diferencias en las precipitaciones medias anuales entre la mitad occidental de la demarcación, mucho más húmeda, y el extremo oriental con un ombroclima seco o incluso semiárido. Por todo esto, el flujo vertido por ríos y arroyos es prácticamente nulo en el sector más oriental (provincia de Almería). En el sector occidental, el caudal de los ríos en su vertiente costera es fuertemente intermitente dependiendo del ciclo anual de precipitaciones. El más caudaloso es el Guadiaro, que vierte en el sector occidental de la provincia de Málaga donde destaca también el caudal medio relativamente elevado del Guadalhorce. En su conjunto, se calcula que las cargas de amonio procedentes de ríos en el periodo 2011-2016 variaron entre 0,4 y 1,4 kt/año. Para el nitrógeno en forma de nitrato, la tendencia en los aportes fue creciente durante ese periodo, con aproximadamente un aporte de 1,2 kt al año. En lo relativo al fósforo en forma de fosfato, el aporte total fue de 1 kt al año. Por tanto, el nitrógeno procedente de ríos representa aproximadamente un 10 % del N-total vertido por fuentes inventariadas, mientras que la cantidad de fósforo es aproximadamente de la misma magnitud que la procedente de vertidos puntuales.

No existen datos extensivos de la contaminación difusa que alcanza el medio marino en la DMESAL. En conjunto se estima que la agricultura aporta unas 4,47 kTn/año de N que afecta a un 8 % de las masas de aguas costera de la DMA. Se desconoce cuántos son los nutrientes aportados al mar por el agua que se infiltra de los acuíferos, aunque es realista suponer que deben ser una cantidad significativa dado que aproximadamente el 43 % de las masas de agua subterránea de la DHCM están afectadas por exceso de nutrientes. No se dispone tampoco de datos de deposición atmosférica de nitrógeno y fósforo para la demarcación. En su conjunto, según datos del plan hidrológico y

considerando todos los tipos de fuentes, el 83 % de las masas de agua litoral y de transición están afectadas por impactos significativos de nutrientes.

06



# EVALUACIÓN POR CRITERIOS, CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS

# 5. EVALUACIÓN POR CRITERIOS, CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS

## 5.1 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C1

### CONSECUCIÓN DEL BEA

| | |
|---|---|
| Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización) | **91 %** |
| Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo | **94 %** |
| Resultado de la evaluación | BEA no alcanzado en 2024 |
| Periodo de evaluación | 2016-2021 |

Tabla 9. Resultados de la evaluación del criterio D5C1 para la DMESAL.

### Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación

### Parámetros utilizados

Concentración de nitrato, nitrito, amonio, fosfato, nitrógeno total (TN) y fósforo total (TF)

### Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 10 se resumen los resultados de la evaluación de los diferentes elementos y parámetros que componen el criterio D5C1. Se incluye también el resultado de la comparación de las concentraciones obtenidas en 2016-2021 con las obtenidas en periodos anteriores de evaluación (Tabla 11). El resultado de la evaluación de los elementos y parámetros evaluados cuantitativamente (esto es, en base a un VU) se muestra en la Figura 7. El indicador D5C1 se encuentra en BEA en todas las MRUs excepto en ALBP1, donde se detecta un exceso de amonio. No obstante, en las MRUs que ocupan la mayor parte del área costera del sector occidental (ALBC1), se encuentran concentraciones de algunas formas de N y P mayores en el periodo de evaluación que en el periodo anterior. En las áreas costeras del sector oriental (ALBP2 y ALBC2), las concentraciones de TN y TP fueron también mayores en 2016-2021 en comparación con el periodo anterior de evaluación. Paradójicamente, en ALBP1 (la única MRU donde uno de los parámetros excede el VU) no se encuentran concentraciones elevadas de TN ni TP, aunque sí de nitrato. Hay que señalar que la confianza estadística de los resultados de la evaluación para los elementos y/o parámetros evaluados cuantitativamente fue alta en ALBC1 y aceptable en ALBP2, por lo que la evaluación de estas áreas puede considerarse suficientemente robusta. Sin embargo, la escasez de datos en el caso de la ALBP1 y ALBC2, y la poca cobertura espacial de los muestreos en comparación con el tamaño del área en ALBO1 y ALBO2, reducen la confianza estadística de la evaluación en estas zonas.

| Criterio D5C1 | Elemento | Parámetro | Estado | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ALBC1 | ALBC2 | ALBP1 | ALBP2 | ALBO1 | ALBO2 |
| | NID | Nitrato | ↑ | = | ↑ | = | = | = |
| | | Nitrito | ¿? | ¿? | | ¿? | | |
| | | Amonio | ↑ | ↓ | ↓ | = | = | = |
| | DIP | | ↑ | ↑ | = | ↓ | = | = |
| | TN | | ↑ | ↑ | = | ↑ | ¿? | ¿? |
| | TP | | ↑ | ↑ | = | ↑ | ¿? | ¿? |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Integ.** | **BEA*** | **BEA*** | **No BEA** | **BEA*** | **BEA** | **BEA** |

Tabla 10. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C1

Estado del parámetro: ■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ Evaluación no basada en VU; ■ No evaluado. ↑Tendencia creciente; ↓Tendencia decreciente; = sin tendencia; ¿? Tendencia no evaluada o desconocida. Estado del criterio (fila *Integ* que indica el resultado integrado de la evaluación del criterio): ■ en BEA; ■ no BEA; ■* en BEA pero es necesario realizar un seguimiento especial dado que se han encontrado concentraciones de algunos de los elementos y/o parámetros mayores significativamente en 2016-2021 que en periodos anteriores

| ELEMENTOS DEL D5C1 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | NID | | | DIP | | | TN | | | TP | | |
| | 1EI | 2EI | 3EI | 1EI | 2EI | 3EI | 1EI | 2EI | 3EI | 1EI | 2EI | 3EI |
| **ALBC1** | | | | | | | | | ↑ | | | ↑ |
| **ALBC2** | | | | | | | | | ↑ | | | ↑ |
| **ALBP1** | | | | | | | | | = | | | = |
| **ALBP2** | | | | | | | | | ↑ | | | ↑ |
| **ALBO1** | | | | | | | | | | | | |
| **ALBO2** | | | | | | | | | | | | |

Tabla 11. Comparación de los resultados de la evaluación de los elementos del criterio D5C1 en las tres evaluaciones iniciales. Códigos de colores como en la Tabla 10.

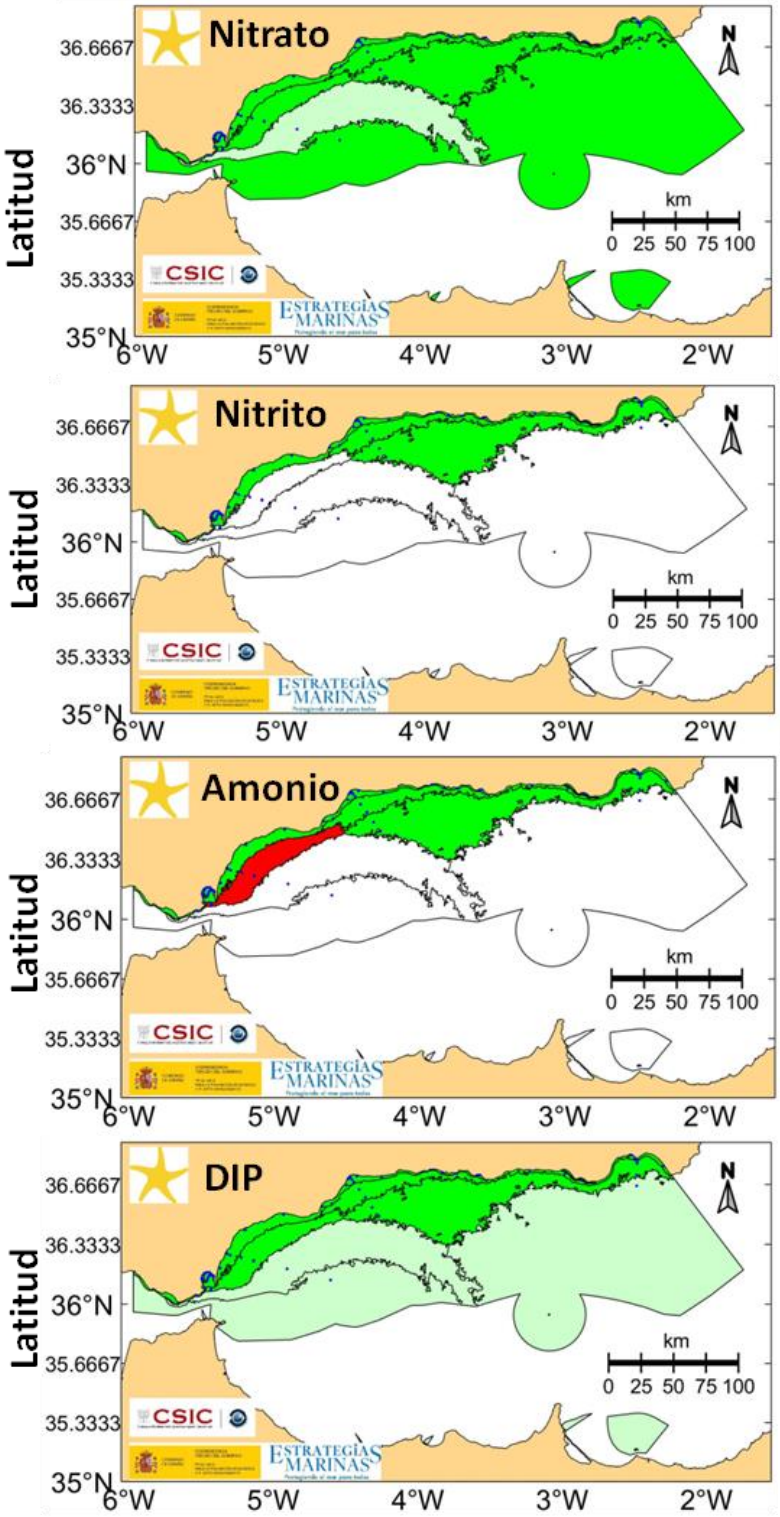



Figura 7**.** Resultados de la evaluación de los parámetros y elementos del D5C1 que se han evaluado por comparación con VUs. Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En verde se indican MRUs donde la concentración no excede los valores umbral (esto es, el EQR es mayor de 1; tonos más claros indican que la confianza estadística de la evaluación es pobre); en rojo, las MRUs afectadas de un exceso de concentración (EQR menor a 1); en blanco se dibujan las MRUs para las cuales no se ha dispuesto de datos suficientes para llevar a cabo la evaluación. Los puntos negros dentro de cada RMU indica la posición de las estaciones con datos de 2016-2021.

**Metodología de evaluación e indicadores relacionados**

1. Fuente de datos. Se recopilaron los datos georreferenciados de cada elemento o parámetro disponibles hasta 2021, incluyendo los que se obtuvieron para la primera y segunda evaluación inicial. Las principales fuentes de datos de nitrato, nitrito, amonio y fosfato han sido los programas de seguimiento de la eutrofización EUT1 y EUT2 (en adelante MEDPOL) y los programas de vigilancia y control de la DMA en las DHs (proporcionados por la Comunidad Autónoma de Andalucía). EUT1 y EUT2 se nutren principalmente de las campañas oceanográficas realizadas en el marco del programa de seguimiento de la eutrofización que realiza el IEO-CSIC por encargo del MITECO en el Mediterráneo español, basado en las recomendaciones del Convenio de Barcelona. Las concentraciones de nutrientes del programa MEDPOL fueron determinadas mediante autoanalizador de nutrientes siguiendo los métodos descritos en Ramírez et al. (2005). Los datos de la DMA fueron generados de acuerdo con las recomendaciones técnicas descritas en el Real Decreto 817/2015, a su vez basados en el anexo V de la DMA modificado a través de la Directiva 2014/101/UE de 30 de octubre de 2014. Todos los datos de TN y TP proceden de los programas EUT1 y EUT2 y se han obtenido siguiendo el método de digestión ácida de las muestras sin filtrar (Koreleff, 1983) y el posterior análisis del N y P mediante autoanalizador de flujo segmentado.

Una vez recopilados, cada registro fue asignado a una MRU en función de la localización de la estación en la que se originaron. Posteriormente, se seleccionaron los registros procedentes de muestras recogidas en la capa superficial de la columna de agua (de 0 a 25 m de profundidad). En la Figura 8 se muestra el porcentaje de registros de nitrato, nitrito, amonio y fosfato que proceden de los programas de seguimiento de la DMA y los del programa MEDPOL del IEO-MITECO. Los datos de la DMA han nutrido especialmente la base de datos para la evaluación de ALBC1 y ALBP2, donde de hecho constituyen más del 50 % de los registros disponibles. La evaluación de ALBC2, ALBP1, ALBO1 y ALBO2 está basada íntegramente en los datos del programa de seguimiento MEDPOL.

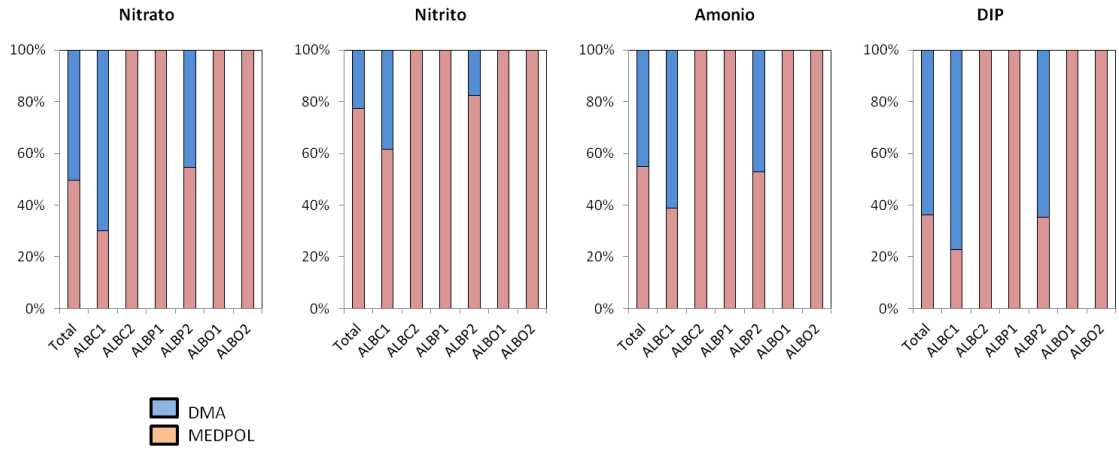



Figura 8. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de Barcelona (MEDPOL) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en las figuras 8-11.

2. Evaluación. Cada elemento o parámetro fue evaluado independientemente dentro del periodo de evaluación. Para esto, se calculó el promedio para todo el periodo (Figura 9). Este valor promedio fue comparado con el valor umbral, calculando un índice de calidad ambiental (*environmental quality ratio*, EQR) como la razón del VU y la concentración promediada del periodo. Valores de EQR menores de 1 fueron considerados indicativos de exceso de concentración del elemento o parámetro. Las MRUs en que EQR fue mayor de 1 se muestran en verde en la Figura 7.

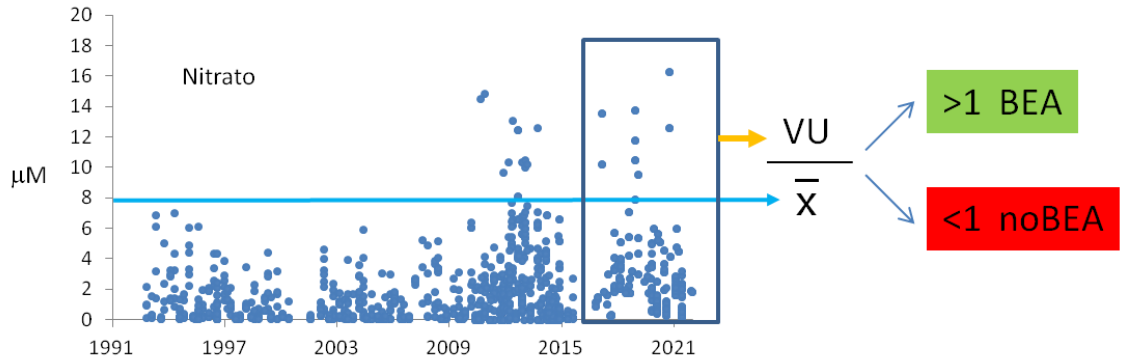



Figura 9. Esquema del procedimiento seguido para el cálculo del EQR para cada elemento y parámetro del DC51 evaluado cuantitativamente. VU representa el valor umbral y ẋ la media del periodo 2016-2021.

3. Confianza estadística de la evaluación. Con el fin de determinar la confianza estadística de los valores medios obtenidos para la evaluación de cada parámetro, se evaluó su representatividad espacial y temporal en el periodo 2016-2021. La confianza estadística temporal de la base de datos de cada MRU se evaluó determinando el número de meses en los que se dispuso de datos durante todo el periodo. Se consideró que en las MRUs en que los datos cubren al menos el 70 % de los meses, la confianza estadística temporal de los datos es buena; cuando este porcentaje estuvo comprendido entre el 30 y 70 %, se consideró que la confianza temporal era aceptable y pobre cuando el porcentaje de meses cubierto fue menor al 30 %. La confianza espacial se determinó analizando la distribución de las estaciones de muestreo de las que se dispuso de datos en el periodo de evaluación. Se determinó la superficie cubierta por el polígono formado por las estaciones de muestreo, que fue comparada con la superficie de la MRU. Cuando la superficie cubierta por las estaciones de muestreo fue mayor al 70 % de la superficie de la MRU se consideró que la representatividad espacial era alta; porcentajes de cobertura entre 70 y 30 se consideraron indicativos de representatividad espacial aceptable y porcentajes menores al 30 % indicativos de representatividad pobre.

La confianza estadística global de la evaluación en cada MRU se determinó combinando los resultados del análisis de confianza temporal y espacial, de manera que se determinó que esta viene dada por la menor confianza estadística de los dos criterios. Esto es, se concluyó que la confianza estadística es alta sólo cuando tanto la confianza temporal como la espacial lo fueron.

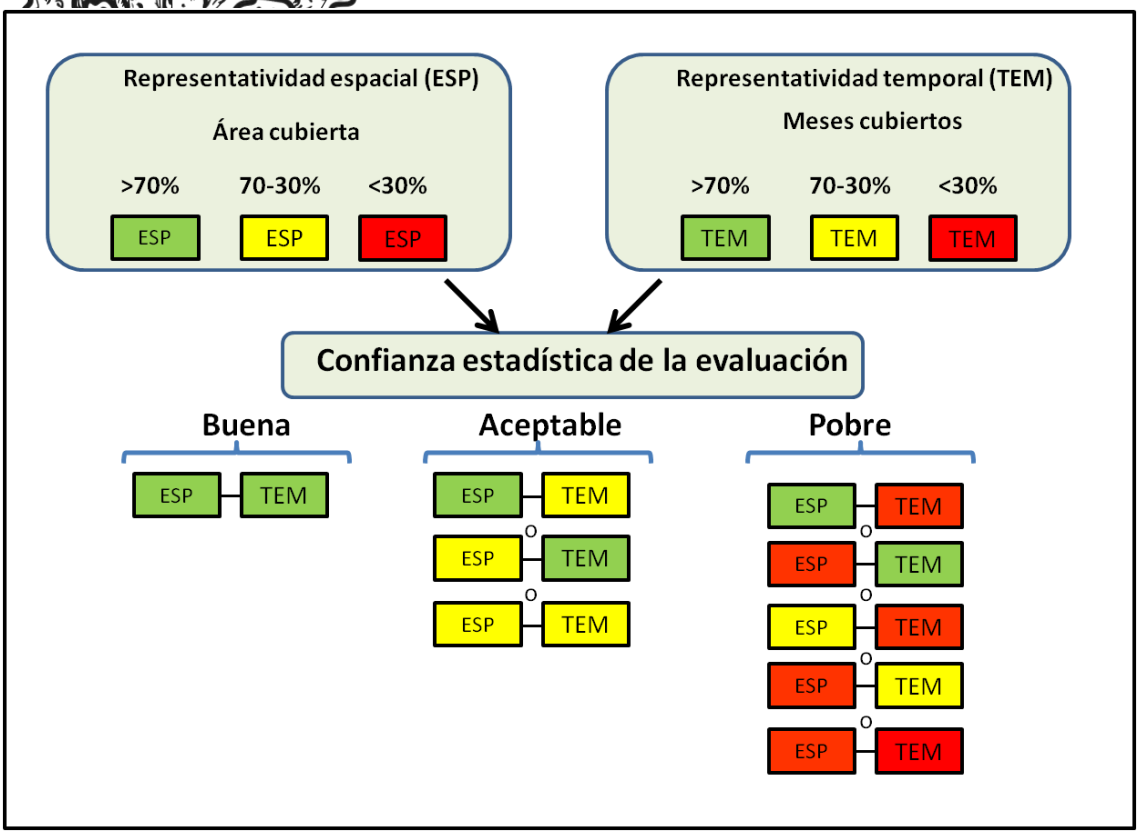



Figura 10. Esquema que ilustra el procedimiento y los criterios empleados para determinar la confianza estadística de la evaluación

En la Figura 11 se muestran los resultados del análisis de confianza estadística para los cuatro elementos y parámetros evaluados cuantitativamente. La confianza estadística fue alta en ALBC1 y aceptable en ALBP2; para las otras MRU fue pobre debido principalmente a que los datos no cubrieron adecuadamente toda la superficie (el caso de ALBO1 y ALBO2) o bien la cobertura temporal fue reducida (ALBP1 y ALBC2).

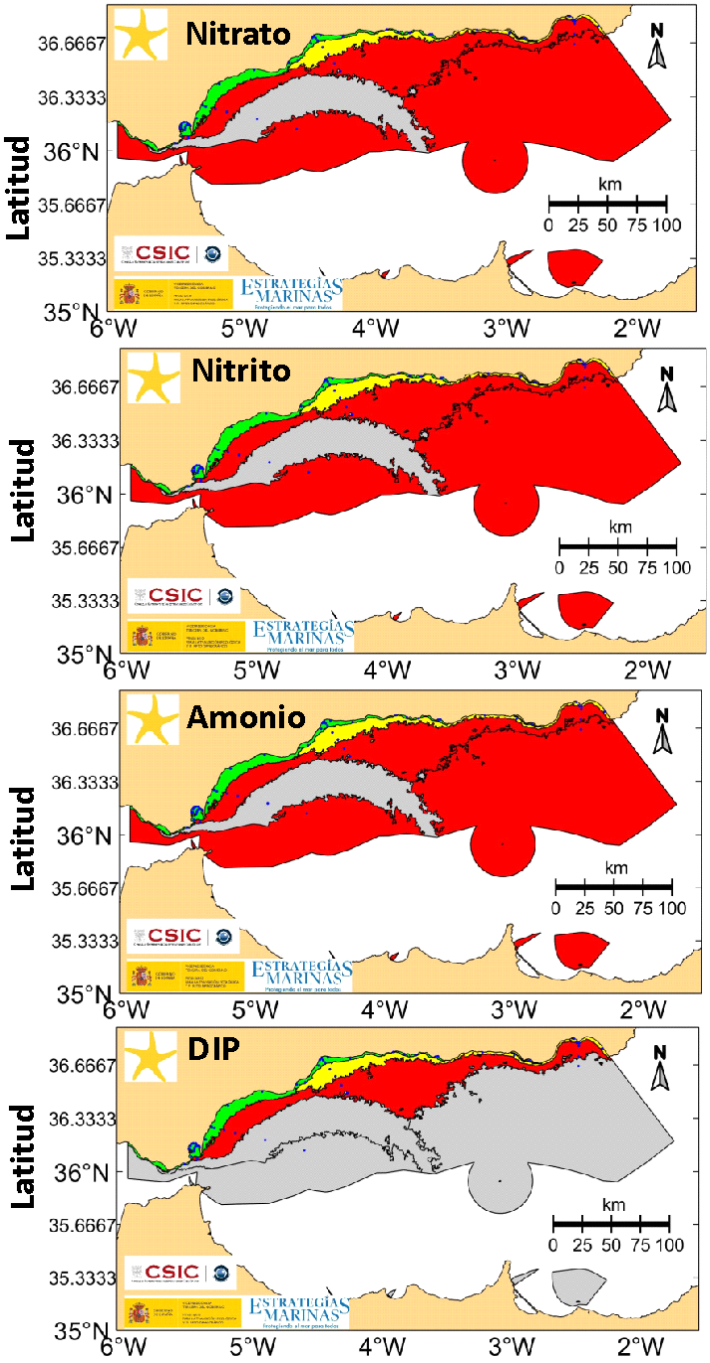



Figura 11. Representatividad de los datos de nutrientes recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo se indican MRUs para las que los datos tienen baja representatividad espacial y/o temporal y por tanto la confianza estadística de la evaluación es pobre; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal y la espacial son al menos aceptables; en verde las MRUs para las que la representatividad es buena. En gris las MRUs para las que no ha sido posible calcular la representatividad

**Valores umbral**

Cada elemento o parámetro de NID y DIP ha sido evaluado independientemente de acuerdo con los VUs mostrados en la Tabla 12. Los VUs para las MRUs que solapan en un porcentaje significativo con aguas de la DMA (más del 10 %) están basados en el umbral de estado bueno/moderado de la DMA recogidos en el Real Decreto 817/2015. Para el resto de MRUs se han utilizado los umbrales que se definieron en la primera evaluación inicial. Para aquellos elementos y/o parámetros para los que no se disponía de VUs o estos fueron calculados con un número limitado de registros, se han calculado

nuevos valores a partir de las concentraciones obtenidas para toda la serie temporal. Es el caso del amonio para las MRUs ALBO1 y ALBO2, para los cuales se han considerado como VUs el percentil 90 de las concentraciones de los registros obtenidos en la columna de agua superficial (de 0 a 25 m de profundidad) antes de 2016. El nitrito no fue evaluado en las anteriores evaluaciones iniciales, por tanto, no se dispone de VUs para estos parámetros en ALBP1, ALBO1 y ALBO2, donde no serán evaluados. No obstante, se presentan los registros obtenidos en 2016-2021 para su comparación con los obtenidos en el resto de MRUs. Para TP y TN no se dispone de VUs por lo que sólo han sido evaluadas sus tendencias.

| MRU | Nitrato (µM) | Nitrito (µM) | Amonio (µM) | DIP (µM) |
|---|---|---|---|---|
| **ALBC1** | **7,74[a]** | **0,87[a]** | **3,89[a]** | **0,53[a]** |
| **ALBC2** | **7,74[a]** | **0,87[a]** | **3,89[a]** | **0,53[a]** |
| **ALBP1** | **3,58[b]** | **-** | **0,32[b]** | **0,23[b]** |
| **ALBP2** | **7,74[a]** | **0,87[a]** | **3,89[a]** | **0,53[a]** |
| **ALBO1** | **2,76[b]** | **-** | **1,22[c]** | **0,28[b]** |
| **ALBO2** | **1,28[b]** | **-** | **2,36[c]** | **0,17[b]** |

Tabla 12. Valores umbral (VU) utilizados para los elementos del criterio D5C1. Los VU para las MRUs ALBC1, ALBC2 y ALBP2 están basados en los umbrales de estado ecológico bueno/moderado definidos en el Real Decreto 817/2015 ([a]). Para las otras tres MRUs se han utilizado los VU calculados en la primera evaluación inicial de la DMEM que están basados en el percentil 90 de las concentraciones obtenidas hasta 2016 ([b]), excepto los VU de DIP para ALBO1 y ALBO2 que han sido calculados en esta tercera evaluación inicial ([c]).

**Valores obtenidos para el parámetro**

Las características de las bases de datos obtenidas para los seis elementos y parámetros analizados se describen en las Figura 11 a Figura 16, donde se indica el número de registros disponibles agrupados por periodos: previo a 2010, 2010-2015 y 2016-2021. En 2016-2021, se cuenta en general con un mayor número de registros en ALBC1 y ALBP2, aunque es de destacar que la cantidad de registros disponibles en 2016-2021 comparada con 2010-2015 es menor para todos los elementos posiblemente reflejando el hecho de que durante 2019-2020 los muestreos se redujeron considerablemente.

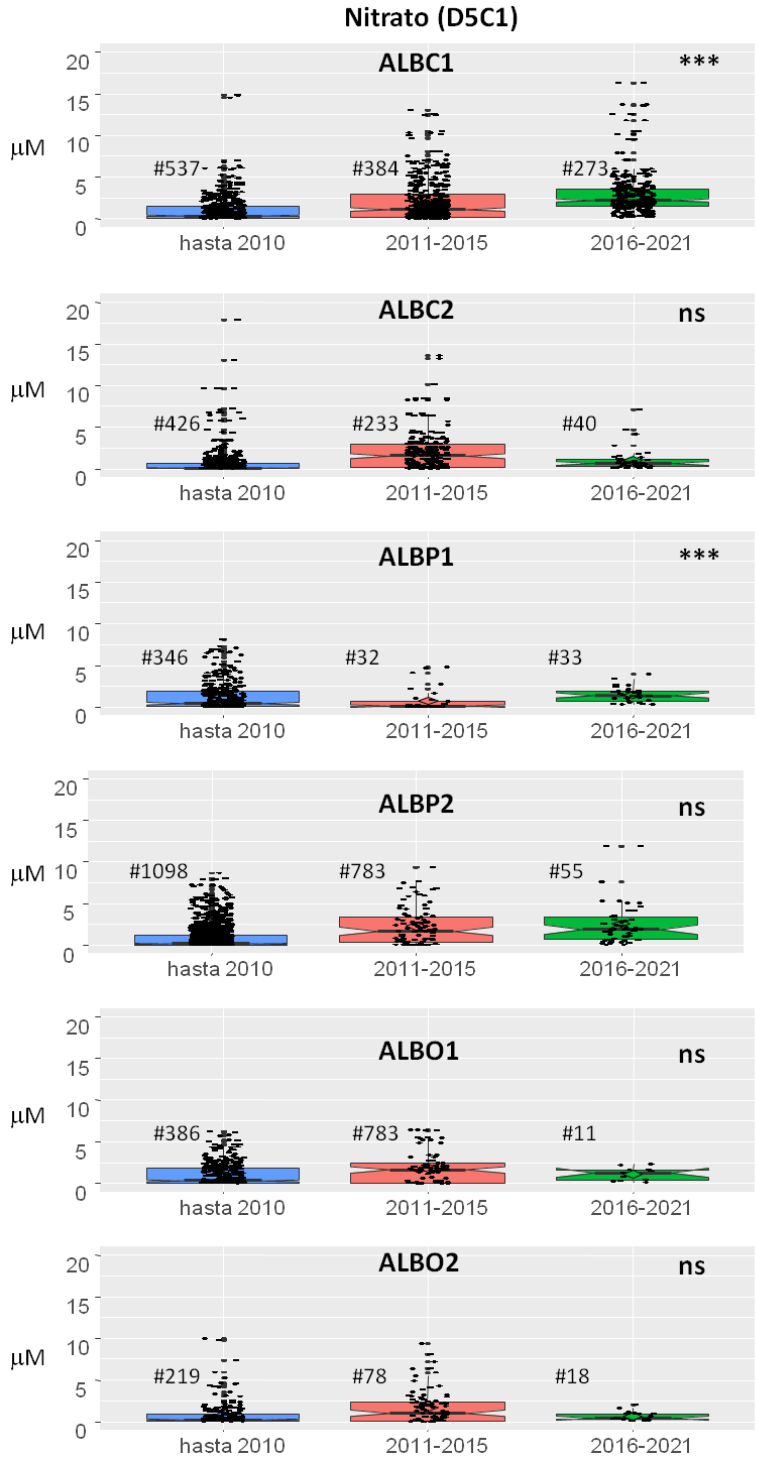



Figura 12. Distribución de concentraciones de nitrato para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se indica la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se indica también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001].

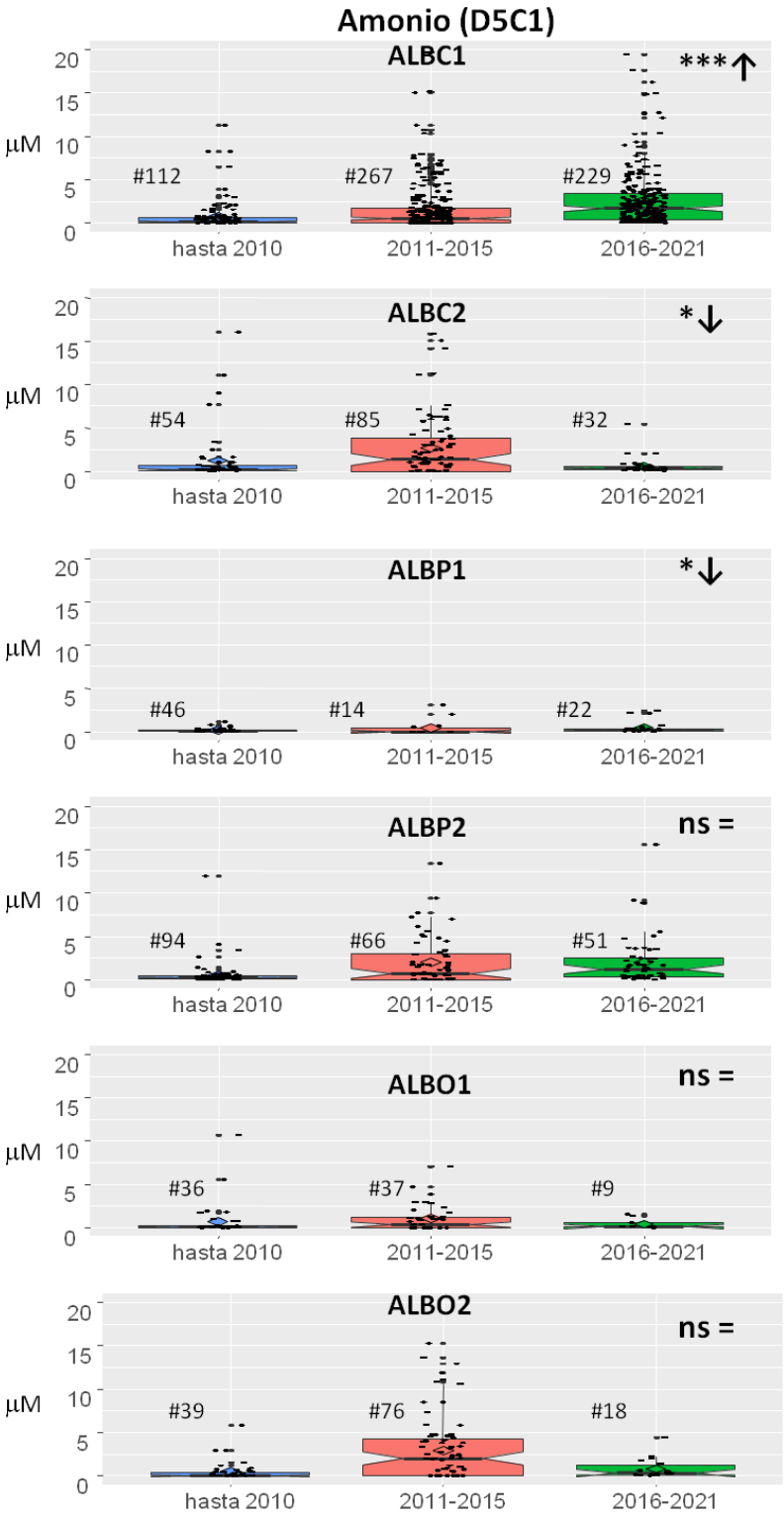



Figura 13. Distribución de concentraciones de amonio para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se indica la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se indica también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias)

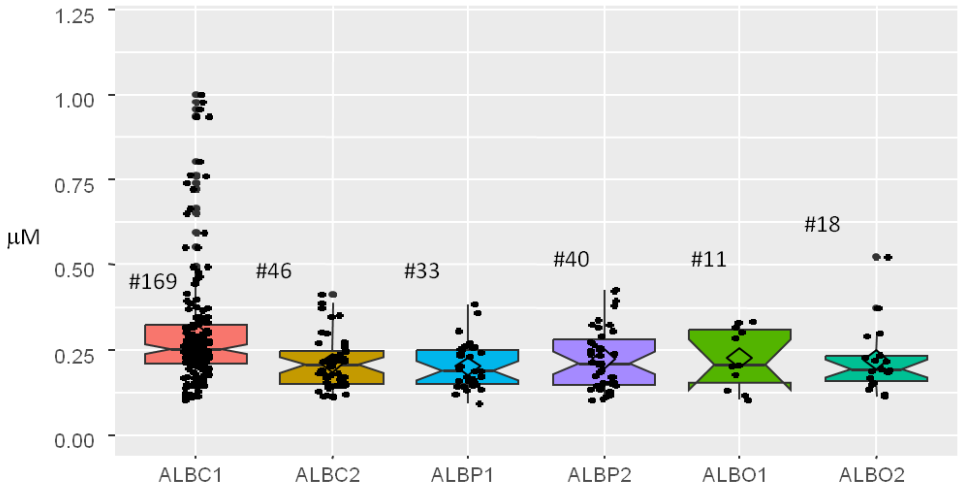



Figura 14. Distribución de concentraciones de nitrito en cada MRU para el periodo 2016-2021. Se indica la mediana de la serie temporal y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones muestran el total de registros disponibles.

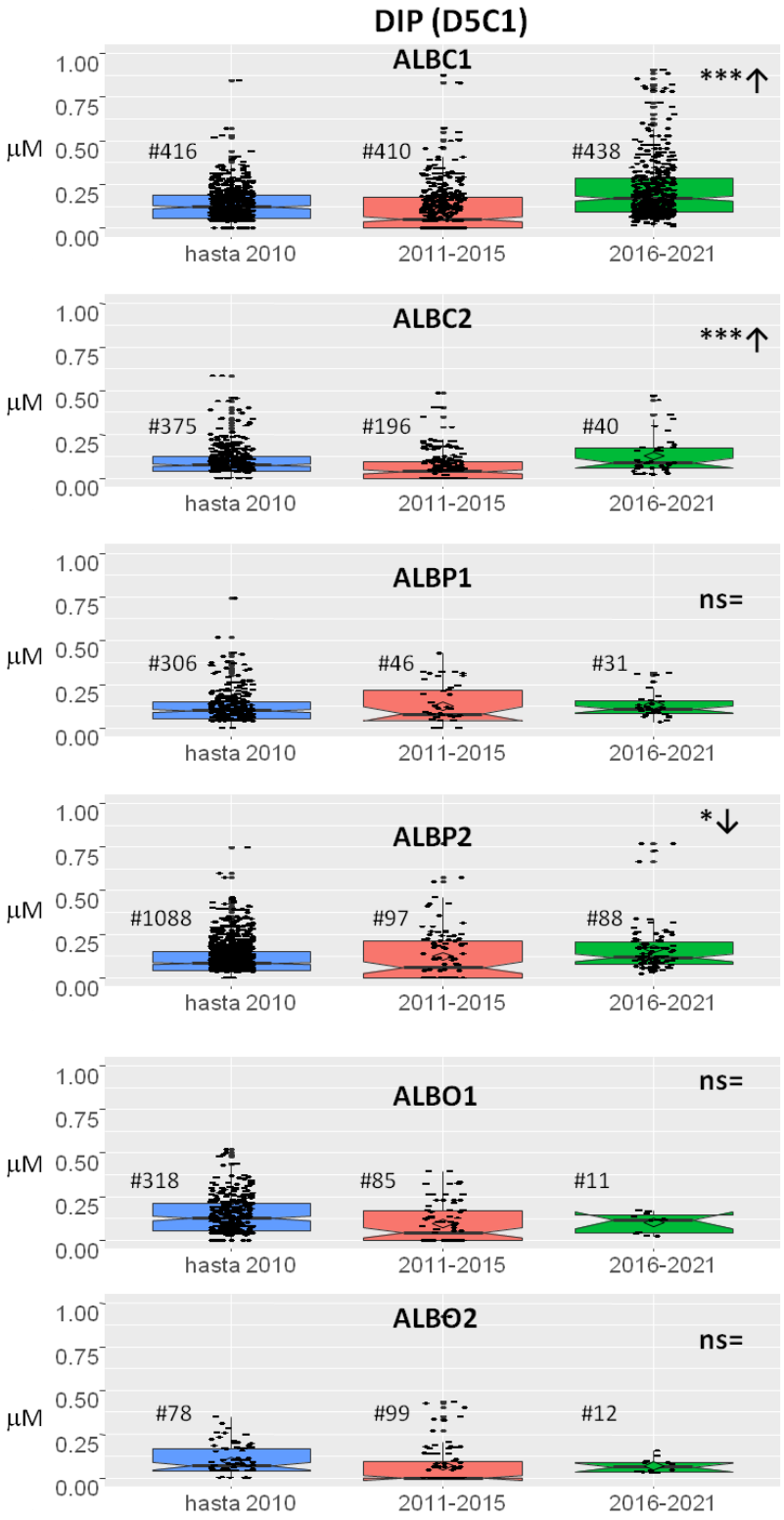



Figura 15. Distribución de concentraciones de DIP para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se indica la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias)

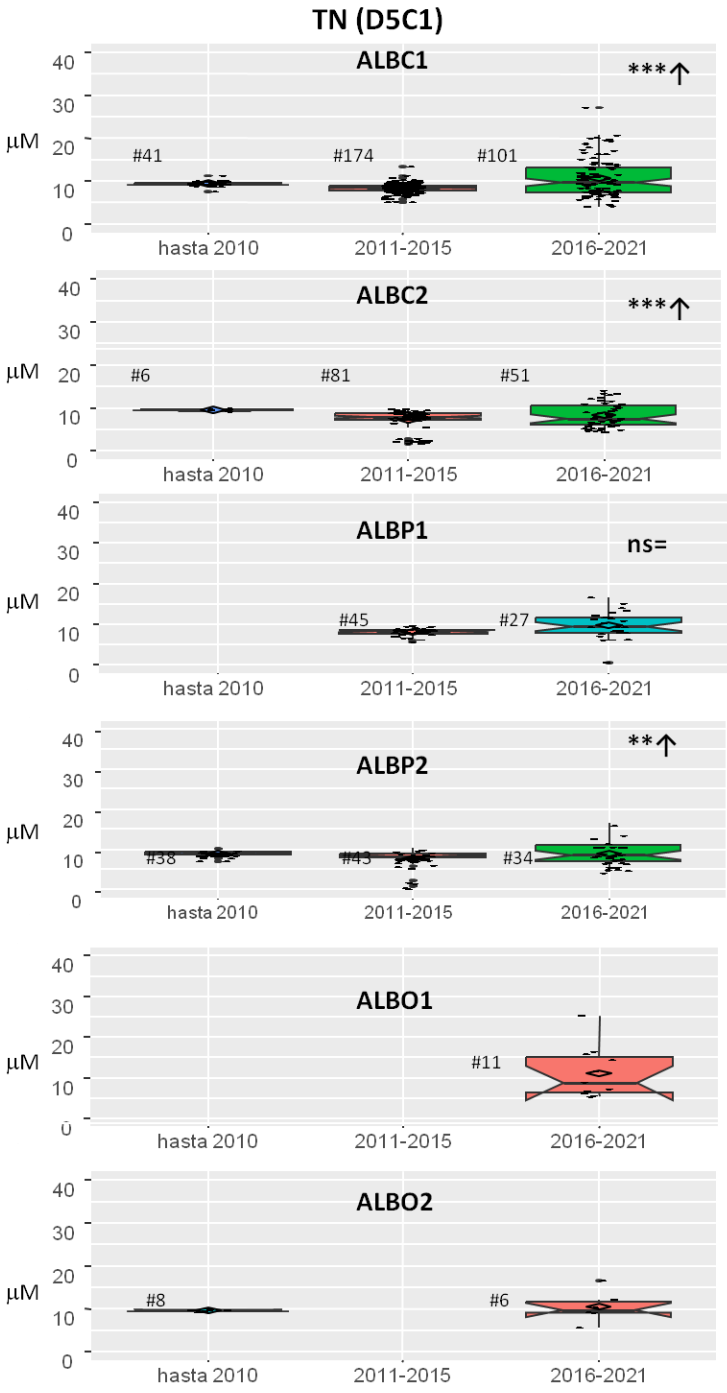



Figura 16. Distribución de concentraciones de TN para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se muestra la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias)

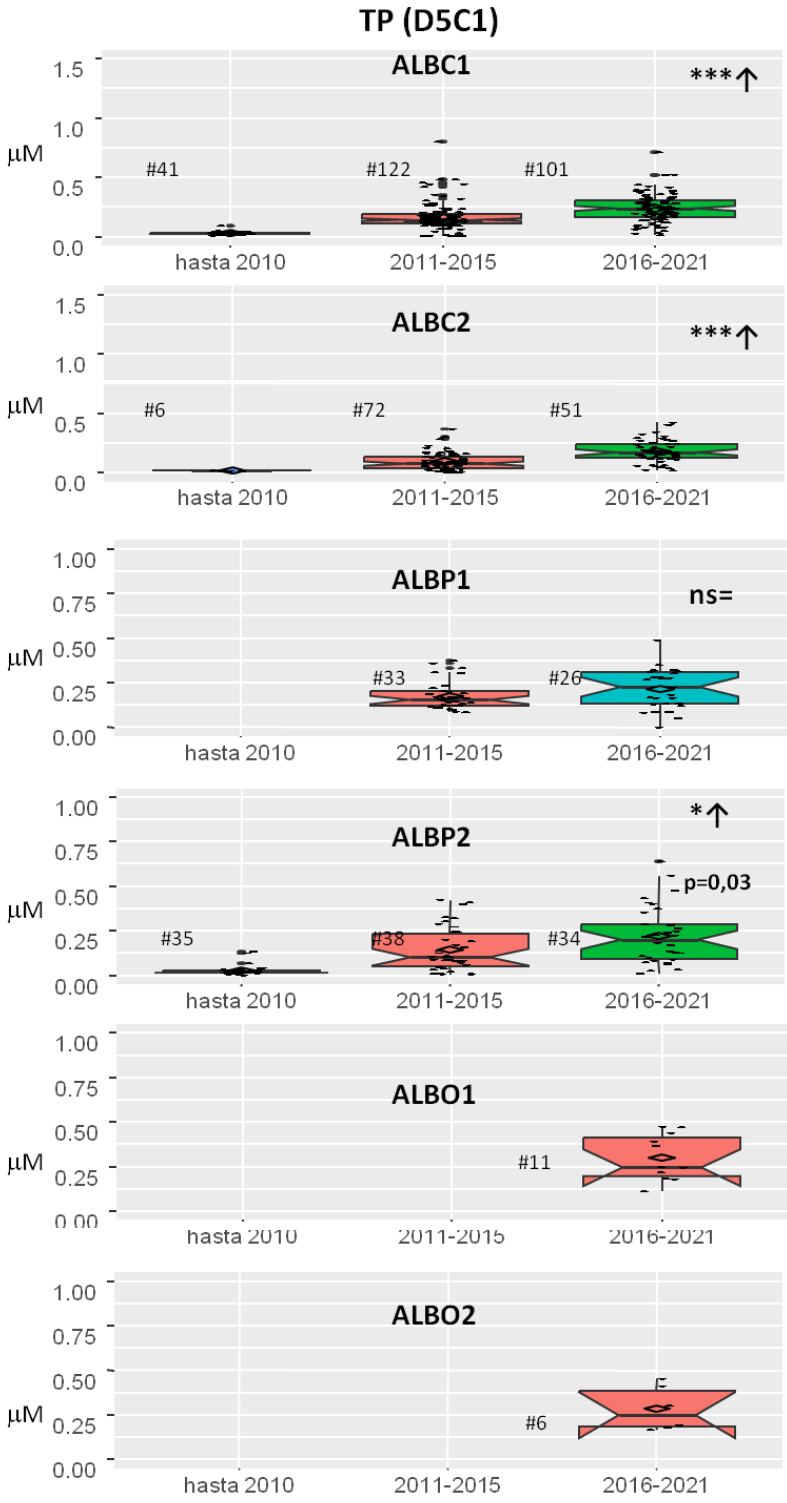



Figura 17. Distribución de concentraciones de TP para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

**Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro**

Las tendencias de cada indicador o parámetro se determinaron comparando la distribución de los registros obtenida en 2016-2021 con la obtenida en el periodo 2010-2015. Para realizar estas comparaciones se optó por aplicar el test de Kruskal-Wallis (KW) que es un estadístico no paramétrico, dado que este tipo de datos suele no ajustarse a una distribución normal. En primer lugar, se realizó el test para comparar las diferencias estadísticas entre los datos agrupados en tres periodos: antes de 2010 (incluido este año), 2011-2015 y 2016-2021. En los casos en los que el resultado del test fue significativo (a un nivel de probabilidad inferior a 0,05), se realizó el test de rangos de Wilcoxon con corrección por continuidad, que permite realizar comparaciones de los grupos dos a dos. El resultado de este test para la comparación entre 2011-2015 y 2016-2021 se muestra en las Figura 11 a Figura 16. Los tests fueron realizados con R-Studio y las gráficas generadas con el paquete *ggplot* de R.

**Evaluación a nivel regional/subregional**

En el *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo no se incluyó la evaluación del indicador CI13 (nutrientes) para el Mediterráneo oeste, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C1.

# 5.2 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C2

## CONSECUCIÓN DEL BEA

| | |
|---|---|
| Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización) | **91 %** |
| Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo | **100 %** |
| Resultado de la evaluación | Se alcanza el BEA en 2024 |
| Periodo de evaluación | 2016-2021 |

Tabla 13. Resultados de la evaluación del criterio D5C2 en la DMESAL.

### Área de evaluación

Todas las MRUs de la Demarcación

### Parámetros utilizados

Concentración de clorofila *a* procedente de análisis realizados con muestras recogidas *in situ*

### Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Este criterio se evaluó cuantitativamente considerando la concentración de clorofila obtenida mediante muestreos *in situ*. Los resultados de la evaluación del criterio se resumen en la Tabla 14 y en la Figura 18. Como se muestra en las mismas, el criterio D5C2 estuvo en BEA en todas las MRUs de la DMESAL, aunque en la zona costera del sector oriental y en el área oceánica de este mismo sector (ALBO2) se encontraron concentraciones de clorofila mayores a las del periodo previo (tendencias positivas). En cualquier caso, la confianza estadística de la evaluación es reducida en ambas áreas debido a la escasez de datos disponibles.

| Criterio | Elemento | Estado | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D5C2 | Parámetro | ALBC1 | ALBC2 | ALBP1 | ALBP2 | ALBO1 | ALBO2 |
| | Clorofila | = | ↑ | = | = | = | ↑ |

Tabla 14. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C2

Estado del parámetro: ■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración. ↑Tendencia creciente; = sin tendencia; ¿? Tendencia no evaluada o desconocida. Estado del criterio (fila *Integ* que indica el resultado integrado de la evaluación del criterio): ■ en BEA; ■ no BEA; ■* en BEA pero es necesario realizar un seguimiento especial dado que se han encontrado concentraciones de algunos parámetros mayores significativamente en 2016-2021 que en periodos anteriores

| | Clorofila | | |
|---|---|---|---|
| | 1EI | 2EI | 3EI |
| ALBC1 | | | |
| ALBC2 | | | |
| ALBP1 | | | |
| ALBP2 | | | |
| ALBO1 | | | |
| ALBO2 | | | |

Tabla 15. Comparación de los resultados de la evaluación del criterio D5C2 en las tres evaluaciones iniciales

■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ No evaluado.

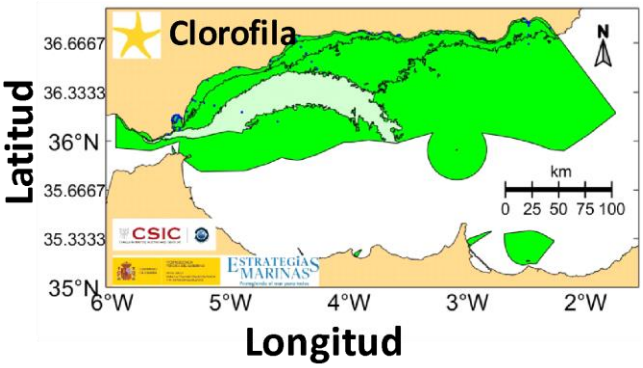



Figura 18. Resultados de la evaluación de la clorofila *a*. En verde se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un EQR mayor de 1 considerado BEA.

**Metodología de evaluación e indicadores relacionados**

La metodología de evaluación para este criterio es similar a la descrita para el criterio D5C1 salvo algunas diferencias en relación con la métrica utilizada en la determinación del BEA que se explican a continuación.

1. Fuente de datos

En la Figura 19 se muestra el porcentaje de registros de los diferentes elementos y parámetros que proceden de los programas de seguimiento de la DMA y los del programa MEDPOL del IEO-MITECO. Las concentraciones de clorofila del programa MEDPOL proceden de campañas oceanográficas realizadas trimestralmente en la DMESAL durante las cuales se recogieron muestras de agua a diferentes profundidades que fueron filtradas y preservadas a -20º C en el laboratorio hasta su análisis. La concentración de clorofila se determinó por espectrofotometría a partir de los extractos obtenidos en acetona al 90 % siguiendo el protocolo descrito en SCOR-UNESCO (1964). Los datos de la DMA proceden en su mayoría de muestras recogidas en superficie y fueron analizadas conforme a las recomendaciones metodológicas recogidas en el Real Decreto 817/2015. Estos datos han nutrido especialmente la base de datos para la evaluación de ALBC1 y ALBP2, que de hecho constituyen más del 70 % de los registros disponibles en estas MRUs. La evaluación de ALBC2, ALBP1, ALBO1 y ALBO2 está basada íntegramente en los datos del programa de seguimiento MEDPOL. En todo caso, sólo se emplearon los registros procedentes de muestras recogidas en la capa superficial de la columna de agua (de 0 a 25 m de profundidad).

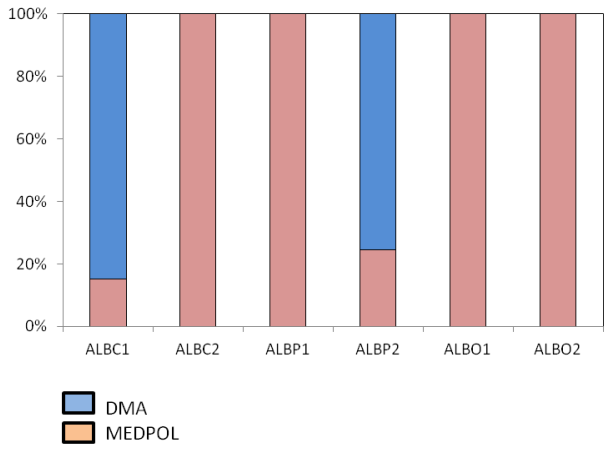


Figura 19. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de Barcelona (MEDPOL) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 15.

2. Evaluación. Para la evaluación de la clorofila se ha calculado el percentil 90 de la serie temporal completa obtenida en 2016-2021. El EQR se calculó dividiendo el VU por el percentil 90. Valores de EQR mayores de 1 fueron considerados indicativos de BEA. Aplicando este método se obtuvo que todas las MRUs se encuentran en BEA para el criterio D5C2 (Figura 17).

3. Confianza estadística de la evaluación.

El procedimiento utilizado para analizar la confianza estadística de la evaluación de la clorofila es similar al descrito anteriormente para los elementos del criterio D5C1. De acuerdo con los resultados de este (Figura 20), la confianza estadística fue alta en ALBC1 y ALBP2; para las otras MRU fue pobre debido principalmente a que los datos no cubrieron adecuadamente toda la superficie de la MRU.

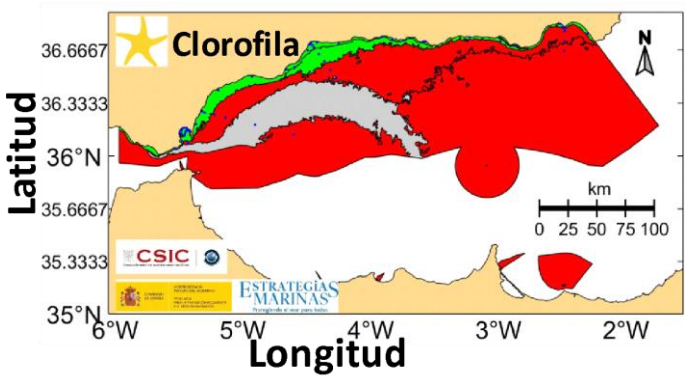



Figura 20. Representatividad de los datos de clorofila recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo y gris se indican MRUs para las que los datos tienen baja representatividad espacial y/o temporal; en verde las RMUs para las que la representativa es buena.

**Valores umbral**

Como se ha explicado para los elementos del D5C1, los VU del criterio D5C2 para las MRUs que solapan en un porcentaje significativo con aguas de la DMA (más del 10 %) están basados en el umbral de estado bueno/moderado de la DMA recogidos en el Real Decreto 817/2015. Para el resto de MRUs se han utilizado los umbrales que se definieron en la primera evaluación inicial, que estuvieron basados en el percentil 90 de la serie temporal de clorofila superficial *in situ* (la obtenida de 0 a 20 m de profundidad) que incluyó registros hasta 2010 (ver documento *IV Evaluación Inicial y Buen Estado Ambiental, Estrecho y Alborán* de la primera evaluación inicial para un análisis detallado de la base de datos utilizada para el cálculo de estos VU). Hay que indicar que en el QSRMED se calcularon valores umbrales para la clorofila en las aguas del mar de Alborán; sin embargo, estos valores estuvieron basados en la clorofila de satélite, que según se indica en el propio documento, podrían no reflejar adecuadamente los valores basados en concentraciones de clorofila medida con muestras *in situ*.

| MRU | ALBC1 | ALBC2 | ALBP1 | ALBP2 | ALBO1 | ALBO2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Clorofila a (µg $L^{-1}$)** | 6,0[a] | 6,0[a] | 2,89[b] | 6,0[a] | 1,99[b] | 0,68[b] |

Tabla 16. Valores umbral (VU) utilizados para la clorofila *a*. Los VU para las MRUs ALBC1, ALBC2 y ALBP2 están basados en los umbrales de estado ecológico bueno/moderado definidos en el Real Decreto 817/2015 ([a]). Para las otras tres MRUs se han utilizado los VU calculados en la primera evaluación inicial de la DMEM ([b]).

**Valores obtenidos para el parámetro**

Las características de las bases de datos de clorofila se describen en la Figura 21, donde se indica el número de registros disponibles agrupados por periodos: previo a 2010, 2011-2015 y 2016-2021. En 2016-2021, se cuenta en general con un mayor número de registros en ALBC1 y ALBP2, aunque es de destacar que la cantidad de registros disponibles en 2016-2021 comparada con 2010-2015 es menor para todas las MRUs posiblemente reflejando el hecho de que los muestreos se redujeron en 2019-2020.

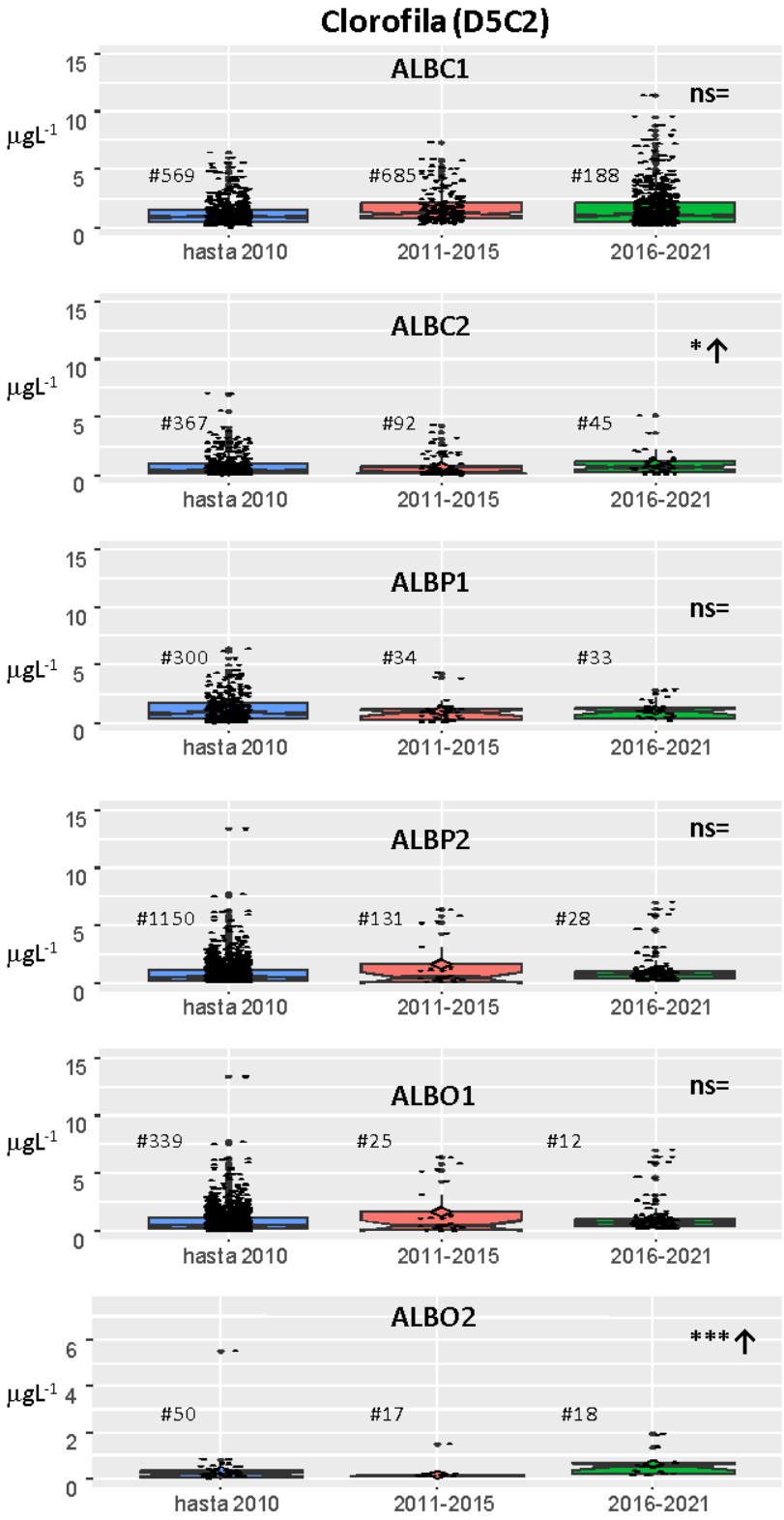



Figura 21. Distribución de concentraciones de clorofila para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

**Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro**

La tendencia de la clorofila en cada MRU se determinó comparando la distribución de los registros obtenida en 2016-2021 con la obtenida en el periodo 2010-2015. Para realizar estas comparaciones se realizaron los mismos tests estadísticos utilizados para el análisis de los parámetros del D5C1. Las tendencias fueron significativamente positivas en ALBC2 y ALBO2.

**Evaluación a nivel regional/subregional**

En el *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo se incluyó la evaluación del indicador CI14 (clorofila) para el Mediterráneo oeste, donde el mar de Alborán fue considerado una subdivisión que contó con una evaluación diferenciada respecto al resto de la subregión. Las unidades de evaluación fueron las mismas que las utilizadas en la segunda evaluación inicial de las estrategias marinas; sin embargo, la evaluación estuvo íntegramente basada en datos de satélite por lo que los resultados no son totalmente comparables a los obtenidos en el tercer ciclo. Por otro lado, en el QSRMED se reflejaron los valores umbral utilizados en la segunda evaluación inicial de las EEMM, que para las aguas de la DMA estuvieron basados en los publicados en el Real Decreto 817/2015 (UNEP/MED IG.26/22, 2022). Sin embargo, estos valores no fueron utilizados en la evaluación ya que esta se basó en el percentil 85 de la concentración de clorofila de satélite en cada área de evaluación.

# 5.3 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C3

**CONSECUCIÓN DEL BEA**

| | |
|---|---|
| Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización) | **91 %** |
| Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo | **100 %** |
| Resultado de la evaluación | Se alcanza el BEA en 2024 |
| Periodo de evaluación | 2016-2021 |

Tabla 17. Resultados de la evaluación del criterio D5C3 en la DMESAL.

**Área de evaluación**

Todas las MRUs de la demarcación que incluyen una proporción significativa de aguas costeras (ALBC1, ALBC2 y ALBP2).

**Parámetros utilizados**

Frecuencia de aparición y abundancia de géneros que incluyen especies potencialmente productoras de toxinas en la demarcación *Pseudonitzschia*, *Gymnodinium* y *Dinophysis*)

**Resultados de la evaluación del tercer ciclo**

Siguiendo la Decisión 2017/848/UE, el análisis se ha centrado en la evaluación de las variaciones en la abundancia y/o presencia de especies productoras de toxinas que se han reportado en la DMESAL. Se ha dispuesto de datos adecuados para la evaluación en las MRUs que incluyen aguas costeras (ALBC1, ALBC2 y ALBP2), en las que se ha evaluado la frecuencia de aparición y la abundancia de la diatomea *Pseudo-nitzschia* y los dinoflagelados *Gymnodinium* y *Dinophysis*, que incluyen especies productoras de las toxinas ASP (toxina amnésica), DSP (toxina diarreica) y PSP (toxina paralizante). No se ha detectado un aumento significativo de la frecuencia acompañado de un aumento de la abundancia de ninguno de los tres géneros por lo que se considera que el D5C3 se encuentra en BEA (Tabla 18). Sin embargo, la abundancia de *Pseudo-nitzschia* por un lado y la frecuencia de aparición de *Gymnodinium* por otro aumentaron en algunas MRUS durante 2016-2021.

| Criterio | | Estado | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D5C3 | Parámetro | ALBC1 | | ALBC2 | | ALBP1 | ALBP2 | | ALBO1 | ALBO2 |
| | *Pseudo-nitzschia* | f= | a= | f= | a↑ | | f= | a= | | |
| | *Gymnodinium* | f↑ | a= | f= | a= | | f↑ | a= | | |
| | *Dinophysis* | f= | a= | f= | a= | | f= | a= | | |
| Integ | | BEA* | | BEA* | | | BEA* | | | |

Tabla 18. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C3

Estado del parámetro: f y a indican el resultado del análisis de las tendencias de la frecuencia y abundancia, respectivamente. ■ No evaluado. "**↑**" y "=" indican respectivamente si el parámetro aumentó o no cambió significativamente en 2011-20215. Integ. es el resultado de la evaluación integrada de los parámetros, considerando que se alcanza el BEA cuando no existe tendencia para ninguno de los tres géneros (esto es, cuando la frecuencia y abundancia no aumentan). Las áreas en las que se ha detectado un aumento de la frecuencia o abundancia de alguno de los tres géneros se marcan con un asterisco.

**Metodología de evaluación e indicadores relacionados**

Según la información disponible sobre las zonas de producción de moluscos de Andalucía, accesible a través de la página web de la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, las tres toxinas que más frecuentemente aparecen en la DMESAL son ASP, DSP y PSP. En la Tabla 19 se muestran las especies y/o géneros que las producen.

| Especie | *Pseudo-nitzschia* | *Dinophysis acta*<br>*D. fortii*<br>*D. sacculus*<br>*D.* grupo acuminata | *Gymnodinium catenatum* |
|---|---|---|---|
| Toxina | ASP | DSP | PSP |

Tabla 19. Especies productoras de toxinas cuya presencia es analizada rutinariamente en las zonas de producción de moluscos de la DMESAL

1. Fuentes de datos

La evaluación se ha llevado a cabo con los datos de fitoplancton tóxico recopilados desde el programa de seguimiento de las zonas de producción de moluscos de la Junta de Andalucía, disponibles en la página web de la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía. Se han recopilado los datos de abundancia de las especies indicadas en la Tabla 19 agrupadas en géneros para el periodo 2010 hasta 2019 procedentes de 38 zonas de producción. Cada una de estas zonas de producción se ha asignado a la MRU más cercana, resultando agrupadas entre las tres MRU costeras, ALBC1, ALBC2 y ALBP2. El número de muestras de las que se ha dispuesto de información por periodo evaluado agrupado por MRU se muestra en la Figura 22.

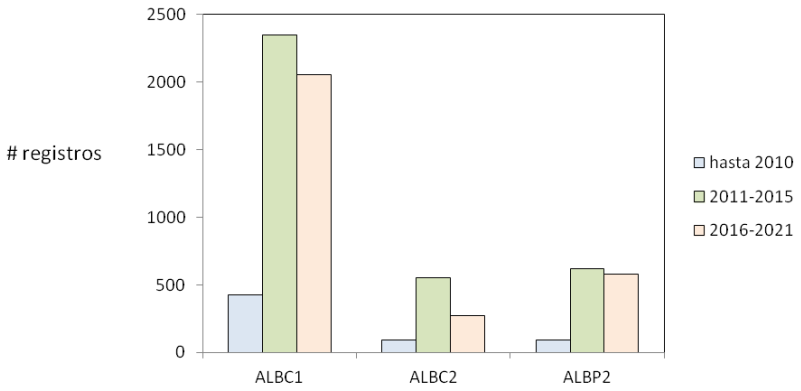



Figura 22. Número de registros obtenidos para las MRUs en las que están incluidas las zonas de producción de moluscos que se analizan en la DMESAL

2. Evaluación. Se ha determinado si la frecuencia de aparición y abundancia de los tres géneros que incluyen especies potencialmente productoras de toxinas ha aumentado en el periodo 2016-2021 con respecto al periodo 2011-2015. Los cambios en la frecuencia de aparición en las tres MRUs se han calculado a partir de los promedios de la frecuencia de aparición en las zonas de extracción de moluscos asignadas a la respectiva MRU. Para la comparación de la abundancia, se ha considerado la distribución de los valores de abundancia en las muestras en la que aparece cada género, agregados para cada MRU. Las distribuciones han sido comparadas con el test de Kruskal-Wallis (KW) seguido de tests de rangos de Wilcoxon con corrección por continuidad. Para cada género, se considera que existe una tendencia creciente cuando la frecuencia de aparición y la abundancia aumentan en 2016-2021 en comparación con 2011-2015. Se considera que el criterio se encuentra en BEA si la tendencia es estable para los tres géneros.

**Valores obtenidos para el parámetro**

En las Figura 23 a Figura 28 se muestran los resultados de los análisis de tendencias en la frecuencia de aparición y abundancia de los tres géneros. La frecuencia de aparición de células del género *Pseudo-nitzschia* fue mayor en ALBC1 en comparación con ALBC2 y ALBP2; sin embargo, en ninguna de las tres MRUs se encontraron diferencias significativas entre los periodos evaluados (Figura 23) aunque la abundancia fue significativamente mayor en ALBC2 durante 2016-2021. La frecuencia de aparición de *Gymnodinium* y *Dinophysis* (Figura 24 y Figura 25) fue notablemente menor a la de *Pseudo-nitzschia*; sólo en el caso de *Gymnodinium* en ALBC1 y ALBP2 se encontró una tendencia significativa al aumento en la frecuencia de aparición en 2016-2021; sin embargo, su abundancia no varió significativamente.

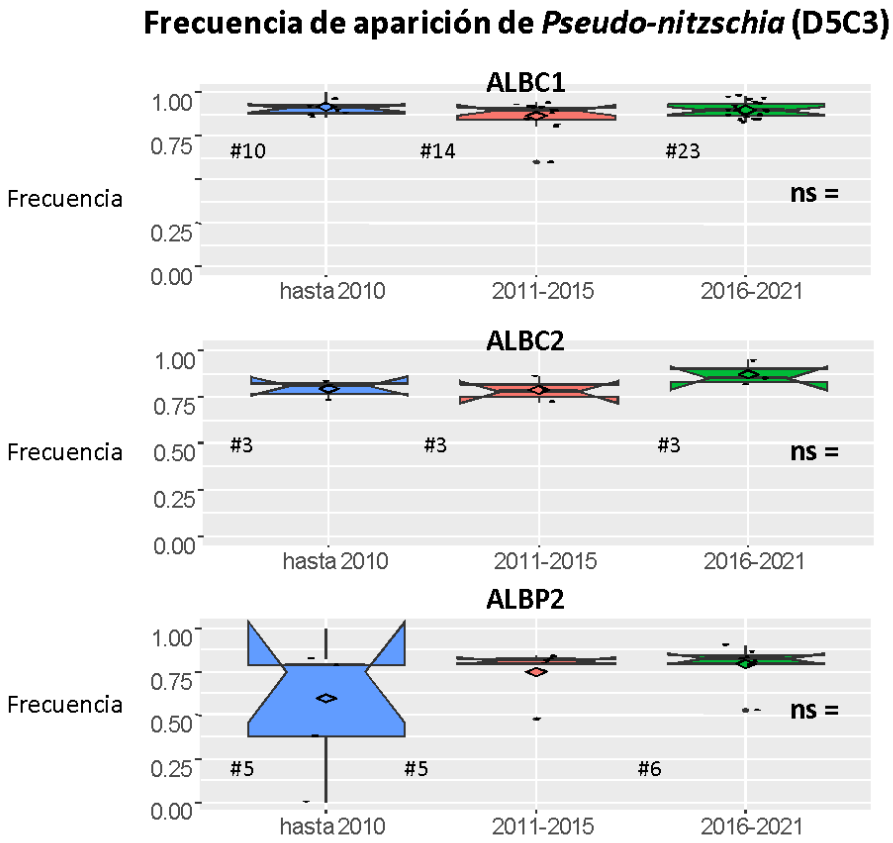



Figura 23. Frecuencia de aparición de células del género *Pseudo-nitzschia* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMESAL. Se indica el número de zonas en que se basan las frecuencias de aparición calculadas. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

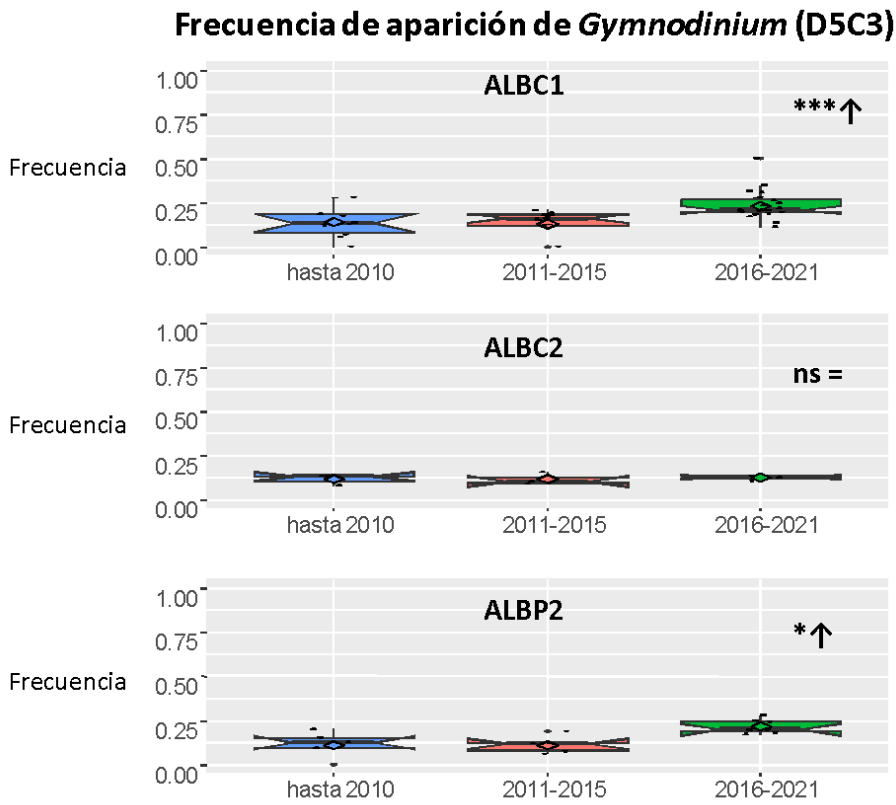



Figura 24. Frecuencia de aparición de células del género *Gymnodinium* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMESAL (el número de zonas en que se basan las frecuencias de aparición calculadas es el mismo que el indicado en la Figura 22). Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

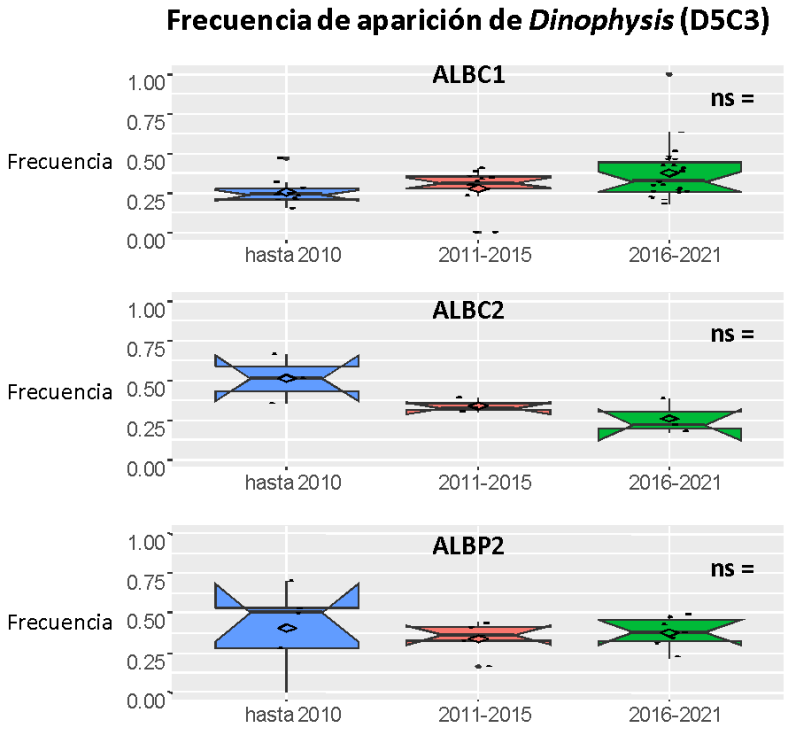



Figura 25. Frecuencia de aparición de células del género *Dinophysis* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMESAL (el número de zonas en que se basan las frecuencias de aparición calculadas es el mismo que el indicado en la Figura 22). Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

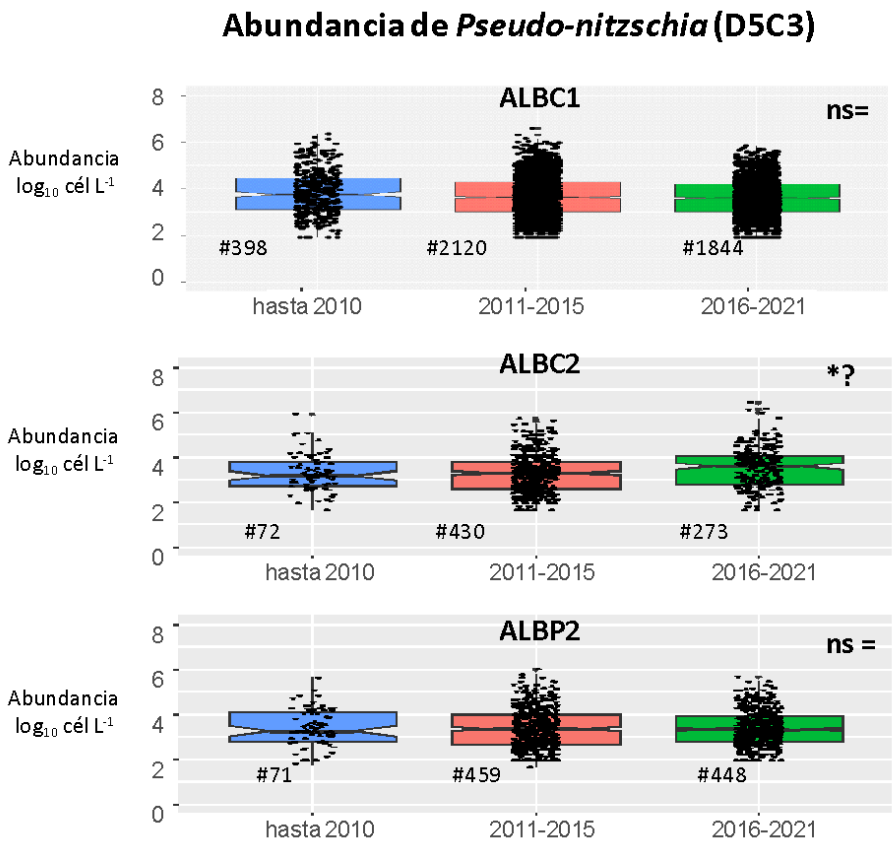



Figura 26. Abundancia de células del género *Pseudo-nitzschia* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMESAL. Se indica el número de muestras y se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

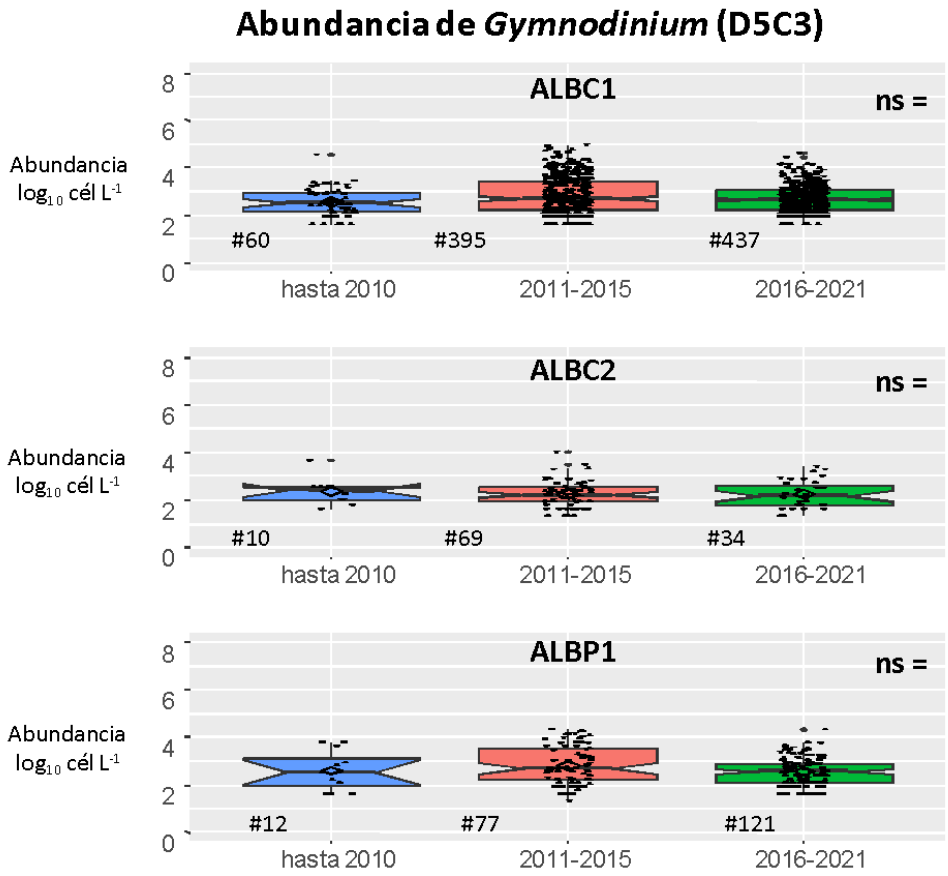



Figura 27. Abundancia de células del género *Gymnodinium* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMESAL. Se indica el número de muestras y se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

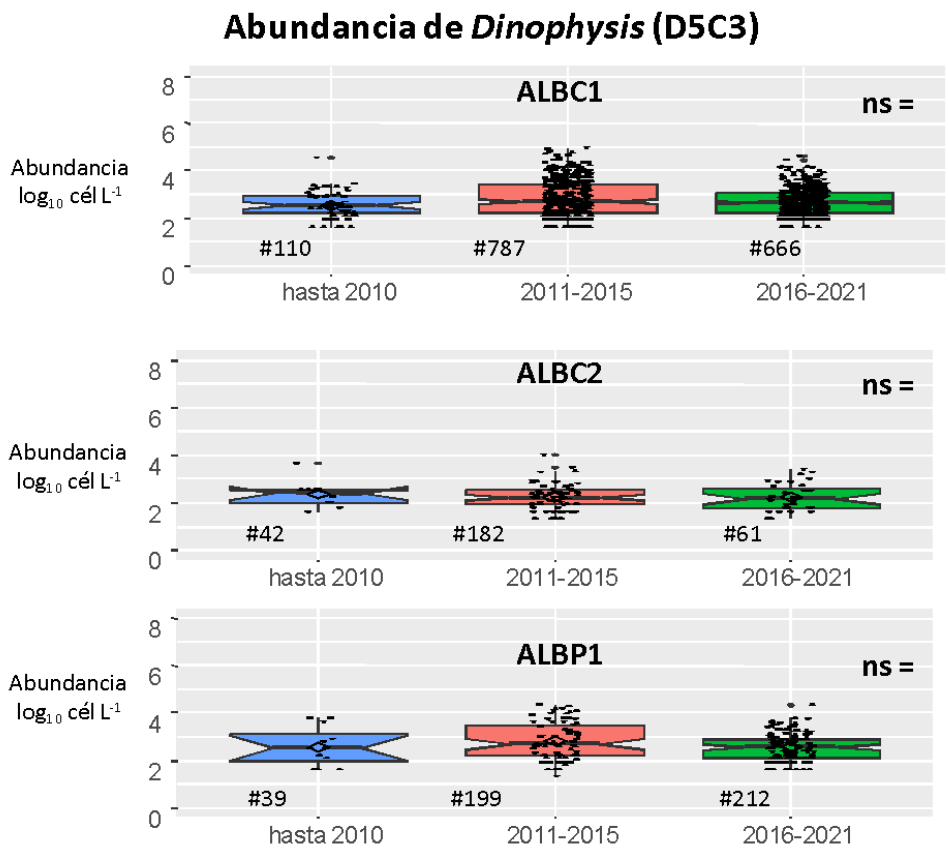



Figura 28. Abundancia de células del género *Dinophysis* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMESAL. Se indica el número de muestras y se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (20111-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

**Evaluación a nivel regional/subregional**

Este indicador no fue evaluado en el *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C3.

# 5.4 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C4

### CONSECUCIÓN DEL BEA

| | |
|---|---|
| Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización) | **91 %** |
| Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo | **100 %** |
| Resultado de la evaluación | Se alcanza el BEA en 2024 |
| Periodo de evaluación | 2016-2021 |

Tabla 20. Resultados de la evaluación del criterio D5C4 en la DMESAL.

### Área de evaluación

ALBC1, ALBC2, ALBP1 y ALBP2.

### Parámetros utilizados

Límite fótico estimado a partir de la profundidad del disco de Secchi.

### Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 21 se resumen los resultados de la evaluación de este criterio, que no ha podido ser evaluado en ALBP1, ALBO1 y ALBO2 por falta de datos. En las cuatro MRUs se evaluó por un lado el porcentaje de estaciones en las que el límite fótico pudo limitar el desarrollo de las comunidades de macrófitos y por otro la tendencia en el propio límite fótico entre el periodo evaluado y los anteriores. En menos del 80 % de las estaciones analizadas en ALBC1, ALBC2 y ALBP2 se encontró que el límite fótico podría ser un factor limitante del crecimiento de los macrófitos. Además, en ALBC1 y ALBP2 se encontró que el límite fótico fue más reducido en 2016-2021 que en el periodo previo con datos disponibles. En consecuencia, la transparencia podría afectar potencialmente a los ecosistemas en las MRUs costeras de la DMESAL. Sin embargo, el hecho de que el criterio D5C2 se encuentra en BEA en todas las áreas costeras, no permite relacionar la disminución de la transparencia con un aumento de la biomasa de fitoplancton (clorofila), esto es, no se encontró evidencia de que el aumento de la concentración de clorofila haya dado lugar a una disminución relevante de la transparencia. Se concluye por tanto que, en el marco del D5 la transparencia está en BEA aunque se señala que este criterio requiere un estudio más profundo para determinar qué factores son los que pueden explicar su disminución en algunas MRU de la demarcación.

| Criterio | Elemento | Estado | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D5C4 | Parámetro | ALBC1 | ALBC2 | ALBP1 | ALBP2 | ALBO1 | ALBO2 |
| | Límite fótico (LF) | | | | | | |
| | Tendencia del LF | | | | | | |
| Integ | | BEA* | BEA* | | BEA* | | |

Tabla 21. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C4

Estado del parámetro: ■ Sin evidencia de limitación potencial del crecimiento por el LF; ■ con evidencia de limitación potencial del crecimiento por el LF en algunas estaciones ■ No evaluado. Estado del criterio: fila *Integ* que indica el resultado integrado de la evaluación del criterio): BEA sin evidencia de relación entre el aumento de la clorofila y la disminución de la transparencia; BEA* sin evidencia de relación entre el aumento de la clorofila y la disminución de la transparencia, pero con necesidad de aumentar el conocimiento de los factores que afectan a la transparencia

**Metodología de evaluación e indicadores relacionados**

1. Fuente de datos. Para la evaluación del indicador se utilizaron los valores de visibilidad del disco de Secchi generados en las campañas del programa MEDPOL y del programa de seguimiento de la DMA. La profundidad del disco de Sechi ($D_{SD}$) no es en sí una medida del límite fótico ($D_{EU}$), aunque en general se considera que existe la siguiente relación lineal entre ambos parámetros (Goluvkob y Golubkob, 2024):

$$D_{EU}/D_{SD} = 2,4$$

Una vez recopilados, cada registro fue asignado a una MRU en función de la localización de la estación en la que se originaron. En la Figura 29 se muestra el porcentaje de registros que proceden de los programas de seguimiento de la DMA y los del programa MEDPOL del IEO-MITECO. En la segunda evaluación inicial no se evaluó este indicador, por lo que sólo se dispone de datos previos a 2010 y del periodo 2016-2021. Como ocurre con nutrientes y clorofila, los datos de la DMA se limitan a ALBC1 y ALBP2. En ALBC2 y ALBP1 la evaluación está íntegramente basada en los datos del programa MEDPOL.

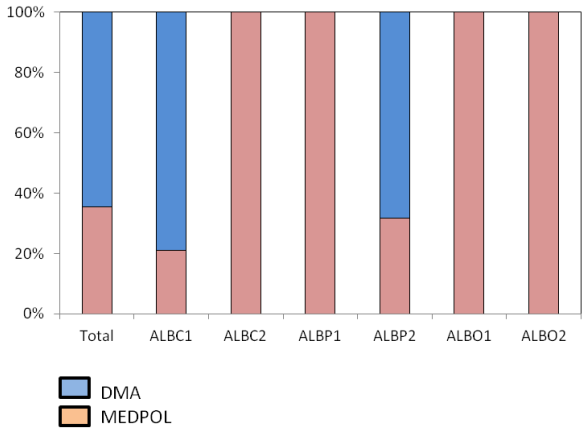



Figura 29. Porcentaje de registros de transparencia procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de Barcelona (MEDPOL) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 28.

2. Evaluación. El BEA respecto a este criterio se ha determinado tratando de evaluar los dos efectos principales de la disminución de la transparencia sobre los ecosistemas: (1) el impacto negativo sobre las comunidades bentónicas que requieren luz para su crecimiento y (2) el aumento de la zona de la columna de agua en la que predominan los procesos de respiración frente a los de producción fotosintética. Para evaluar el primer efecto, se ha comparado la profundidad de la zona eufótica (límite fótico) en cada estación de la que se dispone de datos con la profundidad total (Figura 30). En las estaciones en las que el límite fótico excedió la profundidad de la estación (obviamente, todas ellas costeras), se concluyó que la transparencia no limita el crecimiento de las comunidades bentónicas. En las estaciones en las que la profundidad total está dentro del límite de profundidad de distribución de las comunidades de macrófitos, se ha considerado que la transparencia afecta negativamente a su crecimiento si el límite fótico no alcanza el fondo. Para aquellas estaciones que están a mayor profundidad que el límite fótico, se considera que la transparencia no tiene relevancia en la determinación del crecimiento de las comunidades. Según la información publicada para el mar de Alborán, el límite de profundidad de distribución de las comunidades en el circalitoral oscila entre 40 y 60 m para comunidades laminariales, que son las que se desarrollan en zonas más profundas (Gofas et al. 2014; Flores-Moya et al 2023). Por tanto, se asume que 50 m es el límite máximo de profundidad para la distribución de las comunidades de macrófitos en la DMESAL. Esto es, en estaciones con profundidad mayor a 50 m la transparencia no afectaría a las comunidades bentónicas ni aún en el caso en que se redujera.

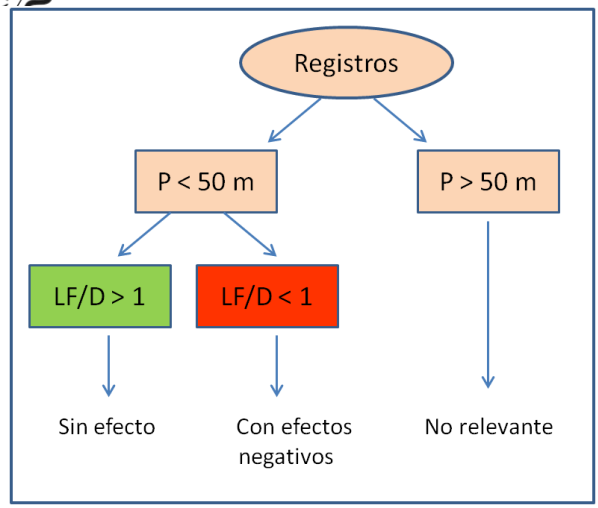



Figura 30. Esquema del procedimiento utilizado para determinar las estaciones donde la reducción de la transparencia podría limitar el crecimiento de las comunidades de macrófitos. P indica la profundidad de la estación y LF es el límite fótico.

Para evaluar el segundo efecto, se ha determinado si las diferencias en el límite fótico entre el periodo actual de evaluación (2016-2021) y periodos previos fueron significativas estadísticamente.

3. Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Las tendencias de cada indicador o parámetro se determinaron comparando la distribución de los registros obtenida en 2016-2021 con la obtenida previamente. Para realizar estas comparaciones se optó por aplicar el test de Kruskal-Wallis que es un estadístico no paramétrico dado que los datos no se ajustaron a una distribución. Como se muestra en la Figura 32, el límite fótico fue significativamente menor en 2016-2021 comparado con periodos previos (ALBO1 y ALBO2 no se evaluaron por falta de datos).

4. Confianza estadística de la evaluación.

El procedimiento utilizado para analizar la confianza estadística de la evaluación de la transparencia es similar al descrito anteriormente para los elementos del criterio D5C1. De acuerdo con los resultados de este (Figura 31Figura 32), la confianza estadística fue alta en ALBC1 y ALBP2; para las otras MRU fue pobre debido principalmente a que los datos no cubrieron adecuadamente toda la superficie.

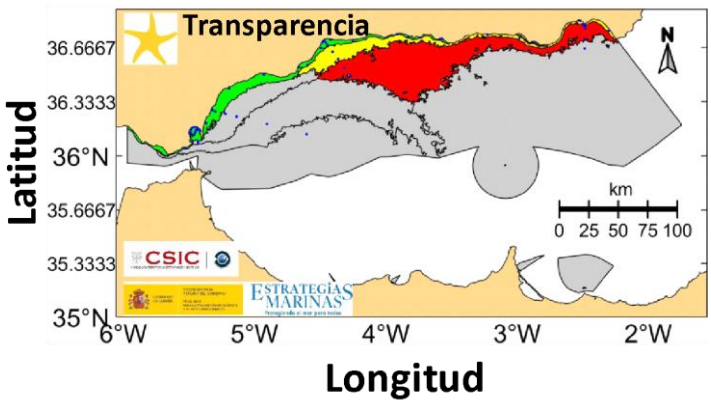



Figura 31. Representatividad de los datos recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo se indican MRUs para las que los datos tienen baja

representatividad espacial y/o temporal; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal o la espacial es aceptable; en verde las RMUs para las que la representativa es alta. En gris las MRU para las que los datos son insuficientes para la evaluación del criterio.

**Valores umbral**

Como se ha comentado anteriormente, no existe un valor umbral definido para la determinación del estado ambiental respecto a este criterio, que por otro lado no es tampoco uno de los indicadores utilizados en la evaluación del estado ecológico de la DMA. No obstante, se ha considerado que la reducción de la transparencia podría tener un impacto significativo sobre las comunidades de macrófitos en cada MRU cuando el porcentaje de registros procedentes de estaciones con menos de 50 metro de profundidad en las que el límite fótico es inferior a la profundidad de la estación es mayor al 10 %.

**Valores obtenidos para el parámetro**

En la Figura 32 se muestra la distribución de los valores de límite fótico obtenidos para el periodo de evaluación y su comparación con los valores obtenidos en periodos previos. El análisis del límite fótico en relación con la profundidad de las estaciones de las que proceden los datos (Figura 33) indica que ninguno de los registros obtenidos en ALBP1 proceden de estaciones con una profundidad inferior a 50 m, por tanto, se considera que para esta MRU la transparencia no es un parámetro relevante en la limitación del crecimiento de las comunidades de macrófitos. En ALBP2, sólo dos de las estaciones presentaron profundidad menor a 50 m; en ambas estaciones el límite fótico fue menor que la profundidad total, lo que indicaría que la transparencia limita potencialmente el crecimiento de los macrófitos.

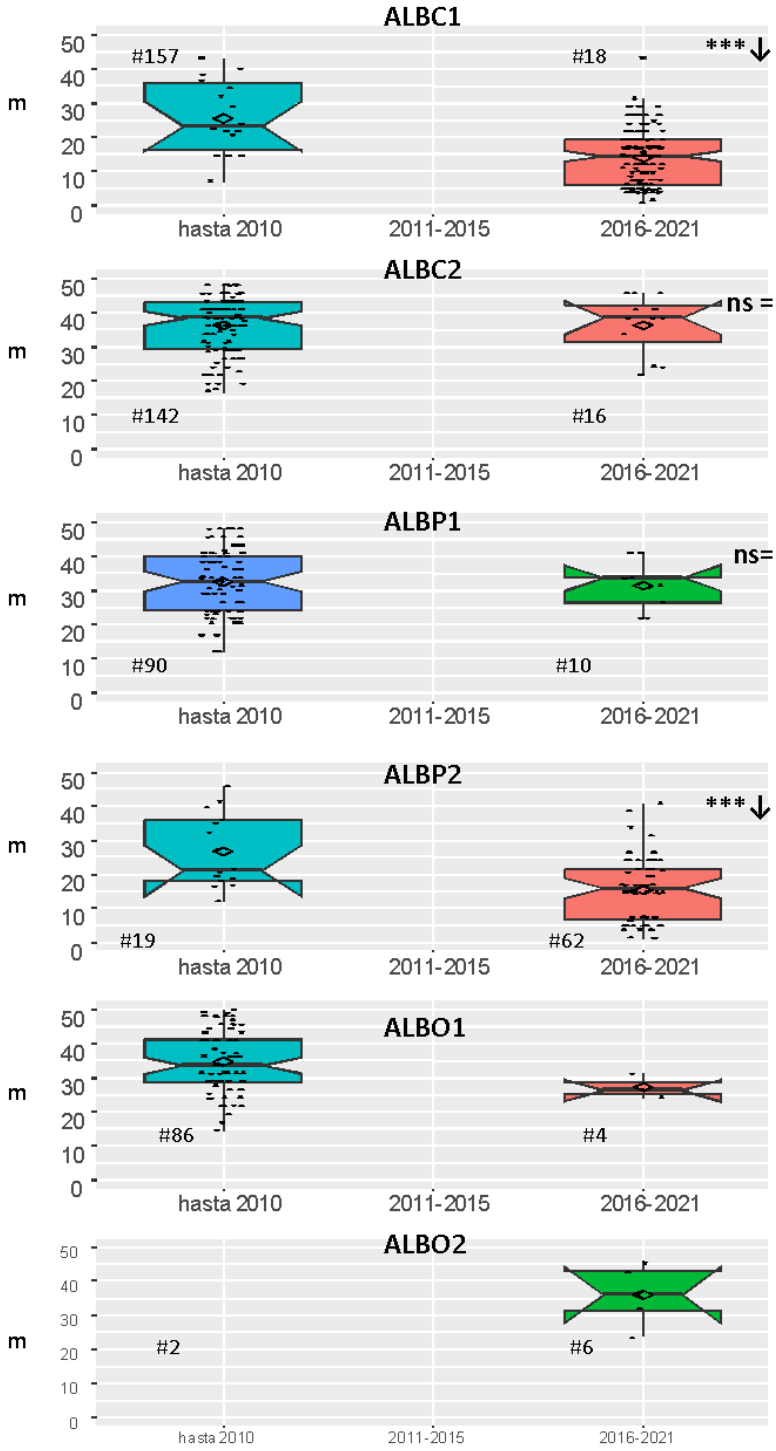



Figura 32. Distribución del límite fótico calculado a partir de la profundidad del disco de Secchi para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se indica la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones muestran el total de registros de cada periodo. No hay datos disponibles para el periodo 2011-2015. [ns: diferencias no significativas entre 2016-2021 y el periodo anterior del que se dispone de datos; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia abajo indican una disminución del límite fótico en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

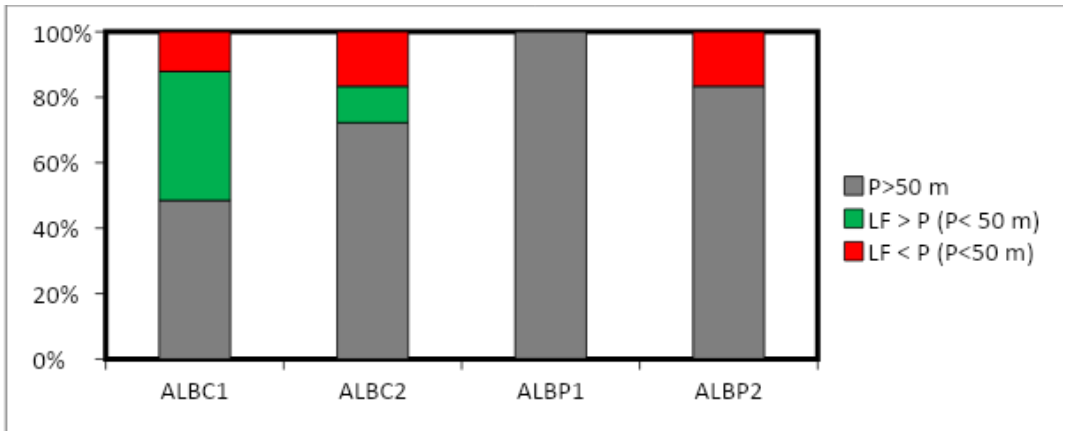



Figura 33. Resultado de la aplicación del esquema de evaluación del límite fótico (LF) ilustrado en la Figura 30. En verde se muestra el porcentaje de registros en los que el LF excedió la profundidad de la estación. En rojo se muestra el porcentaje de registros en los que el LF fue menor que la profundidad de la estación limitando potencialmente el crecimiento de los macrófitos. En gris, el porcentaje de estaciones en las que, por su profundidad, la transparencia no es potencialmente relevante en el desarrollo de comunidades de macrófitos.

**Evaluación a nivel regional/subregional**

Este indicador no fue evaluado en el *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C4.

# 5.5 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C5

### CONSECUCIÓN DEL BEA

| | |
|---|---|
| Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización) | **91 %** |
| Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo | **100 %** |
| Resultado de la evaluación | Se alcanza el BEA en 2024 |
| Periodo de evaluación | 2016-2021 |

Tabla 22. Resultados de la evaluación del criterio D5C5 en la DMESAL.

### Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación

### Parámetros utilizados

Concentración de oxígeno en la columna de agua.

### Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Las concentraciones de oxígeno en todas las MRUs se encontraron en promedio por encima de los valores umbral, por tanto, se concluye que este criterio se encuentra en BEA en toda la DMESAL (Tabla 23). Es importante destacar también que en ALBC2 y ALBP2 las concentraciones de oxígeno fueron en promedio mayores en 2016-2021 que en 2011-2015, lo que indica una mejor oxigenación de estas aguas en el periodo de evaluación. Esta conclusión es similar a la reportada en los documentos de los planes hidrológicos de las DH de la DMESAL para el tercer ciclo de planificación hidrológica.

| Criterio | Elemento | Estado | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D5C4 | Parámetro | ALBC1 | ALBC2 | ALBP1 | ALBP2 | ALBO1 | ALBO2 |
| | Oxígeno | BEA | BEA | BEA | BEA | BEA | BEA |

Tabla 23. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C5

Estado del parámetro: ■ Sin evidencia de déficit de oxígeno. Estado del criterio: BEA

### Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuente de datos. Para la evaluación del indicador se utilizaron los valores de concentración de oxígeno en la columna de agua generados en las campañas del programa MEDPOL y del programa de seguimiento de la DMA (en la Figura 34 se muestra el porcentaje de valores procedentes de uno y otro programa). Los datos del programa MEDPOL fueron obtenidos mediante una multisonda CTD. Los valores fueron intercalibrados con muestras recogidas con botellas Niskin en las que la concentración de oxígeno se determinó con el método Winkler.

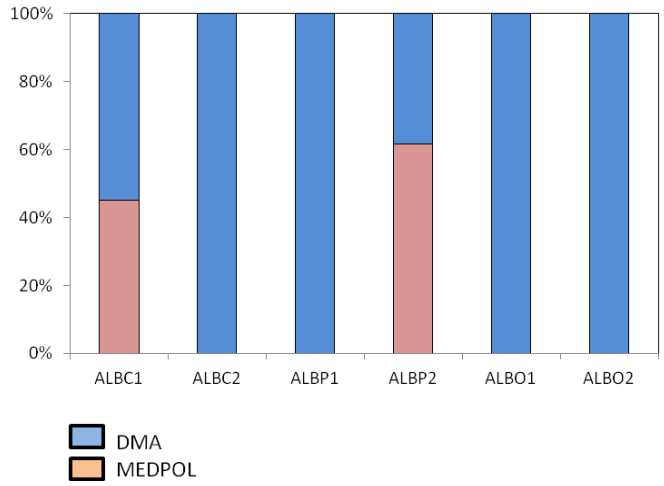



Figura 34. Porcentaje de registros de oxígeno procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de Barcelona (MEDPOL) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 33.

2. Evaluación. Los datos fueron agregados para obtener una serie temporal en cada MRU (las características de estas se ilustran en la Figura 36). Se determinó el percentil 10 de la serie temporal de datos del periodo 2016-2021 en cada MRU. El EQR se calculó dividiendo el percentil 10 por el VU. Valores de EQR mayores de 1 fueron considerados indicativos de BEA. Aplicando este método se obtuvo que todas las MRUs se encuentran en BEA para el criterio D5C5 (Figura 35).

3. Confianza estadística de la evaluación. El procedimiento utilizado para analizar la confianza estadística de la concentración de oxígeno es similar al descrito anteriormente para los elementos del criterio D5C1. De acuerdo con los resultados de este (Figura 35), la confianza estadística fue alta en ALBC1 y ALBP2; para las otras MRU fue pobre debido principalmente a que los datos no cubrieron adecuadamente toda la superficie de la MRU.

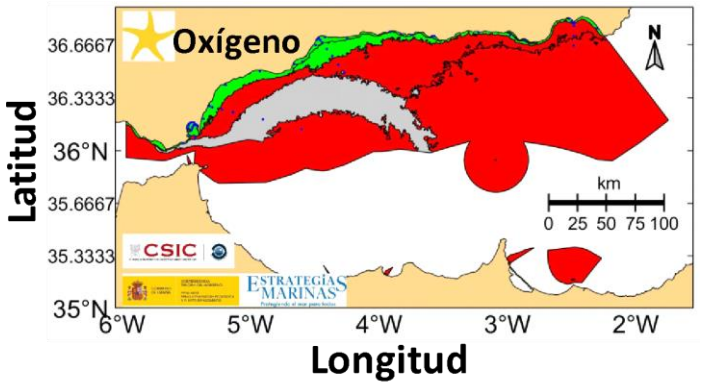



Figura 35. Representatividad de los datos de oxígeno recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo y gris se indican MRUs para las que los datos tienen baja representatividad espacial y/o temporal; en verde las MRUs en que la representatividad temporal y la espacial es buena.

**Valores umbral**

En general, en la literatura científica se establece el umbral de 6 mg $L^{-1}$ como el límite de concentración por debajo del cual se pueden manifestar efectos negativos del déficit de oxígeno sobre la fauna

bentónica. En la memoria del plan hidrológico de la DHGB se especifica que el límite bueno/moderado respecto a este indicador se alcanza cuando el percentil 10 de los valores de oxígeno para el área de evaluación es mayor a 5 mg $L^{-1}$ (debe notarse que en la memoria del plan hidrológico de la DHCMA no se especifica cuál es el valor umbral utilizado para la evaluación del oxígeno).

**Valores obtenidos para el parámetro**

Los datos obtenidos para las MRUs se muestran en la Figura 36.

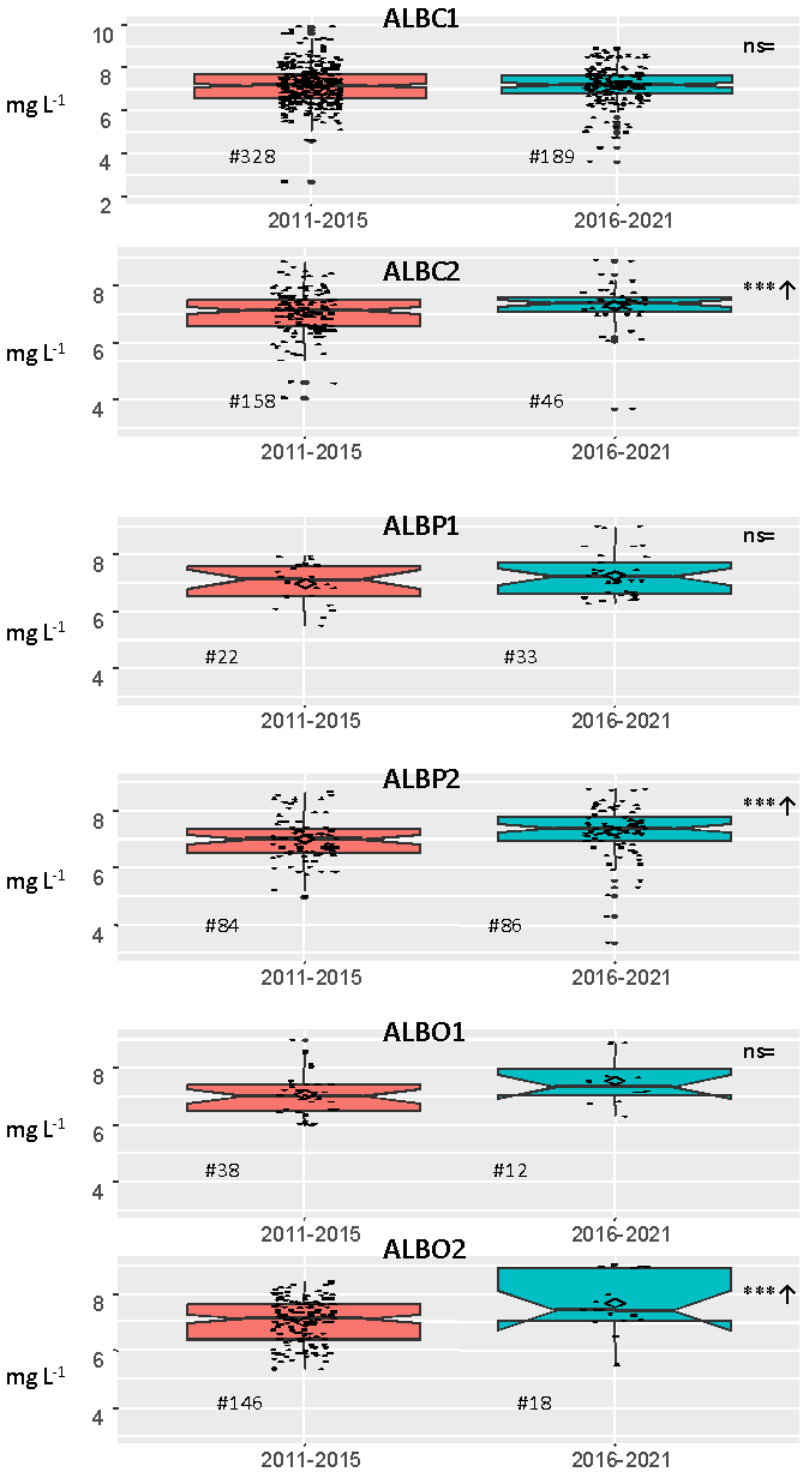


Figura 36. Distribución de las concentraciones de oxígeno para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. No hay datos disponibles previos a 2011-2015. [ns: diferencias no significativas entre 2016-2021 y el periodo anterior del que se dispone de datos; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001]. Las flechas hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

**Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro**

Las tendencias en la concentración de oxígeno se determinaron comparando la distribución de los registros obtenida en 2016-2021 con la obtenida en el periodo 2010-2015. Para realizar estas comparaciones se optó por aplicar el test de Kruskal-Wallis que es un estadístico no paramétrico dado que los datos no se ajustaron a una distribución normal. Como se muestra en la Figura 35, la concentración de oxígeno tendió a ser mayor en ALBP2 y ALBO2 durante 2016-2021.

**Evaluación a nivel regional/subregional**

Este indicador no fue evaluado en el *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C4.

06



# REFERENCIAS

# 6. REFERENCIAS

Altamirano-Jeschke, M., De la Rosa Álamos, J., & Martínez Medina, F. J. (2016). Arribazones de la especia exótica Rugulopteryx okamurae (EY Dawson) en el estrecho de Gibraltar.

Ferreira, J. G., Andersen, J. H., Borja, A., Bricker, S. B., Camp, J., Cardoso da Silva, M., Garcés, E., Heiskanen, A. S., Humborg, C., Ignatiades, L., Lancelot, Al., Menesguen, P., Tett, P., Hoepffner, N. & Claussen, U. (2010). Marine strategy framework directive–task group 5 report eutrophication. EUR, 24338, 49.

Flores-Moya, A., Moreno, D., De la Rosa, J., Altamirano Jeschke, M., Bañares España, E. (2021). Seaweeds and Seagrasses: The Marine Forests from the Alboran Sea. 10.1007/978-3-030-65516-7_8.

Gofas, S., Salas, C., Rueda, J. L., Canoura, J., Farias, C., & Gil, J. (2014). Mollusca from a species-rich deep-water Leptometra community in the Alboran Sea. Scientia Marina, 78(4), 537–553. https://doi.org/10.3989/scimar.04097.27A

Golubkov, M. S., & Golubkov, S. M. (2023). Secchi Disk Depth or Turbidity, Which Is Better for Assessing Environmental Quality in Eutrophic Waters? A Case Study in a Shallow Hypereutrophic Reservoir. *Water*, *16*(1), 18.

Gómez-Jakobsen, F., Ferrera, I., Yebra, L., & Mercado, J. M. (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.

Koroleff, J. (1983). Determination of total phosphorus by alkaline persulphate oxidation K. Grasshoff, M. Ehrhardt, K. Kremling (Eds.), Methods of Seawater Analysis, Verlag Chemie, Wienheim (1983), pp. 136-138

Lopez Figueroa, F., Bañares España, E., Sesmero, R., Arijo, S., Lafuente, J., Sammartino, S., Nadal, I., Real, R., Ramírez, T., Rodríguez Jiménez, J., Bautista, B., Reul, A., Catalá, T., Ferres García, J., Robles Carnero, V., Vega, J., Muñoz, M., Abdala Díaz, R., Korbee, N. (2023). Interdisciplinar research (oceanography, botany, ecophysiology and biotechnology) about the invasive exotic species Rugulopteryx okamurae (Ochrophyta), in the frame of the project "BLUEMARO". 10.29077/memorias.16.7/figueroa.

OSPAR, 2023. *Eutrophication Thematic Assessmen*t. In: OSPAR, 2023: Quality Status Report 2023. OSPAR Commission, London. Available at: https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/thematic-assessments/eutrophication/

Mercado, J. M., Gómez-Jakobsen, F., Cortés, D., Yebra, L., Salles, S., León, P., & Putzeys, S. (2016). A method based on satellite imagery to identify spatial units for eutrophication management. *Remote Sensing of Environment*, *186*, 123-134.

Mercado, J. M., Gómez-Jakobsen, F., Korbee, N., Aviles, A., Bonomi-Barufi, J., Munoz, M., Reul, A., & Figueroa, F. L. (2022). Analyzing environmental factors that favor the growth of the invasive brown macroalga Rugulopteryx okamurae (Ochrophyta): The probable role of the nutrient excess. Marine Pollution Bulletin, 174, 113315.

SCOR-UNESCO, 1966. Determination of photosynthetic photosynthetic pigments in seawater. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO, 66 pp.

UNEP/MAP, 2024. Mediterranean Quality Status Assessment. Pollution and Marine Litter. https://medqsr2023.info-rac.org/wp-content/uploads/2024/03/2.1-Pollution-Marine-Litter-The-Mediterranean-Quality-Status-Assessment.pdf

# ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

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

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia