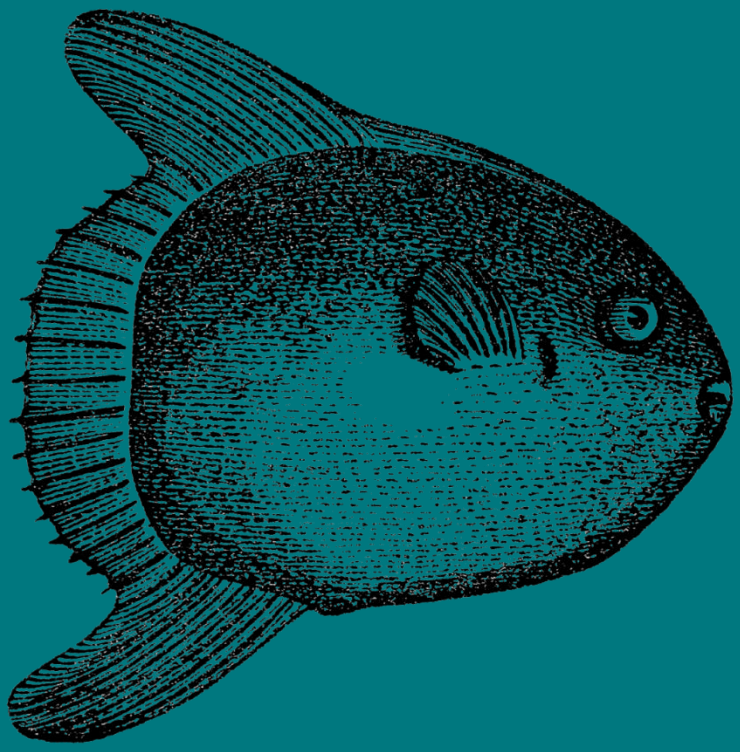
EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO
DM LEVANTINO-BALEAR

TERCER CICLO ESTRATEGIAS MARINAS

DESCRIPTOR 5
EUTROFIZACIÓN

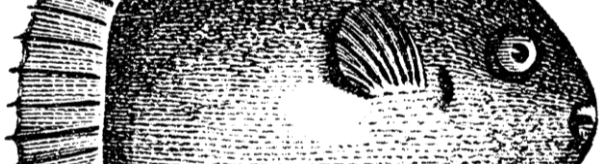


Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

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 Y EL RETO DEMOGRÁFICO

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

Edita: ©: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Madrid 2024.

NIPO: xxx-xx-xxx-x

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)

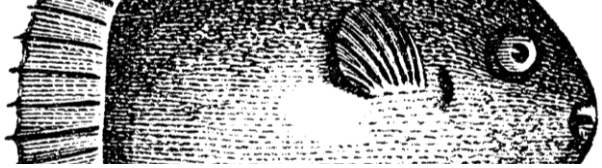
- Jesús Mercado Carmona
- María Teresa Camarena Gómez
- Miriam Domínguez Rodríguez
- Isabel Ferrera Ceada
- Candela García Gómez
- Francisco Gómez Jakobsen
- Antonio Sánchez Sánchez
- Nerea Valcárcel Pérez

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. INTRODUCCIÓN 5

2. DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL (BEA) 12

2.1 DEFINICIÓN DEL BEA PARA CADA CRITERIO 12

2.2 DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL PARA EL DESCRIPTOR 13

3. CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR 17

4. EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE LA DEMARCACIÓN MARINA 21

5. EVALUACIÓN POR CRITERIO, ELEMENTOS Y PARÁMETROS 25

5.1 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C1 25

5.2 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C2 39

5.3 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C3 45

5.4 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C4 48

5.5 EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN DEL CRITERIO D5C5 53

6. REFERENCIAS 59

01



INTRODUCCIÓN

DMA, se proyectaron las masas de agua costera en las MRUs obtenidas por análisis de las imágenes de satélite en la primera evaluación inicial, lo que permitió agregar los datos generados en aplicación de la DMA conforme a un criterio basado en el ciclo anual de productividad promedio. 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 DMLEBA.

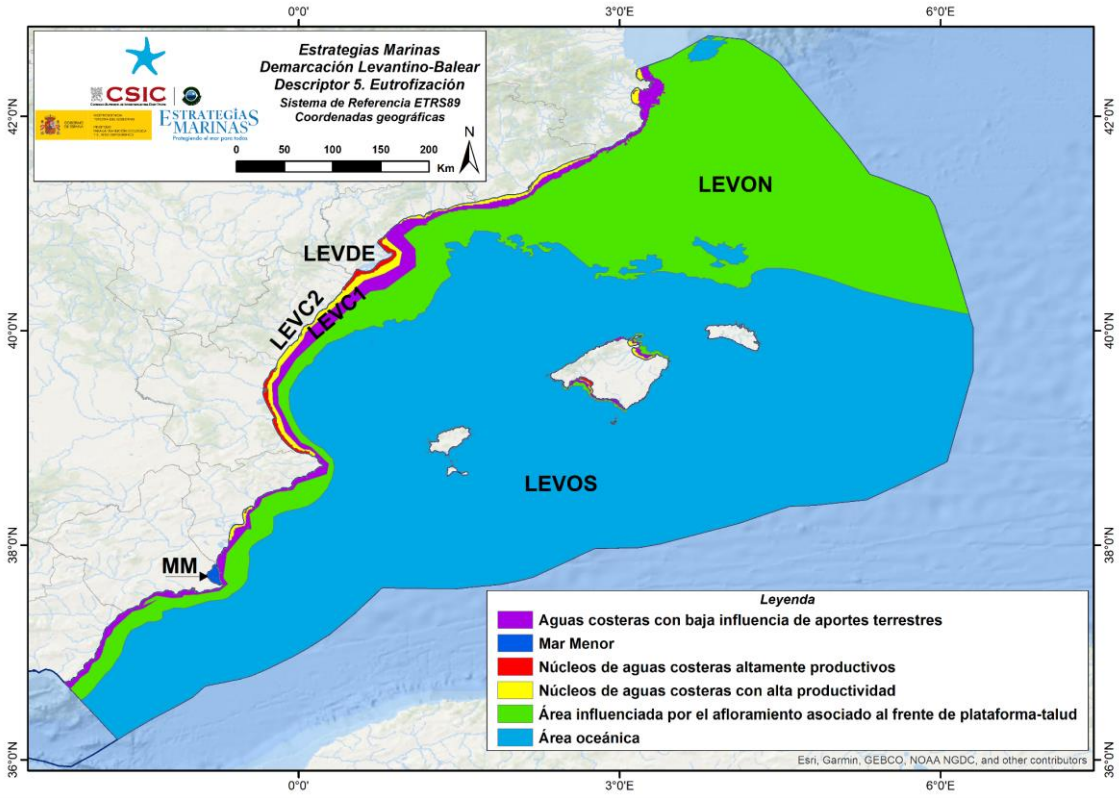


Figura 1. MRUs de la demarcación levantino-balear.

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 permitió 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 con más influencia de aportes terrestres y de los afloramientos asociados al frente plataforma-talud. Así, casi toda la zona costera es ocupada por las áreas LEVC2 y LEVDE, excepto la zona del entorno del Mar Menor donde se muestra la influencia de esta laguna hipersalina. La zona LEVON se extiende en el área más influenciada por el afloramiento asociado al frente plataforma-talud e incluye las aguas del entorno de las Islas Baleares. El resto de la demarcación es ocupado por agua principalmente oceánica (LEVOS).

En la Decisión 2017/848/UE se publicaron los criterios y normas metodológicas que han de guiar la evaluación de la eutrofización en el contexto de la Directiva Marco para la Estrategia Marina (DMEM). 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 áreas, 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 establecidas

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". La DMLEBA está enmarcada dentro del área de acción del Convenio de Barcelona, que en los últimos años ha estado trabajando en la elaboración del *Quality Status Report 2023* (en adelante QSRMED; UNEP/MAP, 2024). Para este informe, el Mediterráneo se dividió en varias subregiones que a su vez fueron divididas en varias subdivisiones. La zona de Levante e Islas Baleares se englobó en la subregión del Mediterráneo oeste (denominada Central Western Mediterranean Sea, CWMS), dentro de la subárea levantino-balear (LEV-BAL). Por tanto, la DMLEBA fue evaluada independientemente casi en su totalidad como una subdivisión en el QSRMED. En la evaluación se contemplaron por un lado las masas de agua costera de la DMA y por otro las aguas adyacentes a esta franja hasta una distancia de 20 km considerando dos zonas diferentes, por un lado, la franja costera levantina (ESPL) y por otro la balear (ESPI). No obstante, a título informativo el documento recogió también las MRUs nacionales utilizadas en la segunda evaluación inicial de las estrategias marinas y su correspondencia con las áreas de evaluación del QSRMED.

Las masas de agua costera definidas en aplicación de la DMA e incluidas dentro de la demarcación marina levantino-balear, son gestionadas por seis demarcaciones hidrográficas (Figura 2): DH de las cuencas Mediterráneas Andaluzas (DHCMA), DH del Júcar (DHJ), DH del Segura (DHS), DH del Ebro (DHE), Cuencas Internas de Cataluña (DHCIC) y DH de Islas Baleares (DHIB). Todas las masas de agua están clasificadas dentro de una de las nueve tipologías del Real Decreto 87/2015 descritas en la Tabla 1. Las características y límites geográficos de cada una son recogidos en las memorias de los planes de cuenca para el periodo 2022/2027, aprobados en 2023. Las aguas costeras *sensu DMA* de la DMLEBA, que ocupan en conjunto algo menos del 10 % de la superficie, presentan por tanto una tipología compleja (Tabla 1) definida por el tipo de fondo y por la mayor o menor influencia de los cursos de agua que desembocan en la demarcación. La mayor superficie de agua costera (43 %) es ocupada por aguas de tipología insular. En el sector peninsular, las aguas Tipo AC-T01, con influencia moderada de aportes fluviales, ocupan casi el 20 % de la superficie. Sin embargo, las aguas sin influencia fluvial representan el 34 % de las aguas costeras. Algo menos del 4 % de las aguas costeras presentan alta influencia fluvial según su tipología (el 95 % de las cuales se encuentra en el entorno del delta del Ebro). Destaca la presencia de una masa de agua singular, de tipología lagunar (la laguna hipersalina del Mar Menor).

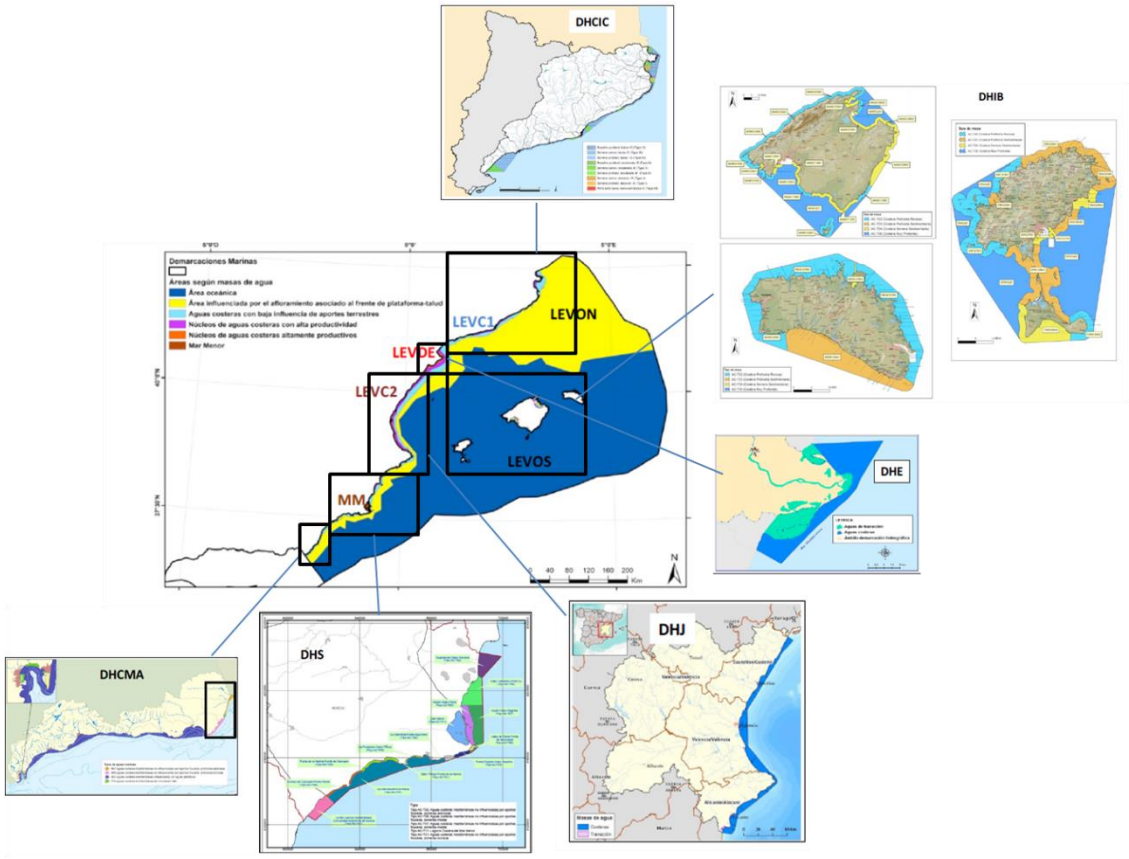


Figura 2. Masas de agua costera definidas en los planes hidrológicos de las cuencas hidrográficas que presentan masas de agua en la DMLEBA. Los mapas han sido tomados de los respectivos documentos de planificación hidrológica (la escala es aproximada).

Tipo	Descripción	#masa agua	Superficie aguas costeras (%)	Superficie de la DMLEBA (%)	MRU
T01	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, someras arenosas	11	20,3	1,95	LEVC2
T02	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, someras rocosas	1	0,19	0,02	LEVC2
T03	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, profundas arenosas	2	0,41	0,04	LEVC1
T04	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial moderada, profundas rocosas	3	0,44	0,04	LEVC2
T05	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, someras arenosas	17	13,01	1,25	LEVC1
T06	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, someras mixtas	6	3,85	0,37	LEVC1
T07	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, profundas arenosas	5	6,36	0,61	LEVC1
T08	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, profundas rocosas	11	7,35	0,70	LEVC1

Tipo	Descripción	#masa agua	Superficie aguas costeras (%)	Superficie de la DMLEBA (%)	MRU
T09	Aguas costeras mediterráneas con influencia fluvial alta, someras arenosas	4	3,81	0,36	LEVDE
T11	Laguna costera del mar Menor	1	1,16	0,02	LEVMM
T21	Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales,someras rocosas	1	0,003	0,0003	LEVC1
T22	Aguas costeras rocosas profundas*	12	6,62	0,63	LEVOS
T23	Aguas costeras sedimentarias profundas*	6	1,81	0,17	LEVOS
T24	Aguas costeras sedimentarias someras*	12	5,04	0,48	LEVOS
T30	Aguas profundas de la demarcación Illes Balears*	6	29,41	2,82	LEVOS
			Total	9,58	

Tabla 1. Tipología de masas de agua costera en la DMLEBA (descripción según lo recogido en el Real Decreto 817/2015). Se indica la superficie que representa cada tipo con relación al total de la superficie de aguas costeras y de la superficie de la DMLEBA (en porcentaje). Los tipos señalados con * se localizan en aguas insulares de Baleares. En la columna MRU se indican las áreas de evaluación con las que las aguas de la DMA, agrupadas por tipología, presentan un mayor solapamiento.

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 según su tipología (Tabla 1), evidencia que éstas últimas solapan con diferentes áreas de productividad, lo cual es por otro lado esperable dado que la tipología de la DMA se establece teniendo en cuenta únicamente criterios hidrológicos y las áreas de la DMEM se basan en el ciclo anual de productividad. Con el fin de que la evaluación de la DMLEBA 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 utilizar 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 han proyectado sobre el mapa de distribución de la MRUs con el fin de asignarlas a una unidad determinada. El solapamiento entre las MRUs y las diferentes tipologías de aguas costeras se muestra en la Tabla 1. En conjunto, LEVOS y LEVON no presentan solapamiento significativo con las aguas de la DMA. En el otro extremo, LEVDE solapa casi en su totalidad con aguas con una influencia fluvial alta o moderada. LEVC1 incluye casi todas las aguas sin influencia fluvial de la DMLEBA mientras que LEVC2 incluye en un porcentaje alto aguas con influencia fluvial del tipo AC-T01. LEVMM corresponde con la masa de agua del tipo AC-T11.

Identificador de las áreas	Denominación	km² (%)	DMA	Tipo
LEVC1	Aguas costeras con baja influencia de aportes terrestres	5.750 (2,4)	49 %	AC - T08 AC - T05
LEVC2	Núcleos de aguas costeras con alta productividad	1.971 (0,8)	75 %	AC - T01 AC -T06
LEVDE	Núcleos de aguas costeras altamente productivas influenciada por aportes	517 (0,2)	87 %	AC - T01 AC - T09
LEVOS	Área oceánica	169.227 (69,4)	1,9 %	-
LEVON	Área influenciada por el afloramiento asociado al frente de plataforma-talud	66.225 (27,2)	1,4 %	-
LEVMM	Mar Menor	138 (0,1)	100 %	AC - T11

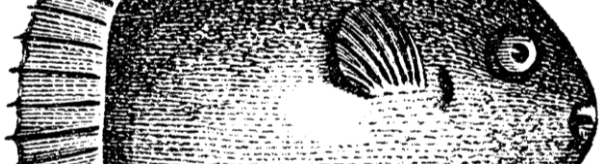
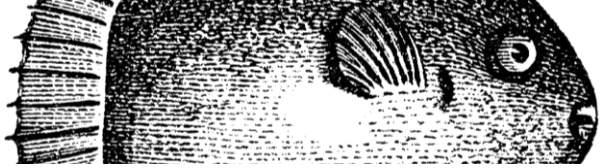


Tabla 2. Unidades marinas de evaluación (MRUs) identificadas a partir del análisis de las imágenes de satélite de clorofila *a*. Se indica su extensión en Km^2 (entre paréntesis el porcentaje de superficie que representa con relación al total de la DMLEBA) y el porcentaje de estas que es ocupado por masas de agua de la DMA. En la columna *Tipo* se indica la tipología de agua de la DMA (Real Decreto 87/2015) con la que solapa más de un 10 %.

02



DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL



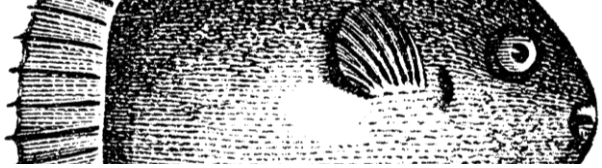
2. DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL (BEA)

2.1 DEFINICIÓN DEL BEA PARA CADA 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 esta tercera evaluación inicial.

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 para el descriptor 5.



2.2 DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL PARA EL DESCRIPTOR

Reglas de agregación

En el QSRMED se propuso el uso del índice TRIX y 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 DMLEBA) 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 de indicadores. 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 áreas, *áreas sin problemas de eutrofización* y *áreas con problemas de eutrofización* que asumiremos equivalentes a áreas en BEA y noBEA, respectivamente. En la tercera evaluación inicial proponemos usar los elementos evaluados cuantitativamente dentro de cada categoría de criterios para determinar su estado, mientras que el resto de los elementos o parámetros 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). Se considerará que el criterio está en BEA cuando todos los elementos y/o parámetros evaluados cuantitativamente presentan un EQR mayor que uno (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 también de manera que tendencias positivas llevarán a marcar el criterio para indicar que estos elementos deben ser considerados en los programas de seguimiento del siguiente ciclo y 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 indicará 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 las MRUs de acuerdo con el siguiente esquema (que se resume en la 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

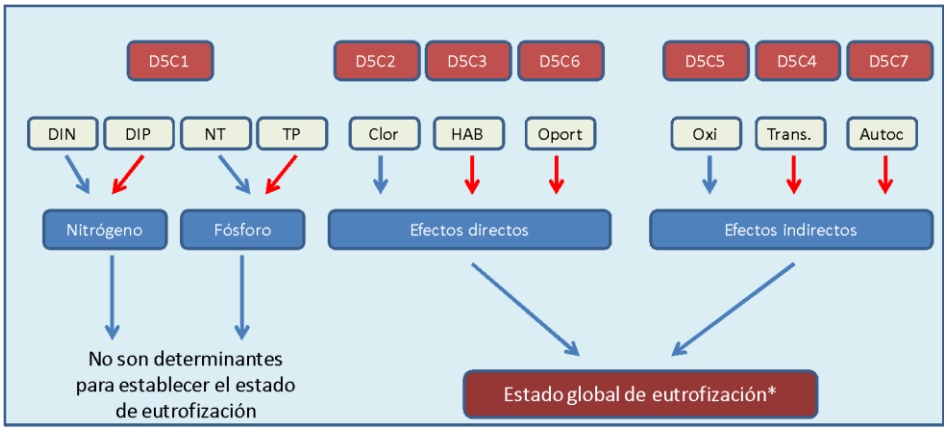


Figura 3. Esquema que ilustra la relación entre los criterios de la Decisión 2017/848/CE y su agrupación según las categorías de indicadores del COMP4

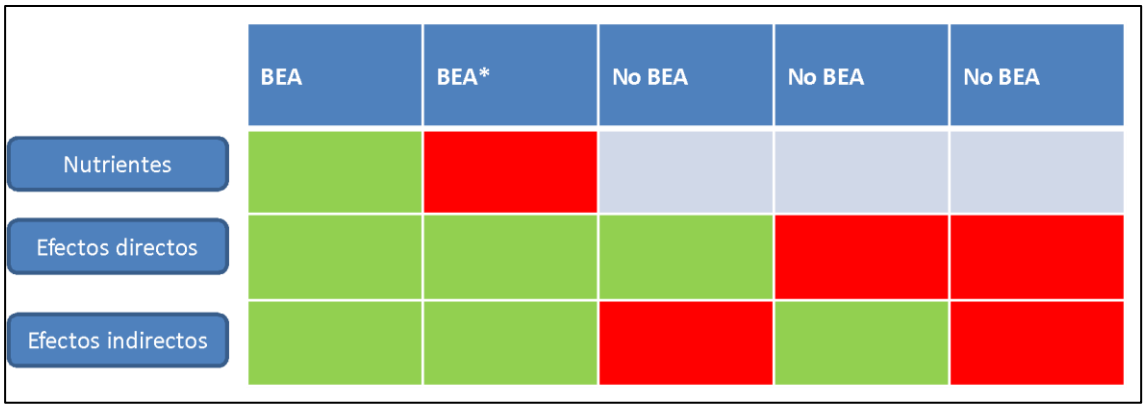


Figura 4. Clasificación de las MRUs de acuerdo con los resultados del análisis de los criterios y elementos de los criterios agrupados conforme al esquema del COMP4. Para los nutrientes las celdas sombreadas en gris indican que no contribuyen a la clasificación del MRU cuando se detectan efectos directos 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 DMLEBA 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 DMLEBA lo está se ha establecido en el 98 % atendiendo a que las MRUs que incluyen aguas costeras de la DMA (que son las más susceptibles a la eutrofización) representan aproximadamente el 4 % de la superficie (Tabla 2). De esta manera, un umbral del 98 % asegura que la DMLEBA 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 817/215). 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, químicos o 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 en 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.

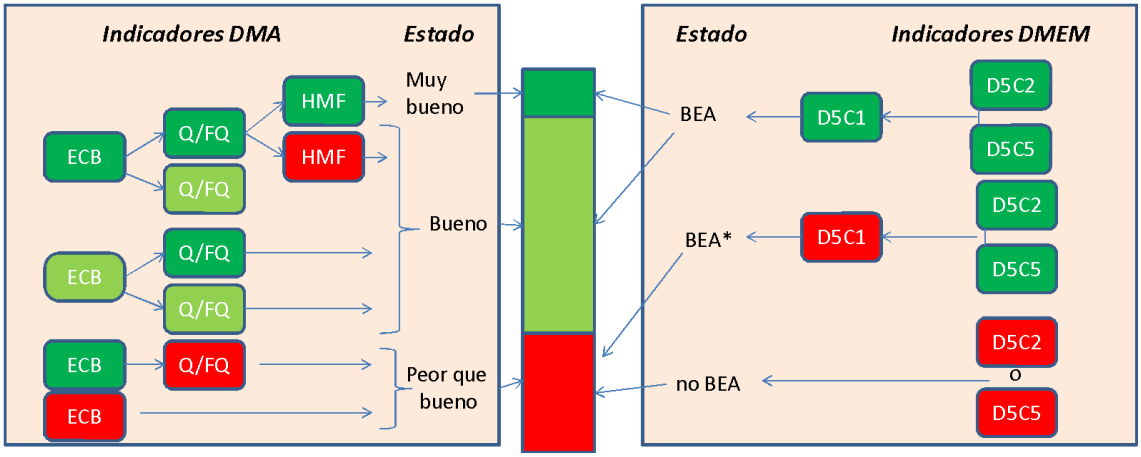


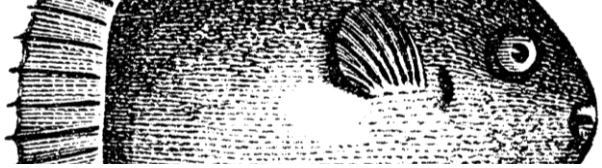
Figura 5. Esquema para la evaluación del estado ecológico de las aguas costeras basado en el REAL DECRETO 817/2015 (DMA) comparado con el esquema de integración de los indicadores para la evaluación del estado de eutrofización de cada MRU (DMEM). ECB: indicadores de calidad biológica; Q/FQ, indicadores de calidad química y físico-química; HMF, indicadores hidromorfológicos. Verde oscuro: estado muy bueno; verde claro: estado bueno; rojo: estado peor que bueno

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 de evaluación; 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



CARACTERÍSTICAS, CRITERIOS Y ELEMENTOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR



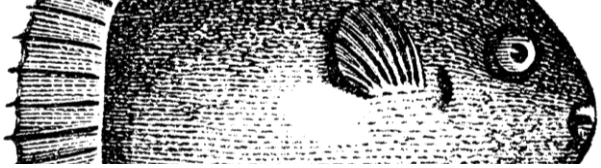
3. CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR

Desde la publicación de la Directiva 2008/56/CE y de las primeras interpretaciones y recomendaciones para la evaluación de la eutrofización derivadas de la misma (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 de 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); en zonas donde se detectaran problemas de eutrofización, se aconsejó la evaluación de criterios secundarios complementarios (que se listan en la tabla 3). 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 DMLEBA se han evaluado los criterios primarios y dentro de estos, los elementos y parámetros para los que se dispone de datos (tabla 3); algunos de los criterios secundarios (D5C3 y D5C4) sólo se han evaluado en las MRUs que incluyen las áreas costeras (LEVC1, LEVC2, LEVDE y LEVMM). 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 en cumplimiento de la DMA).

Se indican a continuación algunas de las consideraciones principales que han guiado la evaluación de los criterios 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 en cada MRU las concentraciones esperables de acuerdo con sus características hidrológicas y a 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 umbral adecuados para cada elemento del criterio (en adelante valor umbral, VU) frente a los que comparar las concentraciones obtenidas en el periodo de evaluación (en adelante, se entenderá

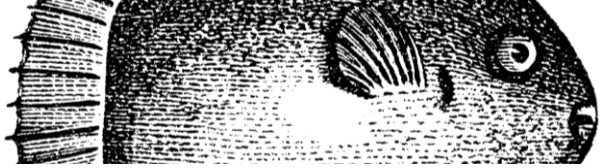


como evaluación cuantitativa la basada en la comparación del valor del indicador o elemento con un valor umbral).

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 DMLEBA porque la productividad está fuertemente condicionada por la circulación horizontal de las masas de agua, el impacto del régimen de vientos y las descargas de ríos. 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 a la variabilidad observada. Para esto se calcularon concentraciones de referencia considerando todo el periodo de tiempo para el cual se dispuso de datos para cada MRU, que fueron utilizados como VU. En la segunda evaluación inicial, para las aguas costeras de la DMA se consideraron además como VU los umbrales publicados en los planes hidrológicos. En esta tercera evaluación inicial se ha optado por 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 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 DMLEBA 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 este criterio analizando la frecuencia de aparición y/o abundancia de los grupos de fitoplancton que incluyen géneros potencialmente productores de toxinas (diatomeas y dinoflagelados).

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 profundidad 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 DMLEBA 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 constante para toda la DMLEBA, por lo que sólo puede ser valorado atendiendo a su tendencia en el periodo de evaluación respecto a periodos previos. A estas dificultades en la evaluación del criterio 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 de algas 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 VUs. 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 (y los datos ahora disponibles lo permiten). 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 en el caso de algunos parámetros del D5C1 (TN y TP) no se dispuso en la segunda evaluación inicial 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.

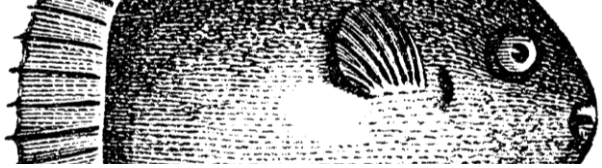
Criterio	Elemento	MRUs					
		LEVC1	LEVC2	LEVDE	LEVOS	LEVON	LEVMM
D5C1	DIP	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DIN	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	TP	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	TN	✓	✓	✓	✓	✓	✓
D5C2	Chla	✓	✓	✓	✓	✓	✓
D5C3	HAB	X	X	X	X	X	✓
D5C4	Límite fótico	✓	✓	✓	✓	X	✓
D5C5	Oxígeno	✓	✓	✓	✓	✓	✓
D5C6	Macroalgas oportunistas	X*	X*	X*	X	X	X*
D5C7	Macrófitas	X*	X*	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 (☑; incluyendo los elementos para los que la evaluación no ha sido concluyente por las razones que se mostrarán a continuación). 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 podido ser evaluados por falta de datos.

04



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)	**98 %**
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	**99 %**
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Tabla 5. Resultados de la evaluación del descriptor 5 para la DMLEBA.

Los resultados de la evaluación de la eutrofización de la DMLEBA obtenidos aplicando el esquema de integración antes explicado se resumen en la Tabla 4 donde se muestra que las MRUs que ocupan la mayoría de las aguas costeras peninsulares de la demarcación se encuentran en BEA (LEVC1, LEVC2 y LEVDE), si bien en todas estas áreas se encontraron concentraciones de nutrientes y clorofila *a* mayores en el periodo evaluado que en el periodo previo. La evaluación de LEVOS y LEVON no fue concluyente debido a los pocos datos disponibles. La única MRU donde se encontraron problemas de eutrofización fue LEVMM (que representa aproximadamente el 0,1 % de la superficie), donde las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (nitrato, nitrito y amonio) excedieron el valor umbral. Además, en esta MRU las concentraciones medias de TN fueron significativamente mayores a las encontradas en el resto de las áreas. En contraste, el fosfato no excedió los valores umbral ni la concentración promedio de PT en 2011-2016 fue mayor a los promedios encontrados en las otras MRUs. Por tanto, los resultados de la evaluación indican que LEVMM fue afectada por aportes de N, probablemente procedentes de la cuenca vertiente. Las altas concentraciones de clorofila, así como el hecho de que la frecuencia de *blooms* de diatomeas y dinoflagelados sea mayor a la esperada de acuerdo con las características hidrológicas de la zona, son indicios claros de que el exceso de N ha dado lugar a un proceso de eutrofización, que se manifiesta incluso en una relativamente alta frecuencia de concentraciones de oxígeno menores a 6 mg L^{-1} que son indicativas de condiciones de hipoxia.

Estos resultados están en concordancia con el análisis del estado ambiental de las aguas costeras de la DMLEBA publicado en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica, que están basados en datos de 2018. Según los mismos, aproximadamente el 12 % de las masas de agua costera de la DMA presentan un estado físico-químico peor que bueno debido a exceso de nitrato o fosfato. Algo menos del 10 % de las masas de agua presentaron concentraciones de clorofila elevadas. En algunas de estas áreas la tendencia empeoró respecto a la evaluación anterior, en línea con la tendencia al aumento de la concentración de nutrientes y clorofila en esta tercera evaluación inicial. Es de notar que en aproximadamente el 15 % de las masas de agua de la DMA, las comunidades de angiospermas y macroalgas presentaron un estado peor que bueno, lo que se podría relacionar con las tendencias mencionadas en los nutrientes y la clorofila. Sin embargo, no se encontraron masas de agua con comunidades de invertebrados en estado peor que bueno, en línea con el BEA del indicador D5C5.

Área de evaluación	% de aguas nacionales	Nutr.	Efectos directos					Efectos indirectos		Estado
		D5C1	D5C2	D5C3	D5C4	D5C6	D5C7	D5C5	D5C8	
LEVC1	2,4	↑	↑							BEA*
LEVC2	0,8	↑	↑							BEA*
LEVDE	0,2	↑	↑							BEA*
LEVOS	69,4	↑								
LEVON	27,2									
LEVMM	0,1	↑	↑							No 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.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Evaluación no concluyente; ■ No evaluado. ↑Tendencia creciente

	Nutrientes			Efectos directos			Efectos indirectos		
	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI
LEVC1									
LEVC2									
LEVDE									
LEVOS									
LEVON									
LEVMM									

Tabla 7. Comparación de los resultados de la evaluación del D5 en las tres evaluaciones iniciales. ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Evaluación no concluyente; ■ No evaluado

PRINCIPALES PRESIONES RELACIONADAS

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

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.

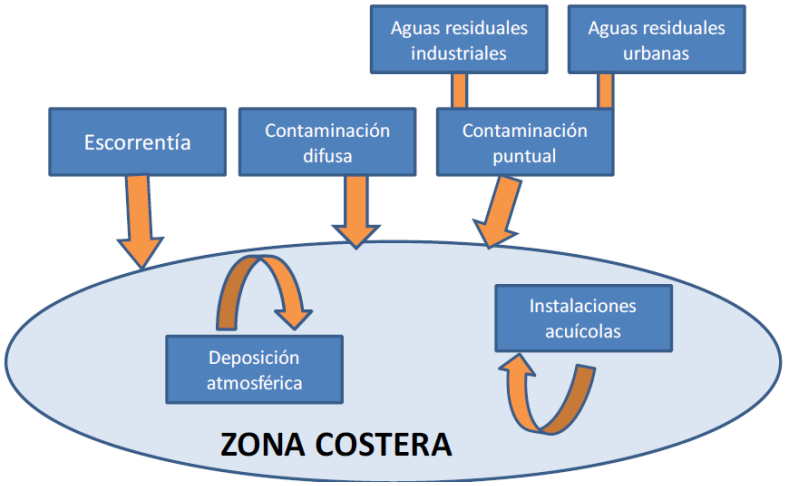


Figura 6. Esquema que ilustra las principales presiones que afectan al descriptor 5

A la variabilidad hidrológica natural que modifica las condiciones de nutrientes en la columna de agua, se unen los efectos de las descargas desde los flujos de agua continentales que desembocan en la demarcación (Sierra et al. 2002; Mösso et al., 2006; Falco et al., 2007; González et al., 2007), en especial los asociados a la desembocadura del Ebro. Los datos de aportes de nutrientes desde ríos disponibles en los planes hidrológicos de las demarcaciones que presentan aguas costeras en la DMLEBA (2014 es

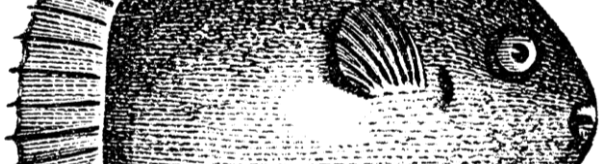
el último año en el que hay datos para todas las demarcaciones) indican que la carga de N en forma de nitrato oscila entre 46 y 56 kt/año y la de amonio es aproximadamente un orden de magnitud menor (5 kt/año). El río Ebro aporta prácticamente el 65 % del nitrógeno en forma de nitrato que llega a toda la DMLEBA. Sólo se dispone de datos de aporte de N-total de los ríos de las demarcaciones hidrográficas del Júcar y Segura, los cuales indican que las mayores entradas proceden del Segura. Los principales aportes de fósforo llegan del río Ebro y de la DH Cuencas Internas de Cataluña.

Además de los ríos, la DMLEBA está sometida a significativas presiones que aportan nutrientes a las aguas costeras principalmente debido a la presencia de núcleos urbanos densamente poblados en toda la franja costera (Barcelona, Valencia, Palma de Mallorca) así como de importantes puertos comerciales y pesqueros (Cartagena, Alicante, Denia, Cullera, Valencia, Sagunto, Castellón, Tarragona y Barcelona en la costa peninsular e Ibiza, Palma y Mahón en las costas insulares). Según la información contenida en los planes hidrológicos, hay un total de 30 puntos de vertido inventariados en todo el litoral que aportan N-total con una carga máxima en 2021 mayor a las 12 kt. Es de destacar que de todo el N-total aportado en el periodo 2016-2022 a las aguas españolas por instalaciones que informan al PRTR, el 41 % lo fue en la DMLEBA. Las demarcaciones hidrográficas de las Cuencas Internas de Cataluña y del Júcar son las que mayor número de complejos poseen, y por tanto, las que vierten las mayores cargas. Los aportes de P-Total por vertidos directos son un orden de magnitud inferior a los de N-Total, con un máximo de 0.2 kt en 2022 (según datos de los últimos años, los aportes de P-total en la DMLEBA representan el 55 % del total aportado por complejos que informan al PRTR). En las Cuencas Internas de Cataluña, la mayoría de los vertidos tienen un origen urbano, mientras que en el Júcar hay tanto vertidos urbanos como industriales. Según datos del programa EMEP para el año 2014, las deposiciones atmosféricas de nitrógeno más elevadas se localizan en la zona cercana al litoral, con máximos en las costas de Barcelona y Gerona. Destacan también los elevados aportes de lixiviados agrícolas, aun deficientemente descritos.

05



EVALUACIÓN POR CRITERIOS, ELEMENTOS Y PARÁMETROS



5. EVALUACIÓN POR CRITERIO, ELEMENTOS Y PARÁMETROS

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)	**98 %**
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	**99 %**
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación

Parámetros utilizados

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

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Figura 6 se resumen los resultados de la evaluación de los diferentes elementos y parámetros que componen el criterio D5C1. El resultado de la evaluación de los parámetros analizados cuantitativamente (esto es, en base a un VU) se muestra en la Figura 7 (los datos disponibles para LEVOS y LEVON no fueron suficientes para llevar a cabo esta evaluación). El indicador D5C1 se encuentra en BEA en todas las MRUs excepto en LEVMM, donde se detecta un exceso de alguna forma de nitrógeno inorgánico disuelto. No obstante, en todas las MRUs evaluadas las concentraciones promedio de alguna de las formas de nitrógeno inorgánico disuelto fueron mayores en el periodo evaluado en comparación con periodos previos, lo que denota una tendencia general de aumento. En contraste, en todas las MRUs, la concentración de DIP se mantuvo por debajo del correspondiente VU aunque también se detectaron tendencias positivas. Paradójicamente, TN no varió significativamente en ninguna MRU de la DMLEBA mientras que el TP sí lo hizo en LEVC1 y LEVC2. Hay que señalar que la confianza estadística de los resultados de la evaluación en las MRUs que incluyen aguas costeras de la DMA es buena, por lo que esta puede considerarse suficientemente robusta. Sin embargo, la escasez de datos para LEVOS debido a la poca cobertura espacial de los muestreos en comparación con el tamaño del área reduce la confianza estadística de la evaluación. En comparación con la segunda evaluación inicial, el estado del criterio D5C1 ha mejorado en LEVDE pero se mantiene en LEVMM (notar que el criterio no fue evaluado en LEVOS).

Criterio	Elemento		Estado					
D5C1	**Parámetro**		**LEVC1**	**LEVC2**	**LEVDE**	**LEVOS**	**LEVON**	**LEVMM**
	NID	Nitrato	↑	=	↑	↓	¿?	↑
		Nitrito	↑	↑	↑	¿?	¿?	↓
		Amonio	↑	↑	↑	↑	¿?	¿?
	DIP		=	↑	↑	¿?	¿?	↑
	TN		=	=	=	=	=	¿?
	TP		↑	↑	=	=	↑	¿?
Integ.			**BEA***	**BEA***	**BEA***			**noBEA**

Tabla 8. 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 determinante por falta de datos; ■ no evaluado cuantitativamente. ↑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
LEVC1									=			↑
LEVC2									=			↑
LEVDE									=			=
LEVOS									=			=
LEVON									↑			↑
LEVMM									¿?			¿?

Tabla 9. Comparación de los resultados de la evaluación de los elementos del criterio D5C1 en las tres evaluaciones iniciales

■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ evaluadas sólo las tendencias; ■ evaluación no determinante por falta de datos o no evaluado. ↑Tendencia creciente; = sin tendencia; ¿? Tendencia desconocida.

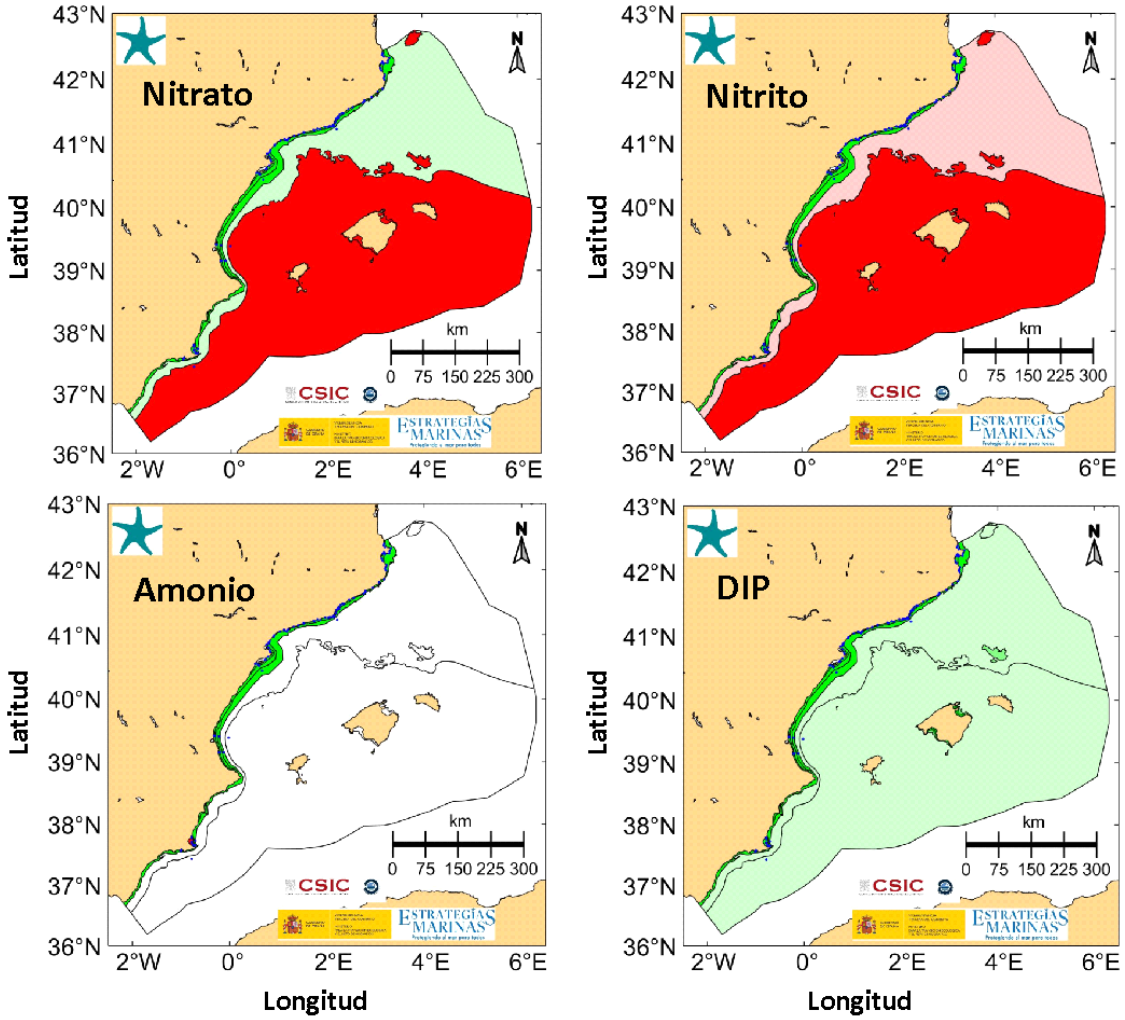


Figura 7. Resultados de la evaluación de los parámetros y elementos del D5C1 que se han evaluado cuantitativamente. Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En verde se indican MRUs donde la concentración no excede el valor umbral (esto es, el EQR es mayor de 1); en rojo, las MRUs afectadas de un exceso de concentración (EQR menor a 1). Debe notarse que en el caso de LEVOS y LEVON se concluye que los datos disponibles no son suficientes para llevar a cabo una evaluación concluyente, aunque a título informativo se muestran las áreas en rojo o en verde más claro según los pocos datos disponibles indiquen que se sobrepasan o no los VU (para amonio se presentan en blanco porque no hay VU definidos). Los puntos negros dentro de cada MRU 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 recopilaron 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 demarcaciones hidrográficas (proporcionados por las comunidades autónomas). 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 Ministerio para la Transición Ecológica en el mediterráneo español, basadas en las recomendaciones del Convenio de Barcelona. Para LEVMM se han utilizado además los datos obtenidos en el programa de seguimiento DMEMM que lleva a cabo el IEO desde 2016 y que consiste en muestreos mensuales en tres estaciones de la laguna. Las concentraciones de nutrientes del programa MEDPOL y DMEMM 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 basadas en el anexo V de la DMA modificado a través de la Directiva 2014/101/UE de la Comisión, de 30 de octubre de 2014. Todos los datos de TN y TP proceden de los programas EUT1 y EUT2 y se han obtenido tras digestión ácida de las muestras sin filtrar (excepto las de LEVMM que fueron filtradas previamente) según el método de Koreleff (1983) y el posterior análisis del N y P mediante autoanalizador de flujo segmentado.

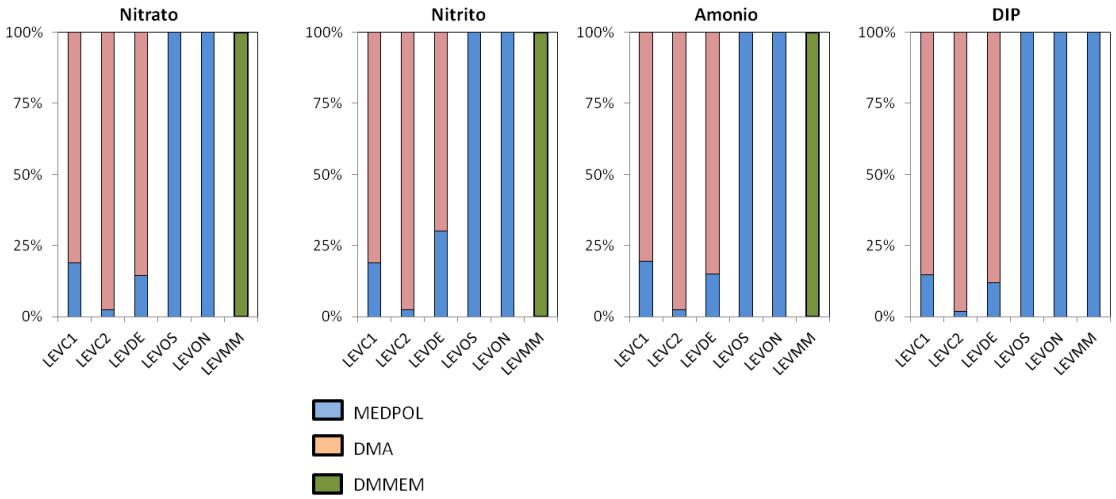


Figura 8. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA, del programa de seguimiento del Convenio de Barcelona (MEDPOL) y del programa de seguimiento de la laguna costera del Mar Menor (DMEMM) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en las figuras 9-15.

2. Evaluación. Cada elemento o parámetro fue evaluado independientemente dentro del periodo de evaluación. Para esto, se calculó el promedio para todo el periodo. Este valor promedio fue comparado con el valor umbral, calculando un índice de calidad ambiental (*environmental quality ratio*, EQR; Figura 9) 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 el EQR fue mayor de 1 se muestran en verde en la Figura 7.

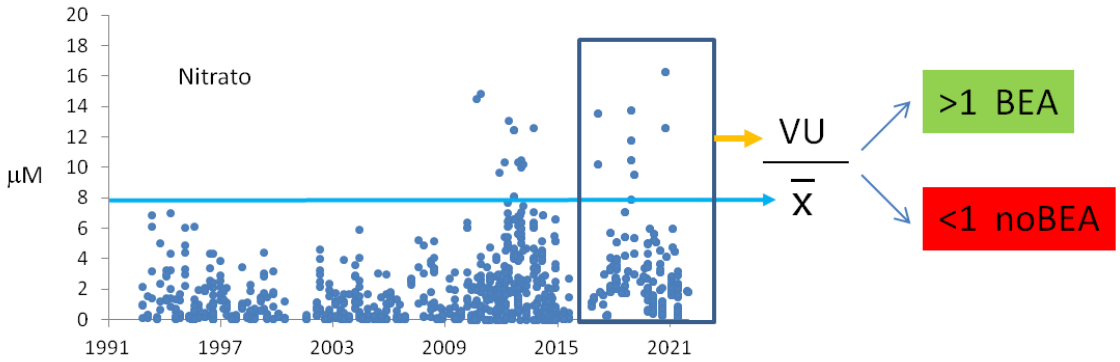


Figura 9. Esquema del procedimiento seguido para el cálculo del EQR para cada elemento y parámetro del DC51 evaluado cuantitativamente. VU representa el valor umbral y □ la media del periodo 2016-2021.

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 buena; 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 (Figura 11). Esto es, se concluyó que la confianza estadística es buena sólo cuando tanto la confianza temporal como la espacial lo fueron.

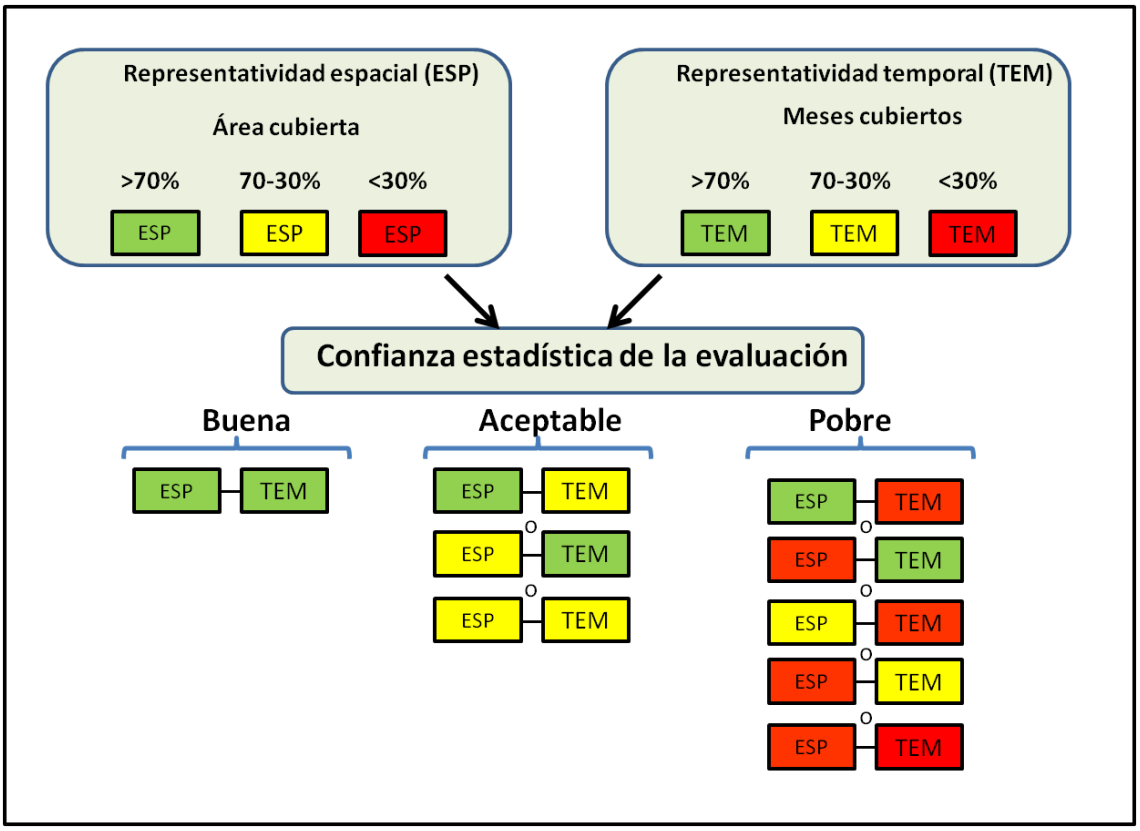


Figura 10. Esquema que ilustra el procedimiento y los criterios empleados para determinar la confianza estadística de la evaluación

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 buena en LEVMM. En LEVC1 y LEVC2 la cobertura espacial de los datos fue buena, pero apenas se dispuso de registros para algunos años (2019-2020) por lo que en conjunto la confianza estadística fue sólo aceptable. En LEVOS y LEVON, los escasos registros disponibles unidos a su limitada cobertura espacial en relación con el tamaño de las MRUs hacen que la confianza estadística sea pobre. Para estas MRUs se asume en consecuencia que los resultados de la evaluación no son concluyentes.

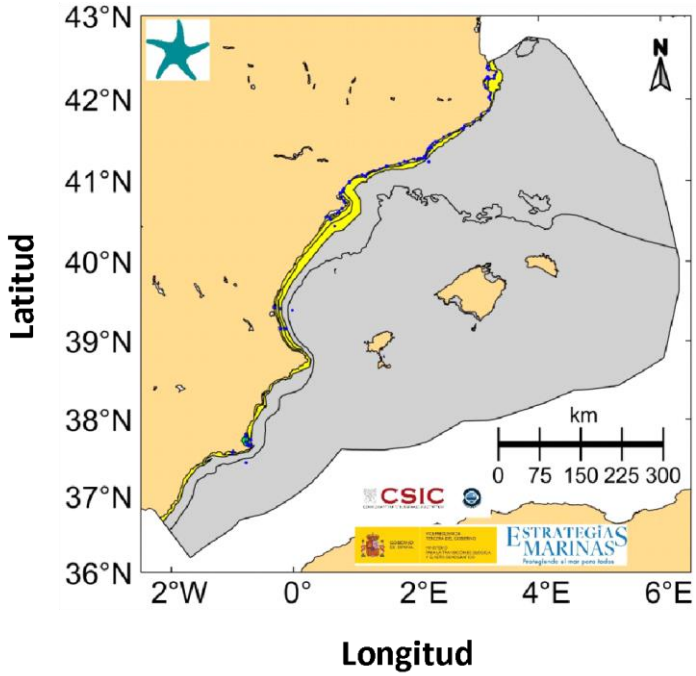


Figura 11. Representatividad de los datos de los elementos y parámetros del indicador D5C1 evaluados cuantitativamente (nitrato, nitrito, amonio y DIP) para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En verde se indican MRUs para las que los datos tienen buena representatividad espacial y/o temporal y en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal o la espacial es al menos aceptable. En gris las MRUs para las que los escasos datos disponibles no permiten llevar a cabo una evaluación concluyente.

Valores umbral

Cada elemento o parámetro de NID y DIP ha sido evaluado independientemente de acuerdo con los VUs mostrados en la Tabla 10. Valor umbral (VU) utilizados para los elementos del criterio D5C1. Los VU para las MRUs LEVC1, LEVC2, LEVDE y LEVMM están basados en los umbrales de estado ecológico bueno/moderado para el campo medio definidos en el Real Decreto 817/2015. Para LEVOS y LEVON 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 2012. En estas MRUs no se dispone de VU para amonio porque no se contó con datos suficientes para calcularlos. 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 recogidos en el Real Decreto 817/2015. En este documento sólo hay valores umbrales definidos para los tipos AC-T01, AC-T02, AC-T05, AC-T06, AC-T11, AC-T21, AC-T22, AC-T23, AC-T24 y AC-T30 (para el resto se propone un umbral del índice fosfatos-amonios-nitritos -FAN- que no se aplicará en la tercera evaluación inicial). Los distintos tipos de agua no insular de la DMA presentan umbrales similares para nitrito, amonio y fosfato; sin embargo, AC-T01 y AC-T02 presentan umbrales de nitrato diferentes al resto. Por otro lado, en el Real Decreto 817/2015 se presentan valores umbrales para el campo próximo y medio (distancia a costa menor o mayor a 200 m, respectivamente). Para esta tercera evaluación inicial, en las cuatro MRUs que incluyen aguas de la DMA se ha optado por seleccionar el valor umbral del campo medio de la tipología de agua con la que solapa en mayor proporción según se indica en la Tabla 2. La utilización de los umbrales en el campo medio se justifica porque la mayoría de los datos recopilados proceden de estaciones localizadas en esa zona. Para las MRUs LEVOS y LEVON, se utilizarán los VU calculados en la primera evaluación inicial, que no estuvieron disponibles para amonio. Para TP y TN tampoco se dispone de VUs por lo que sólo han sido evaluadas sus tendencias.

MRU	Nitrato (µM)	Nitrito (µM)	Amonio (µM)	DIP (µM)
LEVC1	**3,65[a]**	**0,46[a]**	**2,3[a]**	**0,38[a]**
LEVC2	**14[a]**	**0,46[a]**	**2,3[a]**	**0,38[a]**
LEVDE	**14[a]**	**0,46[a]**	**2,3[a]**	**0,38[b]**
LEVOS	**0,3[b]**	**0,15[b]**	-	**0,10[a]**
LEVON	**0,9[b]**	**0,16[b]**	-	**0,10[b]**
LEVMM	**6,45[a]**	**0,46[a]**	**2,3[a]**	**0,38[a]**

Tabla 10. Valores umbral (VU) utilizados para los elementos del criterio D5C1. Los VU para las MRUs LEVC1, LEVC2, LEVDE y LEVMM están basados en los umbrales de estado ecológico bueno/moderado para el campo medio definidos en el REAL DECRETO 817/2015 ([a]). Para LEVOS y LEVON 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 2012 ([b]). En estas MRUs no se dispone de VU para amonio porque no se contó con datos suficientes para calcularlos.

Valores obtenidos para el parámetro

En las Figura 12 aFigura 17 se muestran las concentraciones obtenidas de los seis parámetros evaluados, incluyendo sus valores medio, mediana y dispersión.

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 o en el periodo anterior si no hubo dados de 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 las diferencias fueron significativas (a un nivel de probabilidad inferior de 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 figuras 11-16. Los tests fueron realizados con R-Studio y las gráficas generadas con el paquete *ggplot* de R.

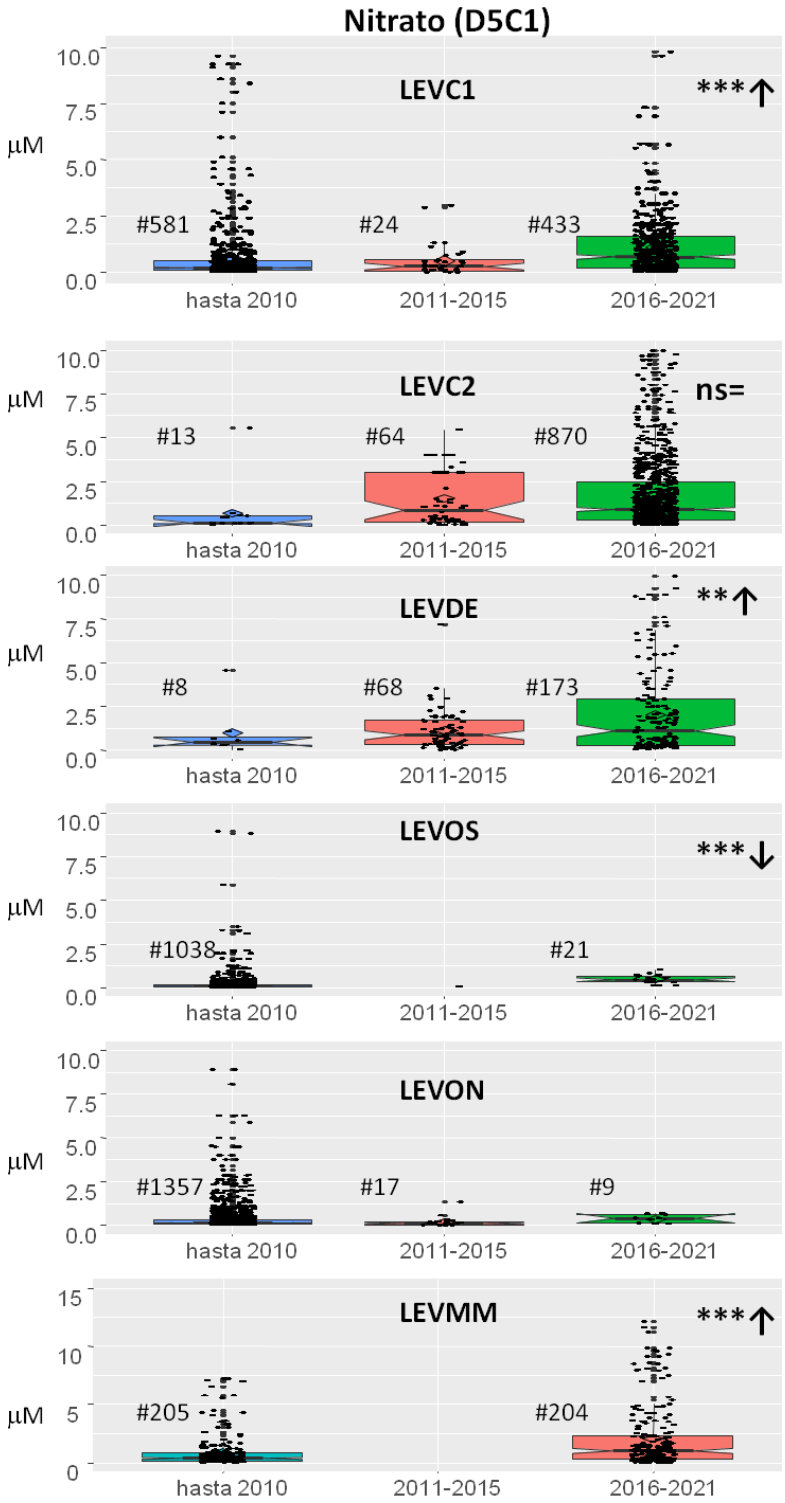


Figura 12. Distribución de concentraciones de nitrato para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se indica la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones muestran el total de registros de cada periodo. Se recoge el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015), excepto para LEVMM y LEVOS en los que la comparación se ha hecho con los datos del periodo anterior a 2011 y para LEVON en que los escasos datos disponibles no han permitido realizarla [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001].

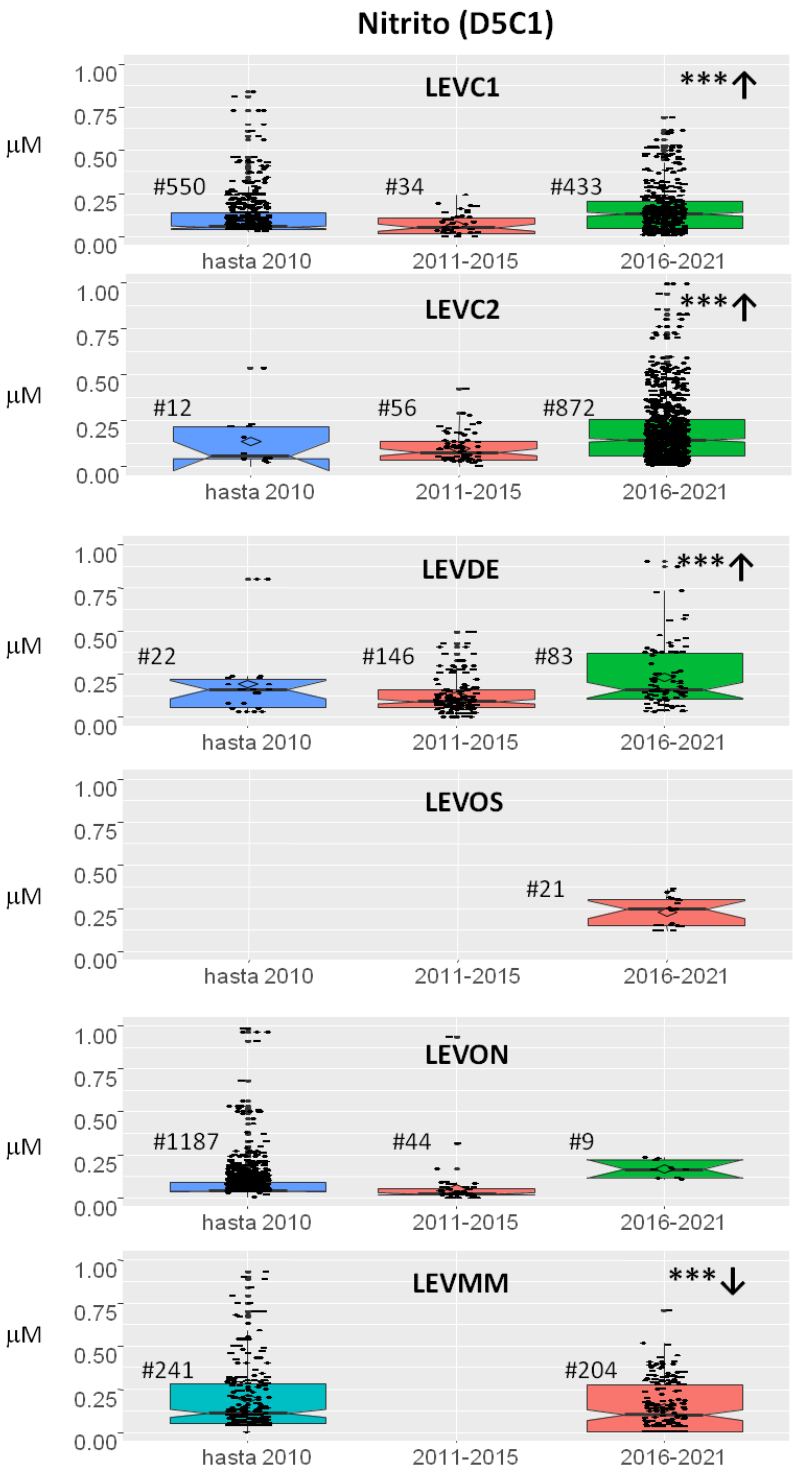


Figura 13. Distribución de concentraciones de nitrito para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015), excepto para LEVMM donde la comparación se ha hecho con los datos del periodo anterior a 2011 y para LEVOS y LEVON en que los escasos datos disponibles no han permitido realizarla [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001].

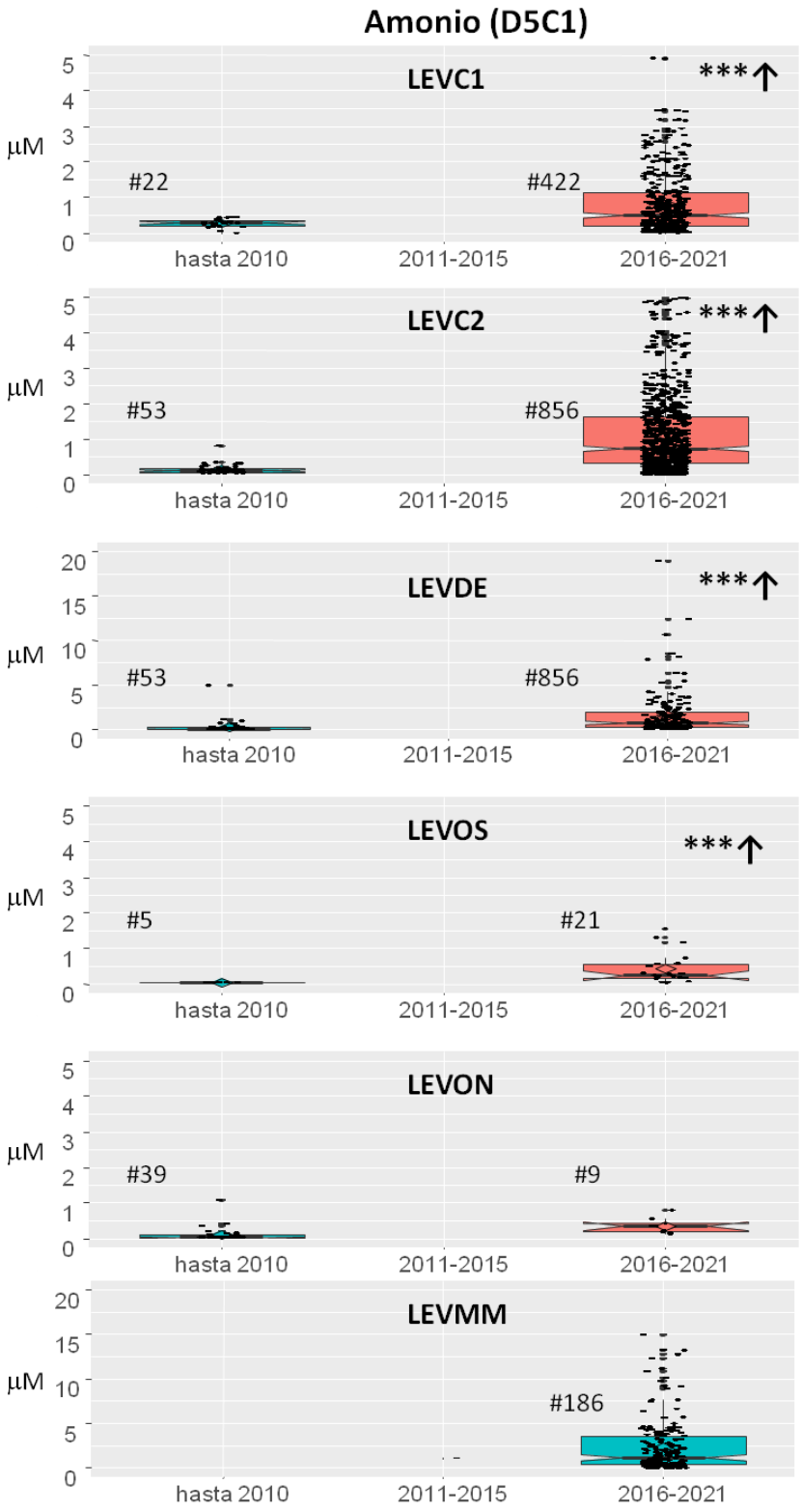


Figura 14. Distribución de concentraciones de amonio para cada MRU por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015), excepto para LEVMM y LEVOS donde la comparación se ha hecho con los datos del periodo anterior a 2011 y para LEVON en que los escasos datos disponibles no han permitido realizarla [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001].

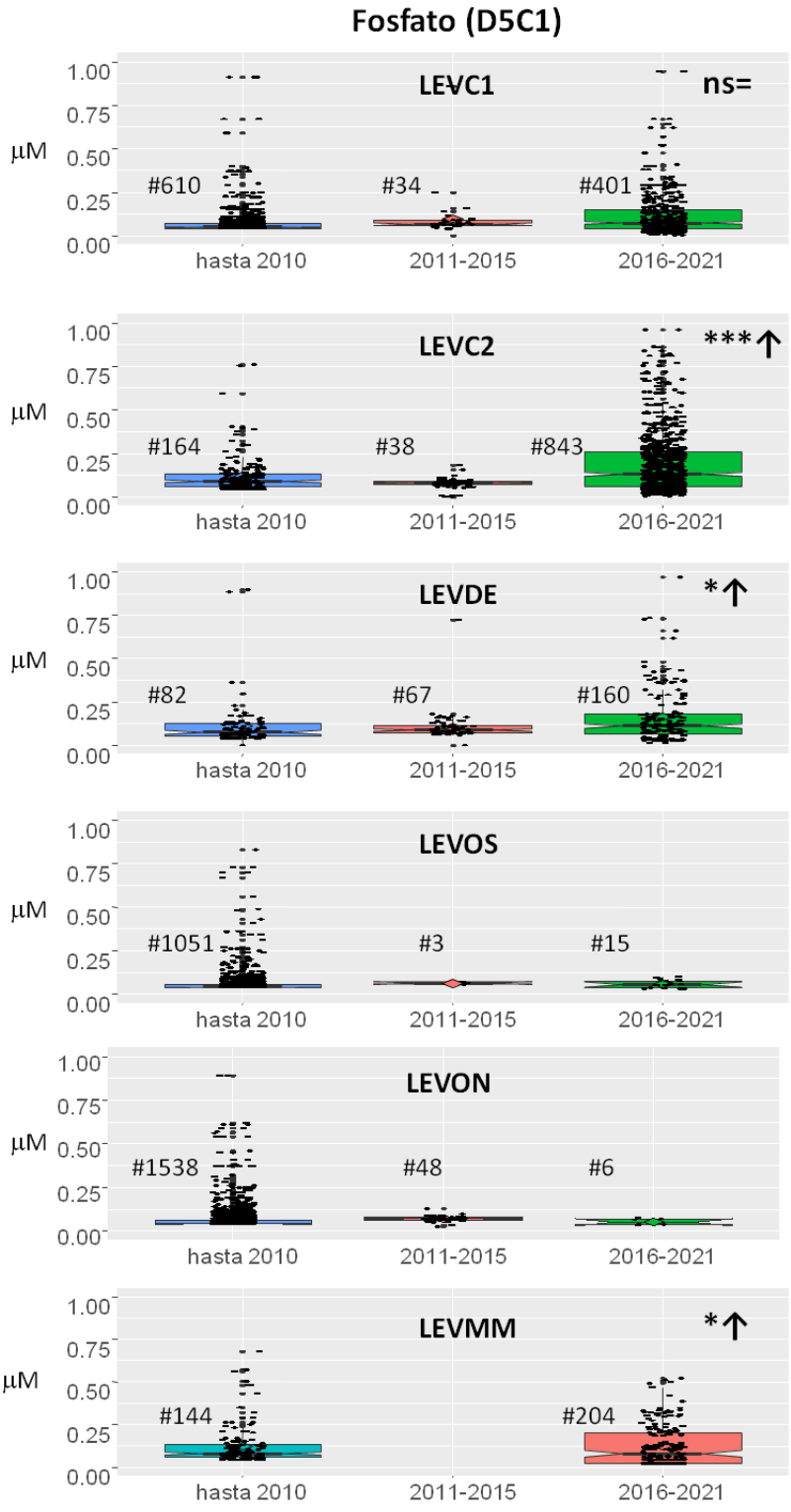


Figura 15. Distribución de concentraciones de fosfato (DIP) para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se indica el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015), excepto para LEVMM donde la comparación se ha hecho con los datos del periodo anterior a 2011 y para LEVOS y LEVON en que los escasos datos disponibles no han permitido realizarla [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001].

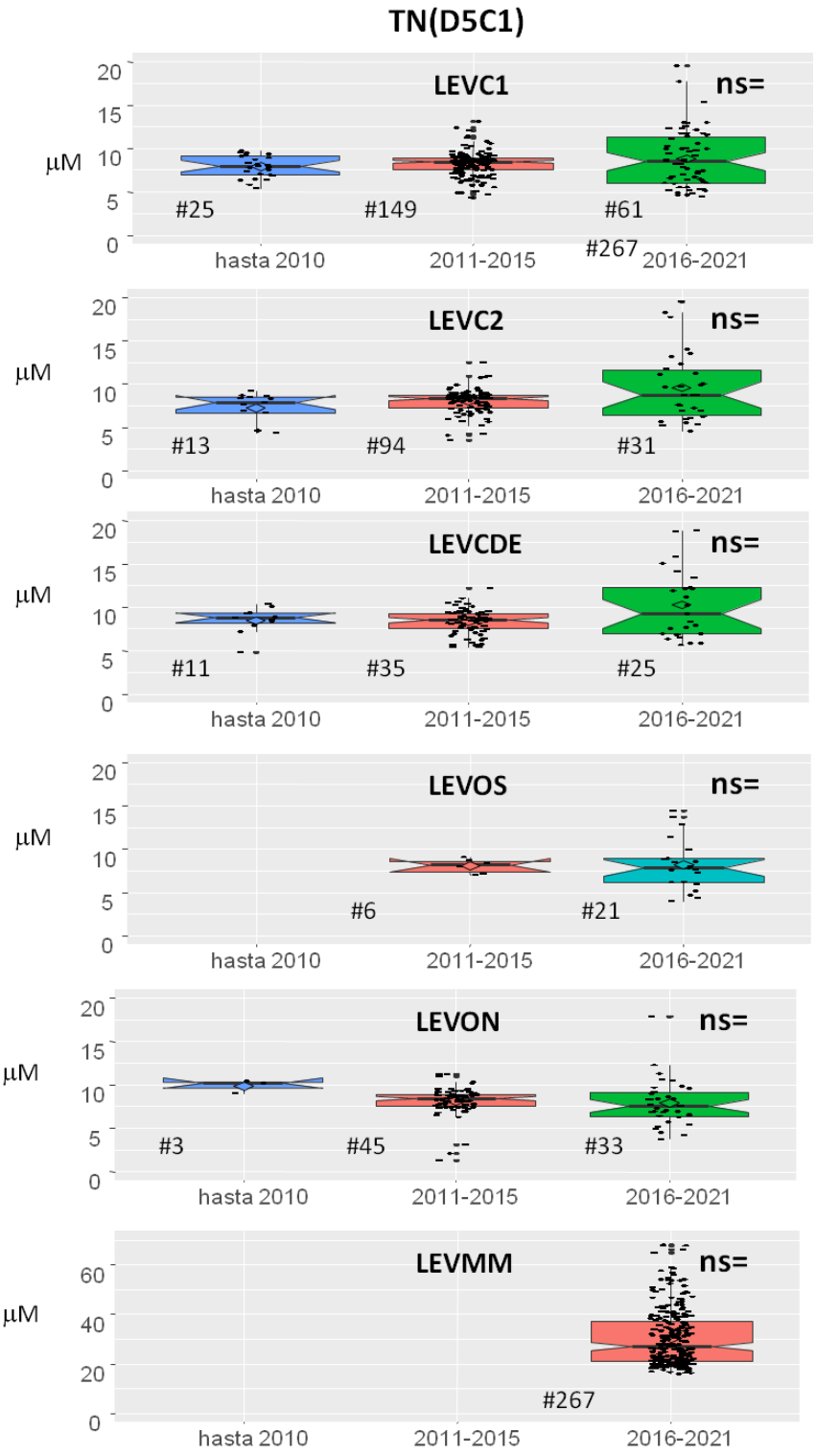


Figura 16. Distribución de concentraciones de nitrógeno total para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015), excepto para LEVMM donde los datos disponibles no han permitido realizarla [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001].

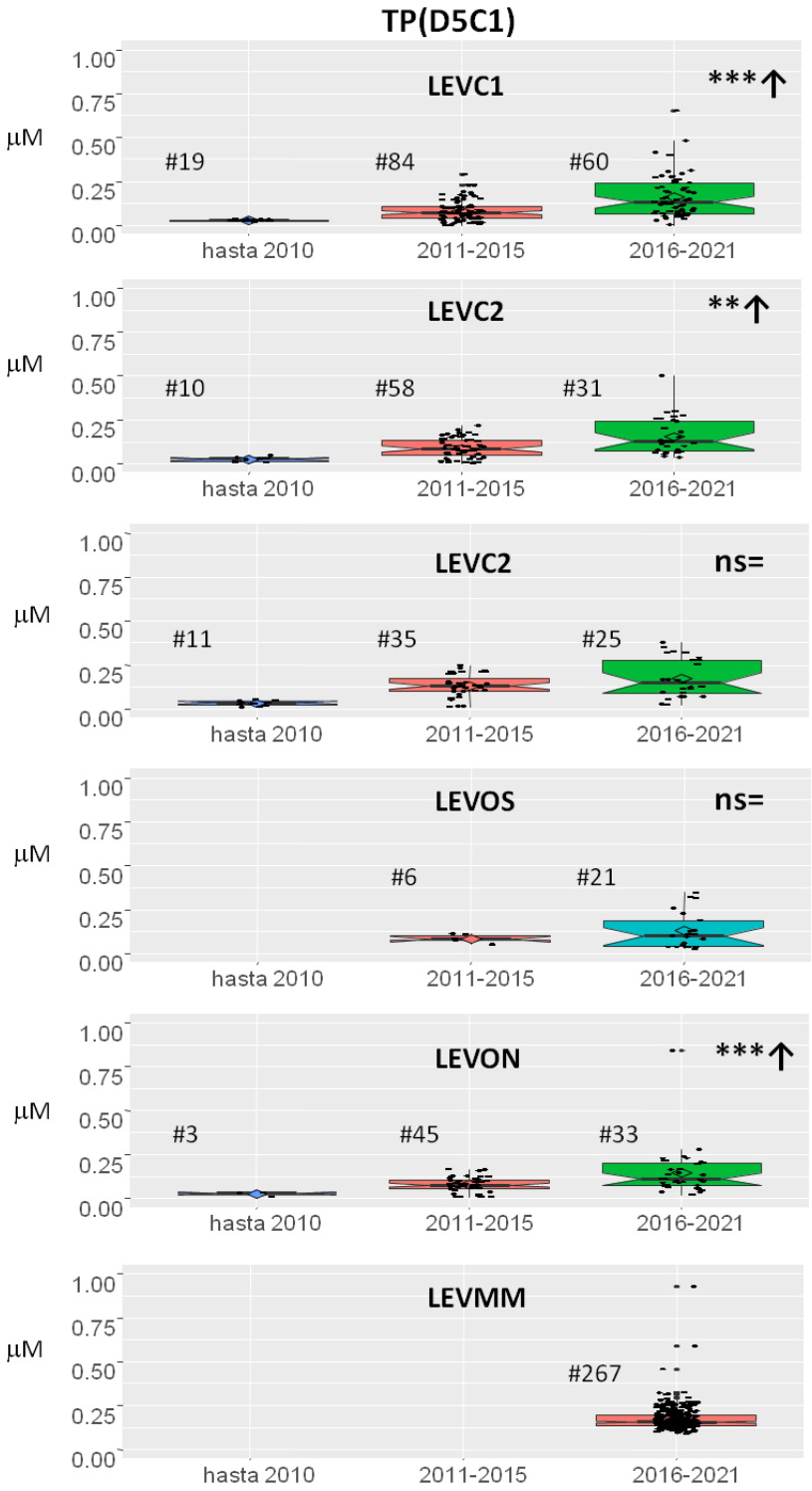
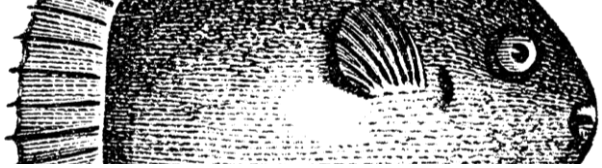


Figura 17. Distribución de concentraciones de fósforo total para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015), excepto para LEVMM donde los datos disponibles no han permitido realizarla [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001].



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)	**98 %**
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	**99 %**
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Tabla 11. Resultados de la evaluación del D5C2 para la DMLEBA.

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 12 y en la Figura 18. Los resultados no son concluyentes en LEVOS y LEVON dado que la confianza estadística de la evaluación fue pobre. Este criterio estuvo en BEA en LEVC1, LEVC2 y LEVDE, aunque es de notar que las concentraciones de clorofila en 2016-2021 fueron mayores que en 2011-2021. La concentración de clorofila en LEVMM excedió el VU.

Criterio	Elemento	Estado					
D5C2	Parámetro	LEVC1	LEVC2	LEVDE	LEVOS	LEVON	LEVMM
	Clorofila	↑	↑	↑	¿?	¿?	↑
		BEA*	BEA*	BEA*			No BEA

Tabla 12. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C2

Estado del parámetro: ■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ evaluación no determinante por falta de datos; ■, no evaluado; ↑Tendencia creciente; ¿? Tendencia no evaluada o desconocida.

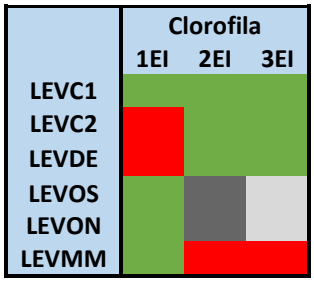


Tabla 13. Comparación de los resultados de la evaluación del criterio D5C2 en las tres evaluaciones iniciales

■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ No evaluado; ■ evaluación no concluyente por falta de datos.

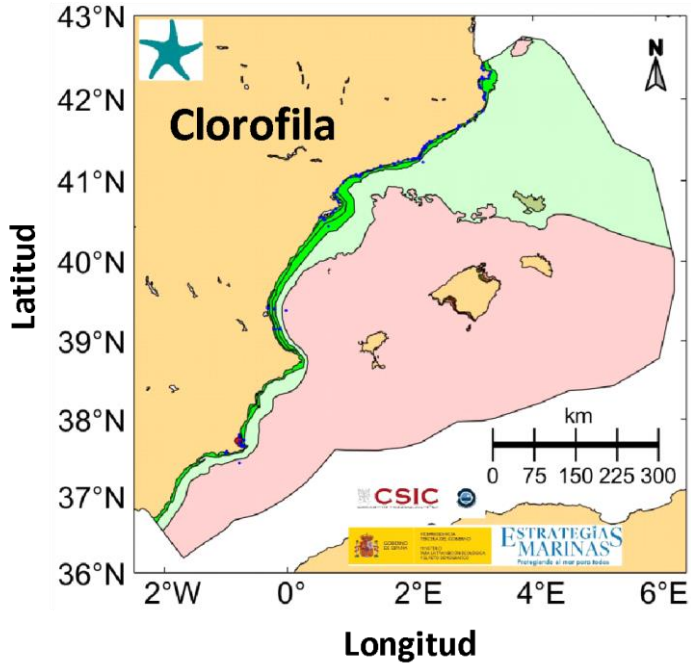


Figura 18. Resultados de la evaluación de la clorofila *a*. En verde y rojo se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un EQR mayor o menor de 1, respectivamente. Los colores más claros en LEVOS y LEVON indican que la evaluación no es concluyente debido a la limitación en la cantidad de datos obtenidos

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 y DMEMM del IEO. Las concentraciones de clorofila del programa MEDPOL proceden de campañas oceanográficas realizadas trimestralmente en la DMLEBA durante las cuales se recogieron muestras de agua a diferentes profundidades que fueron filtradas y preservadas a -20ºC en el laboratorio hasta su análisis. Los datos del programa DMEM proceden de muestreos mensuales realizados en tres estaciones fijas de la laguna del Mar Menor (Mercado et al. 2022). 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 (1966). 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 en las estaciones incluidas en el programa de seguimiento y vigilancia. Estos datos han nutrido especialmente la base de datos para la evaluación de LEVC1, LEVC2 y LEVDE, donde de hecho constituyen más del 70 % de los registros disponibles. La evaluación de LEVOS, LEVON y LEVMM está basada íntegramente en los datos de los programas de seguimiento del IEO. 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).

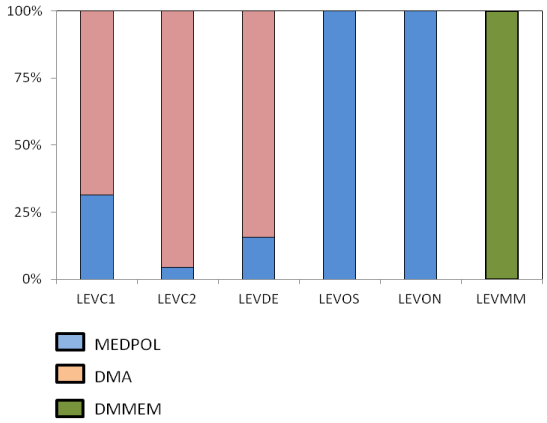


Figura 19. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de Barcelona (MEDPOL) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la figura 18.

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 (Figura 9). Aplicando este método se obtuvo que LEVC1, LEVC2 y LEVDE se encuentran en BEA para el criterio D5C2, en contraste con lo obtenido para LEVMM (Figura 18).

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 buena en LEVMM, aceptable en LEVC1, LEVC2 y LEVDE y pobre en LEVOS y LEVON.

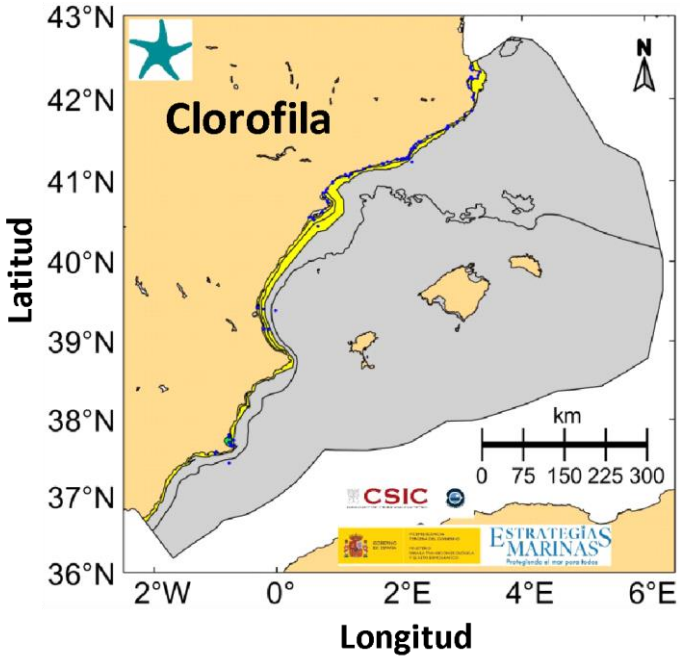
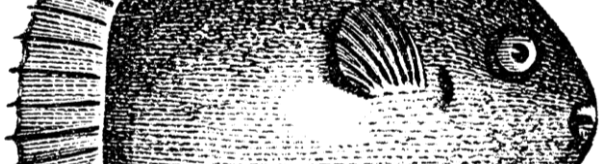


Figura 20. Representatividad de los datos de clorofila recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En verde se indican MRUs para las que los datos tienen buena representatividad espacial y/o temporal; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal y la espacial es al menos aceptable. En gris se indican las MRUs para las que los datos no son suficientes para llevar a cabo una evaluación concluyente.



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. El valor umbral definido para las aguas costeras de la tipología AC-T01, AC-T02 y AC-T03 es 3,58 µg L^{-1}, que es aproximadamente el doble que el umbral para el resto de las tipologías de aguas peninsulares excepto AC-T09 para la que el umbral es 11,11 µg L^{-1}. En las aguas insulares, el umbral se sitúa en 1,2 µg L^{-1}. Los VUs utilizados, atendiendo al criterio de asumir como VU para cada MRU el umbral de la DMA de la tipología con la que solape en mayor porcentaje, se indica en la Tabla 14. 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) y 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 de la DMLEBA; sin embargo, estos valores estuvieron basados en la clorofila de satélite, que según se indica en el propio documento, podría no reflejar adecuadamente los valores basados en concentraciones de clorofila medida con muestras *in situ*.

MRU	LEVC1	LEVC2	LEVDE	LEVOS	LEVON	LEVMM
Clorofila a (µg L^{-1})	1,8[a]	11,11[a]	11,11[a]	0,26[b]	0,60[b]	1,8[a]

Tabla 14. Valor umbral (VU) utilizados para la clorofila *a*. Los VU para las MRUs LEVC1, LEVC2 y LEVDE 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 LEVC1, LEVC2 y LEVDE, que son también más numerosos respecto a los disponibles de periodos previos. Sin embargo, los registros disponibles en LEVOS y LEVON son muy limitados, como también ocurre en 2011-2015.

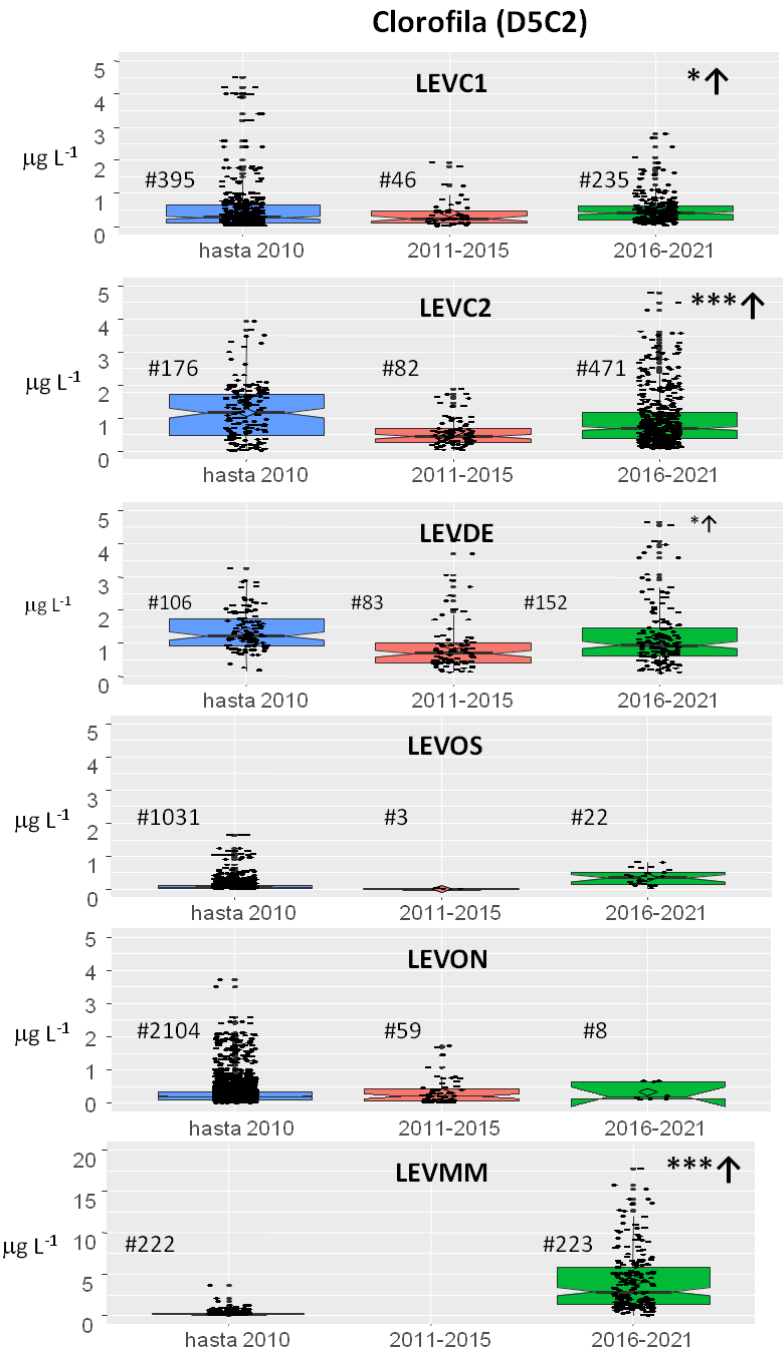


Figura 21. Distribución de concentraciones de clorofila para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) salvo en LEVOS y LEVON donde los datos disponibles no permiten llevar a cabo esta comparación y LEVMM donde la comparación se hizo con los datos del periodo previo a 2011. [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. Los resultados del análisis de tendencias se muestran en la Figura 20 donde se indica que hubo tendencias positivas en las cuatro MRUs para las que se pudo realizar el test de comparación.

Evaluación a nivel regional/subregional

En el *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo se incluyó la evaluación del indicador CI14 (clorofila) en la sub-división LEV-BAL (incluida dentro de la sub-región CWMS). Dentro de esta sub-división, las unidades de evaluación consideradas fueron las masas de agua de la DMA, y hasta 20 km de costa, dos áreas diferentes, la costa levantina (ESPL) y la costa Balear (ESPI). Cada una de estas unidades fueron evaluadas analizando datos de clorofila de satélite obtenidos del servicio marítimo de COPERNICUS. Aunque en el QSRMED se reflejaron los valores umbral utilizados en la segunda evaluación inicial de las estrategias marinas (que para las aguas de la DMA estuvieron basados en los publicados en el Real Decreto 817/2015; UNEP/MED IG.26/22, 2022); finalmente, el valor umbral utilizado para la determinación del estado ambiental fue el percentil 85 de la concentración en cada área de evaluación. Aplicando este criterio, algunas masas de agua localizadas en el entorno del Mar Menor, la desembocadura del río Segura y el Ebro, la zona próxima a Valencia y un área cercana al límite con la costa francesa presentaron concentraciones de clorofila que excedieron el umbral prefijado. Sin embargo, en el propio QSRMED se indica que los umbrales aplicados no son comparables a los umbrales basados en concentraciones *in situ* con lo cual los resultados no son totalmente comparables a los obtenidos en esta evaluación inicial.

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)	**98 %**
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	**0 %**
Resultado de la evaluación	BEA no alcanzado en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Tabla 15. Resultado de la evaluación del criterio D5C4 en la DMLEBA.

Área de evaluación

Este criterio sólo pudo ser evaluado en LEVMM

Parámetros utilizados

Frecuencia de episodios de crecimiento masivo de diatomeas y dinoflagelados durante el periodo evaluado

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 diatomeas y dinoflagelados, los dos principales grupos taxonómicos que incluyen potencialmente especies productoras de toxinas o bien especies cuyo crecimiento masivo en algunas zonas del Mediterráneo ha dado lugar a efectos adversos sobre el ecosistema. Este análisis se ha limitado al área LEVMM dado que, por un lado, sólo se dispone de datos de abundancia de fitoplancton adecuados para llevar a cabo la evaluación en esta zona, y por otro lado la evaluación de los indicadores D5C1 y D5C2 muestra que no se encuentran en BEA. El análisis realizado indica que la frecuencia de *blooms* de fitoplancton en LEVMM es mayor a la esperable atendiendo al ciclo estacional descrito para la zona (Tabla 16), lo que sugiere que el exceso de nutrientes ha favorecido la ocurrencia de blooms de fitoplancton en la laguna. No se dispone de información sobre la producción de toxinas durante los episodios de *blooms*, aunque sí hay evidencias de que alguno de ellos derivó en graves déficit de oxígeno y mortandad masiva de peces en 2019 y 2021.

Criterio		Estado					
D5C3	Parámetro	LEVC1	LEVC2	LEVDE	LEVOS	LEVON	LEVMM
	Frecuencia blooms						No BEA

Tabla 16. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C3

Estado del parámetro: ■ Frecuencia no mayor a la esperable; ■ frecuencia mayor a la esperable. Evaluación integrada del parámetro (Integ): ■ no BEA

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuentes de datos. La evaluación se ha llevado a cabo con los datos de abundancia de fitoplancton procedentes de muestras recogidas mensualmente en tres estaciones de la laguna desde 2016 a 2021, en el marco del programa DMEM. Las muestras fueron fijadas con lugol y sedimentadas antes de su análisis siguiendo la técnica de Utermohl (1931). El contaje se realizó al microscopio invertido, lo que permitió la cuantificación de las células mayores a 5 micras.

2. Evaluación. Se estimó la abundancia mensual del total de diatomeas y dinoflagelados a partir del promedio de los contajes obtenidos con las tres muestras recogidas durante cada muestreo. Para determinar si el valor de abundancia mensual fue indicativa de *bloom*, se tomó como valor umbral las abundancias máximas en la laguna publicadas antes de 2015, que son 1,77 10^{-6} cél mL^{-1} y 3,0 10^{-4} para diatomeas y dinoflagelados (Gilabert 2001). De acuerdo con esta misma información previa a 2015, el fitoplancton experimentaba normalmente en la laguna un *bloom* anual durante el periodo de primavera. Por tanto, se considera que durante el periodo de evaluación (2016-2021) sería de esperar que los máximos descritos no fueran superados durante más de un mes por año. Se contabilizaron así los años en los que la frecuencia de *blooms* fue mayor a este valor y se consideró que si hubo tres años o más en el periodo evaluado con un número excesivo de *blooms* hay una alta probabilidad de que el crecimiento del fitoplancton derive en efectos adversos para el ecosistema y por tanto en criterio no está en BEA.

Valores obtenidos para el parámetro

En la Figura 22 se muestra la serie temporal de abundancias medias mensuales de diatomeas y dinoflagelados obtenidas en LEVMM para el periodo de estudio. Como se muestra en la misma, en tres años o más del periodo evaluado se encontraron abundancias de diatomeas o dinoflagelados que excedieron las abundancias máximas descritas antes de 2015, por tanto se concluye que el criterio no está en BEA.

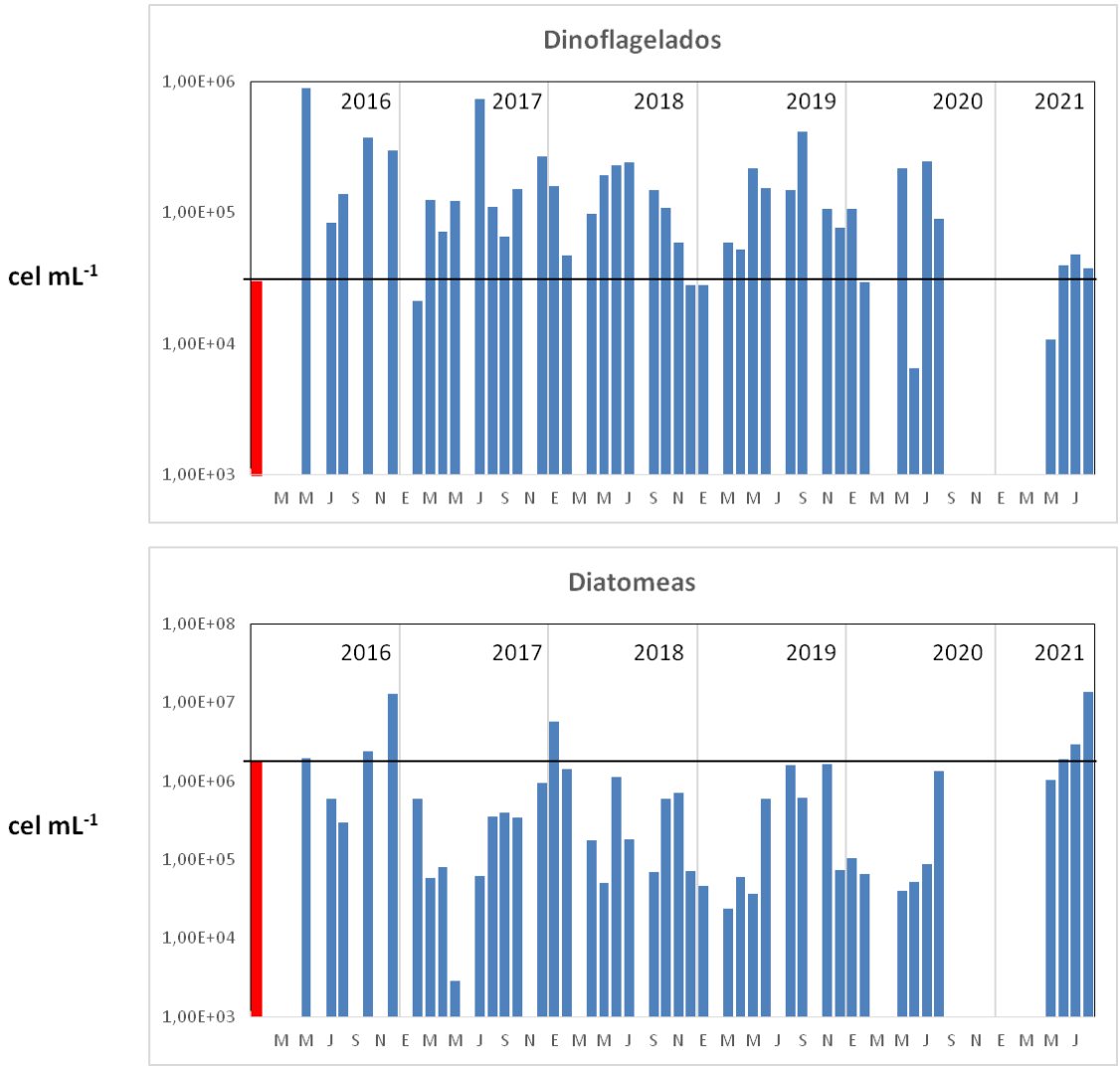
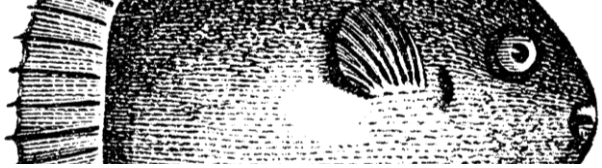


Figura 22. Abundancia mensual de dinoflagelados y diatomeas en LEVMM. La barra en rojo y la línea horizontal indican las abundancias máximas publicadas para la laguna costera del Mar Menor, que se han tomado como criterio para determinar la producción de un bloom de fitoplancton.

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.



5.4 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)	**98 %**
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	**0 %**
Resultado de la evaluación	BEA no alcanzado en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Tabla 17. Resultado de la evaluación del criterio D5C4 en la DMNOR.

Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación

Parámetros utilizados

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

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 18 se resumen los resultados de la evaluación de este criterio, cuya evaluación no es concluyente en LEVC2, LEVDE, LEVOS y LEVON por falta de datos. En LEVC1 y LEVMM se evaluó el porcentaje de estaciones en las que el límite fótico pudo limitar el desarrollo de las comunidades de macrófitos. En LEVC1 se evaluó también la tendencia por comparación con el periodo previo. En LEVC1 aproximadamente el 50 % de las estaciones de donde proceden los datos presentaron un fondo menor a 50 m, es decir, potencialmente dentro del límite de profundidad que determina la presencia de comunidades de macrófitos. De estas estaciones someras, aproximadamente el 35 % presentaron un límite fótico inferior a la profundidad de la estación, lo que implica que el desarrollo de las comunidades de macrófitos podría estar limitado por la luz disponible. En LEVMM todas las estaciones son de profundidad inferior a 15 m. Del total de registros, en aproximadamente un 10 % la transparencia limitó el crecimiento de los macrófitos.

Criterio	Elemento	MRU					
	Parámetro	LEVC1	LEVC2	LEVDE	LEVOS	LEVON	LEVMM
D5C4	Límite fótico (LF)						
	Tendencia del LF						
Integ		noBEA					noBEA

Tabla 18. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C4

Estado del parámetro: ■ Sin evidencia de deterioro del parámetro; ■ con evidencia de deterioro del parámetro ■ No evaluado; ■ evaluación no determinante por falta de datos.

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. 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.

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 23). 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 el resto de estaciones, que son aquellas que tienen 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 Mediterráneo, 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 DMLEBA. 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. 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.

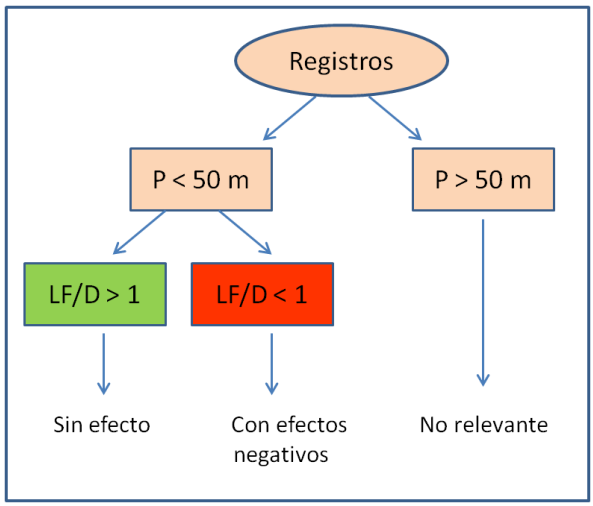


Figura 23. Esquema del procedimiento utilizado para determinar las estaciones donde la reducción de la transparencia podría limitar el crecimiento de las comunidades de macrófitos. P indica la profundidad de la estación y LF es el límite fótico.

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 considerará que la

reducción de la transparencia tiene efectos negativos sobre el ecosistema cuando la transparencia limita el desarrollo de las comunidades de macrófitos en más del 10 % de los valores registrados o cuando hay una tendencia decreciente de la transparencia en 2016-2021.

Valores obtenidos para el parámetro

El resultado de la evaluación se presenta en la Figura 24 donde se muestra que hubo un porcentaje significativo de valores del límite fótico registrados que indican que la transparencia podría eventualmente limitar la luz que alcanza el fondo de la columna de agua. Las diferencias en el límite fótico en el periodo 2016-2021 respecto periodos previos se muestran en la Figura 24.

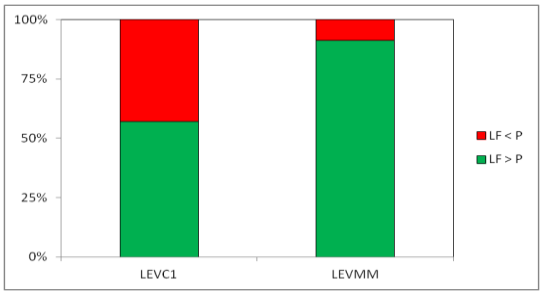


Figura 24. Resultado de la aplicación del esquema de evaluación del límite fótico (LF) ilustrado en la Figura 23. En verde se muestra el porcentaje de registros en los que el LF excedió la profundidad del fondo en estaciones someras (de menos de 50 m de fondo). En rojo se muestra el porcentaje de registros en los que el LF fue menor que la profundidad de la estación limitando potencialmente el crecimiento de los macrófitos.

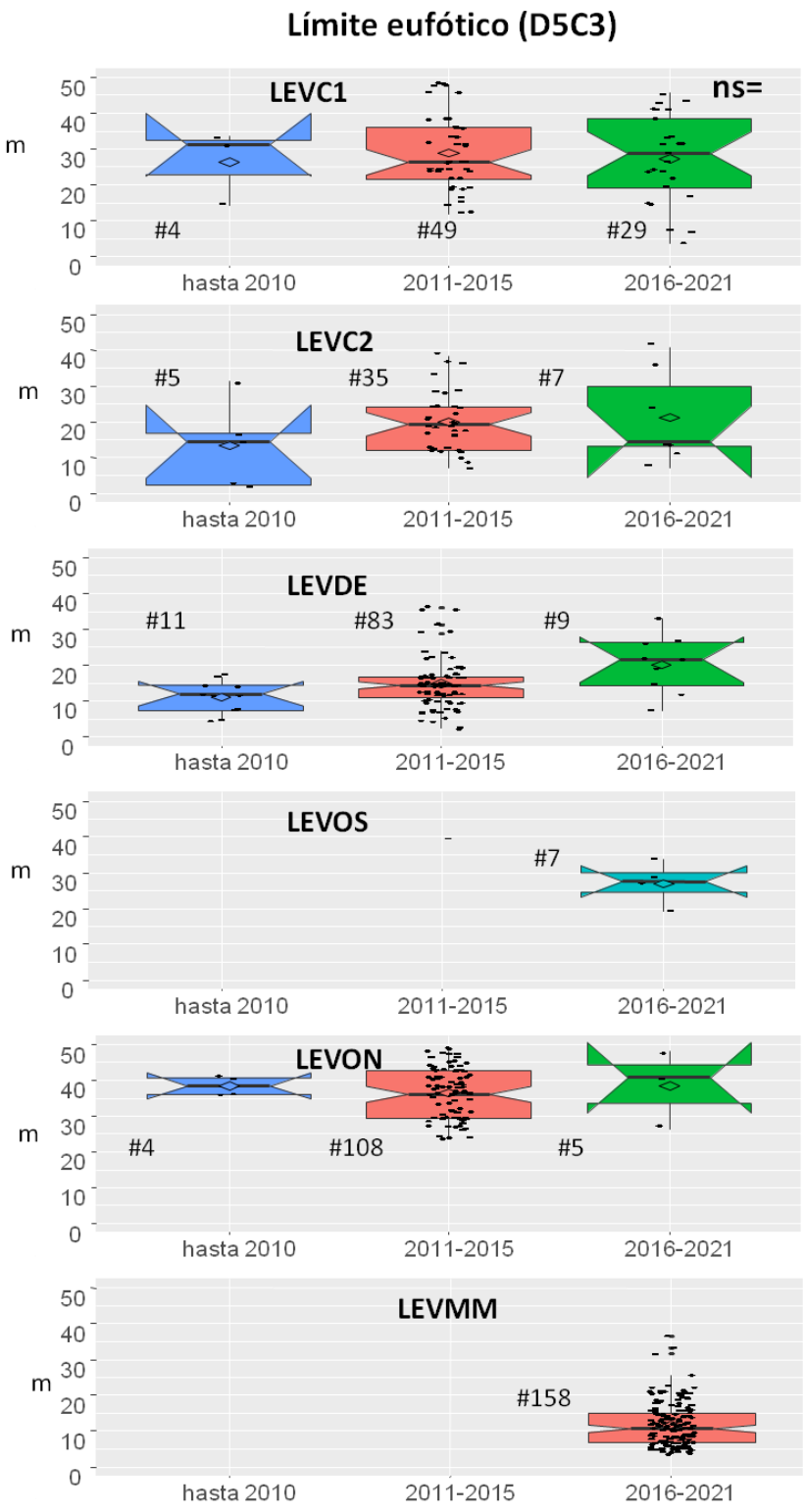


Figura 25. Distribución del límite fótico calculado a partir de la profundidad del disco de Secchi para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Debido a la escasez de datos, sólo pudo evaluarse la tendencia en LEVC1, que resultó no significativa estadísticamente.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Las tendencias en el límite fótico 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. Como se muestra en la Figura 25, el límite fótico no varió significativamente en LEVC1.

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)	**98 %**
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	**99 %**
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Tabla 19. Resultado de la evaluación del criterio D5C5 en la DMLEBA.

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 se encontraron en promedio por encima de los valores umbral en todas las MRUs excepto en LEVMM, donde el 17 % de los registros obtenidos indican un cierto déficit de oxígeno (esto es, su concentración es menos a 6 mg L^{-1}; Tabla 20). Es importante destacar también que en LEVC1 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. El resultado de la evaluación en LEVOS y LEVON no es concluyente debido a que la confianza estadística de la evaluación es pobre.

Criterio	Elemento	Estado					
D5C4	Parámetro	LEVC1	LEVC2	LEVDE	LEVOS	LEVON	LEVMM
	Concentración de O_2	BEA	BEA	BEA			noBEA

Tabla 20. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C5

Estado del parámetro: ■ Sin evidencia de déficit de oxígeno; ■ evaluación no determinante por falta de datos

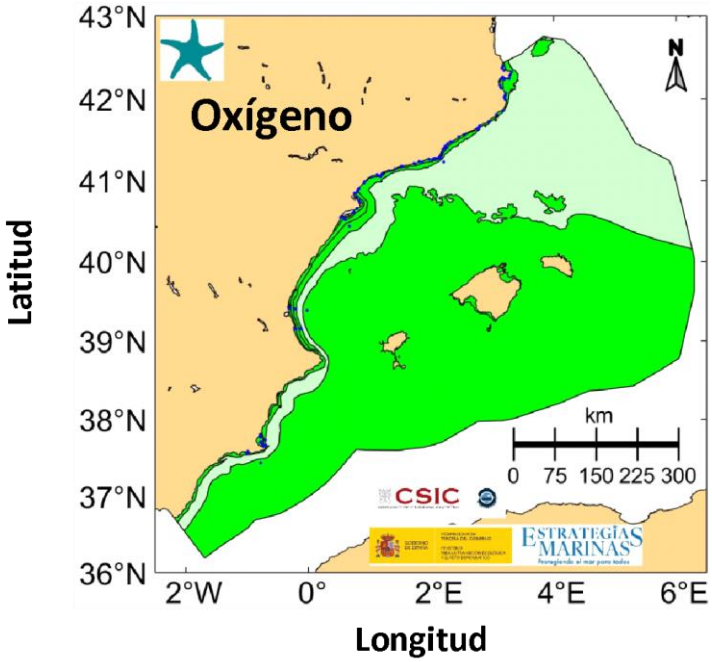


Figura 26. Resultado de la evaluación del criterio D5C5. En verde se indican las MRUs en BEA (en tonos más claros las MRUs que no han podido ser evaluadas por falta de datos).

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 27 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.

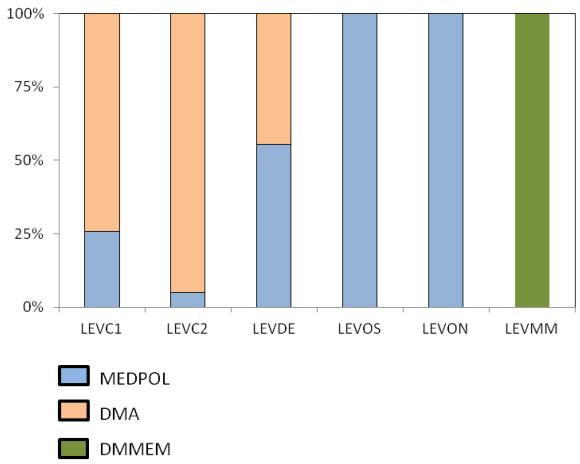


Figura 27. Porcentaje de registros de oxígeno procedentes del programa de seguimiento de la DMA y de los programas de seguimiento del IEO utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 26.

2. Evaluación. Los datos fueron agregados para obtener una serie temporal en cada MRU (las características de estas se ilustran en la Figura 28). 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 excepto LEVMM (Figura 26).

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 28), la confianza estadística fue buena en LEVMM, aceptable en LEVC1 y LEVC2 (los datos tuvieron alta representatividad espacial pero baja representatividad temporal) y pobre en LEVOS y LEVON (debido a que el área de las MRUs cubierta por los datos es reducida en comparación con la superficie total).

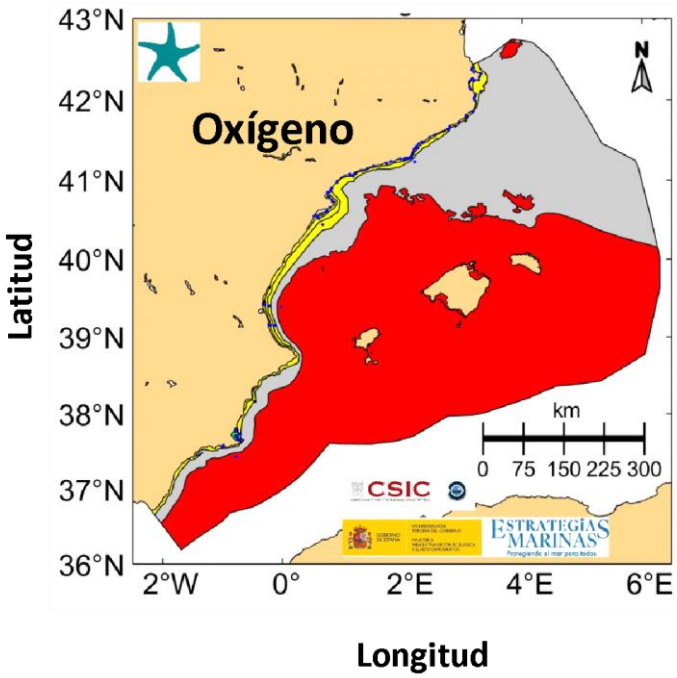


Figura 28. Representatividad de los datos recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo se indican MRUs para las que los datos tienen baja representatividad espacial y/o temporal; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal y espacial es al menos aceptable (LEVON se muestra en gris porque los datos disponibles no permiten determinar su representatividad estadística)

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 esta evaluación se ha considerado que este valor se ha alcanzado cuando más del 90 % de los registros obtenidos en cada MRU son mayores a ese valor umbral.

Valores obtenidos para el parámetro

En la Figura 29 se muestran los valores de concentración de oxígeno obtenidos para cada MRU. Se indican los promedios, la mediana y la dispersión de los datos agregados por MRU y por periodo de evaluación.

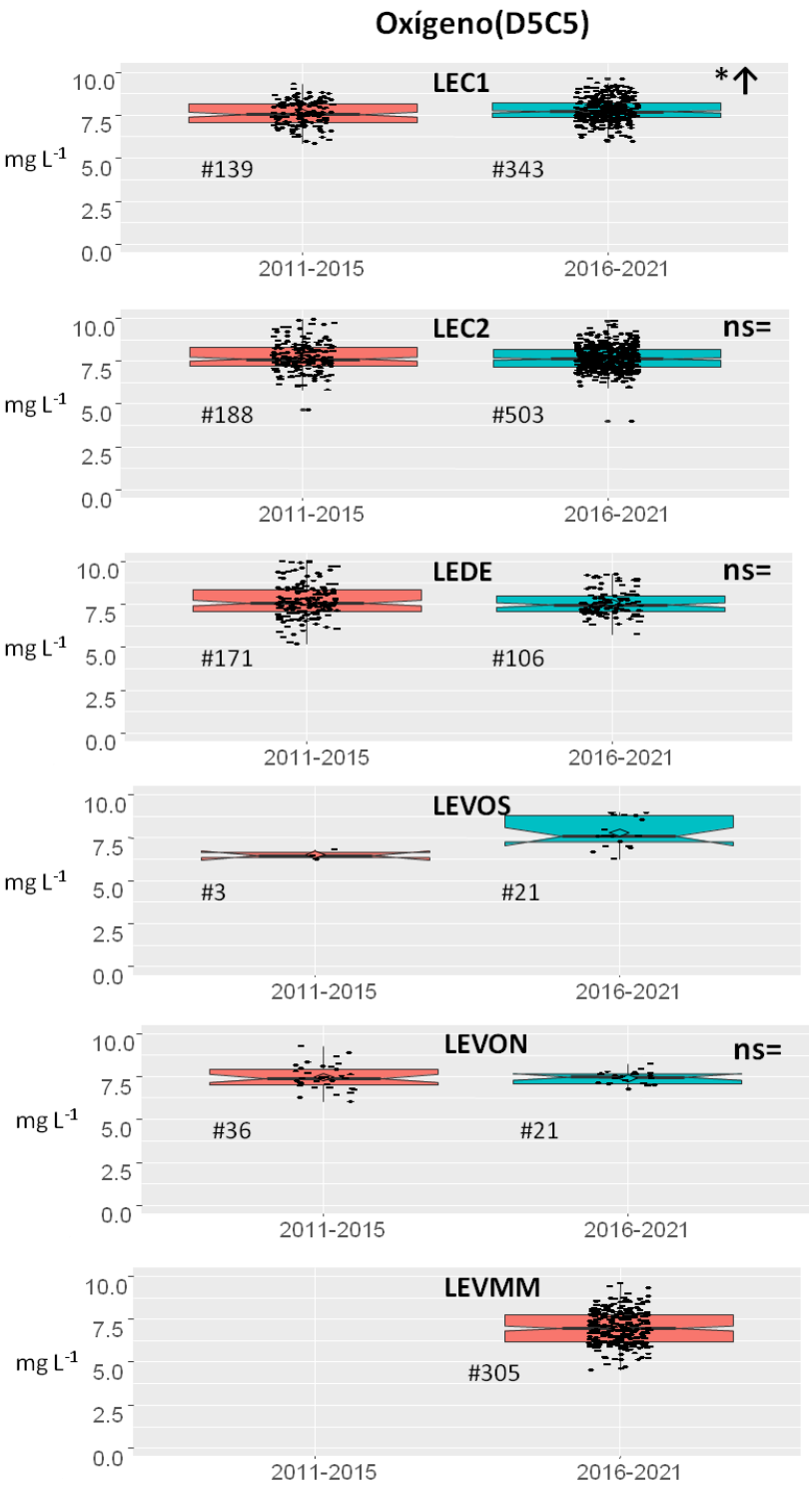


Figura 29. Distribución de las concentraciones de oxígeno para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones muestran el total de registros de cada periodo. [ns: diferencias 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. Como se muestra en la Figura 29, sólo se encontraron diferencias significativas en LEVC1.

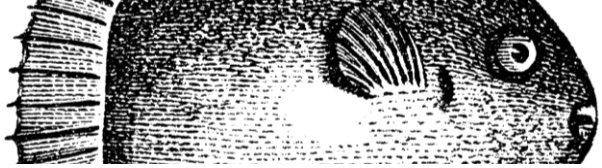
Evaluación a nivel regional/subregional

Este indicador no fue evaluado en el *Quality Status Report* 2023 del Mediterráneo, por tanto no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C5.

06



REFERENCIAS



6. REFERENCIAS

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

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.

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

Utermöhl, von H. (1931) Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. (Mit besondere Beriicksichtigung des Ultraplanktons). *Verh. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, 5**,** 567–595.

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