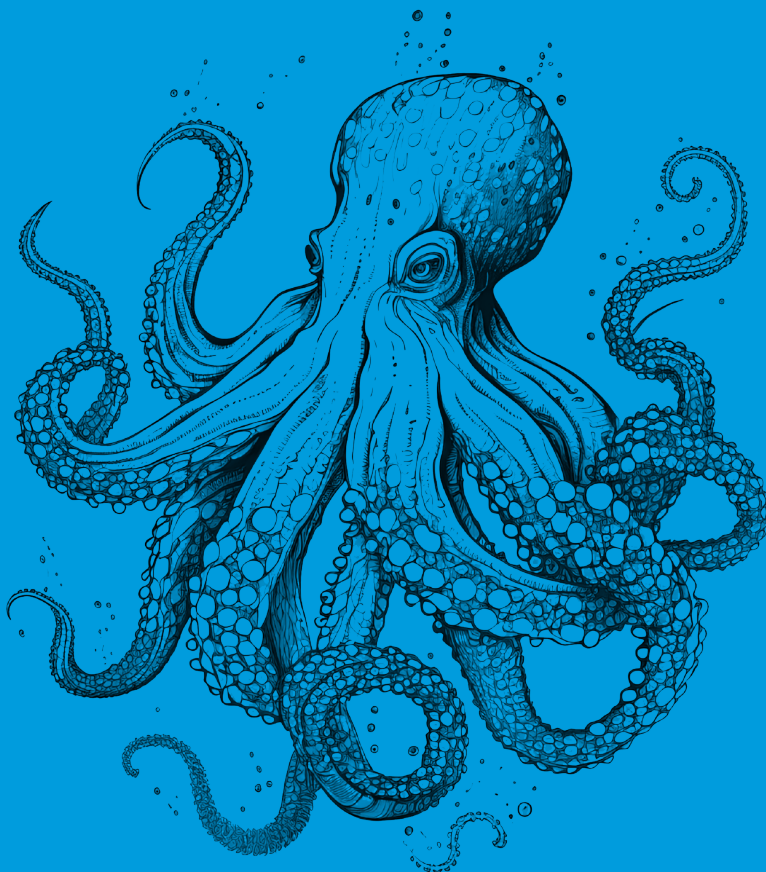


EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM NORATLÁNTICA



Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 5 Eutrofización



Cofinanciado por
la Unión Europea



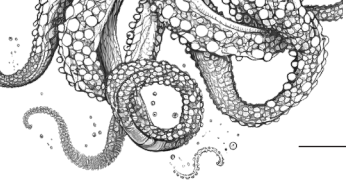
GOBIERNO
DE ESPAÑA

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



Fondos Europeos

ESTRATEGIAS
MARINAS
Protegiendo el mar para todos



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



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

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

NIPO: 665-25-050-2

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

MITECO: www.miteco.es



Autores del documento

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Jesús M. Mercado Carmona
- 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 López (Coordinación)
- Paula Valcarce Arenas (Coordinación)
- Mercedes Rodríguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carrillo de Albornoz (Coordinación)

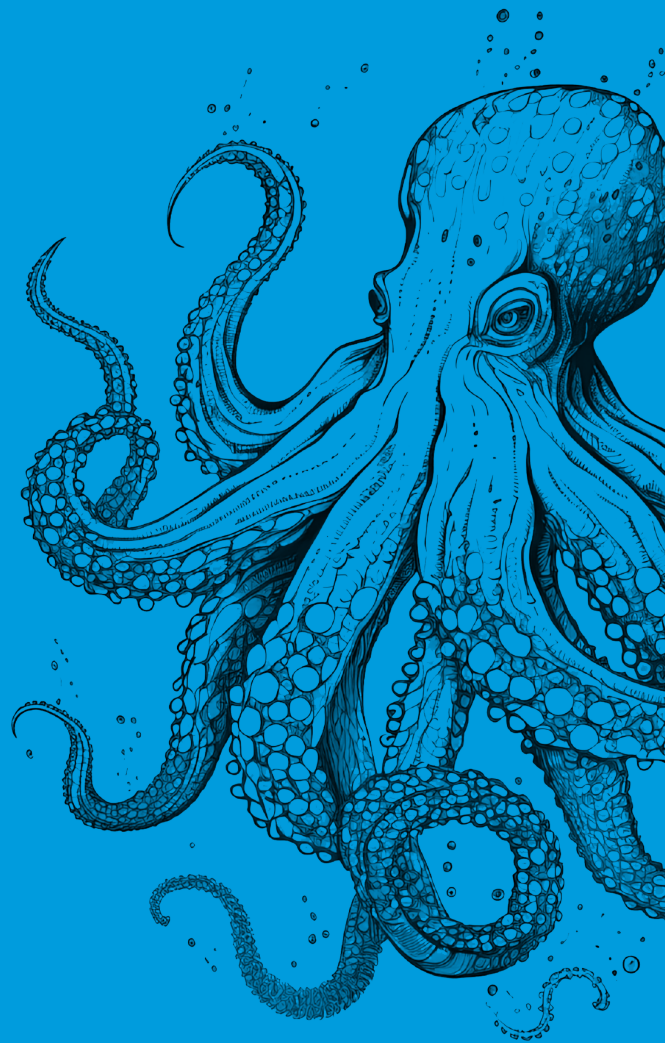
CARTOGRAFIA Y BASES DE DATOS ESPACIALES (IEO-CSIC)

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

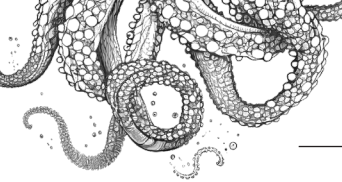


ÍNDICE

Autores del documento.....	3
1. Introducción.....	6
2. Definición del buen estado ambiental.....	11
2.1. Definición del buen estado ambiental a nivel de criterio.....	11
2.2. Definición de buen estado ambiental a nivel de descriptor.....	13
3. Características, elementos y criterios evaluados en este descriptor.....	17
4. Evaluación a nivel de demarcación marina D5-Eutrofización.....	21
4.1. Evaluación general a nivel de demarcación marina	21
4.2. Evaluación general a nivel de demarcación marina del criterio D5C1.....	25
4.3. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C2	37
4.4. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C4	43
4.5. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C5	48
5. Referencias	53



INTRODUCCIÓN



1. Introducción

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). Los criterios analizados en este descriptor son una serie de criterios primarios, esto es, aquellos cuya evaluación es obligatoria, y que son 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 con son el D5C3 (número de eventos de floraciones), D5C4 (límite fótico), D5C6 (abundancia de macroalgas), D5C7 (macrófitos) y D5C8 (macrofauna).

En la demarcación noratlántica, el principal factor modulador de la dinámica en las concentraciones de nutrientes a lo largo del año es el ciclo estacional asociado al forzamiento atmosférico e hidrológico. Éste condiciona tanto la intensidad como la duración de los picos anuales de productividad fitoplanctónica. A esta variabilidad hidrodinámica, se unen en algunas zonas las descargas de nutrientes procedentes de los cursos de agua, que suelen aportar concentraciones elevadas. De hecho, según los documentos de planificación hidrológica de las cuencas que presentan aguas costeras en la demarcación noratlántica (DMNOR), la contaminación derivada de vertidos urbanos, de actividades agrícolas, ganaderas e industriales y la acuicultura constituyen presiones significativas prácticamente en toda la DMNOR.

Unidades marinas de evaluación (MRUs) de la eutrofización

La información comentada arriba indica que la distribución espacial de la productividad planctónica en la demarcación presenta una cierta heterogeneidad espacial que trasciende los gradientes esperados de costa a mar abierto, con sectores que evidencian diferencias notables tanto en la concentración media anual de clorofila como en la intensidad y duración de los blooms estacionales. Con estos precedentes, durante el primer ciclo de aplicación de las estrategias marinas se realizó un análisis espacial de la productividad planctónica basado en la serie temporal de clorofila a de satélite más larga disponible en ese momento. El procedimiento seguido se describió en detalle en los documentos de la primera evaluación inicial (MITECO 2012) y fue publicado en Mercado et al. (2016). En breve, consistió en realizar un análisis clúster no jerárquico de los promedios mensuales de cada píxel, obteniéndose finalmente seis grupos de píxeles (áreas) homogéneos entre sí y diferenciados en su ciclo estacional promedio de clorofila a. Análisis posteriores revelaron que cada una de estas áreas presentaron también diferencias significativas en concentración de nutrientes, lo que indicó que son expresión de los principales mecanismos subyacentes que determinan la productividad en la demarcación. Las zonas con productividad contrastante obtenidas en ese análisis fueron utilizadas para delimitar unidades marinas de evaluación (MRUs) lo más coherentes posible con esta variabilidad natural. Estas mismas zonas de productividad contrastante fueron también utilizadas en la segunda evaluación inicial de las estrategias marinas sirviendo como criterio de agregación espacial de los datos y para el establecimiento de valores de evaluación (VU). Así mismo, sirvieron de guía para el diseño de los programas de seguimiento. En esta segunda evaluación inicial, y en respuesta a la necesidad de introducir la escala espacial de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (en adelante DMA), se proyectaron espacialmente las masas de agua de la DMA en las MRUs obtenidas por análisis de las imágenes de satélite, lo que permitió agregar los datos generados en aplicación de la DMA conforme a un criterio basado en el ciclo anual de productividad promedio en la demarcación.

En esta tercera evaluación inicial se ha optado por utilizar la misma zonación que en la segunda evaluación inicial (Figura 1 y Tabla 1), considerando también la coherencia entre la misma y la distribución de masas de agua costera de la DMA. Básicamente, la zonación responde al gradiente de productividad que se produce entre las aguas costeras y las oceánicas, que resulta ser más intenso en el sector oeste debido a la mayor intensidad del afloramiento. Así, las aguas interiores de las rías, incluyendo las rías



gallegas y las de Avilés y Bilbao, quedan comprendidas en el área NORC1. NORC2 y NORC3 engloban las aguas más costeras próximas a NORC1. NORP2 incluye prácticamente toda la franja costera de la demarcación algo alejada de la influencia de las rías y de los fenómenos de afloramiento más costeros. NORO1 representa las aguas oceánicas, de mar abierto, que tiene características similares en toda la demarcación, y la zona denominada Plataforma que representa la transición entre la zona costera y la de mar abierto.

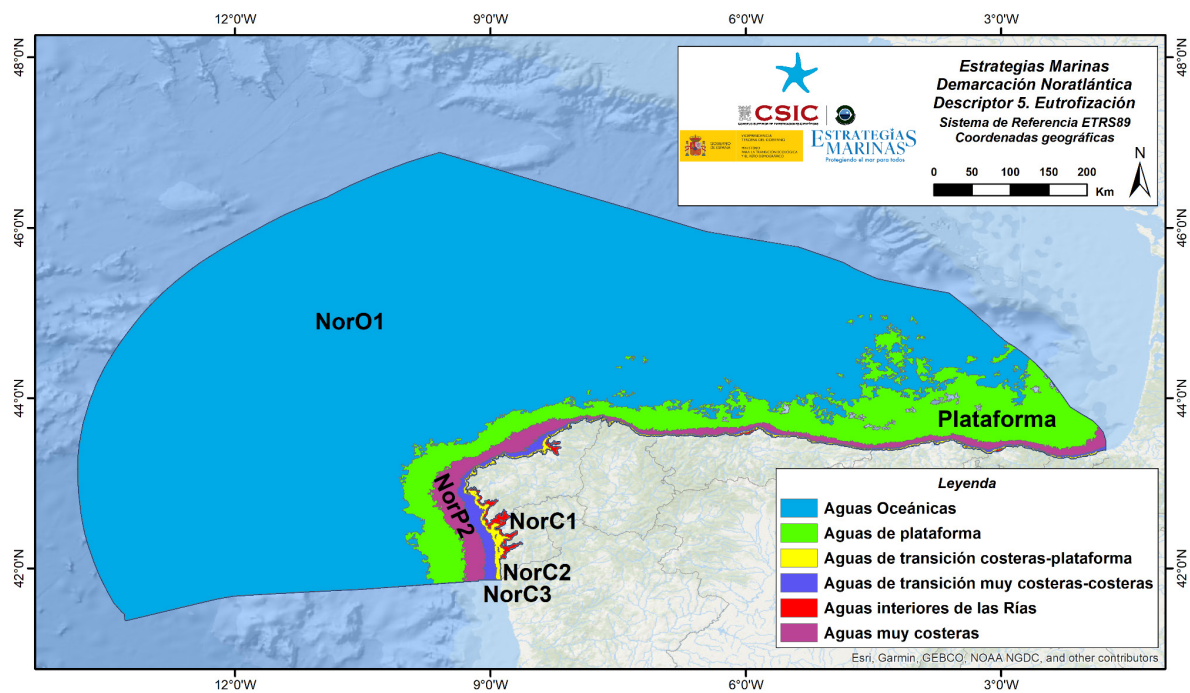
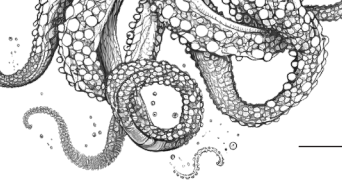


Figura 1. Unidades marinas de evaluación de la eutrofización (MRUs) para la tercera evaluación inicial.

Tabla 1. MRUs identificadas a partir del análisis de las imágenes de satélite de clorofila a. Se indica su extensión en km² (entre paréntesis el porcentaje de superficie que representa en relación con el total de la DMNOR) y el porcentaje de estas que es ocupado por masas de agua de la DMA.

MRUS	Denominación	km ²	DMA
NORC1	Aguas interiores de las Rías	687 (0,21 %)	92 %
NORC2	Aguas muy costeras	1.676 (0,52 %)	93 %
NORC3	Aguas de transición costeras-muy costeras	2.596 (0,81 %)	55 %
NORP2	Aguas de transición costeras-plataforma	8.316 (2,61 %)	19 %
NORO1	Aguas oceánicas	269.747 (84,64 %)	-
Plataforma	Plataforma	35.667 (11,19 %)	-



La DMNOR está incluida dentro del área IV de OSPAR, cuyo estado de eutrofización fue evaluado en el denominado *Quality Status Report* publicado en 2023 (en adelante QRS2023). La zonación empleada en la evaluación de las aguas de la DMNOR en el QRS2023¹ fue la utilizada en la segunda evaluación inicial. Por tanto, el uso de las mismas áreas de evaluación en esta tercera evaluación inicial garantiza la coherencia con la evaluación regional, tal como indica la Decisión (UE) 2017/848 de la Comisión, de 17 de mayo de 2017, por la que se establecen los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como especificaciones y métodos normalizados de seguimiento y evaluación, y por la que se deroga la Decisión 2010/477/UE (en adelante Decisión 2017/848/UE). No obstante, la norma también 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. Con este objetivo, se ha realizado un análisis espacial de la distribución de las masas de agua costera de la DMA y de su relación con las MRUs de la Figura 1.

Las masas de agua costera definidas en aplicación de la DMA dentro de la DMNOR están incluidas en las demarcaciones hidrográficas de las cuencas del Miño-Sil, Galicia-Costa, Cantábrico Occidental y Cantábrico Oriental (Figura 2). El listado de masas de agua costera, así como su tipología, según consta en las respectivas memorias de los planes hidrológicos para el ciclo de planificación hidrológica 2022/2027 (Real Decreto 817/2015), se especifican en la Tabla 1 (debe notarse que las calificadas como muy modificadas no han sido consideradas en esta evaluación). Para integrar la escala espacial de la DMA dentro de este esquema, cada una de las masas de agua de la DMA se ha proyectado sobre el mapa de distribución de las MRUs con el fin de asignarlas a una unidad determinada. Como era de esperar (dado que en aplicación de la DMA la franja costera se divide en función de un criterio basado en la forma de la línea de costa y el establecimiento de las áreas de la DMEM se basa en el ciclo anual de productividad), algunas de las masas de agua de la DMA solapan con más de una MRU. Para éstas, se ha optado por asignar la masa de agua a la MRU con la que solapa en un porcentaje mayor.

La comparación de la zonación basada en el análisis de la serie temporal de clorofila (MRUs; Figura 1) y la tipología de la DMA del Real Decreto 817/2015 se resume en las Tabla 1 y Tabla 2. En conjunto, las masas de agua de la DMA representan aproximadamente el 1,75 % de la superficie de DMNOR. Plataforma y NORO1 no presentan solapamiento con las aguas de la DMA. En general, las aguas de la tipología AC-T12 y AC-T14 se incluyen en NORP2, mientras que el resto de tipos se distribuyen entre NORC1, NORC2 y NORC3.

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

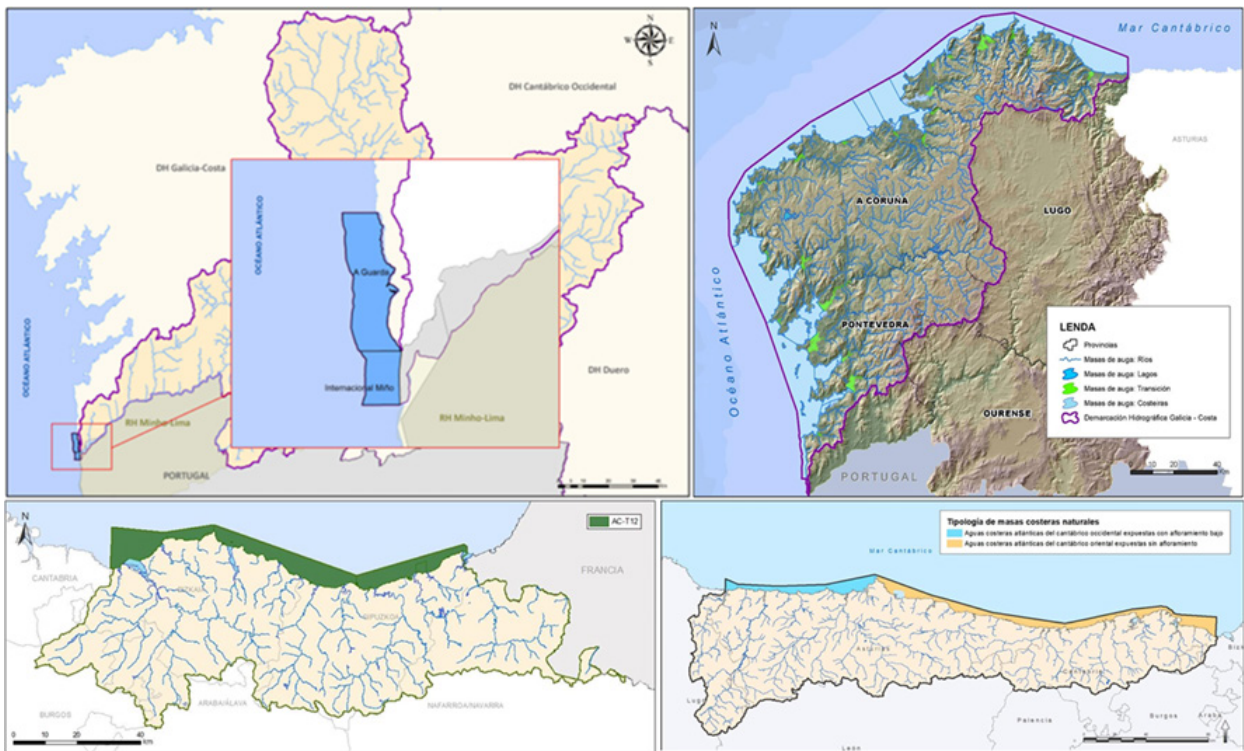


Figura 2. Masas de agua costeras incluidas en las diferentes cuencas hidrográficas de la DMNOR. Izquierda superior: DHMS, Demarcación Hidrográfica Miño-Sil. Derecha superior: DHGC, Demarcación Hidrográfica Galicia Costa. Izquierda inferior: DHC occidental, Demarcación Hidrográfica Cantábrico Occidental. Derecha inferior: DHC oriental, Cuenca Hidrográfica Cantábrico Oriental. Figuras extraídas de los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica.

Tabla 2. Tipología de masas de agua costera en la DMNOR. Se indica la superficie que representa cada tipo en relación con el total de la superficie de aguas costeras y de la superficie de la demarcación (en porcentaje)

Tipo	Descripción	#masas agua	Superficie aguas costeras (%)
AC-T12	Aguas costeras atlánticas del cantábrico oriental expuestas sin afloramiento.	42	29,9
AC-T14	Aguas costeras atlánticas del cantábrico occidental expuestas con afloramiento bajo	28	21,6
AC-T15	Aguas costeras atlánticas expuestas con afloramiento medio	20	29,1
AC-T16	Aguas costeras atlánticas semi-expuestas o protegidas con afloramiento intenso	11	2.63
AC-T17	Aguas costeras atlánticas expuestas con afloramiento intenso	9	16.1
AC-T18	Aguas costeras atlánticas semiexpuestas o protegidas con afloramiento medio	4	0.60



DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL



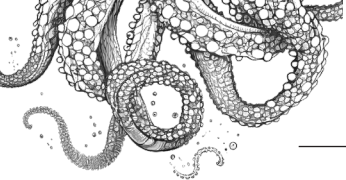
2. Definición del buen estado ambiental

2.1. Definición del buen estado ambiental a nivel de criterio

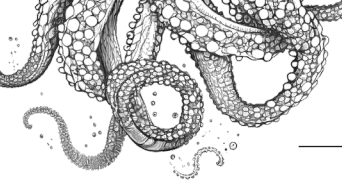
Se indica a continuación la definición del BEA para cada uno de los criterios recogida en la Decisión 2017/848/UE y cómo ha sido interpretado en función de los datos e información disponible en esta tercera evaluación inicial.

Tabla 3. Definición del buen estado ambiental (BEA) a nivel de criterio.

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, <i>environmental quality ratio</i>) 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



Criterio	Definición de la decisión	Definición adoptada
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, este 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



2.2. Definición de buen estado ambiental a nivel de descriptor

Reglas de agregación

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 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, se optó por seguir también estas reglas de integración que fueron revisadas en 2022 (COMP4; Figura 3). El COMP4 establece dos tipos de áreas, áreas sin problemas de eutrofización y áreas con problemas de eutrofización que asumiremos equivalentes a áreas en BEA y noBEA, respectivamente. En la tercera evaluación inicial se propone usar los elementos evaluados cuantitativamente dentro de cada categoría de criterios para determinar su estado, mientras que los elementos o parámetros para los que no se cuenta con un valor umbral (VU) que permita un análisis cuantitativo serán utilizados como información complementaria.

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

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

Puesto que no disponemos de VU para TN y TP, estos elementos no determinarán el estado ambiental de la MRU, pero sí se tendrán en cuenta 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 significará que es necesario un especial seguimiento de los criterios secundarios de efectos directos, indirectos o ambos si los indicadores complementarios presentan un estado pobre, aun habiéndose determinado que el D5C2 y D5C5 están en BEA).

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

- i) **BEA:** Áreas sin enriquecimiento de nutrientes donde no se detectan efectos directos ni indirectos
- ii) **BEA*:** Áreas con concentraciones en exceso o con tendencias positivas significativas de algunos de los elementos y/o parámetros del D5C1, pero sin efectos directos ni indirectos, o bien áreas en las que D5C2 y D5C5 se encuentran en BEA pero la información de los criterios no evaluados cuantitativamente aconseja un especial seguimiento en el próximo ciclo de evaluación
- iii) **no BEA:** Áreas que muestran un grado incrementado de nutrientes acompañado de efectos directos y/o indirectos
- iv) **no BEA:** Áreas con efectos directos y/o indirectos, pero sin evidencia de exceso de nutrientes

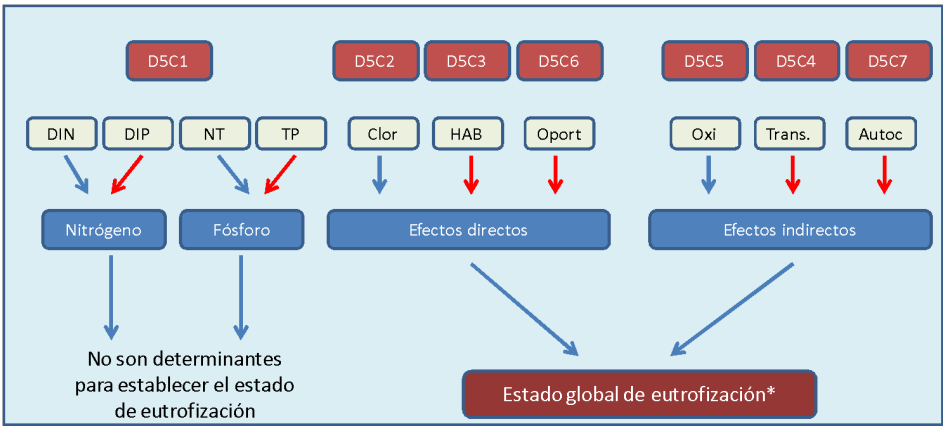


Tabla 4. Esquema que ilustra la relación entre los criterios de la Decisión 2017/848/CE y su agrupación según las categorías de indicadores del COMP4

	BEA	BEA*	No BEA	No BEA	No BEA
Nutrientes					
Efectos directos					
Efectos indirectos					

Figura 3. 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.

El esquema propuesto para la evaluación global de la eutrofización en cada MRU es compatible con el método establecido en la DMA para evaluar el estado ecológico de las aguas costeras (Real Decreto 817/2015). Según el mismo, el estado es muy bueno o bueno cuando ninguno de los indicadores de calidad biológica (ECB en la Figura 4, 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 éstos 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 con un estado ecológico peor que bueno en la DMA. Este esquema permite comparar directamente las evaluaciones de la DMA con la evaluación del D5, tal como establece la Decisión 2017/848/CE. No obstante, la equivalencia entre el BEA del D5 y la clasificación del estado ecológico de la DMA debería hacerse con precaución ya que en la determinación de este último se tienen en cuenta también elementos de calidad química que no son evaluados en el marco del D5. Además, la concentración de oxígeno que es evaluada en la DMEM como un elemento ligado a efectos indirectos (junto con las comunidades bentónicas), en la DMA se evalúa como un indicador de calidad físico-química.

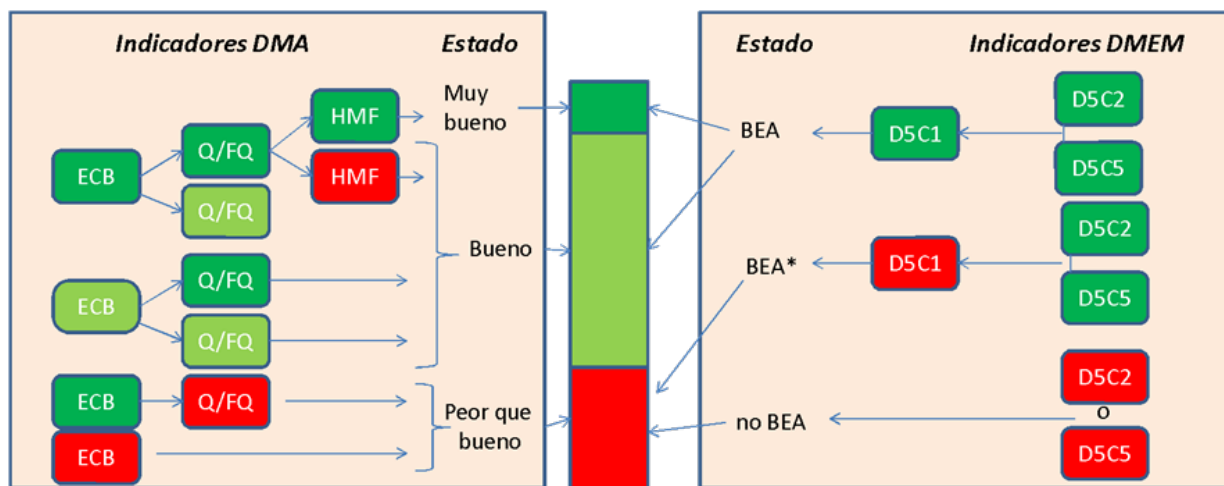


Figura 4. Esquema para la evaluación del estado ecológico de las aguas costeras basado en el Real Decreto 817/2015 comparado con el esquema de integración de los indicadores para la evaluación del estado de eutrofización de cada MRU. ECB: indicadores de calidad biológica; Q/FQ, indicadores de calidad química y físico-química; HMF, indicadores hidromorfológicos.

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



CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR



3. Características, elementos y criterios evaluados en este descriptor

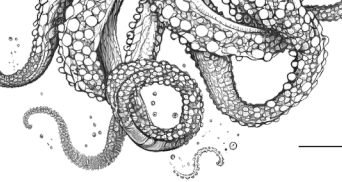
Desde la publicación de la Directiva 2008/56/CE y de las primeras interpretaciones y recomendaciones para la evaluación de la eutrofización en el marco de ésta (como por ejemplo las del grupo de trabajo sobre eutrofización de la UE en 2010; Ferreira, 2010), ha habido pocos cambios en el esquema conceptual 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 (que se detallan más adelante). 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 DMNOR se han evaluado los criterios primarios y dentro de éstos, los elementos y parámetros para los que se dispone de datos (Tabla 3). De entre los criterios secundarios, D5C3 no ha podido ser evaluado por falta de datos y D5C4 sólo se ha evaluado en las MRUs que incluyen las áreas costeras (NORC1, NORC2, NORC3 y NORP2). 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 EEMM sino también las publicadas en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica).

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

Criterio D5C1. La definición del BEA en los términos de la Decisión 2017/848/UE implica que los nutrientes deben ser evaluados en función de su impacto sobre otros elementos del ecosistema (algunos definidos en el resto de criterios), lo cual a menudo es complejo dado que en general no se cuenta con información suficiente para determinar cuál es el límite de concentración de nutrientes a partir del cual cada uno de estos criterios responde negativamente en cada MRU. Por ello, la definición del BEA para el criterio D5C1 que se adoptó en la primera evaluación inicial se centró en determinar si la concentración de nutrientes sobrepasó 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 (VU) frente a los que comparar las concentraciones obtenidas en el periodo de evaluación.

Criterio D5C2. La Decisión 2017/848/UE incide en determinar el BEA para este criterio en función de la relación causa-efecto entre el exceso de nutrientes y el incremento en la productividad de la columna de agua. No obstante, la evaluación de esta relación es compleja y requiere un buen conocimiento de la dinámica espacial y temporal tanto de los nutrientes como de la propia clorofila. Esto es especialmente difícil en el caso de la DMNOR porque la productividad está fuertemente condicionada



por la circulación horizontal de las masas de agua y el impacto del régimen de vientos. Por esto, la definición del BEA para el criterio D5C2 que se adoptó en la primera evaluación inicial se centró en determinar si la concentración de clorofila sobrepasó en cada MRU las concentraciones esperables de acuerdo con sus características hidrológicas y 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 adoptado una estrategia cuantitativa similar para la evaluación de este criterio.

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 macrofitos al afectar negativamente a su crecimiento (al reducir la luz que llega al fondo); (2) aumentar la proporción de la columna de agua donde predominan los procesos de respiración, que consumen oxígeno. En relación con el primer efecto, la reducción de la transparencia puede dar lugar a cambios en el límite de distribución de las comunidades bentónicas desde costa hacia mar adentro, lo que en general viene marcado por la profundidad de la capa fótica o límite fótico (profundidad a la que llega el 1 % de la luz incidente en superficie). Dado que la batimetría determina la distribución de estas comunidades, el posible impacto de la reducción de la transparencia depende de la batimetría de la zona que se considere. Por tanto, no es posible establecer un valor del límite fótico común (VU) para toda la DMNOR sino que éste debe variar según se trate o no de zonas que por su batimetría puedan albergar comunidades de macrofitos. Igual ocurre con el segundo efecto adverso, para el que no es posible determinar un VU constante para toda la DMNOR, 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 umbrales (VU). 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 más del 10 % del área, Tabla 2) se han usado los VUs calculados en la primera evaluación inicial o bien se han calculado nuevos valores si no se disponía de estos. En las MRUs que incluyen masas de agua de la DMA, se han usado los umbrales del límite de estado bueno/moderado recogidos en el Real Decreto 817/2015. Hay que notar que el caso de algunos parámetros del D5C1 (TN y TP) no se dispuso en la segunda evaluación inicial de valores suficientes para definir un VU ni existían valores umbral 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.

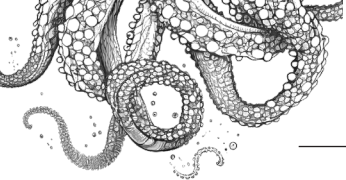


Tabla 5. Elementos de los criterios del D5 que han sido evaluados en esta tercera evaluación inicial (✓). Se indican también los elementos que no han sido evaluados en el marco de este descriptor pero que sí son considerados en la evaluación del D5 por disponerse de evaluaciones realizadas en el marco de otros descriptores o de la DMA (X*). Los elementos marcados con X no han podido ser evaluados por falta de datos

Criterio	Elemento	MRUs					
		NORC1	NORC2	NORC3	NORP2	Plataforma	NORO1
D5C1	DIP	✓	✓	✓	✓	×	×
	DIN	✓	✓	✓	✓	×	×
	TP	×	✓	✓	×	×	×
	TN	×	×	×	×	×	×
D5C2	Chla	✓	✓	✓	✓	✓	✓
D5C3	HAB	×	×	×	×	×	×
D5C4	Límite fótico	✓	✓	✓	✓	×	×
D5C5	Oxígeno	✓	✓	✓	✓	×	×
D5C6	Macroalgas oportunistas	×	×	×	×	×	×
D5C7	Macrófitas	×	×	×	×	×	×
D5C8	Macrofauna bentónica	×	×	×	×	×	×



EVALUACIÓN A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA D5 - EUTROFIZACIÓN



4. Evaluación a nivel de demarcación marina D5-Eutrofización

4.1. Evaluación general a nivel de demarcación marina

Consecución del BEA

Tabla 6. Resultado de la evaluación de la DMNOR para D5.

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	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Los resultados de la evaluación de la eutrofización de la DMNOR obtenidos aplicando el esquema de integración propuesto se resumen en la Figura 3 y Figura 4 donde se muestra que todas las MRUs de la demarcación se encuentran en BEA. Sin embargo, se han identificado tendencias crecientes en las concentraciones de las formas de nutrientes inorgánicos disueltos que han podido ser evaluados (los datos disponibles en Plataforma y NORO1 no han permitido una evaluación concluyente de este criterio). El criterio D5C2 también se encuentra en BEA aunque, en contraste con lo ocurrido para nutrientes, las concentraciones en 2016-2021 se han reducido en comparación con el periodo previo. Este resultado indica que el aumento de la concentración de nutrientes en el periodo evaluado no se ha reflejado en una mayor concentración de clorofila, a pesar de lo cual se recomienda hacer un especial seguimiento de este indicador. En particular, es conveniente contar en la próxima evaluación con más datos de TN y PT, para poder evaluar cuál es la causa de este aumento de la concentración de nutrientes inorgánicos, que podrían provenir de mayores aportes terrestres o bien estar relacionados con cambios en el metabolismo de las comunidades implicadas en el ciclo del N y P (principalmente fitoplancton y bacterioplancton) [en el actual escenario de cambio climático, que afecta en principio a la dinámica costera y a la frecuencia e intensidad de los afloramientos, no es descartable que estos cambios se estén produciendo]. Destaca también que las concentraciones de oxígeno por debajo del valor umbral (indicativo de déficit de oxígeno) son muy infrecuentes (indicador D5C5), por tanto, no hay evidencias de efectos indirectos atribuibles a la mayor disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, el indicador D5C4 no se encontró en BEA en NORC2, algo que en principio no es atribuible a una concentración excesiva de clorofila, pero que requiere estudios posteriores.

En conjunto, los resultados obtenidos son similares a los publicados para la DMNOR en el QSR2023 de OSPAR (OSPAR 2024) e indican que no existe evidencia en la demarcación de que haya zonas con problemas de eutrofización. También se encuentra en línea con los resultados de la evaluación ambiental de las aguas costeras que figura en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica. Según éstos, aproximadamente el 80 % de las masas de agua costera de la DMNOR presentan un estado ecológico muy bueno o bueno. El resto de masas de agua presentan un estado peor que bueno debido principalmente a incumplimientos en los indicadores de nutrientes (incluyendo exceso de nitrato, fosfato o amonio según la masa de agua). Sólo hay dos masas de agua en que se detecta incumplimiento de los umbrales para fitoplancton. Es de destacar también que algunas masas de agua en el sector occidental de la demarcación presentaron valores de transparencia muy bajos, aunque en ninguna de las masas de agua en que se han analizado las comunidades de macrófitos se encuentran valores de los indicadores que evidencien un estado peor que bueno.



Tabla 7. 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; ■ Desconocido (evaluación no concluyente por falta de datos); ■ No evaluado
Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: = Estable; ↑ Aumenta respecto a periodos previos; ↓, disminuye; = No hay variación significativa. BEA*: En buen estado ambiental al detectarse aumento en algunos parámetros que indican cierto empeoramiento del estado

Área de evaluación	% de aguas nacionales	Criterios								Estado
		D5C1	D5C2	D5C3	D5C4	D5C6	D5C5	D5C7	D5C8	
NORC1	0,21	↑	↓	■	■	■	↑	■	■	BEA*
NORC2	0,52	↑	↓	■	■	■	↑	■	■	BEA*
NORC3	0,81	↑	↓	■	■	■	↑	■	■	BEA*
NORP2	2,61	↑	=	■	■	■	↑	■	■	BEA*
Plataforma	11,19	■	↑	■	■	■	■	■	■	BEA*
NORO1	84,64	■	↓	■	■	■	■	■	■	BEA

Tabla 8. Comparación de los resultados de la evaluación del D5 en las tres evaluaciones iniciales

	Nutrientes			Efectos directos			Efectos indirectos		
	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI
NORC1	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NORC2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NORC3	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NORP2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Plataforma	■	■	■	■	■	■	■	■	■
NORO1	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Principales presiones relacionadas

Tabla 9. Presiones y actividades que afectan al D5.

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

En general, los aportes de nutrientes se clasifican según su origen en puntuales y difusos (Figura 5). 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.

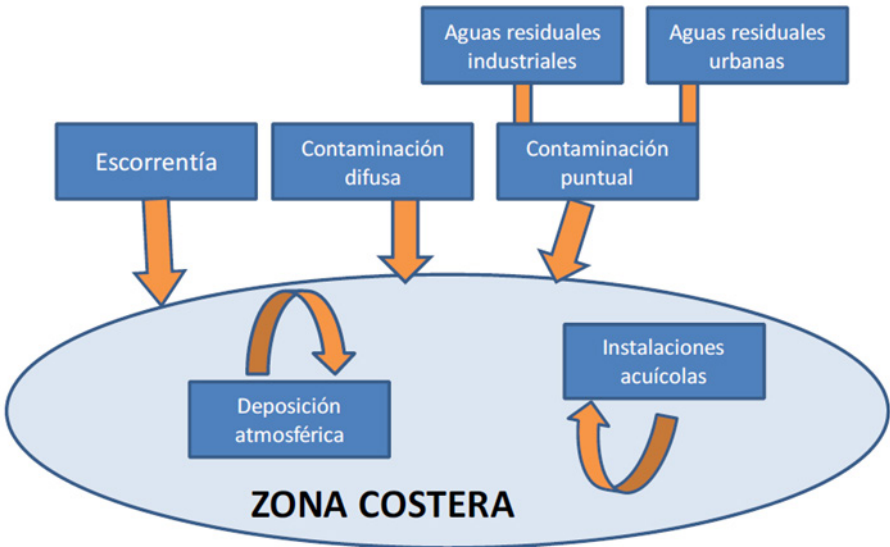
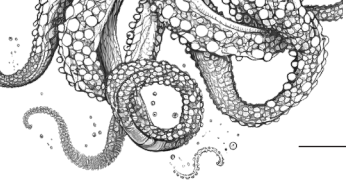


Figura 5. Esquema que ilustra las principales presiones que afectan al descriptor 5

Según la información de los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica, en la DH de Galicia Costa hay un total de 43 masas de agua costeras afectadas por fuentes puntuales de aguas residuales urbanas, y 8 por instalaciones de acuicultura marina. Además, existe un expediente sancionador de la UE por incumplimiento de las condiciones de vertidos en relación con el posible impacto de contaminación por nutrientes asociado a aguas residuales urbanas en algunas masas de agua superficiales, cinco de ellas masas de agua costeras. En la cuenca hidrográfica del Cantábrico Occidental, figuran 31 puntos de vertido de aguas residuales urbanas a aguas costeras y de transición. Por su parte, en la DH del Cantábrico Oriental, se identifican las EDAR como principal fuente de vertidos de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) a aguas costeras y los aportes fluviales a las aguas de transición. Según los datos registrados por el PRTR para el periodo de evaluación actual se vertieron a las aguas de las cuencas hidrográficas pertenecientes a la DMNOR un total de 7,3 kt de NT y 0,5 kt de PT (inclu-



yendo emisiones directas e indirectas). El origen del NT y PT es principalmente la actividad agrícola y ganadera, con contribuciones algo diferentes. Así por ejemplo, en la cuenca hidrográfica del Miño, se calcula que la ganadería es la principal fuente difusa de nutrientes (44 % NT y 53 % PT), siendo la agricultura la fuente secundaria (37 % del NT y 22 % del PT) según datos del QSR2023 de OSPAR.

Por tanto, en conjunto toda la demarcación está afectada por fuertes presiones de fuentes puntuales y difusas que aportan cantidades muy significativas de N y P. Como muestra, en toda la demarcación el excedente total de nitrógeno se calcula en 7,6 kt de N, de los cuales 4,5 kt son vertidas a masas de agua superficial, 1,7 kt percolan a las aguas subterráneas, y las 1,3 kt restantes son fijadas en el terreno. El excedente total de P se calcula en 1,9 kt, de los cuales 1,1 kt son vertidas a masas de agua superficial, 0,45 kt percolan a las aguas subterráneas, y las 0,33 kt restantes son fijadas en el terreno. Sin embargo, con los datos disponibles es difícil cuantificar la dinámica espacial y temporal de estos vertidos, lo que dificulta a su vez el análisis de la relación entre los nutrientes en el medio costero y su impacto sobre la producción planctónica y el ecosistema.



4.2. Evaluación general a nivel de demarcación marina del criterio D5C1

Consecución del BEA

Tabla 10. Resultado de la evaluación de la DMNOR para D5C1.

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	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

MRUs que incluyen zonas costeras (NORC1, NORC2, NORC3 y NORP2).

Parámetros utilizados

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

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 11 y Tabla 12 se resumen los resultados de la evaluación de los diferentes elementos y parámetros que componen el criterio D5C1 en las MRUs con suficiente disponibilidad de datos. Las concentraciones de los cuatro parámetros analizados no excedieron los valores umbral; por tanto, se encuentran en BEA. Sin embargo, alguna de las tres formas de NID presentaron concentraciones más elevadas en promedio en 2016-2021 que en el periodo anterior, al igual que las concentraciones de DIP (excepto en NORC3). En la segunda evaluación inicial las áreas NORC2, NORC3 y NORP2 no se encontraron en BEA (Tabla 12), lo que podría indicar que el estado del indicador ha mejorado en el periodo evaluado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el criterio numérico utilizado en la segunda evaluación inicial fue diferente; además, en aquella evaluación la tendencia creciente en la concentración de nutrientes también fue considerada en la evaluación del BEA. Es decir, que de acuerdo a los criterios utilizados en la segunda evaluación inicial, las áreas NORC2, NORC3 y NORP2 tampoco estarían en BEA.



Tabla 11. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C1

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

Criterio	Elemento		Estado					
	D5C1	Parámetro	NORC1	NORC2	NORC3	NORP2	NORO1	Plataforma
	NID	Nitrato	↑	↓	↓	↑		
		Nitrito	↑	↑	↑	↑		
		Amonio	↑	↑	↓	↓		
	DIP		↑	↑	↓	↑		
	TN							
	TP							
Integ.			BEA*	BEA*	BEA*	BEA*		

Tabla 12. 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; ■ Desconocido (evaluación no determinante por falta de datos); ■ No evaluado.

	Elementos del D5C1											
	NID			DIP			TN			TP		
	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI
NORC1												
NORC2												
NORC3												
NORP2												
NORO1												
Plataforma												

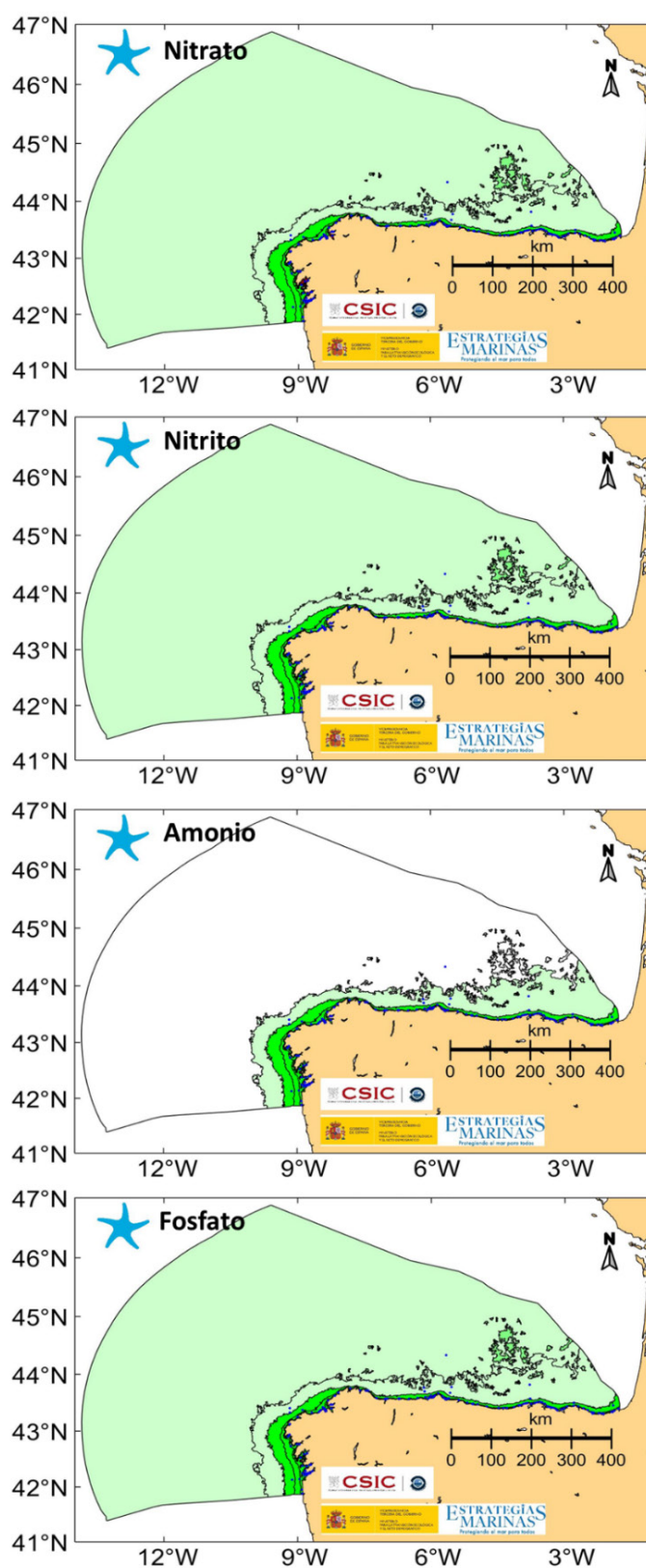


Figura 6. Resultados de la evaluación de los parámetros y elementos del D5C1 que se han evaluado cuantitativamente. Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En verde se señalan las MRUs donde la concentración no excede los valores umbral (esto es, el EQR es mayor de 1); en tonos más claros las MRUs para las que la confianza estadística de la evaluación es pobre. Los puntos negros dentro de cada MRU indican la posición de las estaciones para las que se ha dispuesto de datos en 2016-2021.



Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuente de datos. Se recopilaban los datos georreferenciados de cada elemento o parámetro disponibles hasta 2021, incluyendo los que se recopilaban para la primera y segunda evaluación inicial. Las principales fuentes de datos han sido el programa Radiales del IEO-CSIC y los datos generados por las comunidades autónomas para el cumplimiento de la DMA. Dentro del programa radiales se muestrean mensualmente varias estaciones costeras localizadas en las proximidades de La Coruña, Vigo y Gijón, donde se recogen muestras que se analizan mediante autoanizador de nutrientes. Los datos de la DMA fueron generados de acuerdo con las recomendaciones técnicas descritas en el Real Decreto 817/2015, a su vez basados en el anexo V de la DMA modificado a través de la Directiva 2014/101/UE de la Comisión, de 30 de octubre de 2014.

Una vez recopilados, cada registro fue asignado a una MRU en función de la localización de la estación en la que se originaron. En la Figura 7 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 Radiales. Como se muestra en la figura, los datos de la DMA han nutrido especialmente la base de datos para la evaluación de NORC1 y NORC3.

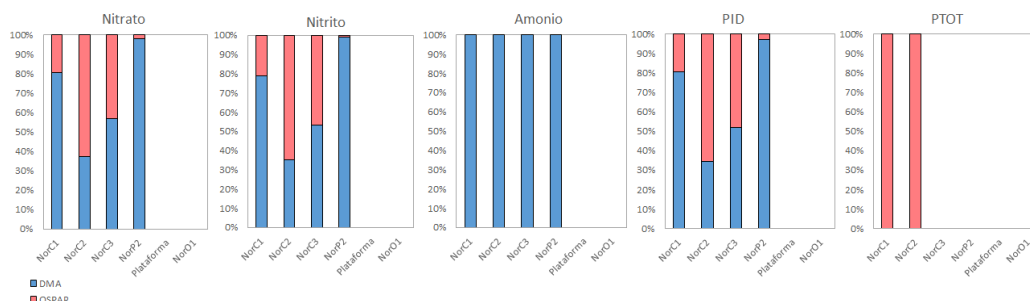


Figura 7. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de radiales del IEO (OSPAR) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en las figuras 11 a 15.

Las características de las bases de datos obtenidas para los cuatro elementos y parámetros analizados se describen en las figuras 11-15, donde se indica el número de registros disponibles agrupados por periodos: previo a 2010, 2010-2015 y 2016-2021.

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 8) 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.

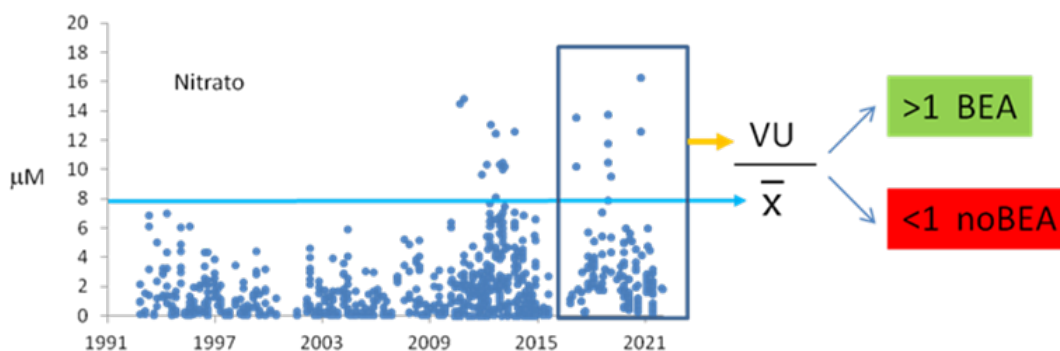


Figura 8. Esquema del procedimiento seguido para el cálculo del EQR para cada elemento y parámetro del DC51 evaluado cuantitativamente. VU representa el valor umbral y \bar{x} la media del periodo 2016-2021.



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.

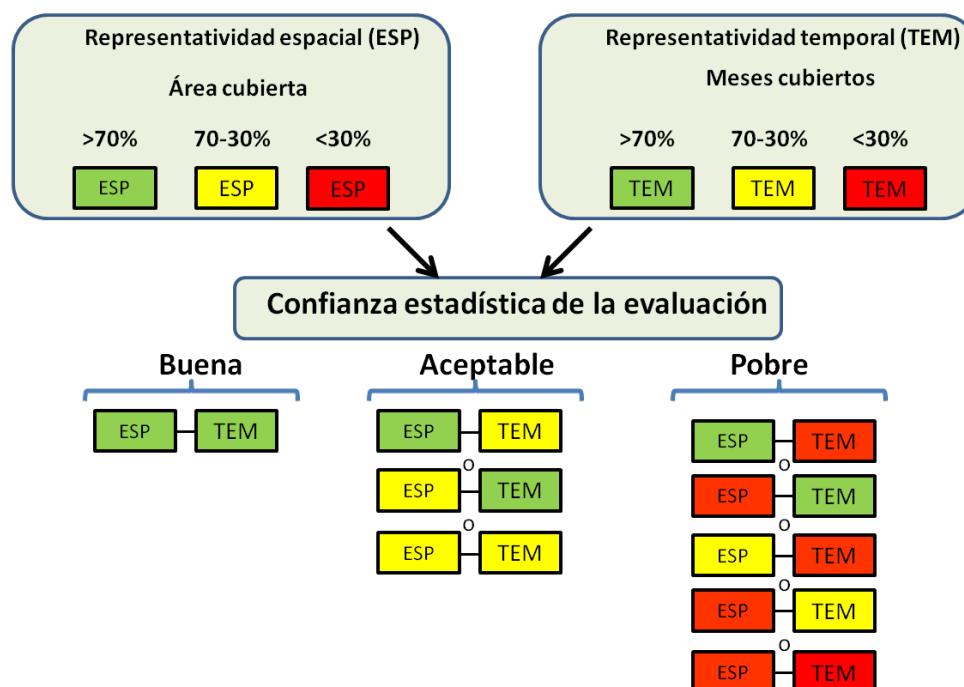


Figura 9. Esquema que ilustra el procedimiento y los criterios empleados para determinar la confianza estadística de la evaluación

Se consideró que en las MRUs en que los datos cubren al menos el 70 % de los meses, la confianza estadística temporal de los datos es buena; cuando este porcentaje estuvo comprendido entre el 30 y 70 %, se consideró que la confianza temporal era aceptable y pobre cuando el porcentaje de meses cubierto fue menor al 30 %. La confianza espacial se determinó analizando la distribución de las estaciones de muestreo de las que se dispuso de datos en el periodo de evaluación. Se determinó la superficie cubierta por el polígono formado por las estaciones de muestreo, que fue comparada con la superficie de la MRU. Cuando la superficie cubierta por las estaciones de muestreo fue mayor al 70 % de la superficie de la MRU se consideró que la representatividad espacial era alta; porcentajes de cobertura entre 70 y 30 se consideraron indicativos de representatividad espacial aceptable y porcentajes menores al 30 % indicativos de representatividad pobre.

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

En la Figura 10 se muestran los resultados del análisis de confianza estadística para los cuatro elementos y parámetros evaluados cuantitativamente. La confianza estadística fue buena en NORC1 y NORC2 y aceptable en NORP2.

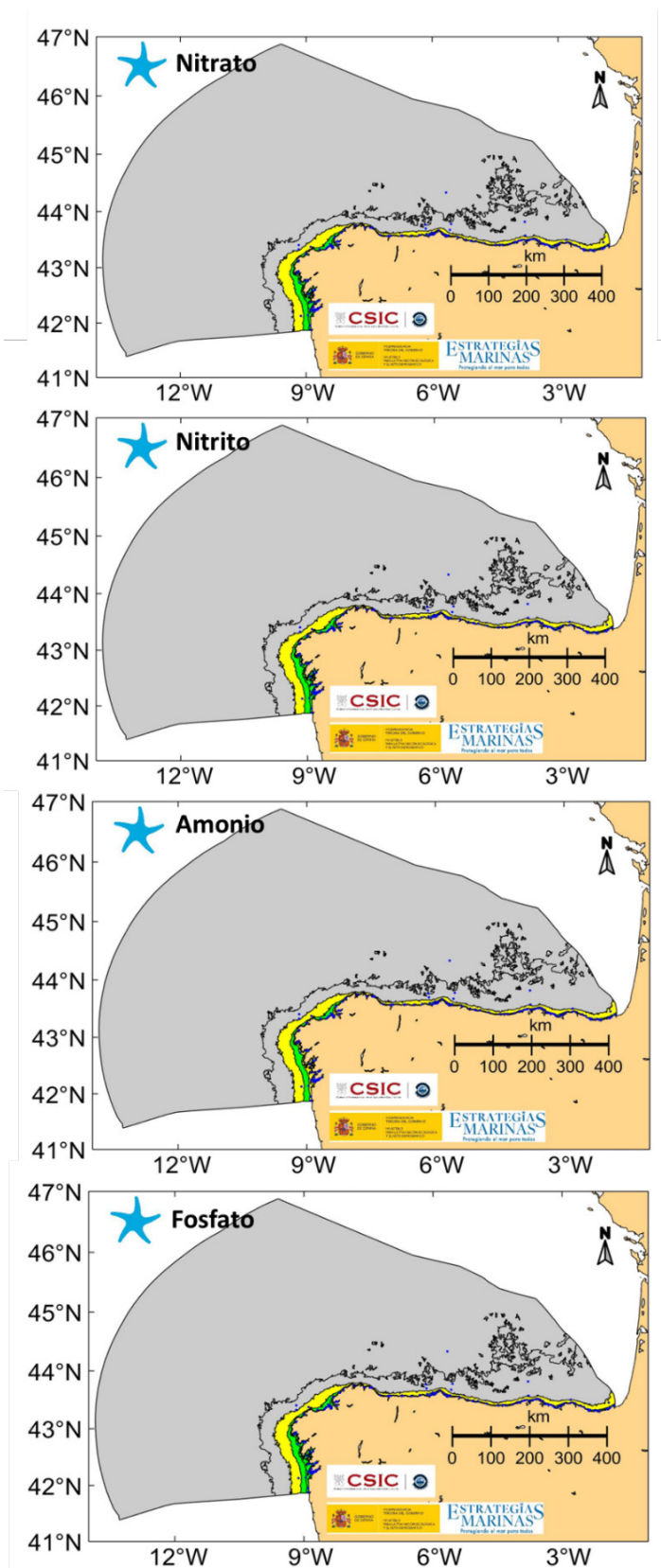


Figura 10. Representatividad de los datos recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En verde se indican MRUs para las que los datos tienen buena representatividad espacial y temporal; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal y la espacial son al menos aceptables; en gris las MRUs en las que el elemento no ha sido evaluado.



Valores umbral

Cada elemento o parámetro de NID y DIP ha sido evaluado independientemente de acuerdo con los VUs mostrados en la Tabla 13. No hay VUs de nutrientes definidos para las masas de agua costera de la DMA (al menos no constan en el Real Decreto 817/2015). Por tanto, se opta por utilizar los valores de referencia calculados en la primera evaluación inicial, que fueron también los utilizados en la segunda y en la realización del QSR2023 de OSPAR. Estos valores estuvieron basados en el percentil 90 de la serie temporal de las concentraciones registradas para cada MRU hasta 2011. En las anteriores evaluaciones iniciales no se evaluó NORC1, por tanto, no se definieron VUs para esta MRU. En la tercera evaluación inicial se estiman los VU para esta área basados en el percentil 90 de los registros disponibles hasta 2011. Para TP tampoco se dispone de VUs por lo que sólo han sido evaluadas sus tendencias.

Tabla 13. Valor umbral (VU) utilizados para los elementos del criterio D5C1. Los VU son los utilizados en la segunda evaluación inicial y el QSR2023 (a) excepto para NORC1 que han sido calculados como se indica en el texto (b).

MRU	Nitrato (µM)	Nitrito (µM)	Amonio (µM)	DIP (µM)
NORC1	2,1 ^b	0,4 ^b	2,7 ^b	0,7 ^b
NORC2	7,1 ^a	0,7 ^a	2,1 ^a	0,6 ^a
NORC3	6,3 ^a	0,5 ^a	2,9 ^a	0,5 ^a
NORP2	5,5 ^a	0,4 ^a	2,3 ^a	0,4 ^a
Plataforma	4,1 ^a	0,3 ^a	4,6 ^a	0,4 ^a
NORO1	0,5 ^a	0,1 ^a	-	0,1 ^a

Valores obtenidos para el parámetro

En las Figura 11 a Figura 15 se muestran las concentraciones obtenidas de los seis parámetros evaluados, incluyendo sus valores medios, 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. 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: 2011-2015, (incluido este año) y 2016-2021. En los casos en los que el resultado del test fue significativo (a un nivel de probabilidad inferior a 0,05), se realizó el test de rangos de Wilcoxon con corrección por continuidad, que permite realizar comparaciones de los grupos dos a dos. El resultado de este test para la comparación entre 2011-2015 y 2016-2021 se muestra en las Figura 11 a Figura 15. Los test fueron realizados con R-Studio y las gráficas generadas con el paquete ggplot de R.

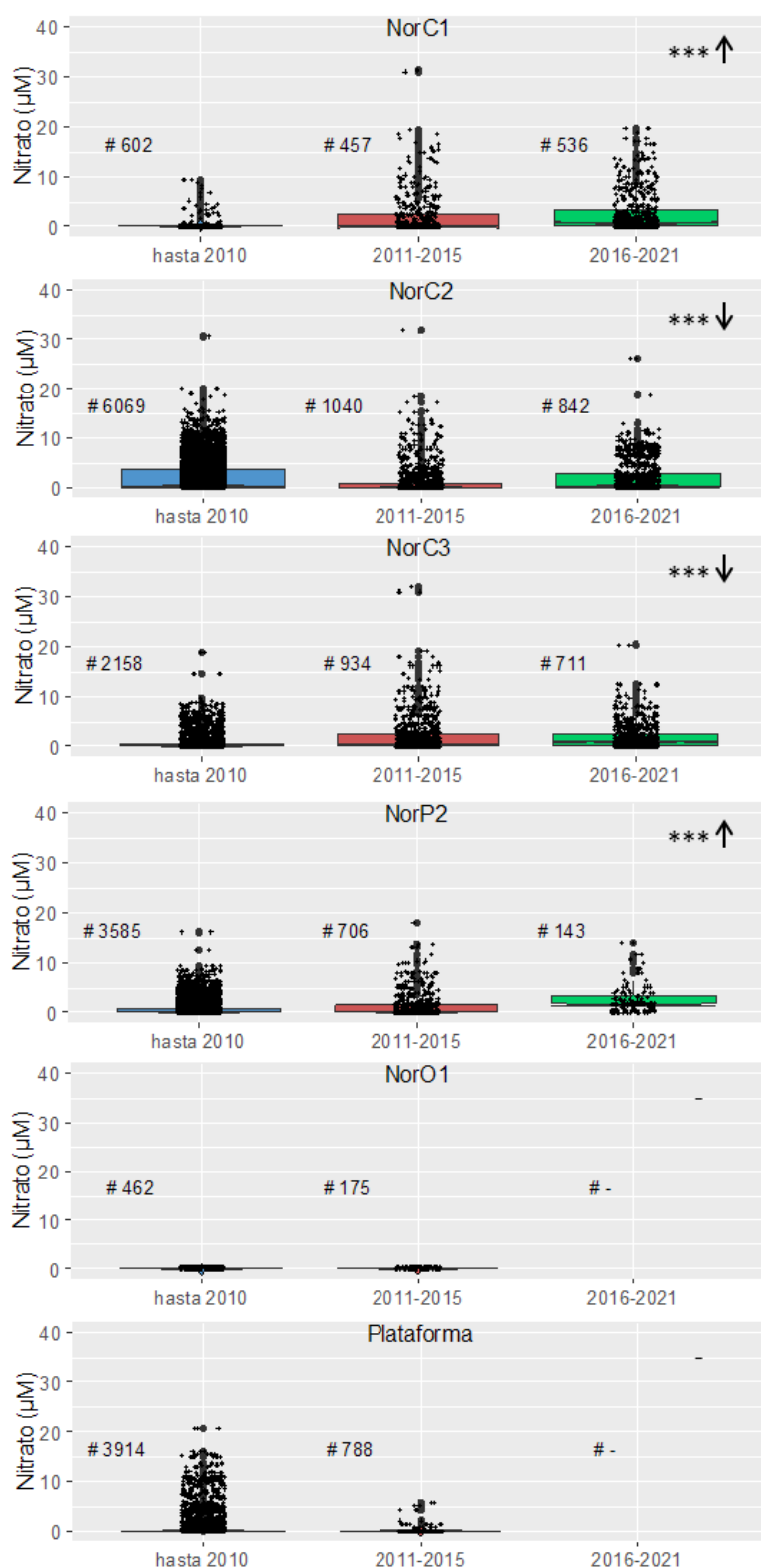


Figura 11. Distribución de concentraciones de nitrato para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias)

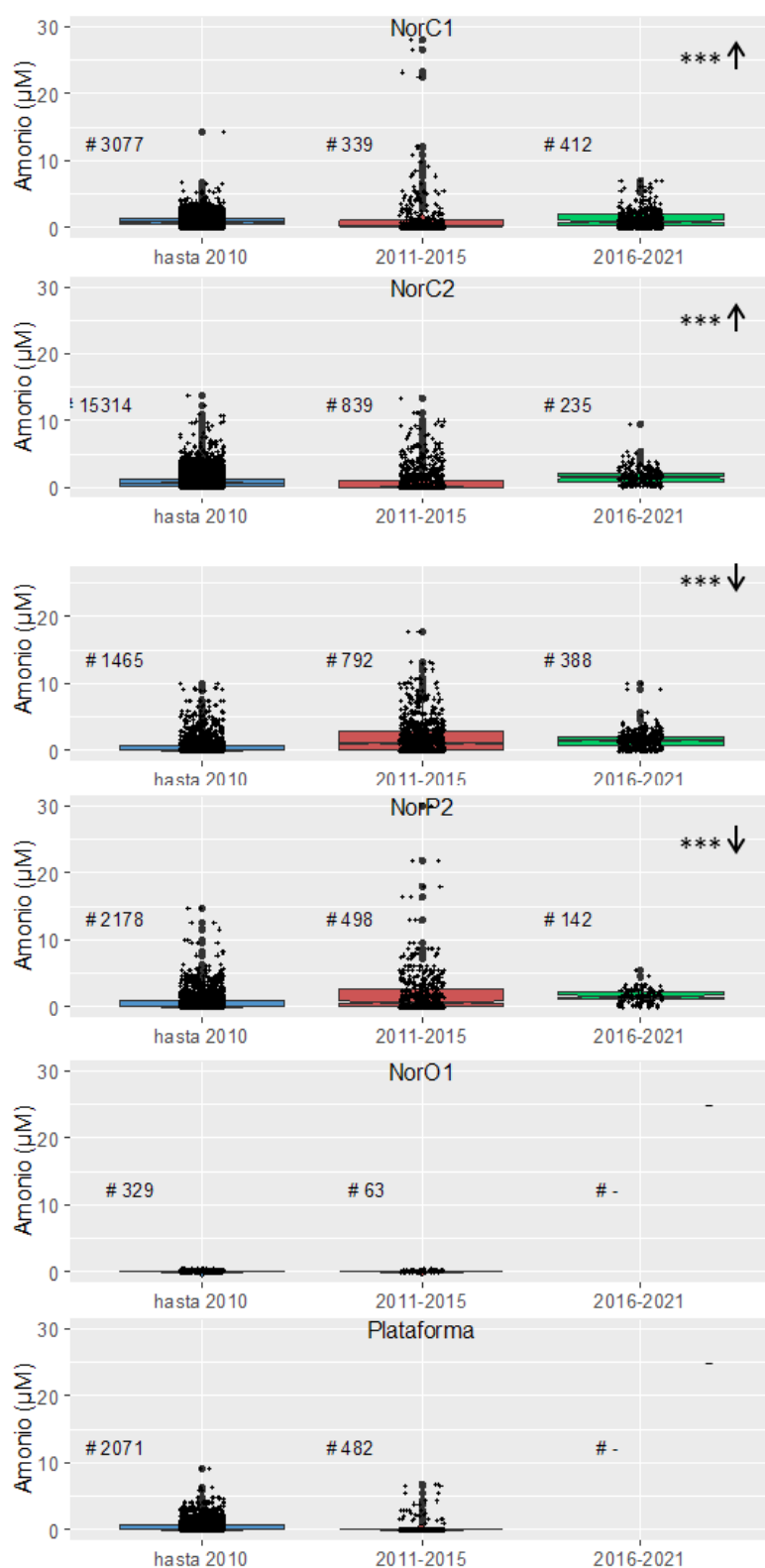


Figura 12. Distribución de concentraciones de amonio para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias)

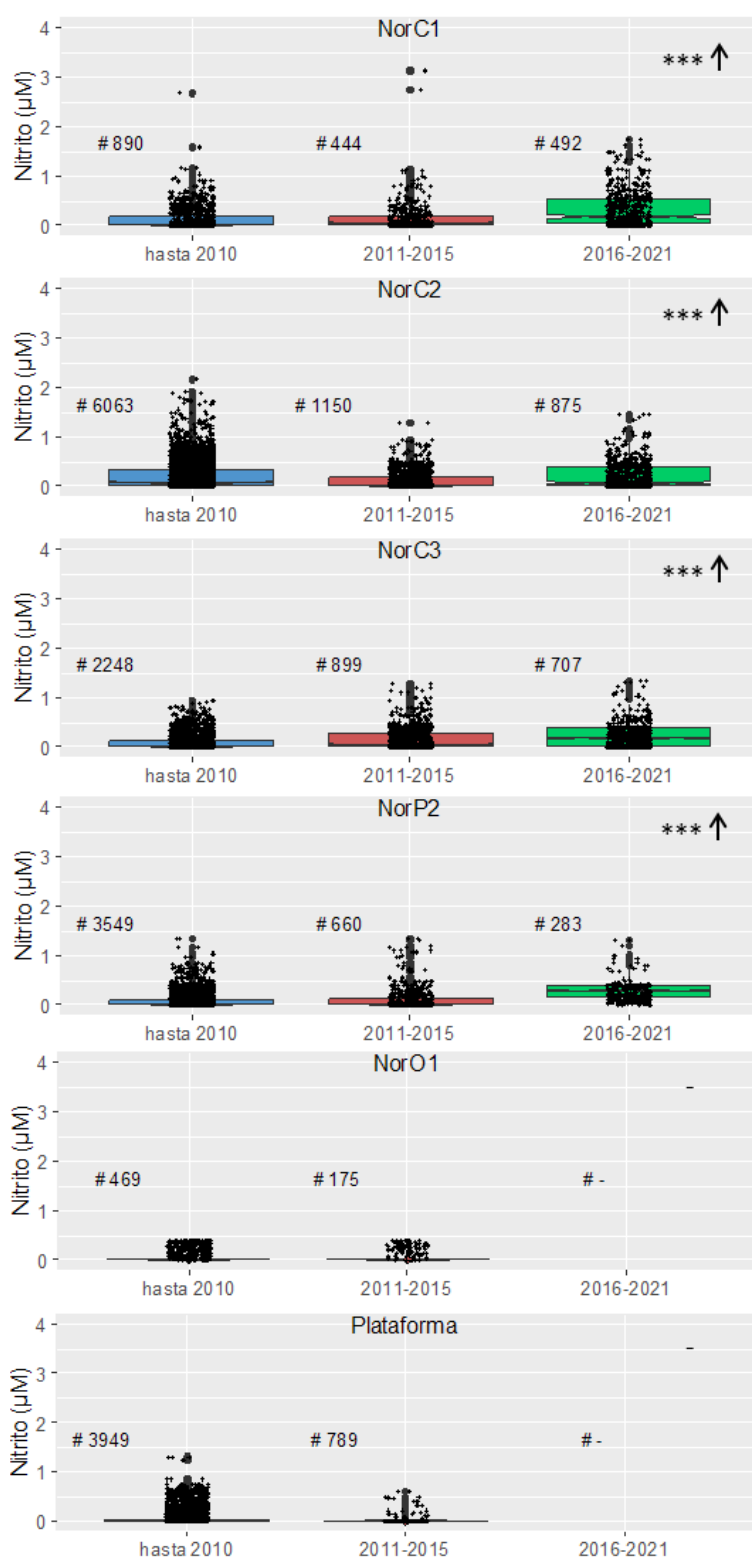


Figura 13. Distribución de concentraciones de nitrito para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el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

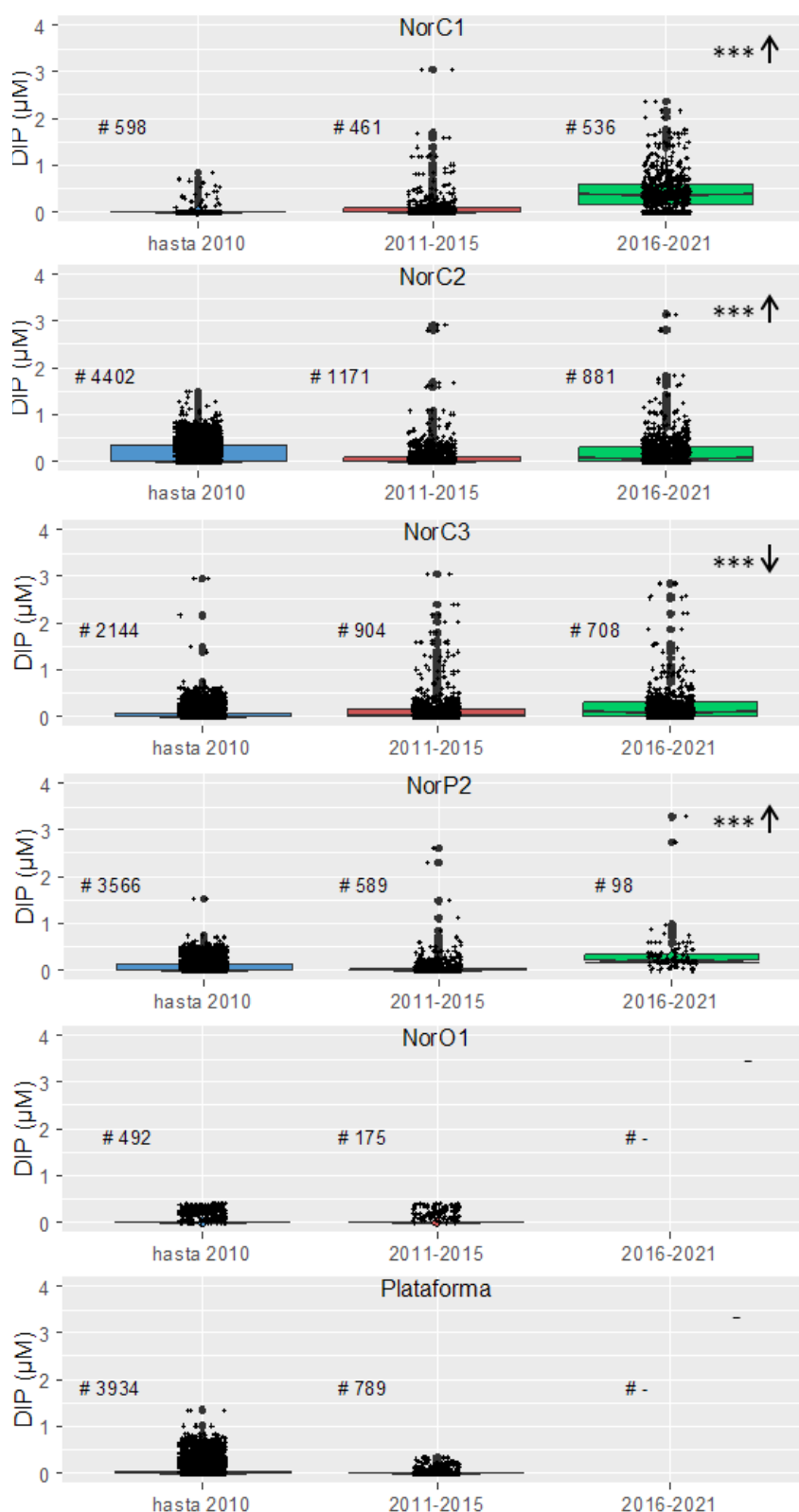


Figura 14. Distribución de concentraciones de DIP para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias)

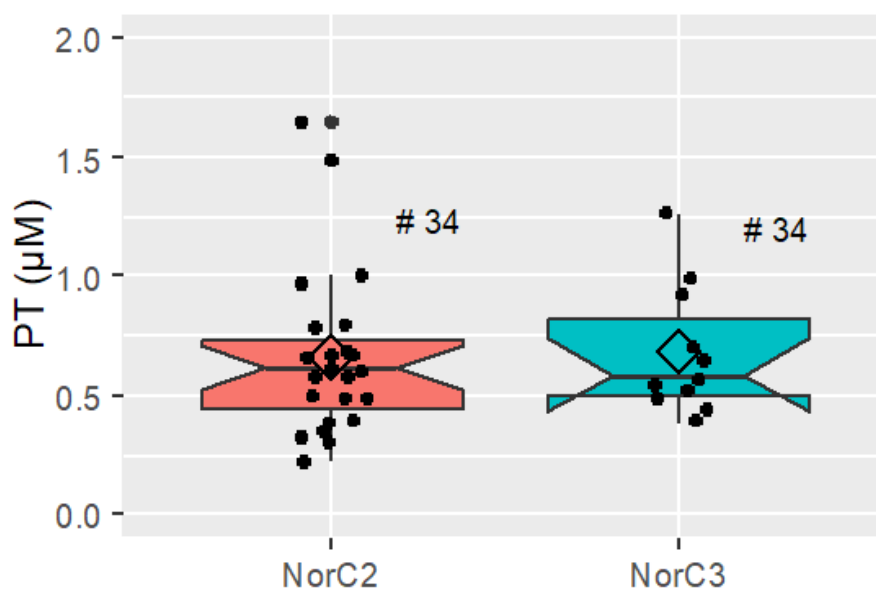


Figura 15. Distribución de concentraciones de PT para cada MRU obtenidas en el último periodo de evaluación (2016–2021). Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo.

Evaluación a nivel regional/subregional

Las concentraciones de DIN y DIP en algunas de las MRUs de la DMNOR fueron evaluadas en el QSR2023 (en particular, las áreas NORC1, NORC2, NORC3 y NORP2). De acuerdo con esta evaluación, todas las MRUs presentaron EQRs para los nutrientes analizados entre 0,8 y 1,0, lo que indicó que no se encuentran afectadas por exceso de nutrientes. El resultado de la tercera evaluación inicial es por tanto coincidente con el del QSR2023, aunque hay que señalar que el periodo de evaluación que fue considerado en el QSR2023 (2015-2019) no es totalmente coincidente con el de la tercera evaluación inicial.



4.3. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C2

Consecución del BEA

Tabla 14. Resultado de la evaluación del criterio D5C2 en la DMNOR.

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	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

Todas la MRUs de la demarcación

Parámetros utilizados

Concentración de clorofila a procedente de muestras recogidas entre superficie y una profundidad máxima de 25 m.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Los resultados de la evaluación del criterio se resumen en la Tabla 15 y los de la evaluación de la clorofila in situ en la Figura 16. Como se muestra en las mismas, el criterio D5C2 estuvo en BEA en todas las MRUs de la DMNOR, donde además se encontraron tendencias decrecientes o estables, excepto en Plataforma (donde la concentración en el periodo evaluado fue mayor respecto a la del periodo previo). No obstante, la confianza estadística de evaluación fue aceptable en NORC1, NORC2 y Plataforma y pobre en NORC3, NORP2 y NORO1. Esta reducida confianza estadística se debe principalmente a que los datos proceden de estaciones que no cubren adecuadamente toda la MRU.

Tabla 15. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C2.

Estado del criterio: ■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración. ↑Tendencia creciente; ↓Tendencia decreciente; ⇌ sin tendencia.

Criterio	Elemento	Estado					
	Parámetro	NORC1	NORC2	NORC3	NORP2	NORO1	Plataforma
D5C2	Clorofila in situ	↓	↓	↓	⇌	↓	↑



Tabla 16. 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.

	Clorofila		
	1EI	2EI	3EI
NORC1	■	■	■
NORC2	■	■	■
NORC3	■	■	■
NORP2	■	■	■
NORO1	■	■	■
Plataforma	■	■	■

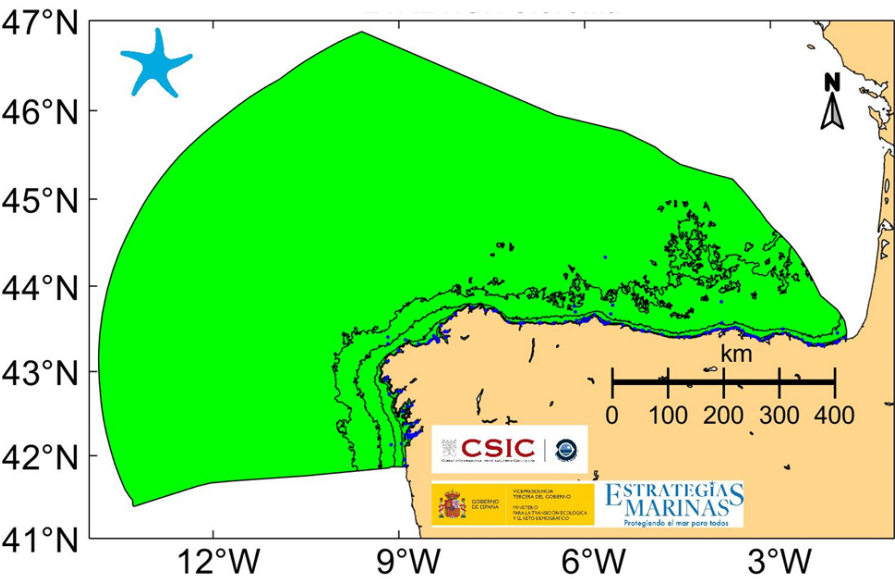


Figura 16. Resultados de la evaluación de la clorofila a in situ. En verde se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un QSR mayor de 1 considerado BEA

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

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

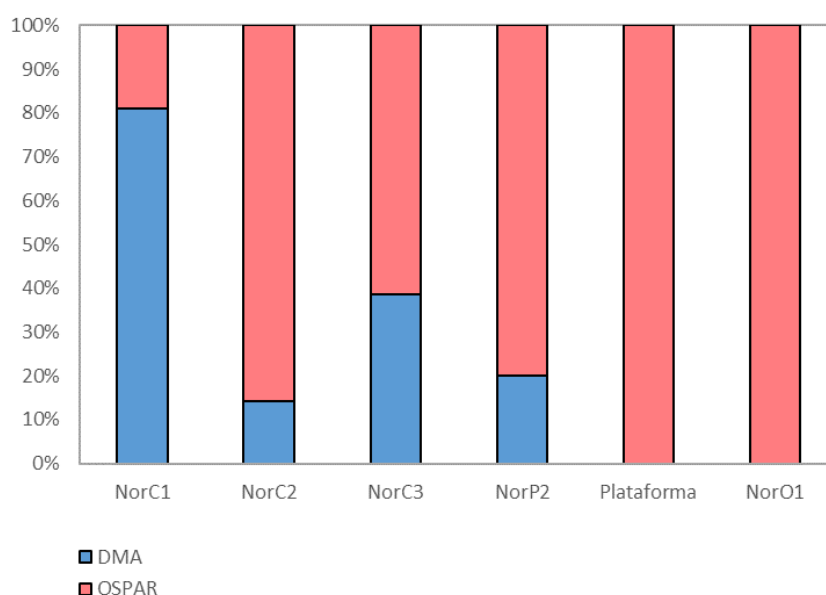


Figura 17. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de OSPAR (datos de Radiales-IEO) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 19.

1. Fuente de datos. En la Figura 17 se muestra el porcentaje de registros de clorofila que proceden de los programas de seguimiento de la DMA y los del programa Radiales del IEO. Las concentraciones de clorofila del programa Radiales proceden de campañas oceanográficas realizadas mensualmente en la DMNOR durante las cuales se recogieron muestras de agua a diferentes profundidades que fueron filtradas y preservadas a -30°C en el laboratorio hasta su análisis. La concentración de clorofila se determinó por espectrofotometría. Los datos de la DMA proceden en su mayoría de muestras recogidas en superficie y fueron analizadas conforme a las recomendaciones metodológicas recogidas en el Real Decreto 817/2015. Estos datos han nutrido especialmente la base de datos para la evaluación de NORC1 y NORC3. 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).

Las características de las bases de datos de clorofila se describen en la Figura 18, 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 las MRUs que incluyen aguas costeras, aunque es de destacar que la cantidad de registros disponibles en 2016-2021 comparada con 2010-2015 es menor para todas las MRUs posiblemente reflejando el hecho de que los muestreos se redujeron en 2019-2020.

2. Evaluación. La evaluación se realizó siguiendo el mismo procedimiento que el descrito para cada uno de los elementos y parámetros del indicador D5C1, salvo que el EQR estuvo basado en el percentil 90 en lugar de la media. Valores de EQR menores de 1 fueron considerados indicativos de exceso de concentración del elemento o parámetro.

3. Confianza estadística de la evaluación. La confianza estadística se determinó siguiendo el mismo procedimiento que el descrito para los elementos y parámetros del D5C1. En la Figura 18 se muestran los resultados del análisis que indican que la confianza fue aceptable en NORC1, NORC2 y Plataforma pero pobre en el resto de MRUs. En NORC3 y NORP2, la baja confianza estadística se debe no tanto a que el número de registros disponible sea reducido como al hecho de que la representatividad temporal de los mismos fue baja. En NORO1 tanto la representatividad espacial como la temporal fueron reducidas.

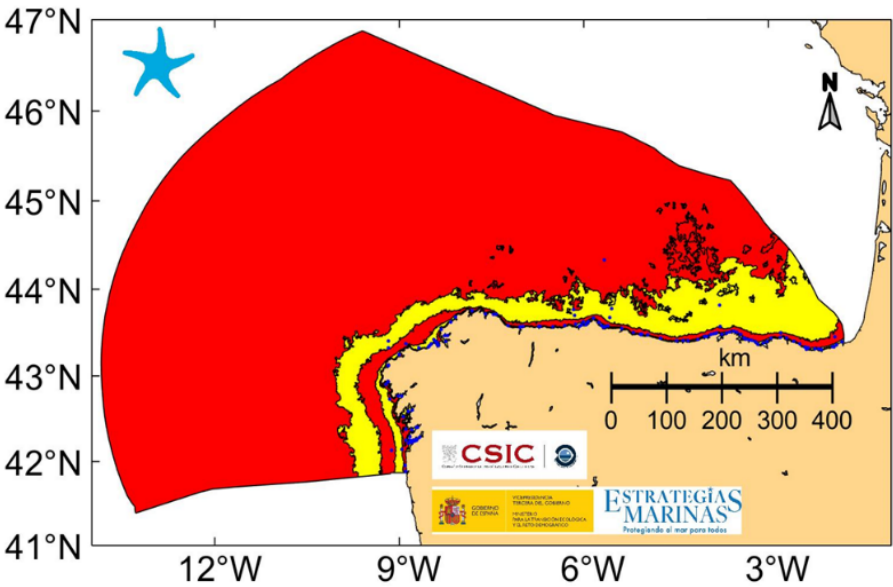
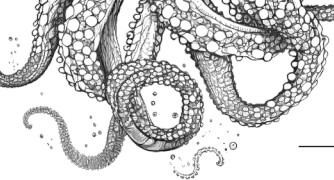


Figura 18. Confianza estadística de la evaluación de la clorofila. En rojo, las MRUs en las que la confianza estadística fue pobre principalmente debido a la baja representatividad espacial de los datos; en amarillo las MRUs en las que la representatividad espacial y temporal de los datos fue al menos aceptable.

Valores umbral

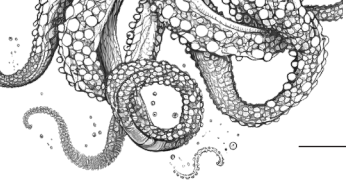
Los valores umbral del criterio D5C2 utilizado para las MRUs que solapan en un porcentaje significativo con aguas de la DMA (más del 10 %) están basados en el umbral de estado bueno/moderado de la DMA recogidos en el Real Decreto 817/2015 para la tipología de masa de agua con la que solapan en mayor proporción Tabla 2). Para Plataforma 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 de la primera evaluación inicial para un análisis detallado de la base de datos utilizada para el cálculo de estos VU). NORO1 no fue evaluada en las anteriores evaluaciones iniciales, por tanto, no se dispone de un VU previamente definido. Para esta tercera evaluación inicial se ha calculado un VU basado en el percentil 90 de la serie temporal de datos disponible hasta 2010.

Tabla 17. Valores umbral (VU) utilizados para los elementos del criterio D5C2. Los VU son los publicados en el Real Decreto 817/2015 (a) o bien los utilizados en la primera evaluación inicial (b), excepto para NORO1 que han sido calculados como se indica en el texto (c).

MRU	NORC1	NORC2	NORC3	NORP2	Plataforma	NORO1
Clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	12 ^a	12 ^a	12 ^a	6 ^a	4,5 ^b	1,5 ^c

Valores obtenidos para el parámetro

En la Figura 19 se muestran las concentraciones de clorofila obtenida para las MRUs de la demarcación. Se indican sus valores medios, mediana y dispersión.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Las tendencias se determinaron por comparación del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo previo (2011-2015), utilizando el procedimiento estadístico descrito para los elementos y parámetros del D5C1. En NORC1, NORC2 y NORC3 las tendencias fueron claramente decrecientes; de hecho, las concentraciones medias fueron incluso menores a las obtenidas hasta 2010. En NORP2 y NORO1 la clorofila tendió también a disminuir en el periodo de evaluación. En contraste, la concentración en 2016-2021 fue mayor en comparación con 2011-2015, aunque no difirió respecto a los datos obtenidos hasta 2010.

Evaluación a nivel regional/subregional

La concentración de clorofila fue evaluada en toda la demarcación en el QSR2023 de OSPAR, que cubrió el periodo 2015-2019. La evaluación estuvo basada en el percentil 90 de la clorofila y los umbrales utilizados son similares a los descritos en la sección previa. Sin embargo, la evaluación estuvo basada principalmente en concentraciones de clorofila de satélite, que pueden diferir respecto a los datos de concentración que provienen de análisis de muestras recogidas in situ. No obstante, todas las MRUs presentaron EQRs para la clorofila entre 0,8 y 1,0, lo que indicó que no se detectan efectos directos del enriquecimiento en nutrientes. El resultado de la tercera evaluación inicial es por tanto coincidente con el del QSR2023.

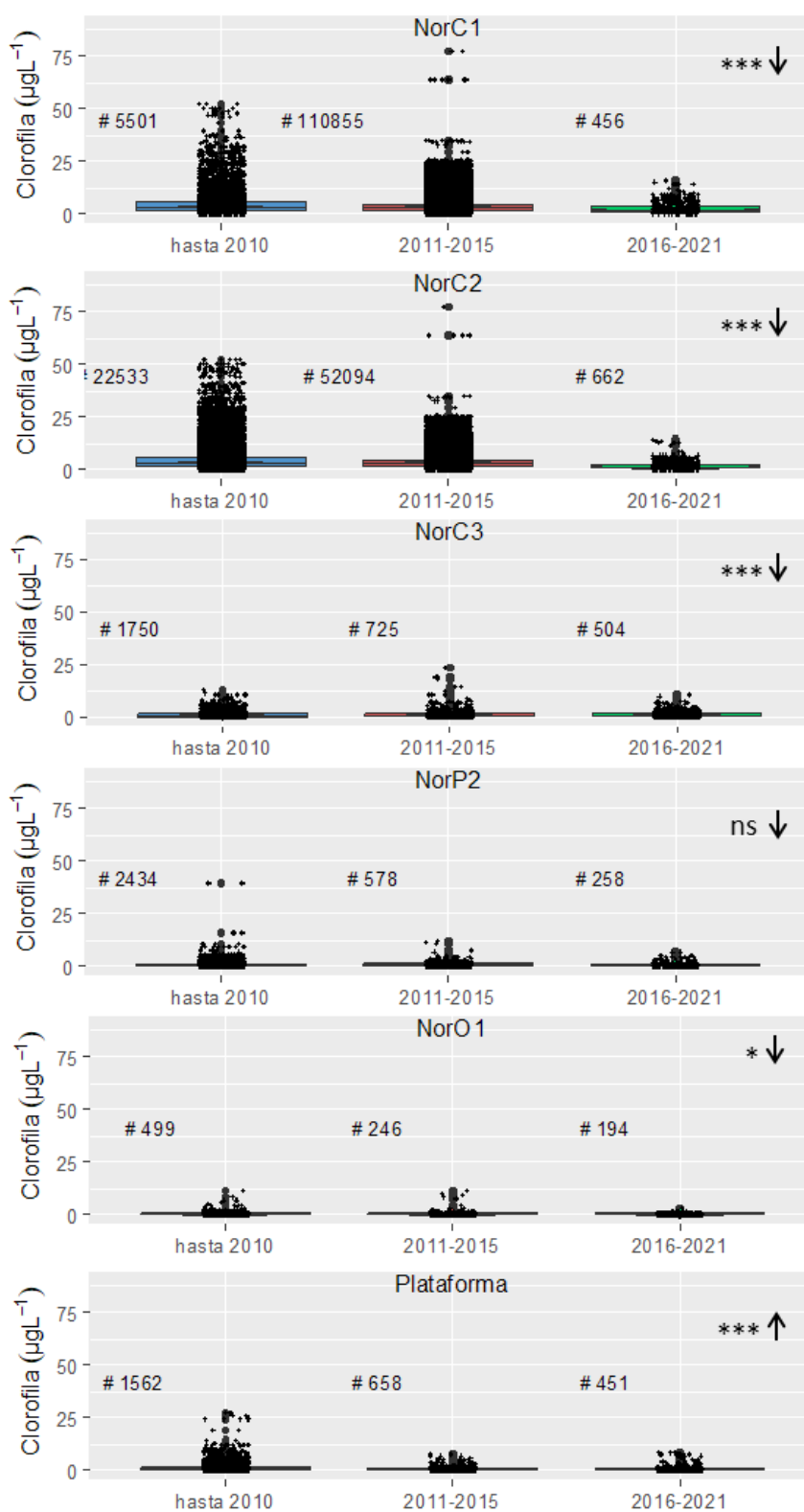


Figura 19. Distribución de concentraciones de clorofila para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).



4.4. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C4

Consecución del BEA

Tabla 18. Resultado de la evaluación del criterio D5C4 en la DMNOR.

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	99,48 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

Todas la MRUs de la demarcación excepto NORO1 y Plataforma.

Parámetros utilizados

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

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 19 se resumen los resultados de la evaluación de este criterio, que no ha podido ser evaluado en NORO1 y Plataforma por falta de datos. En las cuatro MRUs se evaluó el porcentaje de estaciones en las que el límite fótico pudo limitar el desarrollo de las comunidades de macrófitos. En NORC1 y NORP2 no se encontró evidencia de que el límite fótico limitara la profundidad a la que llega la luz en ninguna de las estaciones con fondo inferior a 50 m, por lo que se concluye que se encuentran en BEA para este criterio. En NORC3, las estaciones de las que proceden los datos presentan una profundidad mayor a 50 m, por tanto, se asume que la transparencia no es relevante en la determinación del crecimiento de las comunidades de macrófitos en estas MRUs. En contraste, en NORC2 hay un elevado porcentaje de registros en los que el límite fótico fue inferior a la profundidad de la estación, siendo ésta relativamente somera. Dado que todos los datos disponibles son del periodo 2016-2021, no es posible determinar la tendencia en el límite fótico.

Tabla 19. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C4

Estado del parámetro: ■ en BEA; Sin evidencia de limitación potencial del crecimiento de las comunidades de macrófitos por el LF; ■ no BEA, el límite fótico es inferior a la profundidad de la estación en estaciones someras; ■ Desconocido (evaluación no concluyente por falta de datos); ■ No evaluado.

Criterio	Elemento	Estado					
		NORC1	NORC2	NORC3	NORP2	NORO1	Plataforma
D5C4	Parámetro						
	Límite fótico (LF)	BEA	No BEA		BEA		



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 Radiales y del programa de seguimiento de la DMA. La profundidad del disco de Secchi (D_{SD}) no es en sí una medida del límite fótico (D_{EU}), aunque en general se considera que existe la siguiente relación lineal entre ambos parámetros (Goluvkob y Golubkob, 2024):

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

Una vez recopilados, cada registro fue asignado a una MRU en función de la localización de la estación en la que se originaron. En la Figura 20 se muestra el porcentaje de registros que proceden de los programas de seguimiento de la DMA y los del programa Radiales del IEO. En la [segunda evaluación inicial](#) no se evaluó este indicador, por lo que sólo se dispone de datos del periodo 2016-2021.

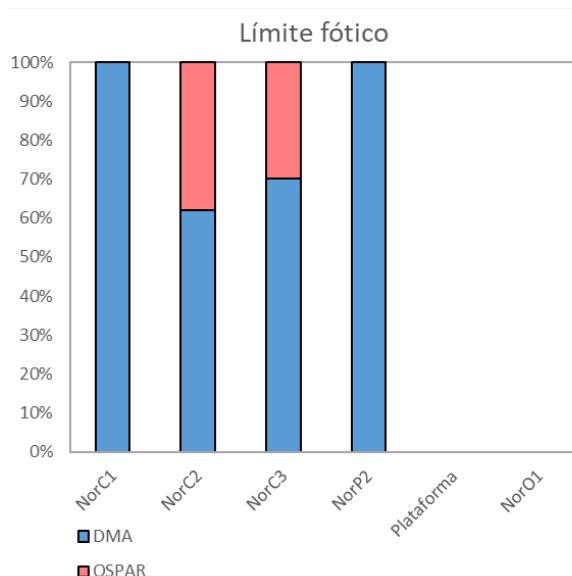


Figura 20. Porcentaje de registros de transparencia procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de OSPAR (Radiales-IEO) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 24.

2. Evaluación. El BEA respecto a este criterio se ha determinado tratando de evaluar el impacto negativo potencial de la reducción de la transparencia sobre las comunidades bentónicas que requieren luz para su crecimiento. Para esto, 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 22). 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 las estaciones, se considera que la transparencia no tiene relevancia en la determinación del crecimiento de las comunidades. Según la información publicada, 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. Esto es, en estaciones con profundidad mayor a 50 m la transparencia no afectaría a las comunidades bentónicas ni aún en el caso en que se redujera.

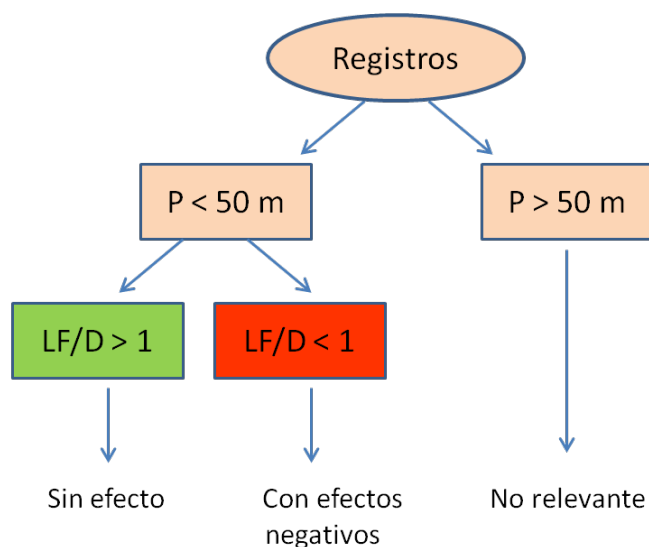
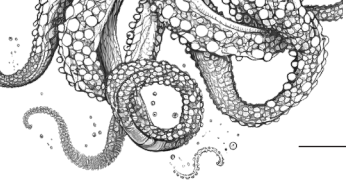


Figura 21. Esquema del procedimiento utilizado para determinar las estaciones donde la reducción de la transparencia podría limitar el crecimiento de las comunidades de macrófitos. *P* indica la profundidad de la estación y *LF* es el límite fótico.

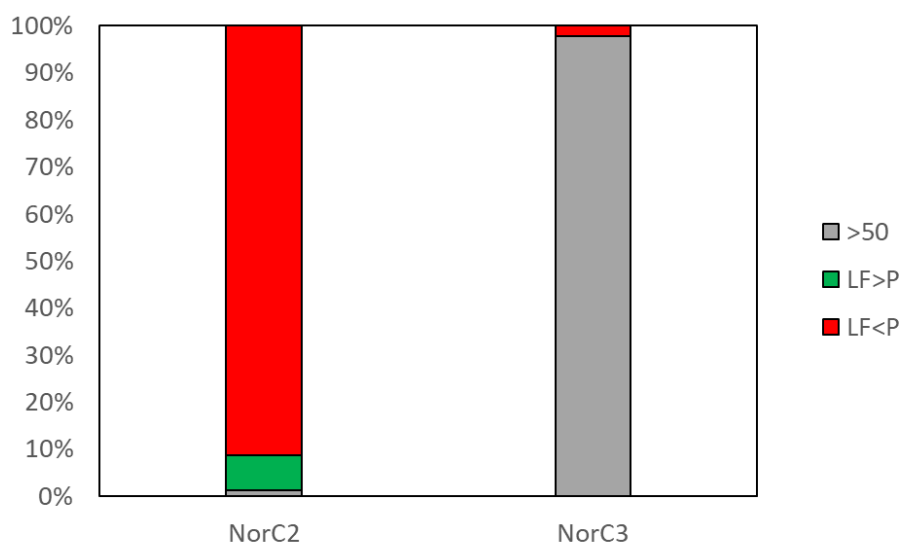


Figura 22. Resultado de la aplicación del esquema de evaluación del límite fótico (*LF*) ilustrado en la figura 21. En verde se muestra el porcentaje de registros en los que el *LF* excedió la profundidad de la estación. En rojo se muestra el porcentaje de registros en los que el *LF* fue menor que la profundidad de la estación limitando potencialmente el crecimiento de los macrófitos. En gris, el porcentaje de estaciones en las que, por su profundidad, la transparencia no es potencialmente relevante en el desarrollo de comunidades de macrófitos.

El resultado de la evaluación se presenta en la Figura 22 donde se muestra que sólo un 2 % de los registros obtenidos en NORC3 y ninguno de NORC1 ni Plataforma proceden de estaciones con una profundidad inferior a 50 m, por tanto, se considera que para esta MRU la transparencia no es un parámetro relevante en la limitación del crecimiento de las comunidades de macrófitos. En NORC2 todas las estaciones presentaron profundidad menor a 50 m y en la mayoría de ellas el límite fótico fue menor a la profundidad del fondo.



3. Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro. Dado que no se ha dispuesto de datos previos al periodo de evaluación, no se han analizado las tendencias de este criterio.

4. Confianza estadística de la evaluación. El procedimiento utilizado para analizar la confianza estadística de la evaluación de la transparencia es similar al descrito anteriormente para los elementos del criterio D5C1. De acuerdo con los resultados de éste (Figura 23), la confianza estadística fue buena en NORC1 y NORC2, pero pobre en las otras dos MRUs donde este criterio fue evaluado.

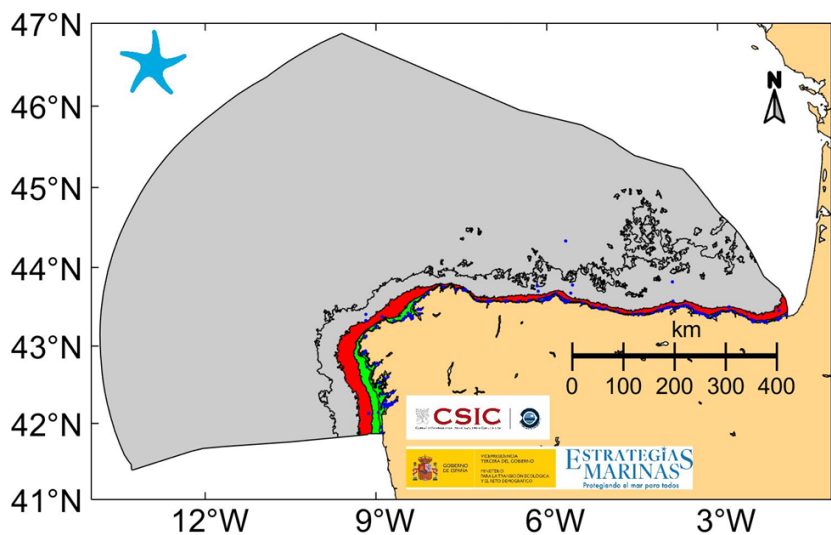


Figura 23. Confianza estadística de la evaluación de la transparencia (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo se indican MRUs para las que los datos tienen baja representatividad espacial y/o temporal; en verde las MRUs en que la representatividad temporal y la espacial es buena; en gris las MRUs donde el indicador no ha sido evaluado.

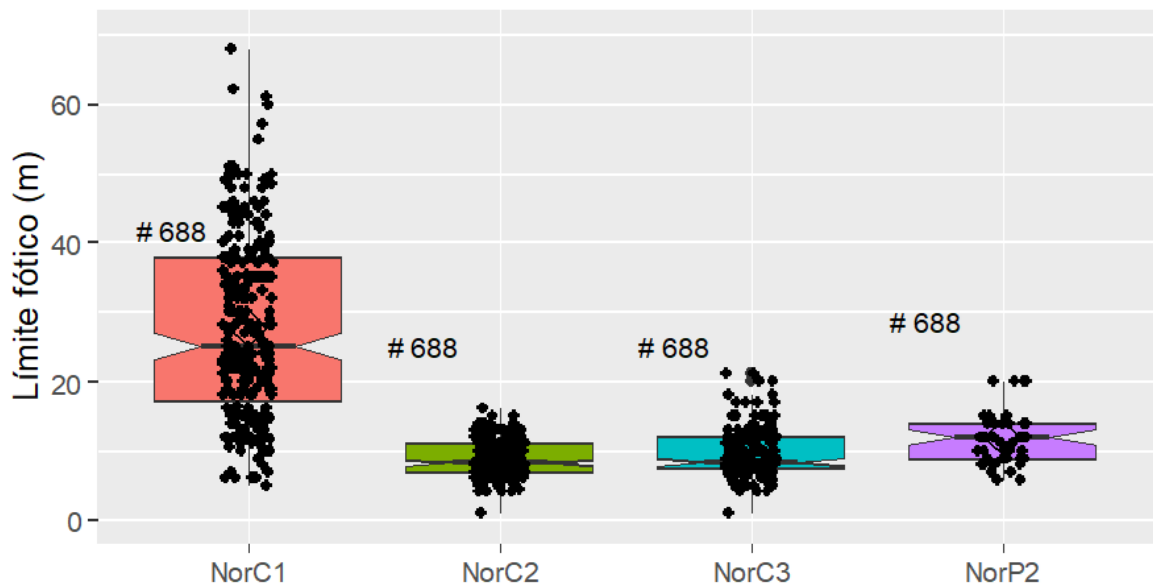
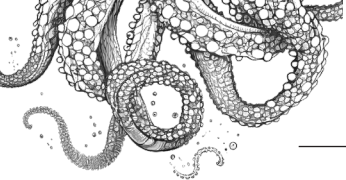


Figura 24. Distribución del límite fótico para cada MRU obtenidas en el último periodo de evaluación (2016-2021). Se indica la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones muestran el total de registros de cada periodo.



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.

Valores obtenidos para el parámetro

En la Figura 24 se muestra la distribución de los valores de límite fótico obtenidos para el periodo de evaluación.

Evaluación a nivel regional/subregional

La transparencia no fue evaluada en el *Quality Status Report 2023*, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del D5C4.



4.5. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C5

Consecución del BEA

Tabla 20. Resultado de la evaluación del criterio D5C5 en la DMNOR.

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	100 %
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 oxígeno en la columna de agua.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Las concentraciones de oxígeno en todas las MRUs para las que hubo datos se encontraron en promedio por encima del valor umbral, por tanto, se concluye que este criterio se encuentra en BEA en toda la DMNOR (Tabla 21 y Figura 28). Es importante destacar también que las concentraciones de oxígeno fueron en promedio mayores en 2016-2021 que en 2011-2015 en todas las MRUs excepto en Plataforma, lo que indica una mejor oxigenación de estas aguas en el periodo de evaluación.

Tabla 21. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C5

Estado del parámetro: ■ Sin evidencia de déficit de oxígeno (en BEA). ■ Desconocido (evaluación no concluyente por falta de datos); ■ No evaluado. ↑, Concentración de oxígeno mayor en el periodo 2016-2021 comparado con 2011-2015.

Criterio	Elemento	Estado					
		NORC1	NORC2	NORC3	NORP2	NORO1	Plataforma
D5C4	Concentración de oxígeno	↑	↑	↑	↑	■	■
		BEA	BEA	BEA	BEA	■	■

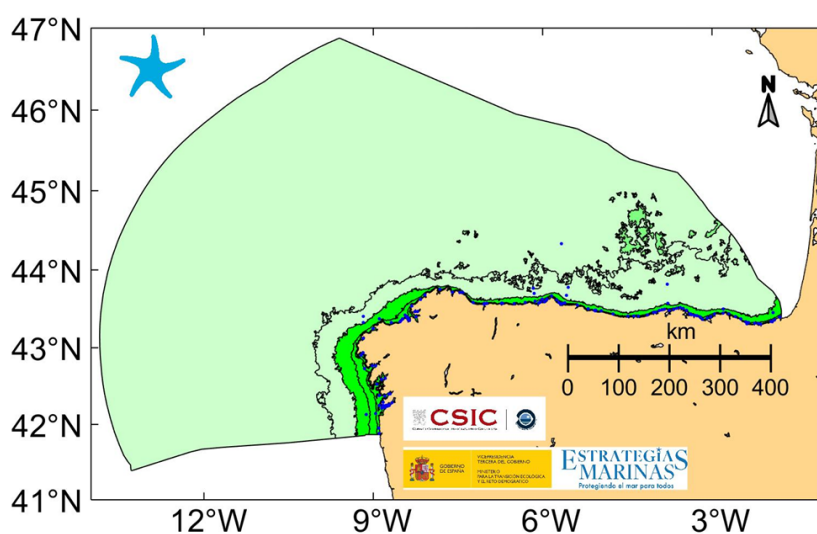


Figura 25. Resultados de la evaluación de la concentración de oxígeno. En verde se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un QSR mayor de 1 considerado BEA (en tonos más claros las áreas que no han sido evaluadas por falta de datos).

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 Radiales del IEO y del programa de seguimiento de la DMA (en la Figura 26 se muestra el porcentaje de valores procedentes de uno y otro programa). Los datos del programa Radiales fueron obtenidos mediante una multisonda CTD.

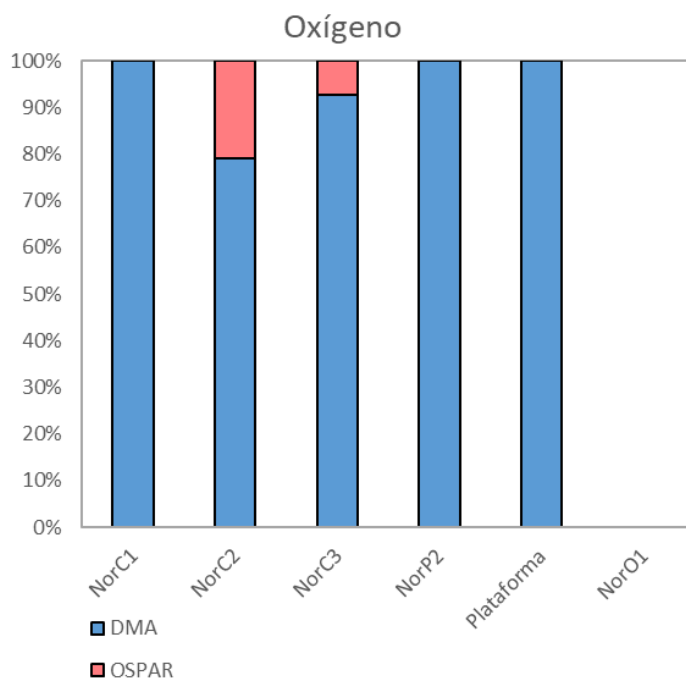


Figura 26. Porcentaje de registros de oxígeno procedentes del programa de seguimiento de la DMA y del programa de seguimiento del Convenio de OSPAR (datos de Radiales del IEO) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 28.



2. Evaluación. Los datos fueron agregados para obtener una serie temporal en cada MRU (las características de éstas se ilustran en la Figura 26). Se determinó el percentil 10 de la serie temporal de datos del periodo 2016-2021 en cada MRU. El EQR se calculó dividiendo el percentil 10 por el VU. Valores de EQR mayores de 1 fueron considerados indicativos de BEA. Aplicando este método se obtuvo que todas las MRUs se encuentran en BEA para el criterio D5C5 (Figura 27).

3. Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro. Las tendencias en la concentración de oxígeno se determinaron comparando la distribución de los registros obtenida en 2016-2021 con la obtenida en el periodo 2010-2015. Para realizar estas comparaciones se optó por aplicar el test de Kruskal-Wallis que es un estadístico no paramétrico dado que los datos no se ajustaron a una distribución normal.

4. 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 éste (Figura 27), la confianza estadística fue alta en NORC1 y NORC2 y aceptable en NORC3 y NORP2. Sin embargo, fue pobre en Plataforma y NORO1 debido a que los datos no cubrieron adecuadamente toda la superficie de las MRUs.

Valores umbrales

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. Tomando como referencia esta concentración, se ha estimado que las concentraciones de oxígeno son adecuadas cuando más del 90 % de los registros obtenidos en todo el periodo evaluado exceden este valor umbral.

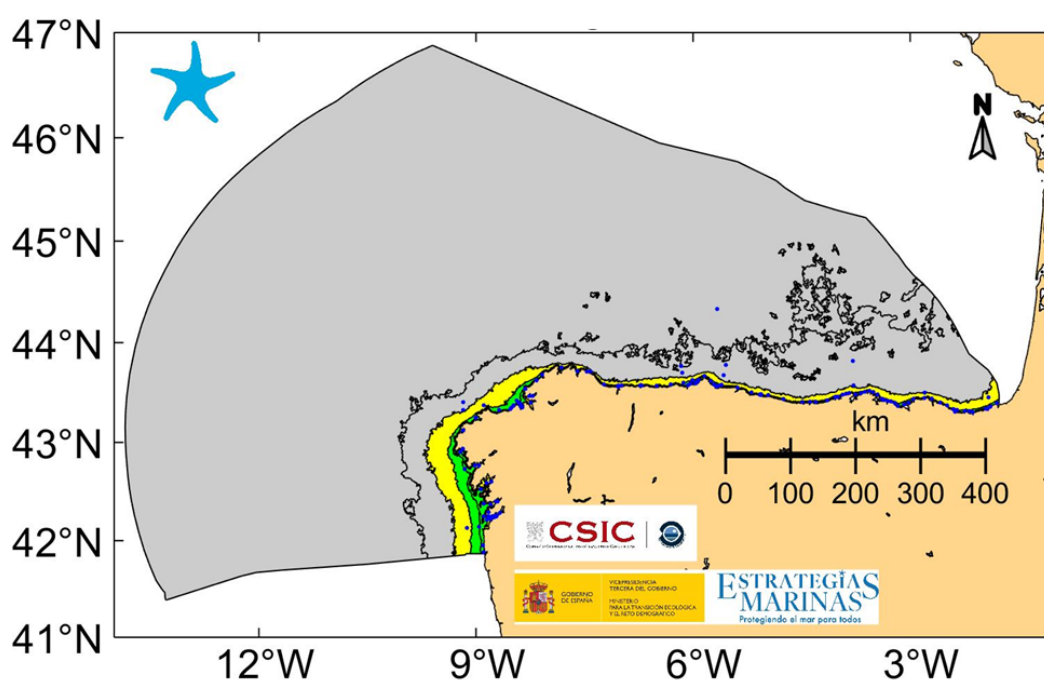


Figura 27. Representatividad de los datos recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo se indican MRUs para las que los datos tienen baja representatividad espacial y/o temporal; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal o la espacial es aceptable; en verde las MRUs para las que la representatividad es alta.



Valores obtenidos para el parámetro

Los datos obtenidos para las MRUs se muestran en la Figura 28.

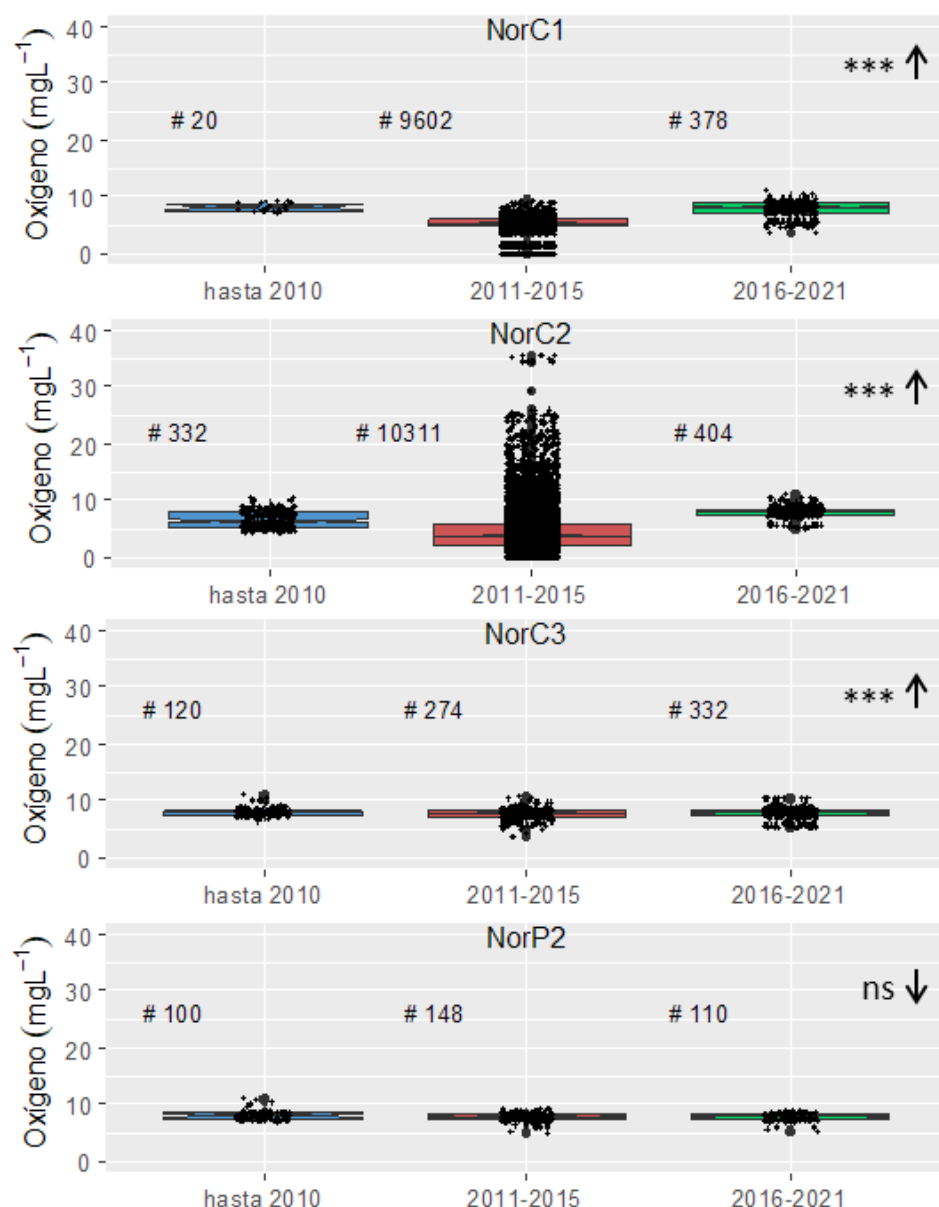
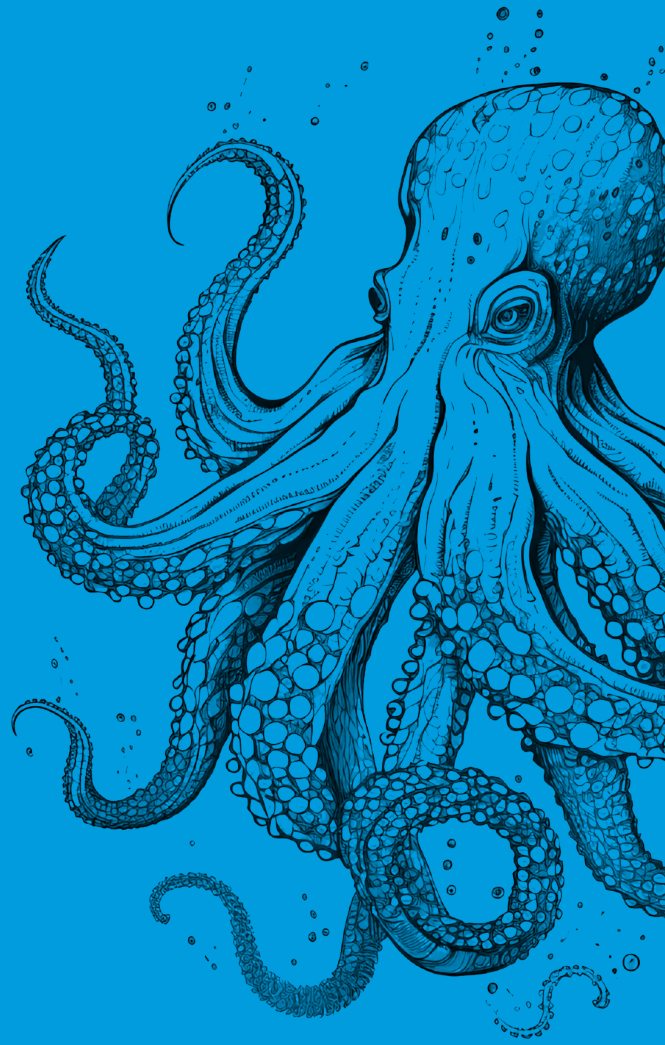


Figura 28. Distribución de las concentraciones de oxígeno para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se indica la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. No hay datos disponibles para el periodo 2011-2015. [ns: diferencias no significativas entre 2016-2021 y el periodo anterior del que se dispone de datos; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

Evaluación a nivel regional/subregional

La concentración de oxígeno no fue evaluada en el Quality Status Report 2023 para la DMNOR, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C5.



REFERENCIAS



5. 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, A., 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.

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.

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

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos