

EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM CANARIA



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 2025.

NIPO: 665-25-050-2

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

MITECO: www.miteco.es



Autores del documento

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Jesús M. Mercado Carmona
- 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 de buen estado ambiental (BEA).....	11
2.1. Definición de BEA a nivel de criterio.....	11
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.....	28
5.3. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C4.....	34
6. Referencias	38



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 incluyen los siguientes tres criterios primarios (esto es, aquellos cuya evaluación es obligatoria): D5C1 (nutrientes), D5C2 (clorofila) y D5C5 (oxígeno en el fondo); en zonas donde se detecten problemas de eutrofización, se aconseja la evaluación de criterios secundarios complementarios que son el D5C3 (número de eventos de floraciones), D5C4 (límite fótico), D5C6 (abundancia de macroalgas), D5C7 (macrófitos) y D5C8 (macrofauna).

En el entorno del archipiélago canario confluyen masas de agua con origen diverso que se caracterizan por presentar propiedades termohalinas y concentraciones de nutrientes contrastantes. La propia posición del archipiélago canario situado en la zona de transición entre las aguas eutróficas del afloramiento de la costa africana y las aguas oligotróficas del océano abierto, modifica el flujo hacia el suroeste de la corriente de Canarias y los vientos alisios, lo que configura estructuras de mesoescala en forma de remolinos y estelas cálidas en que la composición del agua de superficie cambia ligeramente por la mezcla de las masas de agua (ver referencias en el documento Marco General). No obstante, en general, la columna de agua superficial suele presentar una gran homogeneidad vertical debido al intenso proceso de mezcla a causa del intercambio de calor entre la superficie del océano y la atmósfera. Por tanto, el forzamiento atmosférico e hidrológico determinan la presencia de áreas oceánicas con diferente productividad en la demarcación marina canaria (DMCAN) que se caracterizan no sólo por una mayor o menor concentración de clorofila anual, sino también por diferencias en la intensidad y en la distribución anual de los máximos de producción. La configuración de la zona costera hace también que los gradientes de costa a mar abierto sean menos pronunciados que en el resto de demarcaciones marinas españolas. A esto contribuye el hecho de que la DMCAN no presenta ríos que aportan agua y nutrientes de manera significativa. Por otro lado, los aportes de nutrientes a las aguas costeras desde fuentes puntuales son difíciles de cuantificar ya que en el [Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes](#) sólo consta información de 10 instalaciones (según datos de 2022) aunque se presume que el número de fuentes puntuales de vertidos, al menos de aguas residuales, es mucho mayor.

Unidades marinas de evaluación (MRUs) de la eutrofización

Atendiendo a la hidrografía en torno a las islas Canarias que determina la presencia de estructuras de mesoescala más o menos permanentes, 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 clorofila *a* de cada píxel, obteniéndose finalmente tres grupos de píxeles (áreas) homogéneos entre sí y diferenciados en su ciclo estacional promedio. 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; Figura 1) lo más coherentes posible con esta variabilidad natural. Estas zonas de productividad contrastante fueron utilizadas como criterio de agregación espacial de los datos y para el establecimiento de valores umbral (VU). Así mismo, sirvieron de guía para el diseño de los programas de seguimiento. Esta zonación es consecuencia de la variación horizontal en la productividad según la proximidad al continente, principalmente a causa del afloramiento costero en la costa africana, a los filamentos que se desprenden de él debido a la circulación superficial inducida por el viento y a la variabilidad asociada a un pequeño giro ciclónico



que se produce al suroeste de Gran Canaria. La DMCAN puede considerarse dividida en tres sectores en cuanto a su productividad (MRUs). La zona de influencia directa del afloramiento costero de la costa africana ocupa la parte más oriental de la demarcación, que incluye también las costas occidentales de las islas de Fuerteventura y Lanzarote (área 3). El resto de la demarcación está dividida en dos bandas de productividad. La más cercana al continente (en adelante área 2) incluye las islas de Gran Canaria, La Gomera y Tenerife. La más alejada (área 1) incluye las islas de La Palma y el Hierro.

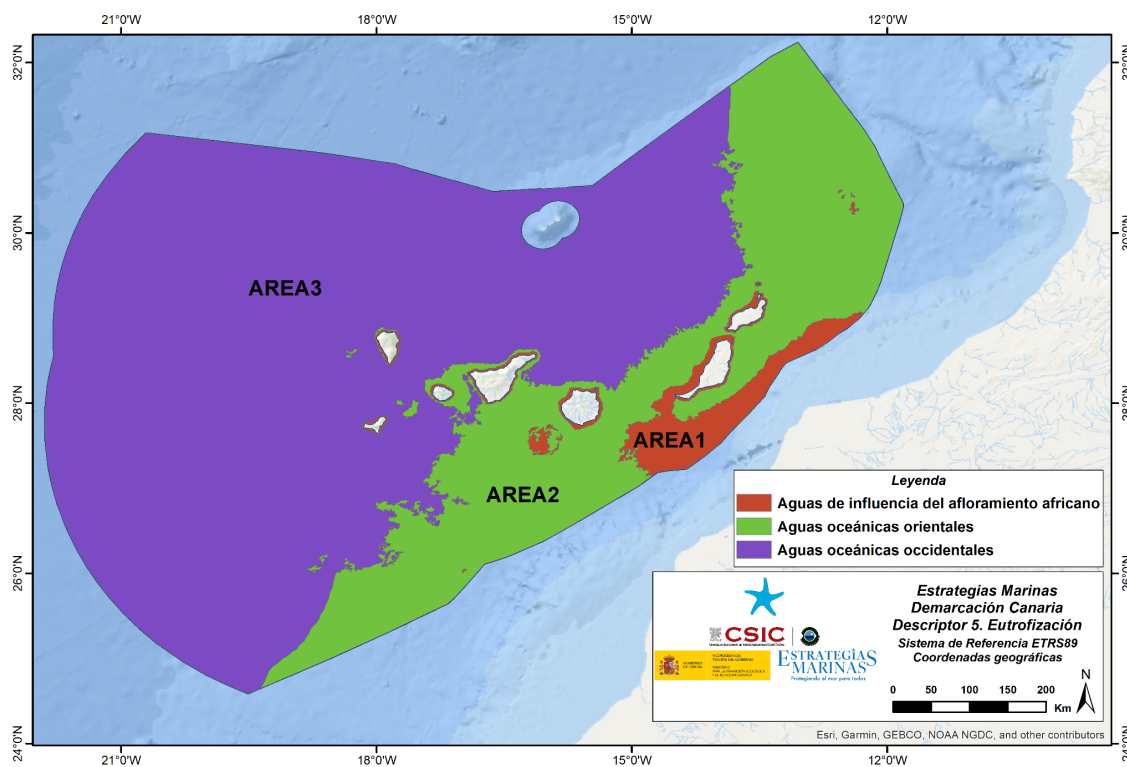


Figura 1. Unidades espaciales de evaluación (MRUs) utilizadas para la tercera evaluación inicial.

Independientemente de la división de la demarcación entre zonas de productividad contrastante, en la Decisión (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) se publicaron los criterios y normas metodológicas que han de guiar la evaluación de la eutrofización. 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 Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina, en adelante DMEM). Para el resto de la demarcación, propone utilizar criterios de agregación que se acuerden a nivel internacional, regional o subregional, aunque en caso de no haberlos, “los Estados miembros podrán utilizar los establecidos al nivel nacional, siempre y cuando la cooperación regional prosiga en la forma prevista en los artículos 5 y 6 de la Directiva 2008/56/CE”. La demarcación canaria no está incluida en el área de OSPAR, aunque se ha señalado reiteradamente la necesidad de expandir dicha área marítima hacia el sur de manera que integre toda la región macaronésica. Siguiendo esta tendencia, en la evaluación del descriptor 5 para esta demarcación se ha optado por seguir las recomendaciones, procedimientos analíticos y criterios de evaluación utilizados para el área IV del Convenio OSPAR.



A nivel nacional, las masas de agua costeras se agrupan según la cuenca hidrográfica de influencia. Su evaluación, en el marco 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 realiza en el contexto de los [planes hidrológicos de la demarcación hidrográfica \(DH\)](#) correspondiente. En DMCAN, las aguas costeras están comprendidas dentro de las DHs de [Gran Canaria](#), [Fuerteventura](#), [Lanzarote](#), [Tenerife](#), [La Palma](#), [La Gomera](#) y [el Hierro](#). La tipología de las aguas costeras de Canarias según consta en las respectivas memorias de los planes hidrológicos para el tercer ciclo de planificación hidrológica 2022/2027 (Real Decreto 817/2015), se especifican en la Tabla 1 (debe notarse que las clasificadas como *muy modificadas* no han sido consideradas en esta evaluación).

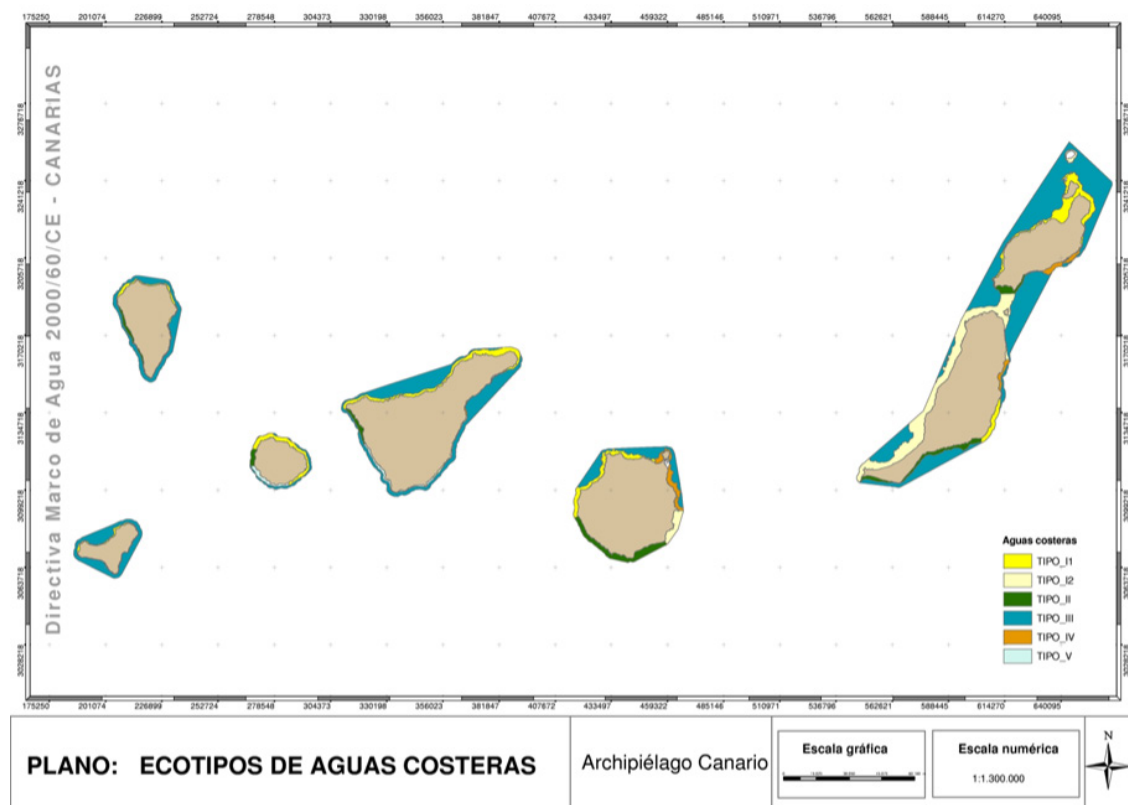


Figura 2. Tipos de masas de agua costera de la DMA según información recogida en los documentos de Planificación Hidrológica (tercer ciclo) de la DMCAN. Mapa elaborado por la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias y extraído del Plan Territorial Especial Hidrológico de Gran Canaria (Cabildo de Gran Canaria, 2015).



Tabla 1. Características de las masas de agua costera de las demarcaciones hidrográficas de las islas Canarias. La columna Tipología corresponde a los tipos recogidos en el Real Decreto 817/2015. La información ha sido extraída de los documentos de planificación hidrológica. MRUs es la unidad marina con la que solapan las masas de agua de cada tipología en una mayor proporción.

Tipología	Descripción	#masas agua	Superficie aguas costeras (%)	Superficie de la DMCAN (%)	MRU
T25	Tipo I Islas Canarias	12	22,16	3,91	Área 1 Área 3
T26	Tipo II Islas Canarias	7	5,51	0,91	Área 1 Área 2 Área 3
T27	Tipo III Islas Canarias	7	68,28	4,49	-
T28	Tipo IV Islas Canarias	6	2,47	0,43	Área 1 Área 2
T29	Tipo V Islas Canarias	2	1,58	0,26	Área 3

La comparación de la zonación basada en el análisis de la serie temporal de clorofila (Figura 1) con la distribución de masas de agua costera de la DMA (Figura 2) y su tipología (Tabla 1), evidencia que las masas de agua de la DMA solapan con más de un área de productividad, lo cual es por otro lado esperable dado que la tipología de las masas de agua de la DMA está basada únicamente en un criterio hidrológico y de morfología de la costa mientras que el establecimiento de las áreas de la DMEM se basa en el ciclo anual de productividad. Con el fin de que la evaluación de la DMCAN esté fundamentada principalmente en criterios relacionados con los mecanismos que determinan la distribución de la productividad, en la tercera evaluación inicial se ha optado por usar las áreas de productividad contrastante como MRUs, siguiendo por otro lado lo realizado con el resto de las demarcaciones marinas españolas. 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 MRU determinada. El resultado de la distribución de las masas de agua entre las MRUs se muestra en la Tabla 1. En la Tabla 2 se indica el porcentaje de superficie de las tres MRUs que solapan con las masas de agua de la DMA.

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 km² (entre paréntesis el porcentaje de superficie que representa en relación con el total de la DMCAN) y el porcentaje de éstas que es ocupado por masas de agua de la DMA.

MRUs	Denominación	km ²	DMA (%)
Área 1	Aguas oceánicas occidentales	1.216 (32 %)	3,87
Área 2	Aguas oceánicas orientales	1.049 (27 %)	3,33
Área 3	Aguas de influencia del afloramiento africano	1.570 (41 %)	1,10



DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL



2. Definición de buen estado ambiental (BEA)

2.1. Definición de BEA a nivel de criterio

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

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

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 para el 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. En esta tercera evaluación inicial, optamos por seguir también estas reglas de integración de elementos del indicador y de los propios indicadores del procedimiento común de evaluación de la eutrofización de OSPAR, 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 no BEA, respectivamente. En la tercera evaluación inicial proponemos usar los elementos evaluados cuantitativamente (esto es, aquellos para los cuales se cuenta con un valor umbral) dentro de cada categoría de criterios para determinar su estado, mientras que el resto de elementos o parámetros serán utilizados como información complementaria.

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

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

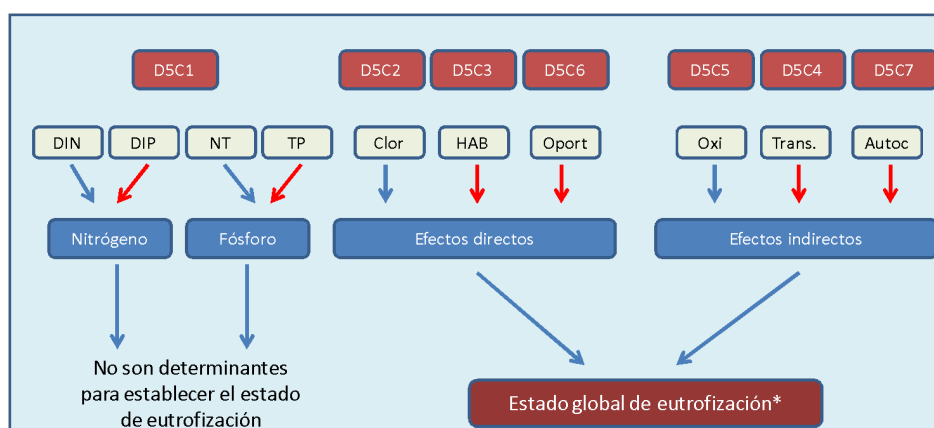


Figura 3. Esquema que ilustra la relación entre los criterios de la Decisión 2017/848/CE y su agrupación según las categorías de indicadores del COMP4.



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

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 DMCAN 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 DMCAN lo esté se ha establecido en el 95 % atendiendo a que las aguas costeras de la DMA representan aproximadamente un 10 % de la superficie de la demarcación (Tabla 1). De esta manera, un umbral del 95 % asegura que la DMCAN no será considerada en BEA si más de la mitad de la superficie de estas aguas no lo está.

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

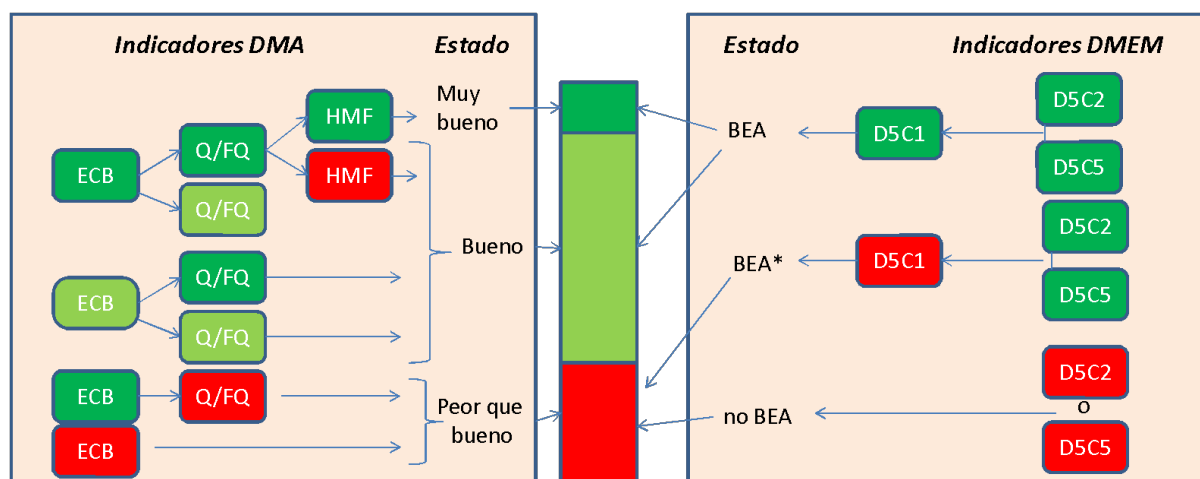


Figura 5. Esquema para la evaluación del estado ecológico de las aguas costeras basado en el Real Decreto 817/2015 (indicadores DMA) comparado con el esquema de integración de los indicadores para la evaluación del estado de eutrofización de cada MRU (indicadores DMEM). ECB: indicadores de calidad biológica;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

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



CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS POR EL DESCRIPTOR



3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor

Desde la publicación de la DMEM 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 especies planctónicas (efectos directos) y que en fases avanzadas puede producir una disminución de la concentración de oxígeno y de la transparencia, así como a 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 detectan problemas de eutrofización, se aconsejó la evaluación de criterios secundarios complementarios (que se listan en la Tabla 4). Este esquema de criterios no ha sido modificado con posterioridad, aunque sí se han publicado algunas recomendaciones por diferentes grupos de trabajo para guiar su evaluación y garantizar la coherencia en su aplicación entre los diferentes Estados miembros y con los convenios regionales. La Decisión 2017/848/UE definió también los elementos y parámetros que componen cada criterio, que en el caso del D5C1 incluye diferentes formas de nitrógeno y fósforo (nitrógeno inorgánico disuelto, nitrógeno total, fósforo inorgánico disuelto y fósforo total; DIN, TN, DIP y TP, respectivamente).

Siguiendo lo establecido en la Decisión 2017/848/UE, para las tres MRUs de la DMCAN se ha abordado la evaluación de los criterios primarios y dentro de estos, los elementos y parámetros de la Decisión 2017/848/UE (Tabla 4). Sin embargo, la falta de datos de concentración de nutrientes y de oxígeno para el periodo de evaluación (2016-2021) en amplias zonas de las tres MRUs ha impedido llevar a cabo la evaluación de los criterios D5C1 y D5C5. Alternativamente, en la evaluación global de la DMCAN se ha tenido en cuenta la evaluación de los indicadores de calidad físico-químicos de las masas de agua costera naturales recogidas en los documentos del [tercer ciclo de planificación hidrológica de la DMA](#) ya que, entre dichos indicadores se incluye la concentración de nitrato, nitrato, amonio, fosfato y oxígeno. La evaluación de estos criterios se refiere por tanto sólo a las aguas costeras y no está basada en análisis específicamente realizados para esta evaluación inicial. Por otro lado, el criterio D5C2 se ha evaluado a partir de datos de clorofila de satélite, información que también ha permitido evaluar el criterio D5C3. 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 donde dos de los indicadores de calidad biológica que aparecen evaluados son las comunidades de macroalgas y de invertebrados bentónicos.



Tabla 4. Elementos de los criterios del D5 que han sido evaluados en esta tercera evaluación inicial (✓). Se indican también los elementos que no han sido evaluados, pero sí se cuenta con una evaluación publicada en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica en aplicación de la DMA (X*). Los elementos marcados con X no han sido considerados en la evaluación.

Criterio	Elemento	MRUs		
		Área 1	Área 2	Área 3
D5C1	DIP	X*	X*	X*
	DIN	X*	X*	X*
	TP	X	X*	X*
	TN	X	X	X
D5C2	Chla	✓	✓	✓
D5C3	HAB	X	X	X
D5C4	Límite fótico	✓	✓	✓
D5C5	Oxígeno	X*	X*	X*
D5C6	Macroalgas oportunistas	X*	X*	X
D5C7	Macrófitas	X*	X*	X
D5C8	Macrofauna bentónica	X*	X*	X

Independientemente de que hayan sido o no evaluados en esta tercera evaluación inicial, se indican a continuación algunas consideraciones que deberían guiar la evaluación de los criterios del D5 de acuerdo con lo recogido en la Decisión 2017/848/UE con el fin de orientar los programas de seguimiento del próximo ciclo de las estrategias marinas:

Criterio D5C1. La definición del buen estado ambiental (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 valores umbral, VU) frente a los que comparar las concentraciones obtenidas en el periodo de evaluación.

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

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 el medio marino estas floraciones son producidas principalmente por algunas especies de cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados y en general se considera que, si bien el exceso de nutrientes en la columna de agua es condición necesaria para que se produzcan, los mecanismos que los generan son poco conocidos. No obstante, dadas las características de la DMCAN no es posible establecer una definición cuantitativa del BEA para este criterio basada en un VU. Alternativamente, se propone evaluar este criterio a partir del análisis de la frecuencia de blooms de fitoplancton, asumiendo que una alta frecuencia de éstos aumenta el riesgo de que proliferen fitoplancton tóxico.

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 (un VU) para toda la demarcación, 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 DMCAN, 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 un VU. En la primera evaluación inicial, los umbrales utilizados fueron las concentraciones de referencia calculadas para cada MRU a partir de todos los datos que pudieron ser recopilados. Sin embargo, en esta tercera evaluación inicial se cuenta con umbrales definidos en el Real Decreto 817/2015 para los elementos y parámetros de los indicadores D5C1 y D5C2 en las aguas costeras de la DMCAN, puesto que los gradientes de costa a mar abierto en la DMCAN son poco pronunciados, estos umbrales definidos para las aguas costeras son válidos también para las aguas más alejadas de costa. Por esta razón, se propone utilizar como valores umbral de los criterios primarios en las tres MRUs los umbrales establecidos en aplicación de la DMA para la definición del límite entre el estado bueno/moderado.



EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA



4. Evaluación general a nivel de la demarcación marina

Consecución del BEA

Tabla 5. Resultados de la evaluación general en la DMCAN para el D5.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	95 %
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

En conjunto, los datos e información recopilados indican que toda la demarcación marina se encuentra en BEA respecto a la eutrofización (Tabla 4). Las concentraciones de nutrientes no han sido evaluadas en esta tercera evaluación inicial, como ocurrió también con la evaluación de la DMA publicada en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica de las cuencas hidrográficas de la demarcación, donde se indica que para la mayoría de las masas de agua costera no fue posible obtener valores de concentración de nutrientes dado que éstos fueron menores a los límites de detección. La evaluación del criterio D5C2 de este tercer ciclo se ha basado en el análisis de datos de concentración de clorofila satélite, que no excedió el VU. El criterio D5C5 no ha sido evaluado, pero la información aportada en la evaluación de la DMA indica que no hay masas de agua costera que presenten déficit de oxígeno. Tampoco se encuentran evidencias de que los indicadores secundarios presenten un estado peor que bueno ya que, por un lado, los valores del límite fótico no indican limitación de la transparencia por crecimiento excesivo de fitoplancton y por otro el estado de las comunidades bentónicas es bueno o mejor en todas las masas de agua costera según la DMA. No obstante, hay que señalar que esta evaluación de la DMA se basa en datos tomados en 2018 y que presenta baja confianza estadística dado que no se muestrearon todas las masas de agua superficial costera natural ni en todos los puntos de control definidos en el programa de control de vigilancia y, además, no se cumplió con las frecuencias de muestreo establecidas en el apartado A del anexo I del Real Decreto 817/2015.

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

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

Área evaluación	% de aguas nacionales	D5C1	D5C2	D5C3	D5C4	D5C5	D5C6	D5C7	D5C8	Estado
Área 1		■	■	■	■	■	■	■	■	BEA
Área 2		■	■	■	■	■	■	■	■	BEA
Área 3		■	■	■	■	■	■	■	■	BEA



Tabla 7. 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
Área 1									
Área 2									
Área 3									

Principales presiones relacionadas

Tabla 8. Principales actividades y presiones 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 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 \(PRTR\)](#). 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.

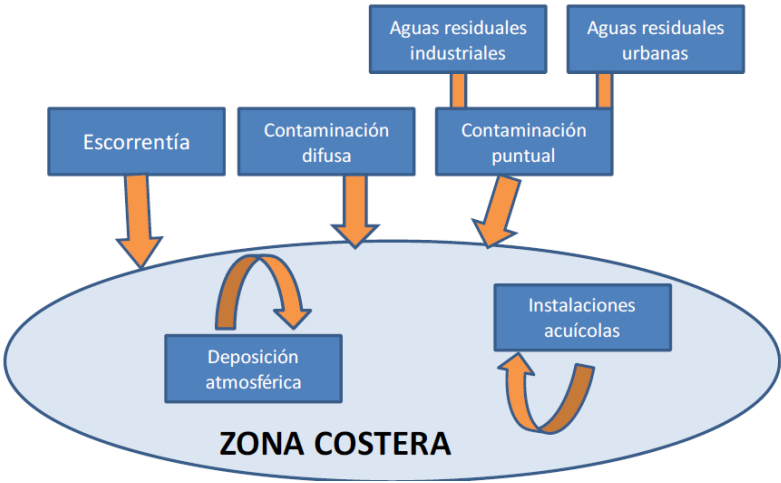


Figura 6. Esquema que ilustra las principales presiones que afectan al D5



Según el documento de [Actualización del censo de vertidos desde tierra al mar en Canarias](#) (Gobierno de Canarias, 2021) en el archipiélago canario se contabilizan 394 puntos de vertido de los cuales el 65 % corresponden a vertidos de aguas residuales urbanas e industriales, siendo Tenerife la que presenta mayor número de ellos. En conjunto, para el periodo 2016-2021, los vertidos de nitrógeno total (NT) inventariados en el PRTR (fuentes puntuales) dentro de la DMCAN variaron anualmente entre 1 y 4 kt y los de fósforo total entre 0,5 - 18 kt. En todas las islas, excepto en El Hierro y Lanzarote, este tipo de vertido es el más cuantioso. Destacan también los vertidos de salmuera en Las Palmas y los de aguas de escorrentía en Tenerife. El sistema de vertido de aguas residuales más común en la demarcación es la conducción desagüe y el vertido directo. Tan sólo un 10 % de los vertidos se canalizan a través de emisario submarino. Esto implica que la incidencia de éstos debe estar muy focalizada en la franja más costera. No se dispone de información que permita valorar la incidencia de la contaminación difusa en la demarcación, sin embargo, es de esperar que estas fuentes contaminantes no aporten cantidades significativas de nutrientes debido a la escasa actividad agrícola y ganadera. En cuanto a instalaciones de acuicultura, según el documento de [Análisis de Presiones e Impactos del primer ciclo](#) (MITECO, 2012) en la DMCAN hay un total de 34 concesiones vigentes: 22 en Tenerife, 7 en Gran Canaria (una de ellas en tierra), 3 en Lanzarote y 2 en La Palma dedicadas principalmente al cultivo de dorada y lubina. Pese a que no se dispone de datos sobre cargas aportadas por estas instalaciones en dicho documento se estima que las concentraciones de nutrientes que pueden provenir de las instalaciones marinas, comparadas con las que pueden provenir de grandes vertidos de aguas residuales se pueden considerar poco significativas.

Dado su régimen de precipitaciones, es de esperar que los aportes de nutrientes por escorrentía en la zona costera de la demarcación canaria sean poco significativos y tengan en todo caso un carácter temporal puntual. Además, dada la elevada porosidad de las rocas volcánicas que forman las islas, la mayor parte del agua de lluvia se infiltra en el terreno hacia las aguas subterráneas desde donde acaban vertiéndose directamente al mar. La cuantificación de estos vertidos es compleja y en todo caso no se dispone de datos que permitan estimar su incidencia.



EVALUACIÓN POR CRITERIO, ELEMENTOS Y PARÁMETROS



5. Evaluación por criterio, elementos y parámetros

5.1. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C1

Consecución del BEA

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

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	95 %
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	¿?
Resultado de la evaluación	No evaluado
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación.

Parámetros utilizados

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

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

No se ha podido llevar a cabo la evaluación de este criterio por falta de datos. No obstante, se han analizado los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica de las cuencas hidrográficas de la demarcación con el fin de recabar información sobre los parámetros que configuran este criterio. Esta evaluación de la DMA se basó en datos tomados en 2018 que, según se indica en los documentos de planificación hidrológica, presentan una baja confianza estadística dado que no se muestrearon todas las masas de agua superficial costera natural ni en todos los puntos de control definidos en el programa de control de vigilancia y, además, no se cumplió con las frecuencias de muestreo establecidas en el apartado A del anexo I del Real Decreto 817/2015.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

El criterio no se ha evaluado, pero sí se ha recopilado información de amonio, nitrato, nitritos, fosfatos, nitrógeno total y fósforo total de las masas de agua costera en las que se evaluaron estos parámetros en el marco de la DMA (el 76 %). Los resultados de esta evaluación se recogen en la Tabla 10. Como se muestra, los límites de cuantificación son muy elevados teniendo en cuenta las concentraciones de estos elementos normalmente encontradas en las aguas canarias (que rara vez exceden de 1 µM). Por tanto, como en los propios documentos de planificación hidrológica se indica, no es posible evaluar estos parámetros en base a estos resultados.



Tabla 10. Resultados de la evaluación de los parámetros del indicador D5C1 publicados en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica para las masas de agua. Según se indica en los mismos, los datos corresponden a la media de un muestreo llevado a cabo en 2018. 'ne' indica 'no evaluado'.

Masa de agua	Tipología	Parámetro					
		Amonio (microM)	Nitratos (microM)	Fosfatos (microM)	Nitritos (microM)	TN (mg L ⁻¹)	TF (mg L ⁻¹)
ES70GCTI	AC-T25	<2,77	<8,06	5,21	ne	ne	ne
ES0GCTI2_1	AC-T25	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70FVTI1	AC-T25	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70FVTI2	AC-T25	ne	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70LZTI1	AC-T25	<2,78	<8,07	<1,14	ne	ne	ne
ES70LZTI2	AC-T25	<2,79	<8,08	<1,15	ne	ne	ne
ES07FT1_1	AC-T25	ne	<0,01	ne	<0,01	<1	0,06
ES07FT12	AC-T25	ne	<0,01	ne	<0,01	<1	<0,1
ES70EHTI	AC-T25	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES070GCTII	AC-T26	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70FVTII	AC-T26	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70LZTII	AC-T26	<2,80	<8,09	<1,16	ne	ne	ne
ES07FTII	AC-T26	ne	<0,01	ne	<0,01	<1	0,03
ES70EHTII	AC-T26	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70GCTIII	AC-T27	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70FVTIII	AC-T27	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70LZTIII	AC-T27	<2,81	<8,10	<1,17	ne	ne	ne
ES07FTIII	AC-T27	ne	<0,01	ne	<0,01	<1	0,05
ES70EHTIII	AC-T27	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES07GCTIV1	AC-T28	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70GCTIV2	AC-T28	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70FVTIV	AC-T28	<2,77	<8,06	<1,13	ne	ne	ne
ES70LZTIV	AC-T28	<2,82	<8,11	<1,18	ne	ne	ne
ES07FTIV	AC-T28	ne	<0,01	ne	<0,01	<1	0,03
ES70LPTIV	AC-T28	ne	Ne	ne	ne	ne	ne
ES07FTIV_1	AC-T29	ne	<0,01	ne	<0,01	<1	0,01



Valores umbral

Como se ha comentado previamente, se asume que los valores umbral de los parámetros que componen el indicador D5C1 para las diferentes tipologías de masas de agua costera son adecuados para las tres MRUs. Sin embargo, en el Real Decreto 817/2015 no se incluyen valores umbral para nutrientes.

Evaluación a nivel regional/subregional

Esta DM no está incluida en el convenio regional de OSPAR en el momento de realizar esta evaluación y por tanto no se dispone de ninguna evaluación a nivel regional.



5.2. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C2

Consecución del BEA

Tabla 11. Resultados de la evaluación del criterio D5C2 en la DMCAN.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	95 %
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 clorofila *a* y frecuencia de *blooms* de fitoplancton estimados a partir del análisis de imágenes.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Este criterio se evaluó cuantitativamente considerando la concentración de clorofila obtenida mediante análisis de imágenes de satélite. Los resultados de la evaluación del criterio se resumen en la Tabla 12 y en la Figura 7. Como se muestra en las mismas, el criterio D5C2 estuvo en BEA en todas las MRUs de la DMCAN. El resultado de la evaluación coincide con el obtenido en la primera evaluación inicial (Tabla 13). Adicionalmente, se ha evaluado la frecuencia de floraciones de fitoplancton (en adelante *blooms*) a partir de la serie temporal de clorofila, encontrándose que la frecuencia de días con concentraciones elevadas de clorofila indicativas de *bloom* no excedió el 25 % en ninguno de los periodos mensuales analizados en 2016-2021.

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.

Criterio	Elemento	Estado		
	Parámetro	Área 1	Área 2	Área 3
D5C2	Clorofila	■	■	■
	Blooms	■	■	■
Integración		BEA	BEA	BEA



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

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

Clorofila			
	1EI	2EI	3EI
Área 1	■	■	■
Área 2	■	■	■
Área 3	■	■	■

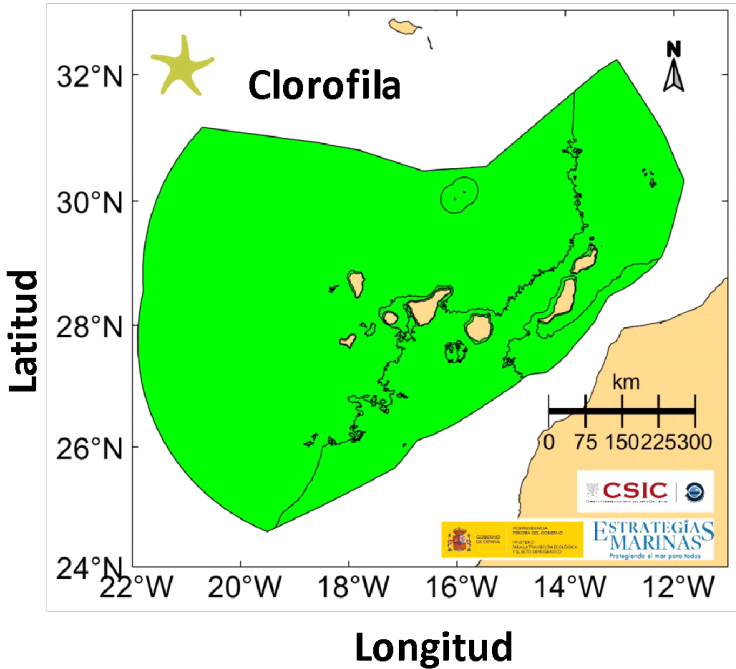


Figura 7. Resultados de la evaluación de la clorofila a. En verde se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un EQR mayor de 1 considerado BEA.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuente de datos. Dada la ausencia de datos obtenidos *in situ* para realizar la tercera evaluación inicial se optó por llevarla a cabo a partir del análisis de imágenes de satélite. Las imágenes de satélite ofrecen una aproximación sinóptica de toda la demarcación, con una alta resolución temporal, y su potencial para describir la variabilidad espacial y temporal de la clorofila a en el área de estudio es demostrado por la relativamente abundante literatura científica disponible en la que se hace uso de esta herramienta (ver como ejemplos Sathyendranath et al., 1995; Arístegui et al., 1997; Neuer et al., 1997; Barton et al., 1998; Nieto et al., 2012). Más específicamente, el seguimiento de la eutrofización basado en imágenes de satélite ha sido propuesto por numerosos autores (ver los siguientes artículos a modo de ejemplo: Bailey et al., 2000; Hooker and McClain, 2000; Gregg and Casey, 2004; Bailey and



Werdell, 2006; Banks et al., 2012; Novoa et al., 2012). Por otro lado, el grupo de trabajo sobre el D5 de la UE recomendó el uso de las imágenes de satélite como una de las metodologías para el seguimiento de la concentración de la clorofila *a* en el marco de la DMEM (Ferreira et al. 2010). Siguiendo estas recomendaciones, y a falta de datos basados en muestreos *in situ*, se recopilieron datos de concentración de clorofila del periodo 2016-2021 obtenidos desde el satélite Sentinel 3 (productos de nivel 3 calculados con el algoritmo OC5) a una resolución de 400 m². Los píxeles que cubrieron toda la superficie de la demarcación fueron asignados a la correspondiente MRU.

2. Evaluación. Para la evaluación de la clorofila se ha calculado el percentil 90 de la serie temporal completa obtenida en 2016-2021 para todos los píxeles incluidos dentro de cada MRU. Se calculó un índice de calidad ambiental (*environmental quality ratio*, EQR) como la razón del VU y el percentil 90 del periodo (Figura 8). Valores de EQR menores de 1 fueron considerados indicativos de exceso de concentración del elemento o parámetro. Las MRUs en que EQR fue mayor de 1 se muestran en verde en la Figura 7.

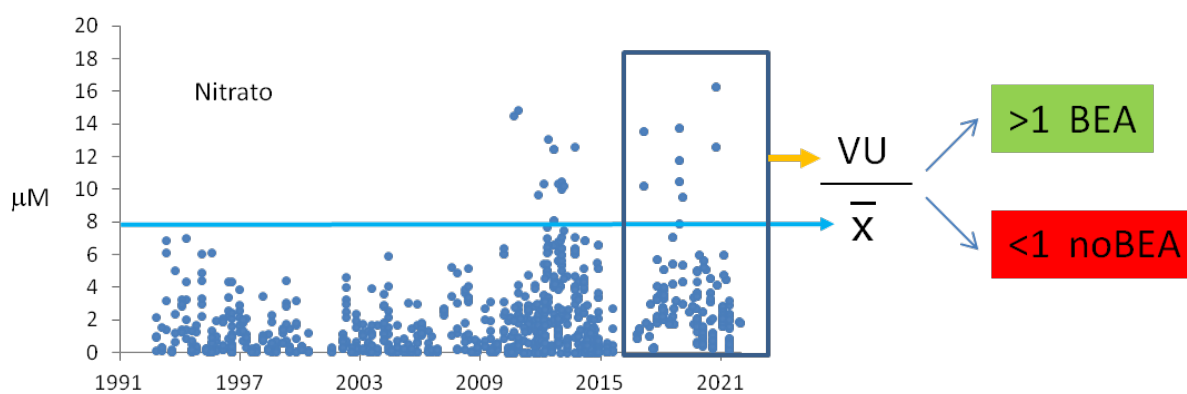


Figura 8. Esquema del procedimiento seguido para el cálculo del EQR para clorofila. VU representa el valor umbral y P90 el percentil 90 de la serie de datos obtenida en cada MRU para el periodo 2016-2021.

Por otro lado, con el fin de analizar la dinámica temporal de variación de la clorofila en la DMCAN, se ha calculado la frecuencia de días con *bloom* en el periodo analizado. Para esto, se calculó la media diaria y la desviación estándar de la clorofila en cada MRU considerando el periodo completo de evaluación. Estos valores se compararon con la media diaria de clorofila en cada MRU de forma que se determinó que en un día determinado se produjo un *bloom* cuando se excedió el promedio calculado para todo el periodo en más de dos veces la desviación estándar:

$$\text{Episodio de bloom} \rightarrow \text{Chla} > M + 2 \cdot \text{SD}$$

Siendo M la media diaria de la concentración de clorofila para el periodo 2016-2021 en cada MRU y SD la desviación estándar.

3. Confianza estadística de la evaluación. Pese a la cobertura espacial y temporal que caracteriza el uso de las imágenes de satélite, esta herramienta está sometida a ciertas limitaciones. Así, en general se asume que la incertidumbre asociada a los valores de clorofila *a* de satélite calculados con los algoritmos empíricos basados en análisis de regresión entre los datos de satélite y las bases de datos de clorofila *a* in situ es de $\pm 35\%$ (Cota et al., 2004; MacClain, 2009). La incertidumbre podría ser aún mayor para las aguas costeras en las que el material particulado no algal o las sustancias coloreadas disueltas modifican las propiedades ópticas de la columna de agua. Para solventar en lo posible estas limitaciones, se ha propuesto el uso de algoritmos regionales basados en información de la clorofila *a* in situ para cada región marina específica (ver por ejemplo Bricaud et al., 2002; Darecki et al., 2005; Sancak et al., 2005; Volpe et al., 2007; Novoa et al., 2012). Para la demarcación canaria no ha sido



posible el desarrollo de un algoritmo regional debido a que los datos de clorofila *a* in situ que se han conseguido recopilar han sido insuficientes, particularmente para las zonas costeras.

Valores umbral

Se han usado los valores umbral del estado bueno/moderado de la DMA publicados en el Real Decreto 817/2015 como VU, que define un valor común para las cinco tipologías de aguas costeras de la DMCAN (Tabla 14). En el Real Decreto 817/2015 se determina también un valor umbral del estado bueno/moderado del 40 % para la frecuencia de floraciones planctónicas (*blooms*, definidos como situaciones en las que un taxón cualquiera supera el umbral de abundancia).

Tabla 14. Valores umbral (VU) utilizados para la clorofila *a*. Los VU para las MRUs Área 1, Área 2 y Área 3 están basados en los umbrales de estado ecológico bueno/moderado definidos en el Real Decreto 817/2015.

MRU	Clorofila ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Blooms
Área 1	2	40 %
Área 2	2	40 %
Área 3	2	40 %

Valores obtenidos para el parámetro

La serie temporal de datos de clorofila en las que se ha basado la evaluación del criterio D5C2 se muestra en la Figura 9. La clorofila *a* en la demarcación canaria presenta con carácter general un ciclo estacional caracterizado por un máximo de producción a finales de invierno / principios de primavera. Adicionalmente, en ocasiones se produce un segundo máximo de menor intensidad a final del verano. Es de notar también que las concentraciones son algo mayores en área 3, donde la frecuencia de valores por encima de $2 \mu\text{g L}^{-1}$ es relativamente alta. La MRU con mayor número de días en episodio de bloom fue el área 3 que alcanzó un total de 213 días, siendo 2017 y 2018 los años donde se produjeron más *blooms* (Tabla 15). La MRU de la demarcación con menor número de *blooms* fue el área 1, que en total solo presentó 53, produciéndose el 87 % de ellos entre los años 2016 y 2018. Este gradiente de productividad que se da entre las tres áreas probablemente esté asociado a la inyección de nutrientes derivada del afloramiento sahariano.

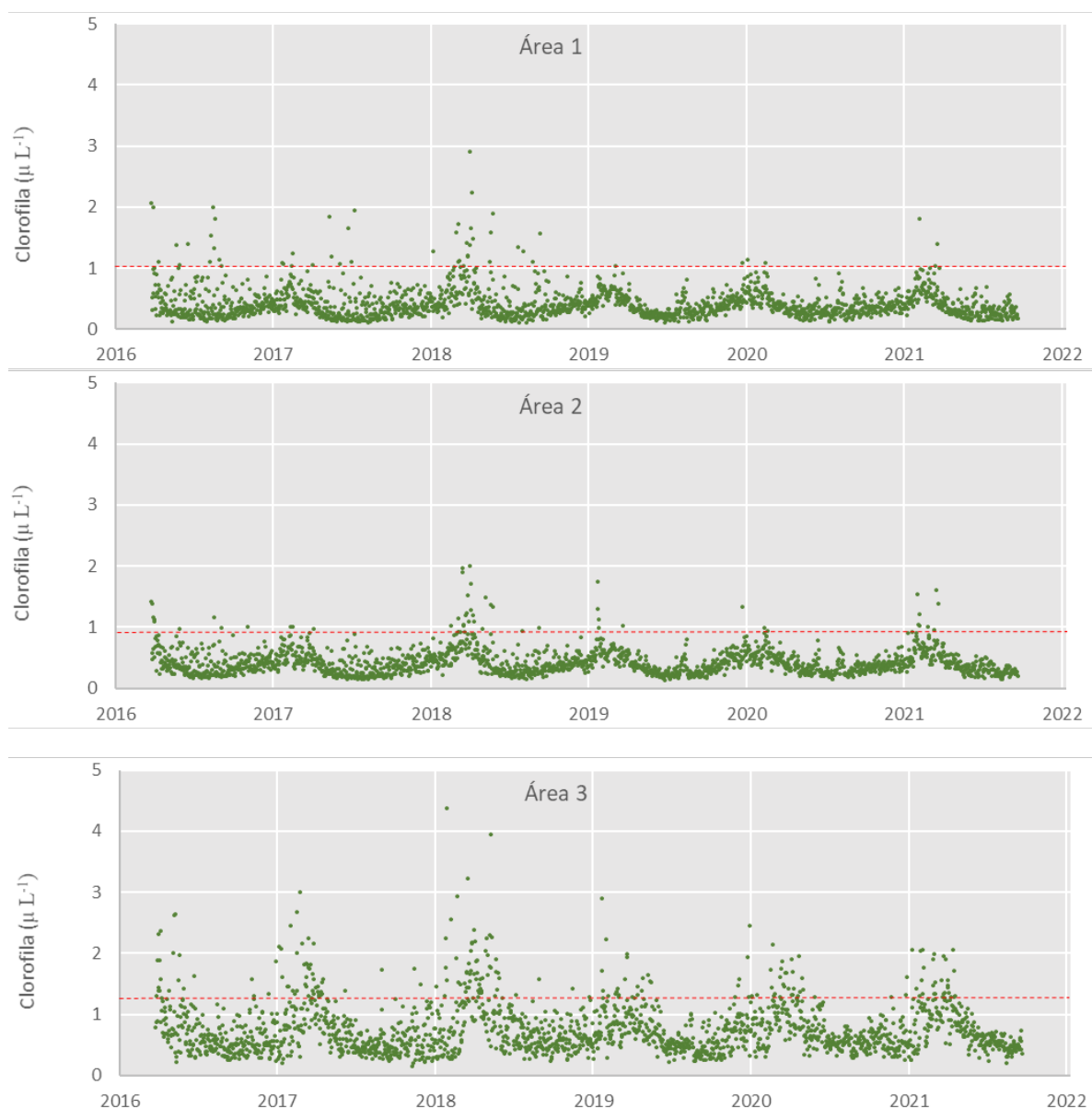


Figura 9. Serie temporal de los datos de clorofila utilizados para la tercera evaluación inicial. Se representa la media diaria para cada una de las MRU incluidas en la DMCAN. La línea roja discontinua - - - muestra el límite a partir del cual se ha considerado la situación de bloom.

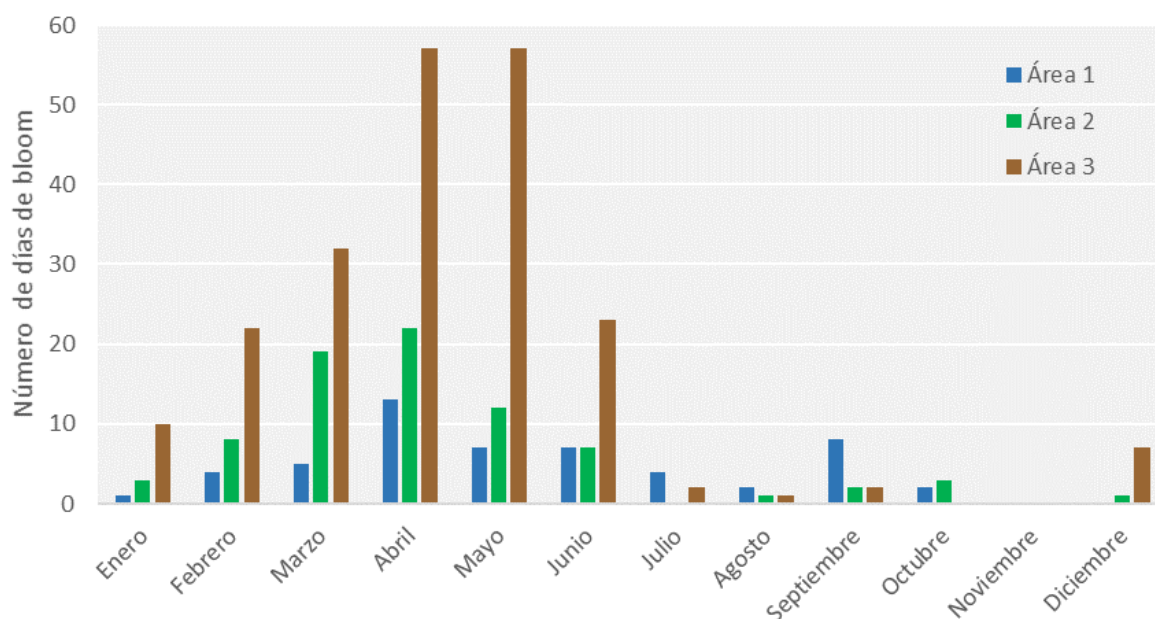


Figura 10. Número de días de bloom por mes del año y MRU en el periodo de evaluación 2016 - 2021 (6 años).

Tabla 15. Número de días de bloom por año y MRU de la DMCAN

*MRU	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Área 1	13	11	22	1	3	3
Área 2	13	7	31	6	8	13
Área 3	19	45	59	24	35	31

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos procedentes del periodo anterior no ha sido posible calcular las tendencias del parámetro.

Evaluación a nivel regional/subregional

La DMCAN no está incluida en el ámbito geográfico cubierto por el convenio de OSPAR en el momento de realizar esta evaluación y por tanto no se dispone de ninguna evaluación a nivel regional.



5.3. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C4

Consecución del BEA

Tabla 16. Resultados de la evaluación del criterio D5C4 en la DMCAN.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	95 %
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

Área 1, área 2 y área 3.

Parámetros utilizados

Límite fótico estimado a partir datos de profundidad del disco de Secchi obtenidos de las imágenes de satélite.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 17 se resumen los resultados de la evaluación de este criterio en base a los datos de la profundidad fótica obtenida por análisis de imágenes de satélite. En ninguna de las tres MRUs se detectaron valores del límite fótico por encima de 50 m, indicando que la transparencia no limita potencialmente el crecimiento de las comunidades de macrófitos.

Tabla 17. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C4.

Estado del parámetro: ■ Sin evidencia de limitación potencial del crecimiento por el LF; ■ Con evidencia de limitación potencial del crecimiento por el LF en algunas estaciones

Criterio	Elemento	Estado		
	Parámetro	Área 1	Área 2	Área 3
D5C2	Límite fótico (LF)	■	■	■

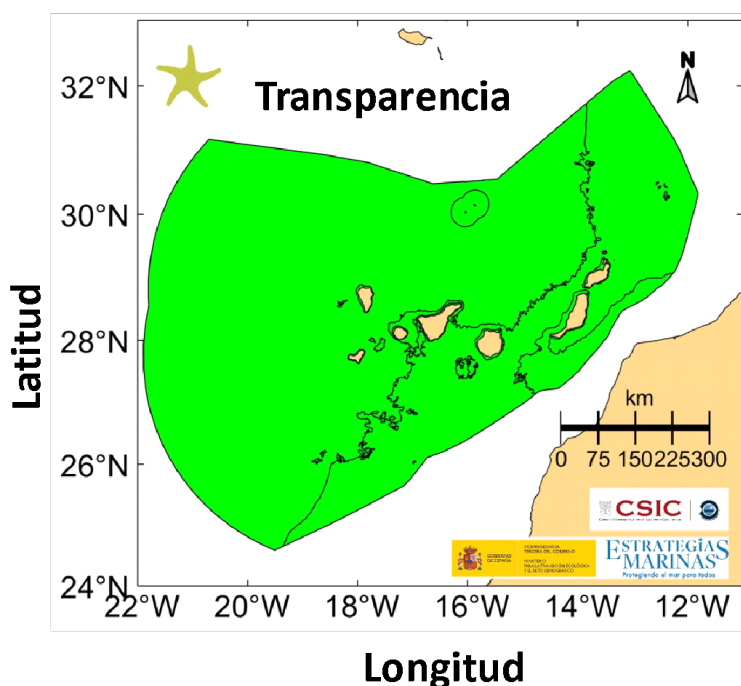


Figura 11. Resultados de la evaluación del límite fótico. En verde se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un EQR mayor de 1 (BEA).

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuente de datos. Para la evaluación del indicador se utilizaron los valores de profundidad del disco de Secchi calculados a partir del Sentinel 3, con una resolución espacial de 1000x1000 m. A partir de estos valores se calculó la profundidad del límite fótico, esto es, la profundidad a la que llega el 1 % de la luz incidente en superficie, considerando que existe la siguiente relación lineal entre ambos parámetros (Goluvkob y Golubkob, 2023):

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

2. Evaluación. El BEA respecto a este criterio se ha determinado calculando la frecuencia en la que el límite fótico fue inferior a 50 m, que se asume que es el límite máximo de profundidad para la distribución de las comunidades de macrófitos en la DMCAN. 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.

3. Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro. No se han determinado tendencias para este indicador ya que no hay datos de periodos anteriores.

4. Confianza estadística de la evaluación. La cobertura espacial y temporal de los datos es óptima al estar basados en imágenes de satélite. No obstante, los valores obtenidos están sujetos a las mismas limitaciones que las indicadas para la clorofila.

Valores umbral

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 12 se muestra la distribución de los valores de profundidad del disco de Secchi obtenidos para el periodo de evaluación en las tres MRUs. En general, la profundidad del disco de Secchi describe un ciclo estacional similar al de la clorofila, con mínimos coincidentes con los periodos anuales de mayor concentración. Estos resultados indican que la transparencia está principalmente determinada por la abundancia de fitoplancton, como por otro lado es de esperar ya que las aguas de la DMCAN no reciben aportes sustanciales de ríos.

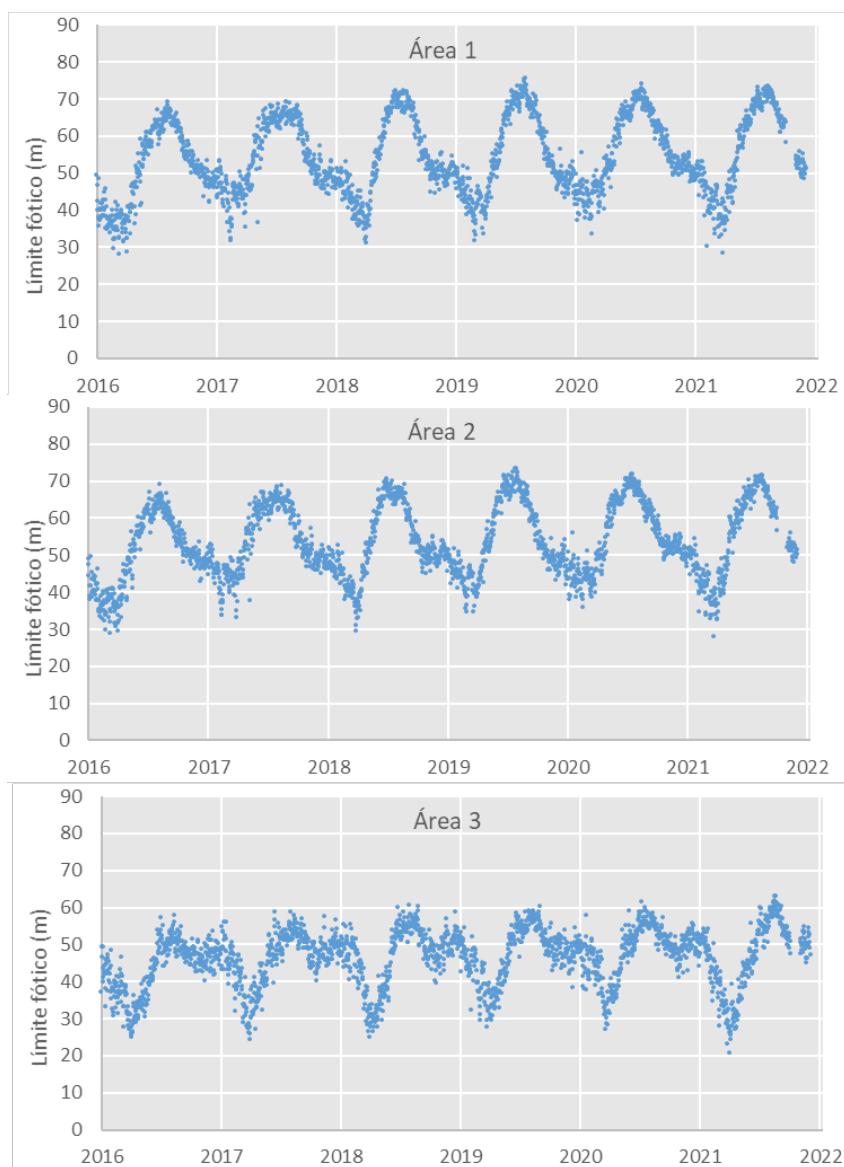


Figura 12. Serie temporal de los datos de profundidad del límite fótico utilizados para la tercera evaluación inicial. Se representa la media diaria para cada una de las MRU incluidas en la DMCAN.

Evaluación a nivel regional/subregional

Esta DM no está incluida en el convenio regional de OSPAR en el momento de realizar esta evaluación y por tanto no se dispone de ninguna evaluación a nivel regional.



REFERENCIAS



6. Referencias

- Aristegui, J., Tett, P., Hernández-Guerra, A., Basterretxea, G., Montero, M. F., Wild, K., ... & Barton, E. D. (1997). The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 44(1), 71-96.
- 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.
- Bailey S.W., Werdell P.J. (2006). A multi-sensor approach for the on-orbit validation of ocean color satellite data products. *Remote Sensing of Environment* 102, 12-23.
- Banks, A. C., Prunet, P., Chimot, J., Pina, P., Donnadille, J., Jeansou, E., ... & Fernandez, L. (2012). A satellite ocean color observation operator system for eutrophication assessment in coastal waters. *Journal of Marine Systems*, 94, S2-S15.
- Barton, E. D., Aristegui, J., Tett, P., Cantón, M., Garcia-Braun, J., Hernández-León, S., ... & Wild, K. (1998). The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography*, 41(4), 455-504.
- Bricaud, A., Bosc, E., & Antoine, D. (2002). Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean Basin: Intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates. *Remote Sensing of Environment*, 81(2-3), 163-178.
- Darecki, M., Kaczmarek, S., & Olszewski, J. (2005). SeaWiFS ocean colour chlorophyll algorithms for the southern Baltic Sea. *International Journal of Remote Sensing*, 26(2), 247-260.
- Gobierno de Canarias. Consejería de Infraestructuras, Transportes y Vivienda. Dirección General del Agua 2006a. Establecimiento de los límites entre clases de calidad de los parámetros biológicos y físico-químicos para cada tipo de masa de agua costera. Directiva Marco del Agua. Pp. 100
- Gobierno de Canarias. Consejería de Infraestructuras, Transportes y Vivienda. Dirección General del Agua 2006b. Programa de seguimiento de las aguas superficiales. Directiva Marco del Agua. Comunidad Autónoma de Canarias. Pp. 258
- Gobierno de Canarias. Consejería de Infraestructuras, Transportes y Vivienda. Dirección General del Agua 2005. Directiva Marco de Aguas. Comunidad Autónoma de Canarias. Pp 167
- Gobierno de Canarias. Tragsatec, 2021. Actualización del censo de vertidos desde tierra al mar del año 2021. Memoria. Pp. 25
- 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.
- Gregg, W. W., & Casey, N. W. (2004). Global and regional evaluation of the SeaWiFS chlorophyll data set. *Remote Sensing of Environment*, 93(4), 463-479.
- Hooker, S.B., and McClain, C.R. (2000). The calibration and validation of SeaWiFS data. *Prog. Oceanogr.*, 45(3-4): 427-465.
- 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.
- Neuer, S., Ratmeyer, V., Davenport, R., Fischer, G., & Wefer, G. (1997). Deep water particle flux in the Canary Island region: seasonal trends in relation to long-term satellite derived pigment data and lateral sources. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 44(8), 1451-1466.



Nieto, K., Demarcq, H., & McClatchie, S. (2012). Mesoscale frontal structures in the Canary Upwelling System: New front and filament detection algorithms applied to spatial and temporal patterns. *Remote Sensing of Environment*, 123, 339-346

Novoa, S., Chust, G., Sagarminaga, Y., Revilla, M., Borja, A., & Franco, J. (2012). Water quality assessment using satellite-derived chlorophyll-a within the European directives, in the southeastern Bay of Biscay. *Marine pollution bulletin*, 64(4), 739-750.

Sancak, S., Besiktepe, S. T., Yilmaz, A., Lee, M., & Frouin, R. (2005). Evaluation of SeaWiFS chlorophyll-a in the Black and Mediterranean seas. *International Journal of Remote Sensing*, 26(10), 2045-2060.

Sathyendranath, S., Longhurst, A., Caverhill, C. M., & Platt, T. (1995). Regionally and seasonally differentiated primary production in the North Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 42(10), 1773-1802.

Volpe, G., Santoleri, R., Vellucci, V., d'Alcalà, M. R., Marullo, S., & d'Ortenzio, F. (2007). The colour of the Mediterranean Sea: Global versus regional bio-optical algorithms evaluation and implication for satellite chlorophyll estimates. *Remote Sensing of Environment*, 107(4), 625-638.

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos

