

EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM CANARIA



Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 11

Ruido submarino



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)

- Manuel Bou Cabo
- Guillermo Lara Martínez
- Susana Llorens Escrich
- Blanca Feliu Tena

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
- Beatriz Sánchez Fernández
- Maria Teresa Hernández Sánchez
- 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) para cada criterio	9
3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor.....	11
4. Evaluación general a nivel de demarcación marina D11C1. Ruido impulsivo submarino	13
5. Evaluación general a nivel de demarcación marina D11C2. Ruido ambiente submarino	27
6. Referencias	40



INTRODUCCIÓN



1. Introducción

El descriptor 11 de las estrategias marinas (EEMM), tiene como objetivo según 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, que la introducción de energía incluyendo el ruido submarino, presente unos niveles tales que no afecten de manera negativa al medioambiente marino. Este descriptor se articula a través de dos criterios que se deben tratar de manera separada y que dan respuesta específica a dos tipologías de emisión del sonido por parte de fuentes antrópicas atendiendo principalmente a la duración de la emisión y al nivel de presión emitido. Esta clasificación queda reflejada en los dos criterios definidos como:

- **Criterio D11C1.** La distribución espacial, la extensión temporal y los niveles de las fuentes de sonido impulsivo antropogénico no superan los niveles que puedan afectar adversamente a las poblaciones de animales marinos.
- **Criterio D11C2.** La distribución espacial, la extensión temporal y los niveles de sonido continuo antropogénico de baja frecuencia no superan los niveles que puedan afectar adversamente a las poblaciones de animales marinos.

El objetivo durante este ciclo de EEMM ha sido principalmente definir la metodología mediante la cual dar respuesta a los criterios de evaluación D11C1 y D11C2, así como desarrollar las tareas de monitorización del nivel de presión sonora en las bandas de tercio de octava de 63Hz y 125Hz.

Durante el presente ciclo de las EEMM, los principales grupos de expertos en ruido submarino a nivel europeo, regional y subregional han trabajado para definir las metodologías que permitan evaluar el buen estado ambiental en relación con el ruido submarino. En este contexto cabe destacar el avance significativo conseguido por el grupo técnico de expertos en acústica submarina del CIS (Common Implementing Strategy – Estrategia Común de Implantación) de la UE (en adelante TGNoise) adoptando en 2022 y publicando en 2023 el marco metodológico para el establecimiento de valores umbral para la evaluación del buen estado ambiental en relación tanto a ruido continuo como a ruido impulsivo [BOR2023][SIG2023].

El trabajo presentado en el presente documento reporta los resultados obtenidos en la demarcación marina canaria (ver Figura 1) a partir de las actividades de monitorización realizadas por el Instituto Español de Oceanografía (en adelante IEO-CSIC) para abordar los criterios D11C1 y D11C2.

Como se detalla en las diferentes secciones de este documento el enfoque utilizado sigue la metodología descrita por las guías descritas por el grupo de expertos de la Comisión Europea, utilizando los datos obtenidos del registro de actividades emisoras de sonido impulsivo en las anualidades 2020 y 2021 en relación con el criterio D11C1 y de la monitorización realizada en las anualidades 2020, 2021 y 2022 en relación con el criterio D11C2.

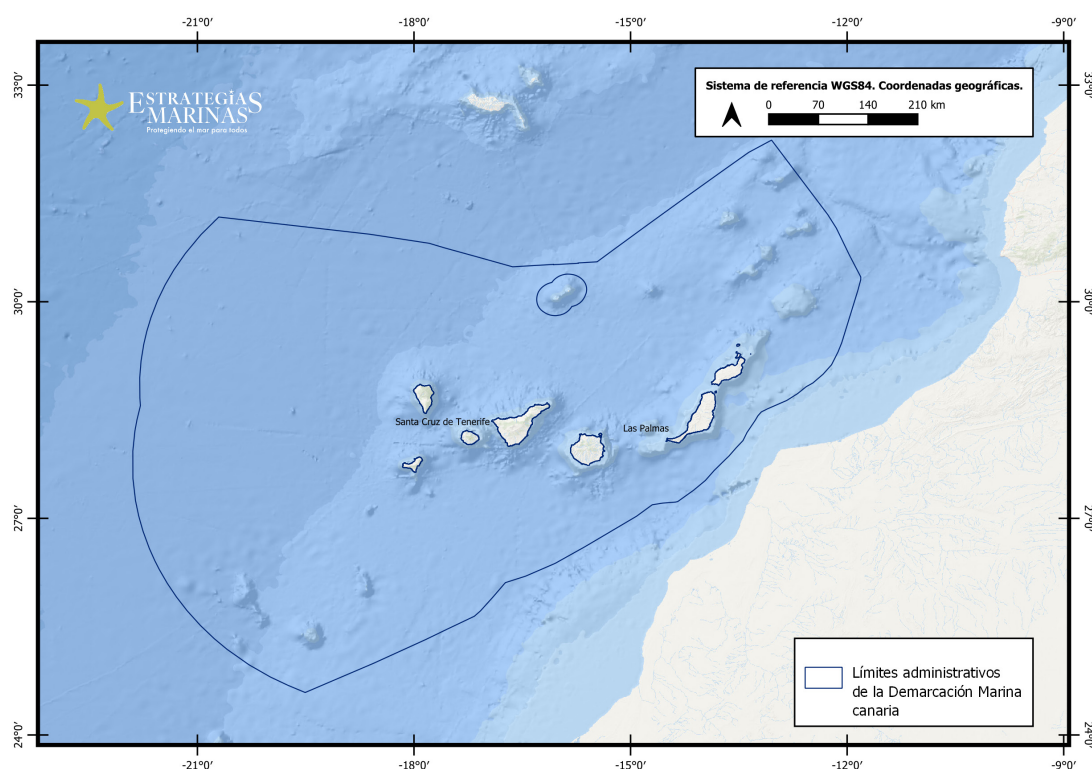


Figura 1. Detalle de la demarcación marina canaria en la que se ha realizado la determinación del ruido submarino siguiendo los criterios D11C1 y D11C2.

Dicha monitorización se basa en dos fuentes primarias de información en relación con la determinación de los niveles de sonido en los tercios de octava centrados en 63Hz y 125Hz en el caso del criterio D11C2, obtenidos mediante:

- Simulación teórica de valores de nivel a través de datos AIS (Automated Identification System).
- Medidas experimentales para la correspondiente validación de las predicciones de los modelos teóricos.

En relación con el criterio D11C1, se ha realizado el estudio teórico del ruido radiado por las diferentes actividades recogidas en el registro nacional de actividades de ruido impulsivo. El tratamiento de este criterio ha seguido la metodología descrita en las guías anteriormente mencionadas, siendo relevante destacar la dificultad de tratar este tipo de eventos debido por un lado a la falta de conocimiento acerca de algunos parámetros ligados a las operaciones realizadas tales como el número de repeticiones en las actividades desarrolladas, o el nivel de fuente y el ancho de banda ligado a cada tipo de fuente considerada. Sin embargo, se han aplicado una serie de aproximaciones, que se explicarán en la sección correspondiente y que sentarán las bases de los futuros trabajos a realizar en el siguiente ciclo, además de identificar las necesarias mejoras a futuro en el registro de actividades de ruido impulsivo.



DEFINICIÓN DE BUEN ESTADO AMBIENTAL (BEA)



2. Definición de buen estado ambiental (BEA) para cada criterio

Atendiendo a la Decisión de la Comisión (EU) 2017/848 el descriptor D11 contiene dos criterios que se definen como:

Criterio D11C1. La distribución espacial, la extensión temporal y los niveles de las fuentes de sonido impulsivo antropogénico no superan los niveles que puedan afectar adversamente a las poblaciones de animales marinos. La definición de buen estado ambiental se basa en:

- No exceder el 20 % del área potencialmente afectada al sobrepasar el valor definido de LOBE (Level of Onset of adverse Biological Effects) (evaluado en base temporal diaria).
- No exceder el 10 % del área potencialmente afectada al sobrepasar el valor definido de LOBE (Level of Onset of adverse Biological Effects) (evaluado en promedio anual en base temporal diaria).

Criterio D11C2. La distribución espacial, la extensión temporal y los niveles de sonido continuo antropogénico de baja frecuencia no superan los niveles que puedan afectar adversamente a las poblaciones de animales marinos. La definición de buen estado ambiental se basa en:

- No exceder el 20 % del área potencialmente afectada al sobrepasar durante un porcentaje de tiempo el valor definido de LOBE (Level of Onset of adverse Biological Effects) (evaluado anualmente en base mensual).

Dos aspectos deben tenerse en cuenta atendiendo a la información propuesta en los documentos relativos a los criterios D11C1 y D11C2:

- Es tarea de los Estados miembros definir los valores umbral aplicables en sus demarcaciones marinas estando fijados los niveles umbral a máximos.
- Los valores de LOBE deben ser fijados por los Estados miembros siendo estos compatibles y estar basados en los criterios dispuestos a nivel regional por los distintos grupos de expertos involucrados.
- En relación con el criterio D11C1, el parámetro de LOBE no debería estar basado en afecciones de tipo TTS, baro-traumas etc. ya que este tipo de impactos corresponden a la directiva Hábitat (Council Directive 92/43/EEC).

Dado el desarrollo actual en el presente documento se detallan los resultados derivados de la monitorización realizada a nivel de demarcación marina, así como el estudio y aplicación de la metodología propuesta por el grupo de expertos de la Comisión. Esto nos permitirá disponer de tendencias interanuales relativas al nivel de presión acústica así como del área potencialmente afectada en función de diversos valores de nivel de presión o de nivel de exposición acústica. Sin embargo, cabe apuntar que dichos valores son tentativos y no deben ser considerados como valores de LOBE, quedando este aspecto como trabajo pendiente a desarrollar en el siguiente ciclo de evaluación. La necesidad de desarrollar estos aspectos se ha apuntado por ejemplo en el Quality Status Report de OSPAR [ICGQSR2023] donde se comenta de manera explícita (ejemplificado sobre el mar del Norte pero extensible a otras áreas), la necesidad de mejorar el conocimiento acerca del impacto adverso del ruido submarino sobre los animales marinos a nivel individual y poblacional a través de una aproximación interdisciplinar al problema.



CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR



3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor

Atendiendo a las metodologías propuestas para abordar los criterios D11C1 y D11C2 siguiendo [SIG2023][BOR2023] hay varios aspectos destacables en este estudio como son:

- La metodología propuesta descansa en la definición de LOBE (Level of Onset of Biological adverse Effect), y se define como aquel nivel de ruido a partir del cual los animales a nivel individual pueden comenzar a experimentar efectos adversos.
- Los efectos adversos considerados incluyen cambios de comportamiento, estrés, enmascaramiento, reducción en la distancia de comunicación, así como pérdida del hábitat temporal o permanente.
- El valor umbral máximo tolerable sugerido en el caso del criterio D11C2 es del 20 % del área, evaluado anualmente en base mensual, siendo los Estados miembros los encargados de establecer el nivel umbral a nivel nacional.
- El valor umbral máximo tolerable en el caso del ruido impulsivo (D11C1) presenta dos escalas temporales para evaluar tanto desplazamientos de los animales temporales como semi permanentes. Estos valores umbral máximos se definen sobre base temporal anual <10 % del área evaluada y sobre base temporal diaria < 20 % del área evaluada.

Teniendo en cuenta estos factores, en este documento se presentan los resultados de la monitorización para ambos criterios en la demarcación marina canaria aplicando diferentes escenarios con el objetivo de, siguiendo la metodología propuesta disponer de los resultados relativos a la distribución espacial y extensión temporal de los niveles de sonido (bien continuos o de origen impulsivo) susceptibles de afectar de manera negativa al buen estado de los animales marinos.

Tabla 1. Criterios y elementos del D11 evaluados en la demarcación marina canaria.

Característica	Elemento	Criterio	
		D11C1	D11C2
Sonido impulsivo	Extensión espacial (% área)	✓	✗
	Extensión temporal (% tiempo)	✓	✗
	SPL o SEL (según actividad)	✓	✗
Sonido ambiente	Extensión espacial (% área)	✗	✓
	Extensión temporal (% tiempo)	✗	✓
	SPL	✗	✓



D11C1. RUIDO IMPULSIVO SUBMARINO



4. Evaluación general a nivel de demarcación marina D11C1. Ruido impulsivo submarino

Consecución del BEA

Tabla 2. Consecución del buen estado ambiental para el criterio D11C1 en la demarcación marina canaria.

Unidad para evaluar la consecución del BEA	Porcentaje de área que se encuentra por encima de un determinado valor de nivel del parámetro utilizado (Nivel de exposición sonora (en adelante SEL)).
Valor umbral para la consecución del BEA en un tipo de hábitat pelágico	≤ 20 % de área para exposiciones a corto plazo, base diaria ≤ 10 % de área para exposiciones a largo plazo, base anual Atendiendo a las sugerencias realizadas por TG Noise [SIG2023], para la evaluación a corto plazo considera un umbral ≤ 20 % de área expuesta, como máxima proporción de la unidad de reporte marino que diariamente puede ser perturbada debido a valores superiores al LOBE considerado. Para la evaluación a largo plazo el umbral es ≤ 10 % de área expuesta a valores superiores al LOBE, siendo el área expuesta calculada como promedio anual en base diaria. Tal y como se apunta en el apartado de “Definición del buen estado ambiental” para el criterio D11C1, el valor umbral de proporción de área expuesta a corto plazo es mayor que a largo plazo porque se asume que la probabilidad de que la exposición a corto plazo induzca una disminución de las poblaciones es baja, mientras que la exposición a largo plazo, inductora de desplazamiento de los individuos debido a la perturbación acústica, puede provocar efectos permanentes, llegando a producir pérdida de hábitat y con ello una disminución de la capacidad de carga y del tamaño de las poblaciones.
Resultados del tercer ciclo	% de área obtenido en base a diferentes valores de nivel de exposición sonora (en adelante SEL) siguiendo la bibliografía disponible. Resultados referenciados en la Figura 9 y la Tabla 4 el apartado ‘Descripción del estado del ruido impulsivo’ de esta misma sección. En ambas anualidades, 2021 y 2022, el porcentaje promedio de área con SEL superior al umbral utilizado de manera ilustrativa es menor al 1 %.
Resultado de la evaluación	Desconocido
Periodo de evaluación	2021-2022. Periodo del que se dispone de información de actividades generadoras de ruido impulsivo en la demarcación marina



Descripción del estado del ruido impulsivo

En este apartado se describe el estado de la demarcación marina canaria con relación al ruido impulsivo introducido en el ecosistema marino originado por las actividades generadoras de sonido impulsivo recogidas en el registro nacional para las anualidades 2021 y 2022.

Se describe el estado de la demarcación desde dos aproximaciones:

- Por una parte, utilizando los datos del registro de actividades generadoras de sonido impulsivo como los principales componentes del análisis, en relación con el criterio D11C1: número de días por trimestre (o por mes si corresponde) con fuentes de sonido impulsivas; proporción (porcentaje) de áreas unitarias o extensión en kilómetros cuadrados (km²) del área de evaluación con fuentes de sonido impulsivas por año. Además, también se ha llevado a cabo el cálculo del porcentaje de días con actividades generadoras de ruido impulsivo a lo largo de la anualidad y el porcentaje de extensión por día y por mes, y sus correspondientes promedios anuales.
- Por otra parte, de acuerdo también con la propuesta [SIG2023], se estima el nivel de exposición al sonido introducido por eventos impulsivos y se calcula el porcentaje de área que está expuesta a niveles superiores a diferentes valores de SEL (equivalente a lo que sería el hipotético valor de LOBE) durante el periodo de evaluación.

De acuerdo con estas dos aproximaciones, a continuación, se describe el estado de la demarcación canaria con respecto al ruido impulsivo.

En primer lugar, para comprender el proceso seguido en la evaluación del ruido impulsivo, es necesario detallar la diferenciación entre actividad generadora de ruido impulsivo y evento generador de ruido impulsivo. La primera hace referencia a una operación o conjunto de operaciones relacionadas con una tarea específica dentro de un proyecto, mientras que el segundo se refiere a cada acción puntual que produce ruido impulsivo de forma individual dentro de una actividad.

En la demarcación marina canaria se ha registrado una actividad generadora de ruido impulsivo cuyo periodo de ejecución se extiende en las anualidades 2021 y 2022, se trata de una actividad catalogada como hincado de pilotes para un proyecto de ampliación de la zona de atraques de un puerto.

Las características descriptivas más relevantes de la actividad registrada se presentan en la Tabla 3. La localización de esta se representa en la Figura 2.

Tabla 3. Resumen de la información de las cinco actividades emisoras de sonido impulsivo registradas en la demarcación marina canaria.

Identificación de la actividad	Tipo de actividad	Fecha de inicio y fin	Clasificación del nivel de la fuente	Máxima energía (Kj)	Días de actividad	Profundidad de la fuente (m)	Número de pilotes
ES009	Impact pile driver	08062021-28022022	Very low	58	-	10	44

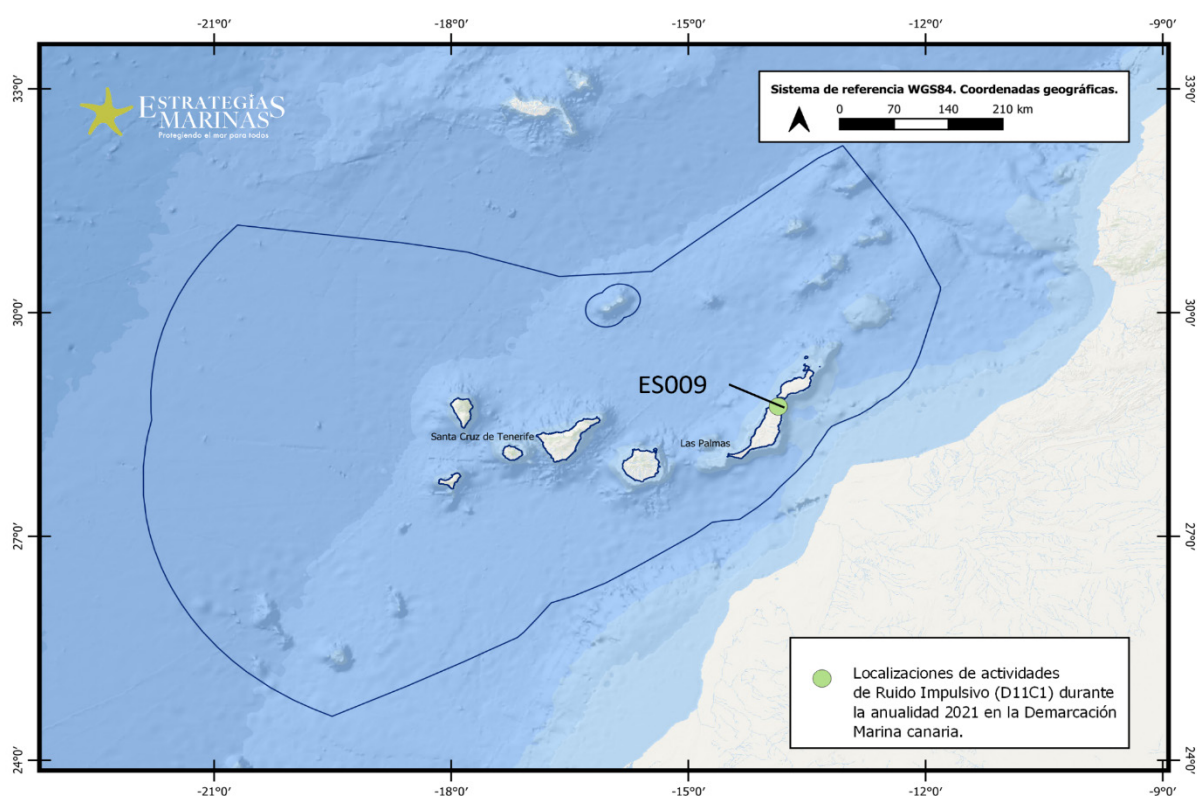


Figura 2. Localización de la actividad generadora de sonido impulsivo llevada a cabo durante las anualidades 2021 y 2022 en la demarcación marina canaria.

Cabe señalar que la información de la que se dispone en el registro detalla la fecha de inicio y fin del periodo de la actividad, pero en este caso no indica el número de días en los que ha habido actividad, es decir, evento impulsivo, y no se conocen las fechas exactas de los eventos. Por otra parte, se conoce el número de pilotes que han sido instalados, pero no se indica el número de veces en los que se emite cada día, su ciclo de trabajo o duración. Sin esta última información es posible calcular el nivel de exposición sonora generado por un evento en un momento concreto, pero no es posible el cálculo del nivel de exposición sonora acumulado por acción de eventos impulsivos repetidos con alta frecuencia durante un determinado tiempo. Ante estas limitaciones de información, la descripción del estado de la demarcación marina en relación con el sonido impulsivo se ha llevado a cabo realizando diversas asunciones. En primer lugar, se considera que la actividad ha emitido una vez al día; en segundo lugar, la actividad ha emitido desde el primer día hasta el último del periodo de actividad. Teniendo en cuenta las limitaciones comentadas, se detallan los resultados obtenidos que describen el estado de la demarcación marina canaria en relación con el ruido impulsivo.

En la Figura 3 y la Figura 4 se representa el porcentaje de tiempo anual en base diaria en el que ha existido actividad generadora de sonido impulsivo en cada celda (celdas C-Square de $0,05^\circ \times 0,05^\circ$), para las anualidades 2021 y 2022.

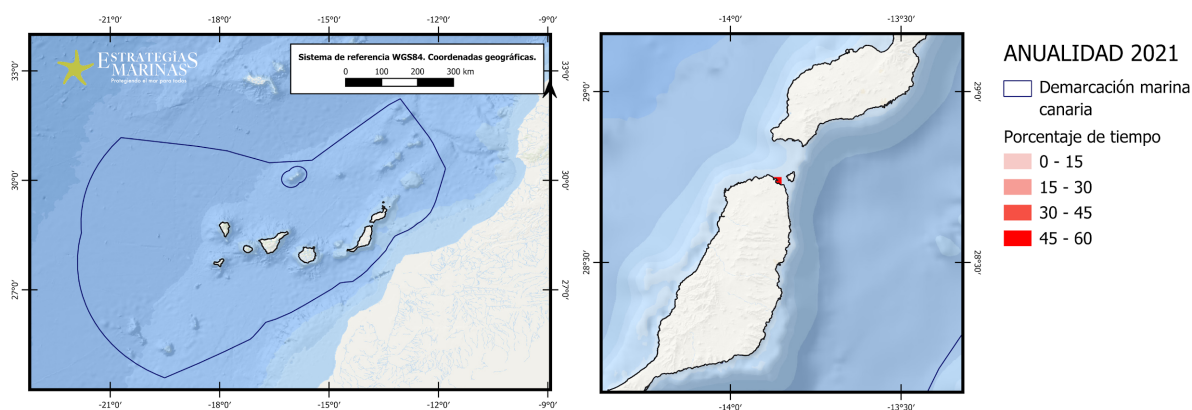


Figura 3. Porcentaje de días con actividad generadora de sonido impulsivo en cada celda (C-Square de $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$) en la demarcación canaria en 2021

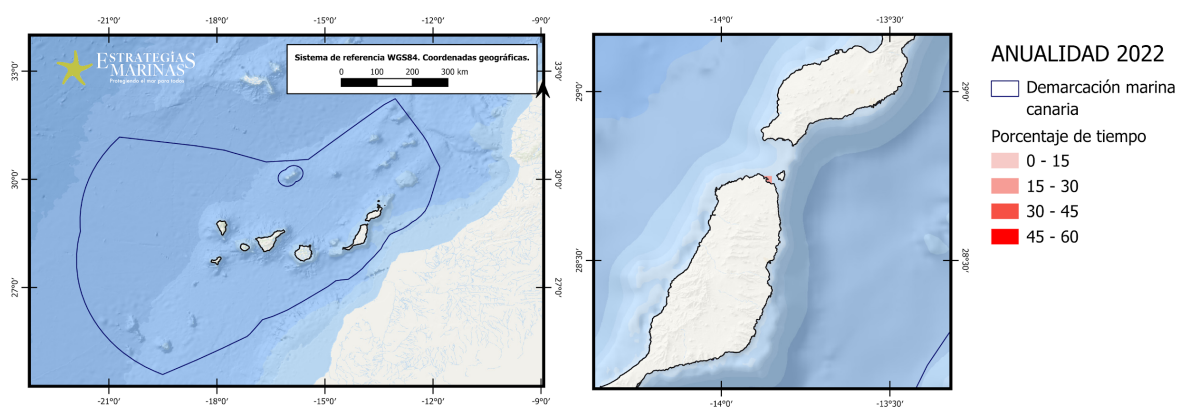


Figura 4. Porcentaje de días con actividad generadora de sonido impulsivo en cada celda (C-Square de $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$) en la demarcación canaria en 2022.

De acuerdo con el criterio D11C1, en la Figura 5 se representa mediante diagrama de barras el número de días de cada mes con actividad de fuentes de sonido impulsivas. En 2021 hubo 7 meses con actividad impulsiva y en 2022 dos meses, llegando a un máximo de 31 días en julio, agosto, octubre y diciembre en 2021 y de 31 días en enero de 2022. En cuanto al porcentaje de extensión en el que ha habido actividad impulsiva, en ambas anualidades hubo fuentes de sonido impulsivas en menos del 1 % (8e-4 %) del área.

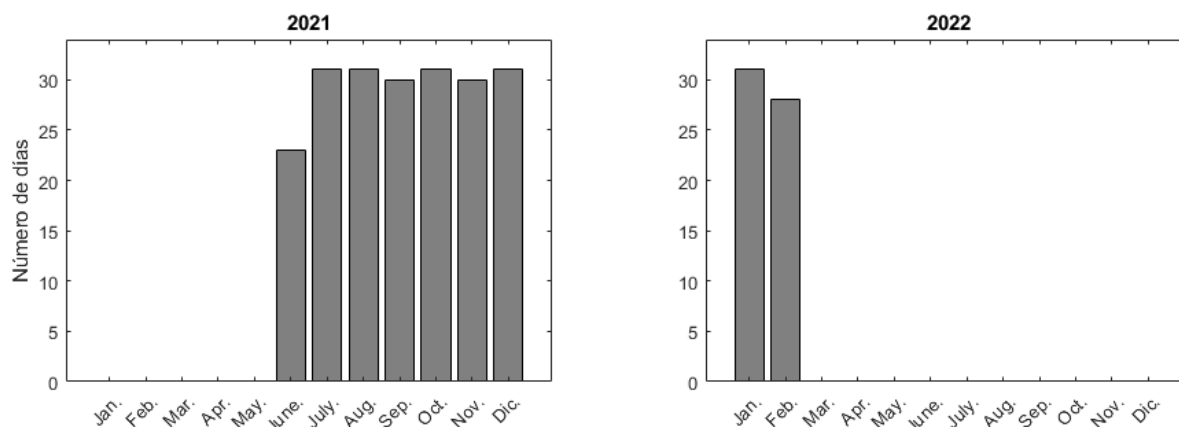


Figura 5. Número de días por mes con fuentes de sonido impulsivas en la demarcación canaria en 2021 y 2022.

A continuación, se representa el porcentaje de área en el que ha habido actividad generadora de sonido impulsivo en la demarcación marina canaria para cada uno de los días de las anualidades 2021 y 2022 (Figura 6). A partir del porcentaje de área diario es posible obtener el promedio anual en base diaria para la evaluación a largo plazo. Esto queda representado en la Figura 6. Como se puede observar, en todos los días el porcentaje de área en el que ha habido actividades de ruido impulsivo es relativamente bajo, menor que el 1 % ($8,2e-4$ % en todos los días desde el 8 de junio del 2021 hasta final de febrero de 2022). Como es de esperar, el promedio anual en base diaria del porcentaje de área alcanza valores menores ($5e-4$ en 2021 y $1e-4$ en 2022) (Figura 7).

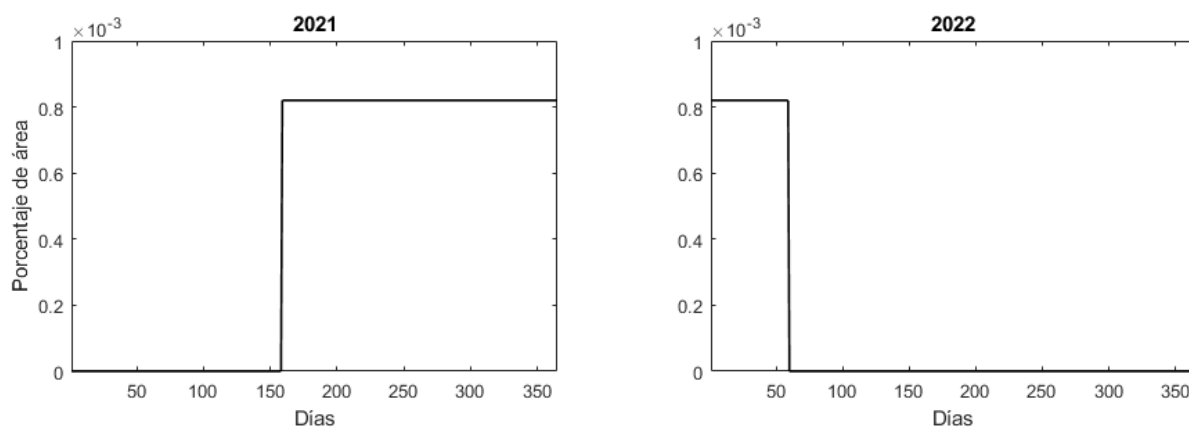


Figura 6. Porcentaje de área con presencia de actividades generadoras de sonido impulsivo de cada día de las anualidades 2021 y 2022 en la demarcación canaria en 2022.

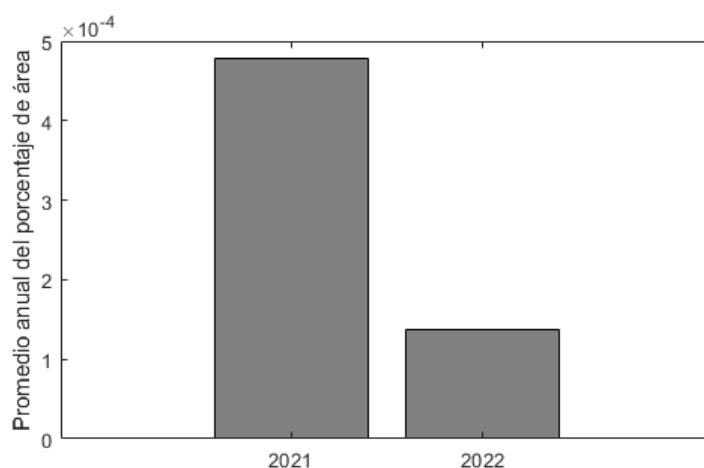


Figura 7. Promedio anual en base mensual del porcentaje de área con presencia de actividades generadoras de sonido impulsivo en la demarcación marina canaria.

En la Figura 8 se presenta el mapa del nivel de exposición sonora generado por la actividad emisora de ruido impulsivo que ha sido registrada durante las anualidades 2021 y 2022 (celdas C-Square de $0,01^\circ \times 0,01^\circ$). El registro de actividades de ruido impulsivo dispone de información acerca de los días en los que ha habido actividad, pero no del número de eventos diarios de cada una de ellas, por ello para cada actividad se presenta un mapa del nivel de exposición al sonido generado por una emisión originada por hincado de pilotes. Esto puede considerarse como valor unidad de la perturbación siendo aplicable a los días en los que ha tenido lugar la actividad. Además, junto al mapa de nivel de exposición sonora se presentan mapas del área que está por encima y por debajo de diferentes valores de SEL (110, 120, 130, 140, 150 y 164 dB).

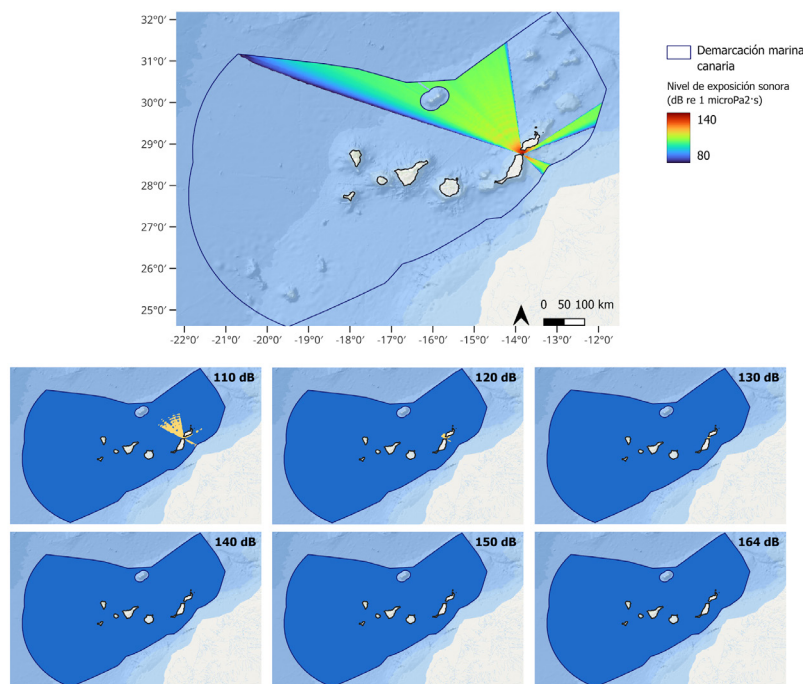


Figura 8. Mapa de nivel de exposición sonora generado por el hincado de pilotes de la actividad registrada como ES009 en la demarcación marina canaria en las anualidades 2021-2022. En miniatura se representa el área que presenta niveles de exposición sonora superiores (amarillo) e inferiores (azul) para los diferentes valores de umbral de SEL considerados (indicados en la leyenda de cada mapa).



En base a los días en los que ha habido actividad generadora de sonido impulsivo y los niveles de exposición sonora alcanzados cada día, se ha calculado el porcentaje de área de la demarcación marina canaria que está cada día por encima de los diferentes umbrales propuestos (110, 120, 130, 140, 150 y 164 dB) para las dos anualidades evaluadas (Figura 9). No se supera el umbral de exposición a corto plazo, 20 %, ninguno de los días del periodo de evaluación para ninguno de los umbrales de nivel de exposición sonora, incluyendo el menor de ellos, 110 dB, con porcentajes diarios menores del 2 %. El promedio anual del porcentaje de área, calculado en base diaria, para cada uno de los umbrales considerados se presenta en la Tabla 4. En ninguna de las anualidades se supera el umbral de exposición a largo plazo, 10 % del área.

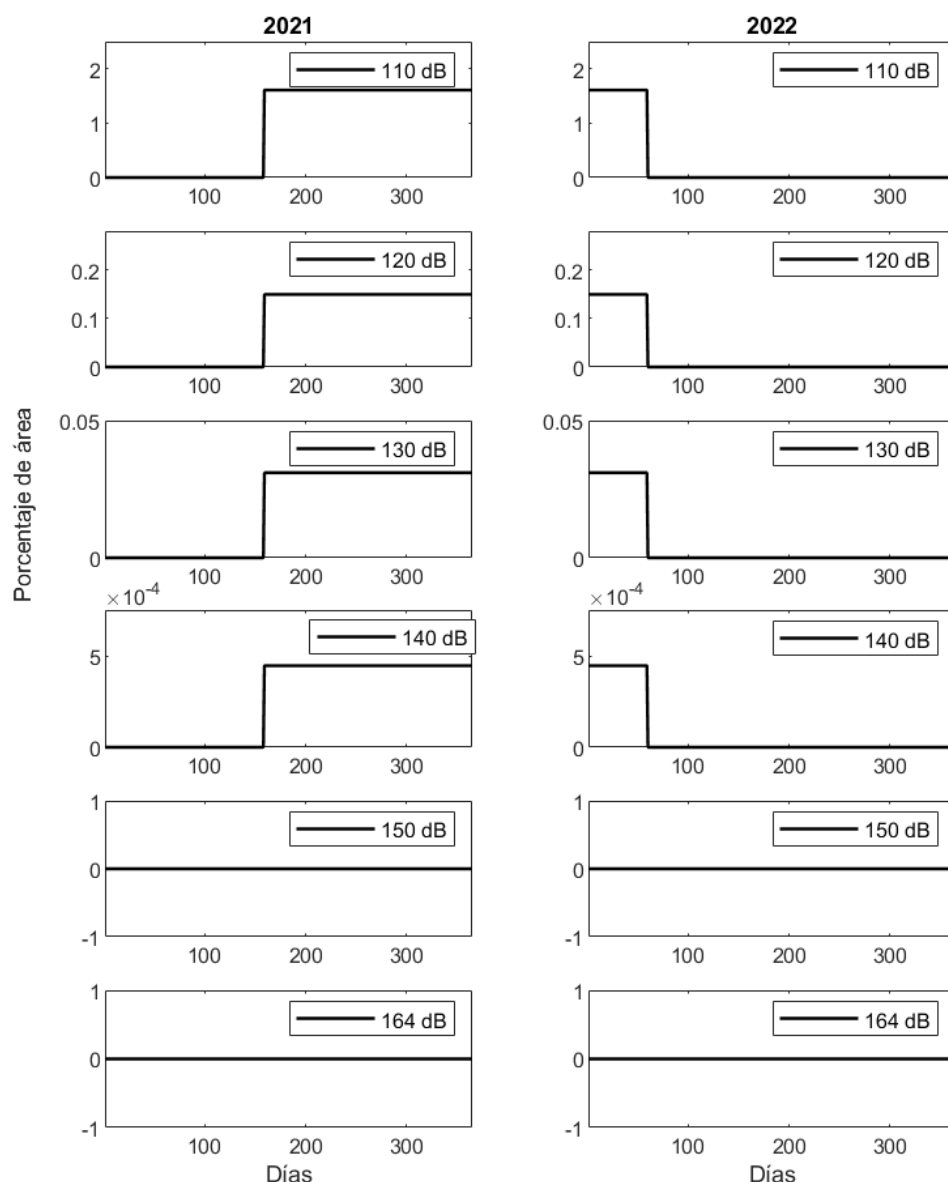


Figura 9. Porcentaje de área de la demarcación marina canaria que presenta un nivel de exposición sonora superior a diversos niveles considerados (indicados en la leyenda) para cada día de las dos anualidades evaluadas.



Tabla 4. Promedio anual del porcentaje de área de la demarcación marina canaria que presenta un nivel de exposición sonora superior a diversos niveles considerados

Umbral de nivel de exposición sonora	2021	2022
110 dB	1	<1
120 dB	<1	<1
130 dB	<1	<1
140 dB	<1	<1
150 dB	0	0
164 dB	0	0

La utilización de los distintos valores de SEL como valores a partir de los cuales calcular el potencial área afectada por ruido impulsivo tiene como objetivo conocer la extensión espacial y temporal de los niveles de exposición acústica considerando diferentes escenarios de lo que en el futuro serán valores de LOBE. De entre los valores de SEL utilizados, los dos valores máximos considerados (140 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ y 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$) se apuntan en el [SIG2023] como valores susceptibles de ser utilizados como valores de LOBE (apuntados previamente en [DEK2014b]) si no se dispone de más información acerca de las especies receptoras y los niveles a los cuales pueden verse afectadas negativamente. Cabe destacar que estos valores están basados en bibliografía relacionada con el impacto por TTS o cambios de comportamiento, algunos de ellos enfocados en marsopas. Se hace mención explícita en la guía [SIG2023] que deberán ser los Estados miembros los que tienen que definir estos valores de LOBE en los marcos de actuación regionales.

Con el objetivo de estudiar el estado a nivel de demarcación utilizando los valores de SEL anteriormente mencionados se ha calculado la extensión de área con niveles de exposición sonora superiores a 140 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ en caso de eventos impulsivos múltiples como el hincado de pilotes y a 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ en caso de eventos impulsivos individuales como las explosiones, para cada día de las anualidades 2021 y 2022. Dado que solo hay una actividad, y esta es de hincado de pilotes, solo se ha aplicado el umbral de nivel de 140 dB, y el resultado de porcentaje de área expuesta en ese caso es el mismo que el presentado en la Figura 9, el correspondiente a 140 dB. En ninguno de los días de ambas anualidades se supera el umbral del 20 % para exposiciones a corto plazo. Del mismo modo, el promedio anual del porcentaje de área con niveles de exposición sonora superiores a los umbrales de nivel de exposición al sonido indicados resulta en valores inferiores al 10 % de umbral de exposición a largo plazo, siendo menores que el 1 % para ambas anualidades.

En la siguiente tabla (Tabla 5) se indica el estado del criterio D11C1 que se determinaría si se utilizaran como valores umbral del parámetro "nivel de exposición sonora" los diferentes umbrales que se han utilizado para describir el estado del ruido impulsivo en la demarcación canaria. Dado que el ejercicio descriptivo del ruido impulsivo se ha llevado a cabo sin disponer de la información necesaria para poder llevar a cabo una evaluación precisa, como se ha descrito más arriba, el estado del criterio D11C1 no puede ser determinado a partir de los estudios presentados en este documento, y por lo tanto, la evaluación es no concluyente. De la misma manera, no es posible identificar ninguna tendencia de cambio de estado.



Tabla 5. Estado de consecución del BEA en el criterio D11C1 en la demarcación marina canaria para las anualidades 2021 y 2022.

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

Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido

Elemento	Estado D11C1	Tendencia (cambio de estado)
110 dB	■	¿?
120 dB	■	¿?
130 dB	■	¿?
140 dB	■	¿?
150 dB	■	¿?
164 dB	■	¿?
(140 dB; 164 dB)	■	¿?
Sonido impulsivo	■	¿?

Principales actividades humanas y presiones relacionadas

Las presiones antrópicas consideradas en el marco del descriptor 11 y definidas en al Anexo III de la Directiva (UE) 2017/845 de la Comisión relacionadas con el criterio D11C1:

- Generación de energías renovables (energía eólica, undimotriz y mareomotriz), incluida la infraestructura. Durante el desarrollo de esta actividad se genera sonido impulsivo en las tareas de montaje e instalación de la infraestructura en forma de hincado de pilotes.
- Infraestructura de transportes. Las infraestructuras necesarias para mantener y desarrollar la red de transportes marítimos existentes, considerando grandes buques como tanqueros, cargueros o grandes buques de pasajeros, requiere de una serie de actividades generadoras de sonido impulsivo antropogénico como el hincado de pilotes para la construcción de nuevas infraestructuras y voladuras para la reforma de infraestructuras existentes.

Tabla 6. Presiones y actividades relacionadas con el criterio D11C1.

Actividad	Presión
Generación de energías renovables (energía eólica, undimotriz y mareomotriz), incluida la infraestructura	Aporte de sonido antropogénico (impulsivo, continuo)
Infraestructura de transportes	

Área de evaluación

El área evaluada se corresponde con la demarcación marina canaria. La superficie evaluada se representa en el mapa de la Figura 1. De la evaluación realizada considerando distintos valores umbral de SEL, incluyendo los valores sugeridos como susceptibles de ser utilizados como LOBE se concluye que



no se supera en ningún caso los valores umbral en la extensión espacial para las dos aproximaciones temporales consideradas. Sin embargo, existen aspectos e incertidumbres que no permiten evaluar el buen estado ambiental en este momento (falta de conocimiento sobre la cantidad impactos diarios en el caso de hincado de pilotes, falta de consenso en el valor de SEL o SPL ligado específicamente a las especies presentes en el área alineados con los trabajos de estandarización a nivel regional etc.). Es por ello por lo que se concluye que el estado después de la evaluación es desconocido.

Resumen de los resultados de la evaluación

Tabla 7. Resumen de los resultados de la evaluación del criterio D11C1 en la demarcación marina canaria.

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

Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido

Especie	Criterio	Estado de la especie con respecto al ruido impulsivo	Tendencia (cambio de estado)
DM canaria	D11C1		¿?

En la Figura 8 se presenta el mapa del nivel de exposición sonora generado por la actividad emisora de ruido impulsivo que ha sido registrada durante las anualidades 2021 y 2022.

Resultado de la evaluación del tercer ciclo

Desconocido.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

A continuación, se describe la metodología específica del análisis basado en presencia de fuentes de ruido impulsivas y del análisis basado en el nivel de exposición sonora.

Análisis basado en la presencia de fuentes impulsivas de sonido

El área de evaluación ha sido dividida en celdas C-Square (Concise Spatial Query And Representation System) [REE2003] de 0,05° de lado, con una extensión aproximada de 25 km². La superficie total de cada una de las celdas con fuentes de sonido impulsivas computa en el cálculo de los porcentajes de área, a excepción de las celdas por las que pasa la línea de costa, en las que la superficie terrestre no computa.

Se ha calculado lo siguiente:

1. Porcentaje de días por año en los que ha habido actividad de fuentes de sonido impulsivas en cada celda. Este cartografiado del porcentaje anual de días de actividad permite identificar áreas con concentración de actividades humanas generadoras de ruido y ofrece información básica para la toma de decisiones por parte de los gestores ambientales, si bien es cierto que deja cuestiones sin resolver para poder evaluar los efectos del ruido generado en una localización sobre las áreas de las celdas adyacentes o los efectos acumulativos sobre las especies marinas sensibles al ruido [DRI2018].
2. Número de días de cada mes con presencia de fuentes de sonido impulsivo en la demarcación marina.
3. Porcentaje de área con fuentes de sonido impulsivas en cada anualidad.



4. Porcentaje de área con actividades de sonido impulsivo cada día de las anualidades 2021 y 2022.
5. Promedio anual en base diaria del porcentaje de área con presencia de actividades de sonido impulsivo para cada anualidad.
6. Porcentaje de área con actividades de sonido impulsivo cada mensualidad de las anualidades 2021 y 2022.
7. Promedio anual en base mensual del porcentaje de área con presencia de actividades de sonido impulsivo para cada anualidad.

Mediante el cálculo de los porcentajes de áreas con fuentes de sonido impulsivas es posible examinar la evolución del porcentaje de área afectada a lo largo de cada anualidad para cada demarcación marina y así poder detectar temporadas de mayor concentración de actividades y por lo tanto de mayor impacto. Por ahora el registro es reducido, cuenta únicamente con cinco actividades, no pudiendo así elaborar estadísticas representativas.

Análisis basado en el nivel de exposición sonora

A partir de mapas de nivel de exposición al sonido originado por cada una de las actividades, del calendario de eventos de cada una de las actividades durante el periodo de evaluación y de la aplicación de diferentes umbrales de nivel, es posible conocer el porcentaje de área de la demarcación marina expuesta cada día y el promedio anual de área expuesta.

A continuación, se enumeran y describen brevemente los puntos de la metodología aplicada:

- Cálculo del nivel de fuente

El nivel de fuente de cada una de las actividades ha sido determinado en base a la clasificación de las fuentes atendiendo a su nivel [SIG2023] (Tabla 1 del documento 'Setting EU Threshold Values for impulsive underwater sound'). Para ello, el nivel asignado a cada fuente se corresponde con el nivel del límite superior de la clase a la que pertenece con el fin de cumplir con el principio de precaución.

Así, a las fuentes de las actividades de hincado de pilotes, clasificadas todas ellas en el nivel más bajo, se le ha asignado un nivel de 210 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}$. A las explosiones clasificadas en el nivel más bajo se les ha asignado un nivel de emisión de 234 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}$, y a las clasificadas en nivel medio, 254 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}$.

- Cálculo de mapas del nivel de exposición al sonido originado por cada una de las actividades emisoras de ruido impulsivo.

Se ha propagado el sonido emitido por cada una de las fuentes mediante un modelo numérico (BE-LLHOP3D) que predice la presión acústica en el medio a partir de la aplicación de las pérdidas por propagación al sonido procedente de las fuentes caracterizadas.

Los mapas han sido calculados con una resolución de 0,01° de lado, en celdas C-Square [REE2023], con una superficie aproximada de 1 km². Esta resolución eleva el gasto computacional, sin embargo, permite obtener detalle de las zonas costeras, donde se sitúan las fuentes.

Todas las actividades registradas han tenido lugar en localizaciones muy cercanas a costa, en el interior de puertos o de rías. La simulación empleada para la propagación del sonido puede presentar limitaciones en zonas tan someras y cercanas a los límites terrestres.

- Establecimiento de umbrales de nivel de exposición al sonido

Se han determinado diferentes umbrales de exposición al sonido con el fin de observar la evolución de los porcentajes de área calculados para cada uno de ellos. Los niveles establecidos son 110, 130, 140, 150, 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$. Tal y como se refiere más adelante en el apartado 'Valores umbral' de esta sección, no se ha definido LOBE, si bien es cierto que, para ejemplificar la metodología, se han tomado los valores propuestos por TG Noise [SIG2023] en caso de no disponer de mejor información



específica de la región y las especies de interés. Estos son 140 dB re 1 $\mu\text{Pa}2\cdot\text{s}$ para eventos impulsivos múltiples, como es el hincado de pilotes, y 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}2\cdot\text{s}$ para eventos individuales, como explosiones.

Cálculo del porcentaje de área que presenta un nivel de exposición al sonido superior a los diferentes umbrales establecidos

El porcentaje de área evaluada expuesta a un nivel superior al umbral (FAE) se calcula como $\text{FAE}(t_i) = \text{ATH}(t_i) \cdot 100 / \text{AAE}(t_i)$ para cada día i , siendo ATH la extensión del área que está expuesta a un nivel superior al umbral y AAE la extensión total del área evaluada.

Una vez calculado el porcentaje de área expuesta en base diaria, es posible calcular el porcentaje promedio de área expuesta durante el periodo de evaluación, que en nuestro caso es anual. De modo que, si la anualidad evaluada a tiene 365 días,

$$F_{AE}(t_a) = \frac{\sum_{i=1}^{365} F_{AE}(t_i)}{365}$$

Se ha calculado el porcentaje de área de acuerdo con los diferentes umbrales y además se ha ejemplificado la metodología a seguir si se dispusiera de LOBE definido aplicando los umbrales específicos para cada tipo de actividad: 140 dB re 1 $\mu\text{Pa}2\cdot\text{s}$ para hincado de pilotes y 164 dB re 1 $\mu\text{Pa}2\cdot\text{s}$ para explosiones. Dado que hay actividades que pueden coincidir un mismo día, el área expuesta correspondiente a un día con más de una actividad es el resultado de la combinación o solapamiento de las áreas expuestas de acuerdo con cada actividad.

Parámetros utilizados

El parámetro utilizado para la evaluación del estado ambiental con relación al ruido impulsivo submarino es el nivel de exposición sonora (SEL) en dB re 1 $\mu\text{Pa}2\cdot\text{s}$, tal y como se sugiere desde TG Noise como métrica para evaluar la respuesta conductual a sonidos de carácter impulsivo como los procedentes de explosiones, disparos, 'airguns' asociados a prospecciones sísmicas o impactos derivados del hincado de pilotes [DEK2014; SIG2023].

SEL se define como diez veces el logaritmo en base diez de la relación entre la integral en tiempo del cuadrado de la presión sonora instantánea ponderada en frecuencia y el valor de referencia 1 $\mu\text{Pa}2\cdot\text{s}$ para el agua [SOU2019].

Los valores SEL se pueden calcular sobre el total de una exposición discreta a ruido o calculados de manera acumulativa en exposiciones múltiples a ruido repetitivo que ocurran de manera sucesiva. En este último caso, para evaluar el impacto de la exposición a sonido impulsivo repetitivo se puede calcular el SEL acumulado experimentado por un receptor (como un mamífero marino) mientras está huyendo desde su localización al inicio de la actividad generadora de ruido alejándose de la fuente, tal y como proponen [SKJ2015]. La aplicación de métricas más elaboradas como el SEL acumulado deberán estudiarse en detalle en el siguiente ciclo de EEMM.

Valores umbral

En el marco de la evaluación del impacto por sonido impulsivo, se considera que comienza a haber efectos adversos cuando los individuos de las especies de interés sufren perturbaciones de comportamiento en consecuencia. Estas perturbaciones pueden ser desplazamientos, abandono de una actividad relevante, como la alimentación o la crianza [NOW2007].

La literatura científica existente sobre los efectos del ruido impulsivo sobre las especies marinas, concretamente del grupo de los cetáceos, ofrece información sobre los niveles de exposición sono-



ra que causan pérdidas en la audición, ya sean temporales o permanentes, a diferentes frecuencias para diversidad de especies. Es el caso de los niveles umbral indicados en la guía técnica para la evaluación de los efectos del sonido antropogénico en la audición de los mamíferos marinos de la NOAA [NOAA2018]. Sin embargo, los estudios acerca de sus efectos sobre el comportamiento de los individuos son escasos y se espera que los niveles que provoquen perturbaciones en el comportamiento sean menores que los que modifican el umbral de audición y por lo tanto la utilización de éstos últimos niveles cumpliría con el principio de precaución. En 2016, [GOM2016] publicaron una revisión en la que presenta datos sobre la severidad del efecto del comportamiento de diferentes grupos de cetáceos según el nivel de presión sonora (dB re 1 μ Pa), no nivel de exposición sonora, producido por fuentes tanto continuas como impulsivas. Es por ello por lo que se ha decidido utilizar los umbrales que propone TGNoise en el documento ‘Setting EU Threshold Values for impulsive underwater sound’ [SIG2023] en caso de no disponer de mejor información específica de la región y las especies de interés. Estos umbrales están basados en los estudios existentes hasta 2013 [DEK2014b].

Para el caso de sonidos impulsivos múltiples, se toman como referencia los estudios llevados a cabo sobre efectos conductuales debido al ruido generado por hincado de pilotes [TOU2012], por parques eólicos [WIT2010 en [SIG2023]] y por “airguns” [LUC2009] sobre marsopas. Para los sonidos impulsivos individuales, como las explosiones, se basan en el estudio de [LUK2009] que determina los umbrales atendiendo a cambios temporales del umbral de audición. El umbral sugerido para explosiones individuales es más elevado que para los eventos múltiples, si bien, en caso de explosiones repetidas en un corto periodo de tiempo se debe valorar aplicar el mismo umbral que para sonidos impulsivos múltiples. Los umbrales máximos utilizados para ejemplificar la metodología de evaluación han sido:

- Nivel de exposición sonora (SEL) de 140 dB re 1 μ Pa 2 ·s para fuentes impulsivas múltiples.
- Nivel de exposición sonora (SEL) de 164 dB re 1 μ Pa 2 ·s para explosiones.

La metodología y valores considerados para realizar la evaluación siguen la guía [SIG2023] propuesta por el grupo de expertos de la Comisión en ruido submarino.

Respecto a los valores umbral para la consecución del buen estado ambiental (BEA), sus unidades son porcentaje de área, y también siguen las directrices de la guía [SIG2023]. Tal y como se describe en el apartado ‘Consecución del BEA’ de la sección anterior, quedan establecidos dos umbrales de porcentaje de área expuesta a niveles de sonido impulsivo a partir de los cuales se espera que comiencen a existir efectos adversos sobre las especies, uno del 20 % para exposiciones a corto plazo y otro del 10 % para exposiciones a largo plazo.

Valores obtenidos para el parámetro

Se ha obtenido un valor del parámetro SEL para cada una de las celdas del área evaluada (Figura 8).

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Desconocida.

Consecución del parámetro

Los resultados obtenidos para los dos valores de SEL utilizados como valores umbral sobre el nivel de exposición (140 y 164 dB re 1 μ Pa 2 ·s), no superan el umbral máximo de área en las aproximaciones para corto y largo periodo (base diaria, base anual).

Evaluación a nivel regional/subregional

No se ha llevado a cabo una evaluación a nivel subregional o regional distinta a la expuesta en los apartados anteriores.



D11C2. RUIDO AMBIENTE SUBMARINO



5. Evaluación general a nivel de demarcación marina D11C2. Ruido ambiente submarino

Consecución del BEA

Tabla 8. Resultado de la consecución del buen estado ambiental para el criterio D11C2 en la demarcación marina canaria.

Unidad para evaluar la consecución del BEA	% del área que se encuentra por encima de un determinado valor de nivel de presión sonora, un determinado % de tiempo.
Valor umbral para la consecución del BEA en un tipo de hábitat pelágico	El porcentaje de área fijado por mensualidad que no debe ser superado en relación a los distintos valores estudiados es $\leq$ al 20 % del área evaluada. Este valor umbral se deriva de la metodología descrita en el documento propuesto por el grupo de expertos en ruido submarino de la Comisión Europea [BOR2023] y es un valor fijado a máximo, siendo tarea de los Estados miembros en los marcos de los convenios regionales fijar un valor asociado a las especies indicadoras consideradas. Al igual que en la metodología descrita para el criterio D11C1, la extensión espacial depende del establecimiento de valor/es de LOBE definidos en la métrica seleccionada (esto es SPL, exceso de nivel a partir de una condición de ambiente prístino etc.). En el caso del criterio D11C2 la extensión espacial debe calcularse anualmente en base mensual.
Resultados del tercer ciclo	Resultados descritos en las Tabla 10 y Tabla 11 del presente documento para dos valores de SPL seleccionados para realizar la evaluación.
Resultado de la evaluación	Desconocido
Periodo de evaluación	2020-2022

Descripción del estado del ruido ambiente

La demarcación marina canaria cuenta con una importante relevancia ecológica ya que se han designado en ella diversas figuras de protección, nacional e internacionalmente. Desde 2015, aprobado por la Orden AAA/368/2015, cuenta con el Espacio marino del Oriente y Sur de Lanzarote y Fuerteventura designado como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), además de otros espacios LIC.

Adicionalmente, en 2023, mediante la Orden/TED/1416/2023 se proponen las áreas Montes submarinos del suroeste de Canarias y Montes submarinos del noreste de Canarias, también como LICs. Esta demarcación marina cuenta también con el área Canary Islands Particularly Sensitive Area (PSSA), declarada en el año 2005 por la International Maritime Organization. Dentro de los límites de esta demarcación canaria se encuentran también el área Canary and Madeira Islands, declaradas como Área de Importancia para los Mamíferos Marinos (IMMA) designada por el Marine Mammal Protected Area Task Force.

Con esto se pretende resaltar la diversidad de hábitats y especies susceptibles de ser afectadas por el ruido submarino.



El tráfico marítimo en las islas Canarias se destaca significativamente entre las demarcaciones marinas de España, gracias a su posición clave en el océano Atlántico. Esta área es conocida por su amplia red de rutas marítimas, que no solamente la vinculan con la península ibérica, sino también con destinos en América, África y otras partes de Europa. La variedad de embarcaciones que surcan estas aguas, incluyendo cruceros, cargueros y petroleros, muestra la rica diversidad de su tráfico marítimo. Las conexiones más cruciales incluyen las rutas interinsulares, además de las rutas transatlánticas y aquellas que conectan con los principales puertos europeos y del norte de África.

Los resultados obtenidos en la monitorización realizada en las anualidades 2020, 2021 y 2022 deben dividirse en dos bloques complementarios y bien diferenciados como son la modelización teórica del nivel de presión y la obtenida a través de las estaciones de medida experimentales dispuestas en la demarcación marina. Ambas fuentes de información son necesarias y complementarias habiéndose utilizado los resultados experimentales para realizar la validación de las predicciones teóricas. Las Figura 10, 11 y 12 muestran los resultados obtenidos a través del modelo de predicción teórico de ruido submarino. La Tabla 9 muestra las características técnicas, así como los modelos utilizados.

Tabla 9. Características de la modelización teórica.

Anualidad	Base temporal	Modelo de fuente	Propiedades grid	Propagación	SPL máximo en columna de agua
2020	1h	Randi	0,05° CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 µPa]
2021	1h	Randi	0,05° CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 µPa]
2022	1h	Randi	0,05° CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 µPa]

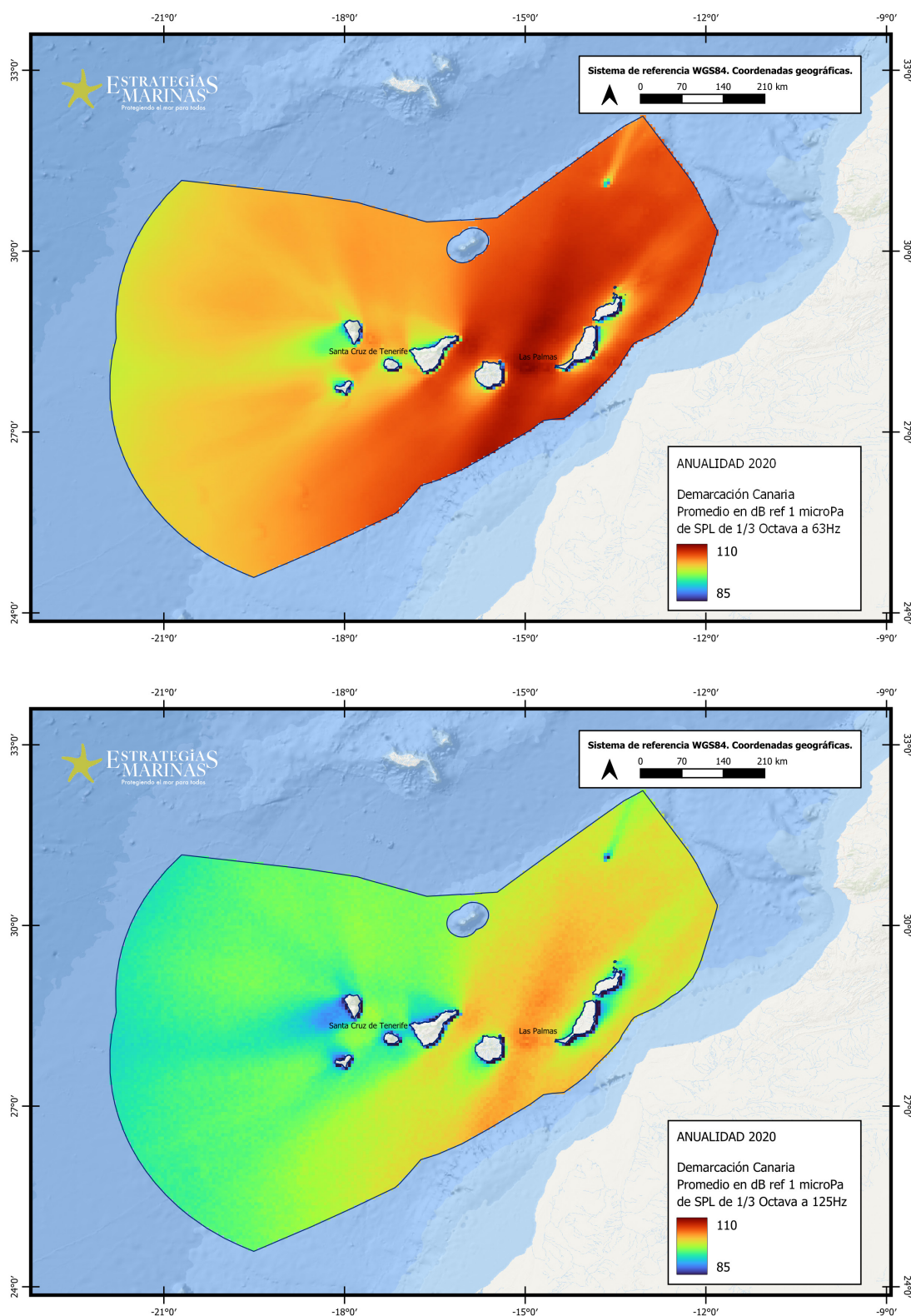


Figura 10. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125Hz correspondiente a la anualidad 2020 [dB ref 1 μ Pa].

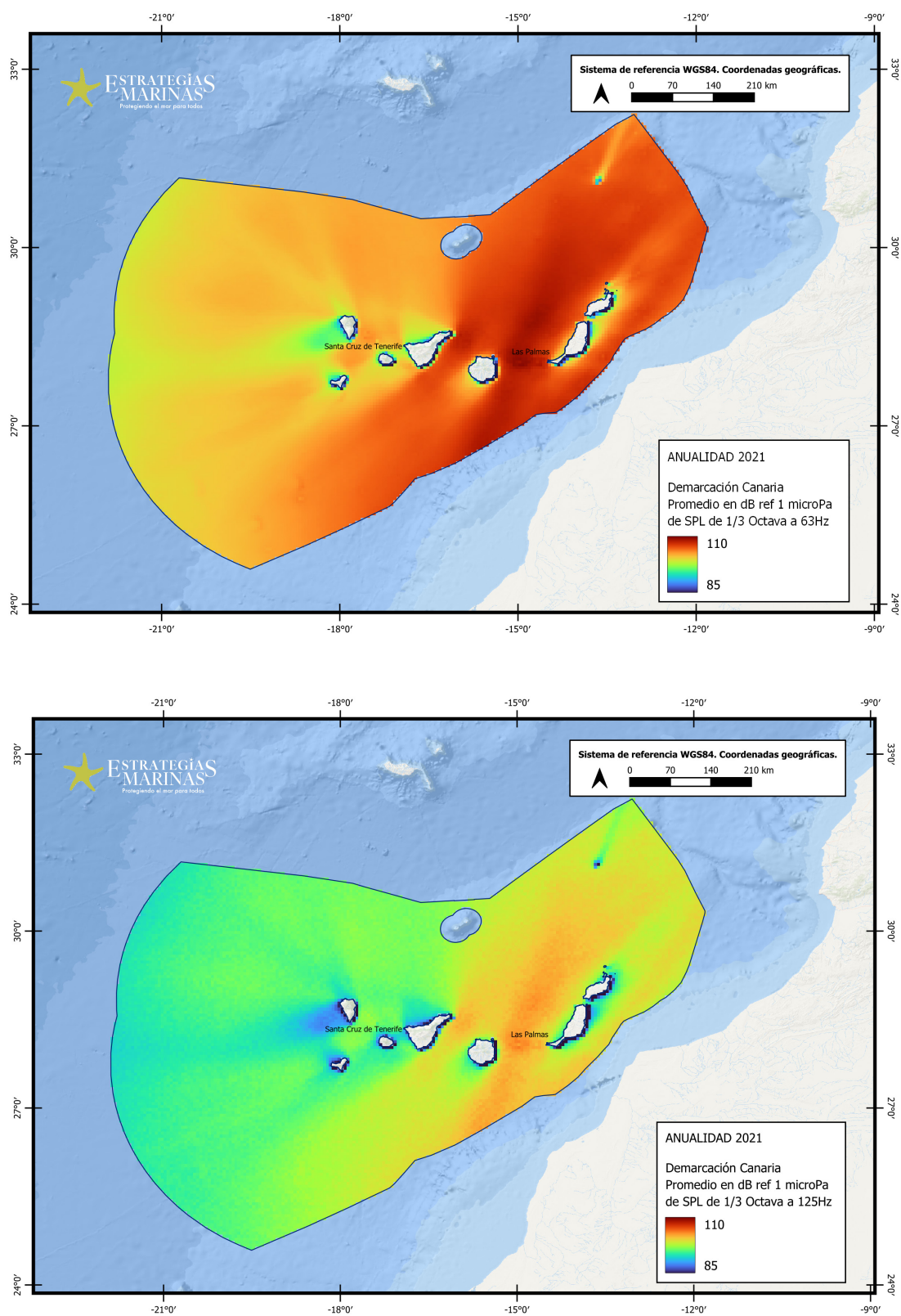


Figura 11. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125Hz correspondiente a la anualidad 2021 [dB ref 1 μ Pa].

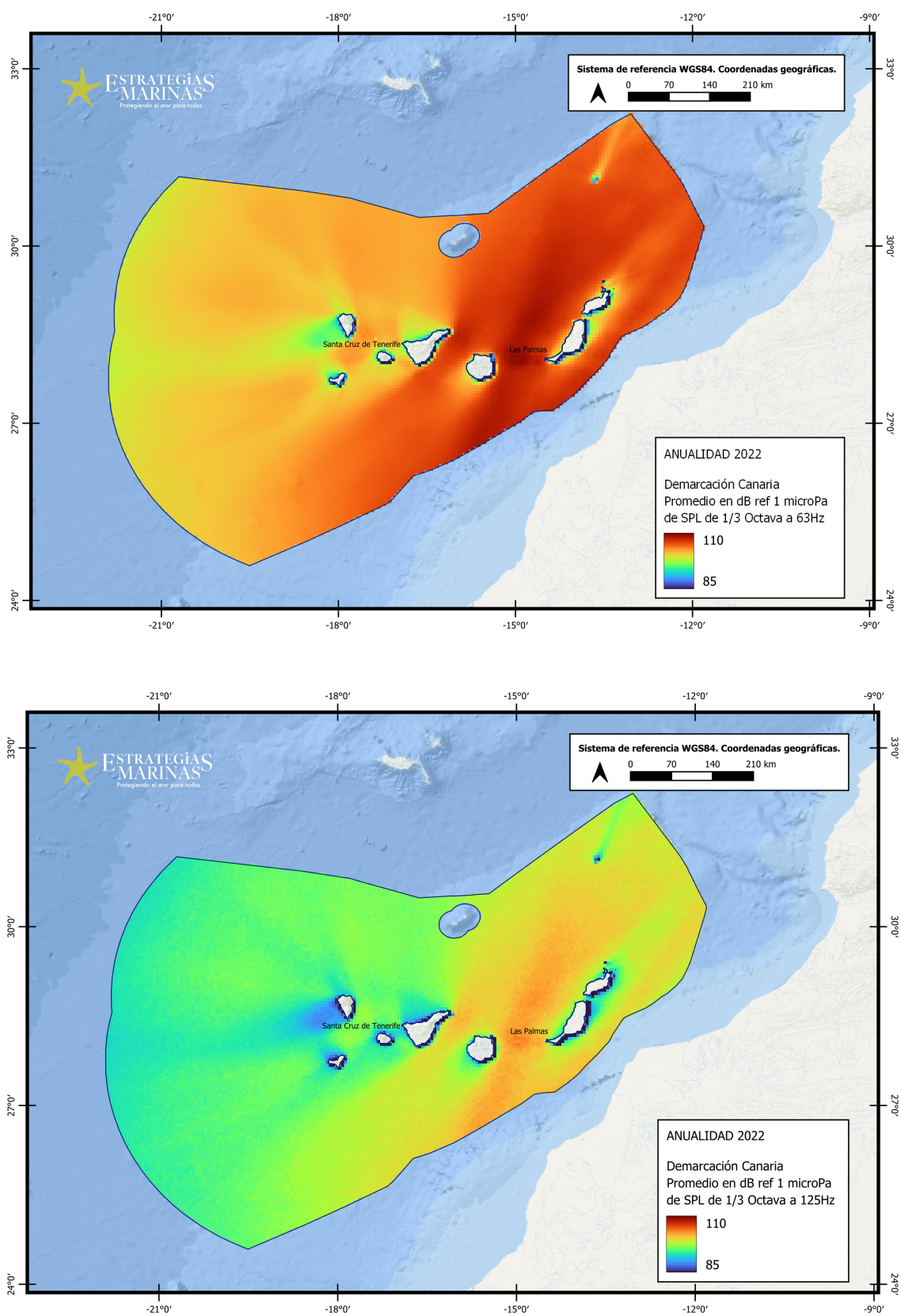


Figura 12. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125Hz correspondiente a la anualidad 2022 [dB ref 1 μPa].



Durante el período reportado, no se ha dispuesto ninguna instalación de sistema acústico pasivo de grabación por lo que no se ha podido realizar el estudio de convergencia entre cálculo teórico y datos reales, como en otras demarcaciones. Sin embargo, en 2023 se ha conseguido tener un punto de muestreo que se espera mantener durante el siguiente periodo. Adicionalmente se implementarán al menos uno o dos puntos de monitorización que completen la información acerca de los niveles de presión en la demarcación marina canaria. Respecto a la evaluación del buen estado ambiental, al igual que en el resto de demarcaciones marinas españolas, dado que no se tiene un consenso sobre los potenciales valores de LOBE a utilizar, se ha realizado una aproximación al problema similar al descrito en el criterio D11C1 (esta vez el parámetro es SPL), esto es considerar distintos valores de nivel de presión y estudiar el porcentaje de área que se encuentra por encima de dicho nivel. Adicionalmente existe una dependencia más que debe ser considerada y es el porcentaje de tiempo que en la mensualidad cada celda se encuentra por encima de cada valor de nivel umbral. La Figura 13 y la Figura 14 muestran la evolución del porcentaje de área que se encuentra en niveles superiores a los umbrales de nivel seleccionados (caso de $\frac{1}{3}$ de Octava de 63Hz y 125Hz). Adicionalmente en la parte inferior de la figura se muestra la relación en base anual del porcentaje de tiempo asociado al porcentaje de área que se encuentra por encima de cada valor de nivel umbral. Esta representación es útil a la hora de inferir tendencias interanuales en el porcentaje de área potencialmente afectada por estar por encima de un determinado valor de nivel umbral. Sin embargo, para realizar la evaluación se necesita disponer de una resolución temporal mensual.

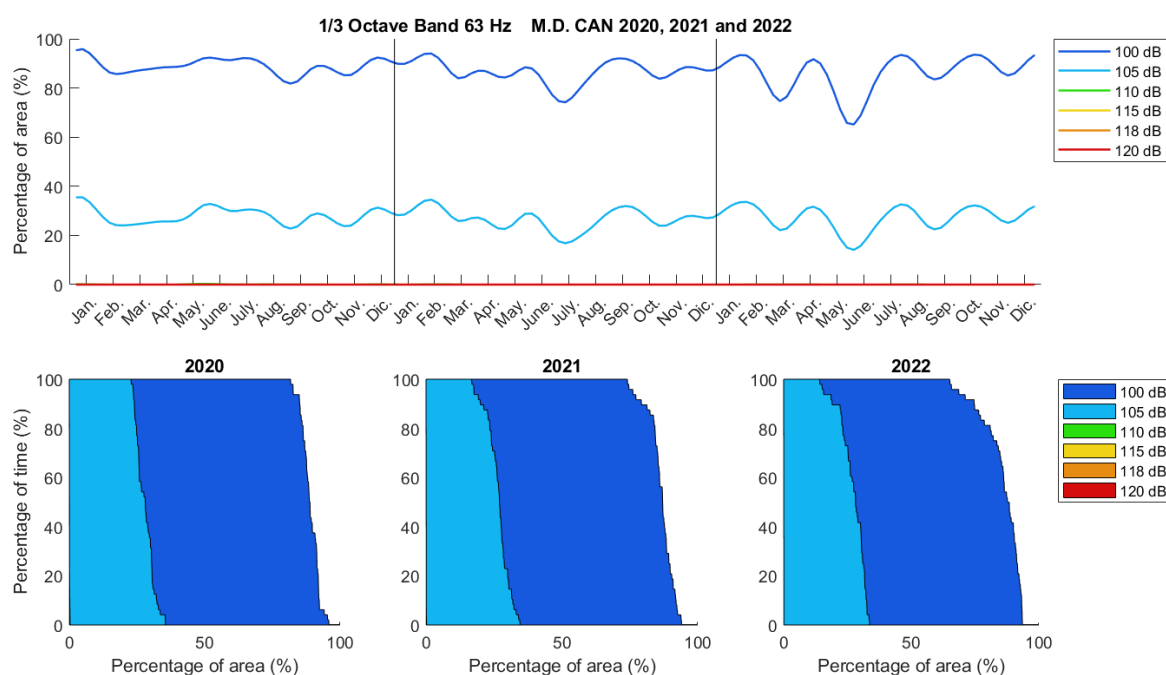


Figura 13. (superior) Evolución durante el periodo de evaluación del porcentaje de área que se encuentra por encima de los distintos valores de nivel considerados como umbrales y que a futuro deberán determinar la potencial afección sobre especies indicadoras (LOBE). (Inferior) curvas de área, relacionadas con el porcentaje de área por encima de los distintos umbrales de nivel (en base anual).

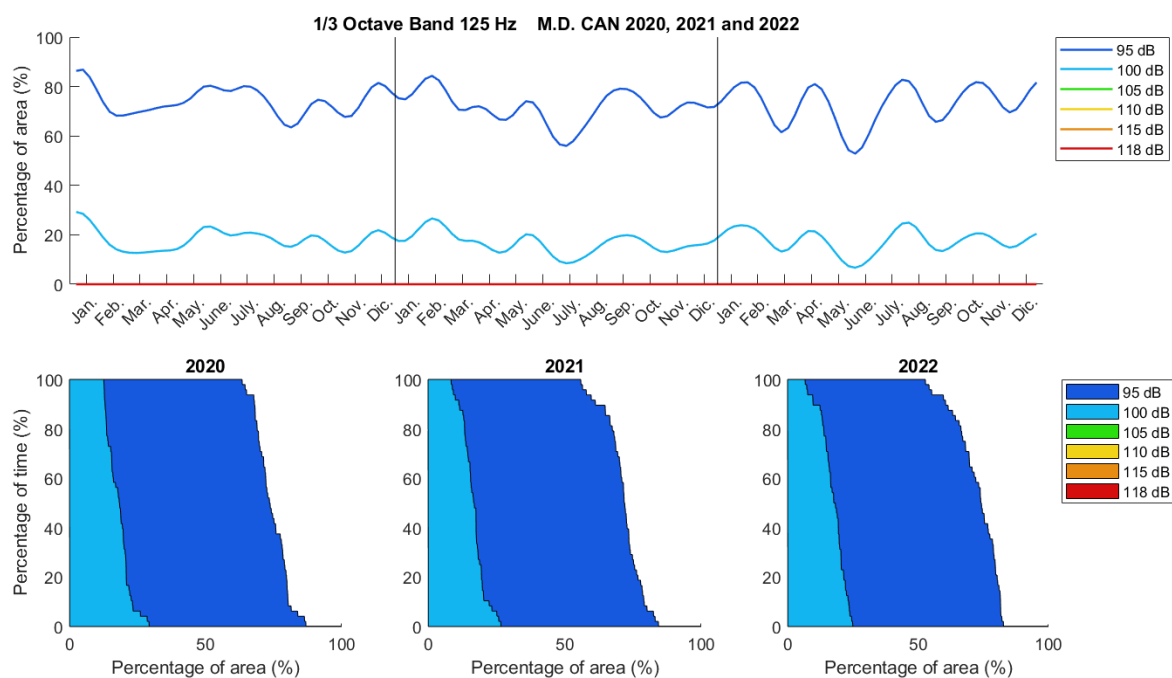


Figura 14. (superior) Evolución durante el periodo de evaluación del porcentaje de área que se encuentra por encima de los distintos valores de nivel considerados como umbrales y que a futuro deberán determinar la potencial afección sobre especies indicadoras (LOBE). (Inferior) curvas de área, relacionadas con el porcentaje de área por encima de los distintos umbrales de nivel (en base anual).

Para ello se ha evaluado para cada anualidad el área que se encuentra más del 50 % del tiempo de cada mensualidad evaluada por encima de 110dB y 115dB de valor umbral tanto para el caso de la banda de frecuencia de 63Hz como de 125Hz. En la Tabla 10 y Tabla 11 se presenta el porcentaje de área por encima del cual la demarcación marina canaria ha estado el 50 % del tiempo con niveles de presión sonora por encima de 110 y 115 dB re $1\mu Pa$, respectivamente, para las bandas de $\frac{1}{3}$ de octava de 63 y 125 Hz.

Tabla 10. Porcentaje de área evaluada que se encuentra por encima de 110 dB (a) $\frac{1}{3}$ de Octava de 63 Hz (b) $\frac{1}{3}$ de Octava de 125 Hz.

(a)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	<1	<1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2021	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2022	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

(b)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tabla 11. Porcentaje de área evaluada que se encuentra por encima de 115 dB (a) $\frac{1}{3}$ de Octava de 63 Hz (b) $\frac{1}{3}$ de Octava de 125 Hz.

(a)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se puede observar en los mapas de ruido, así como en las curvas de nivel mostradas en las Figura 13 y 14, la predicción teórica de niveles es comparativamente menor respecto del resto de demarcaciones marinas evaluadas. Esto deberá corroborarse a futuro con medidas experimentales, ya que la demarcación marina canaria presenta unas propiedades batimétricas particulares debido a su origen volcánico, lo que le confiere un relieve submarino con profundas caídas cerca de la costa y vastos cañones submarinos que se extienden desde las islas hacia el océano. Así pues los resultados mostrados en la Tabla 10 y Tabla 11 muestran cómo, para los niveles umbral de presión seleccionados no se supera en ningún caso y considerando ninguno de los dos umbrales, 110 y 115 dB, el límite máximo fijado de área afectada del 20 %, quedando en 0 % o muy cercano en todas las mensualidades. Debido a la falta de conocimiento acerca de valores específicos mediante los cuales parametrizar el LOBE en relación con las especies indicadoras presentes en el área, la figura de evaluación no concluyente se escoge como más adecuada.

Tabla 12. Estado de consecución del BEA en el criterio D11C2 en la demarcación marina canaria para la anualidad 2021.

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

Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: $\leftrightarrow$ Estable; $\nearrow$ Mejora; $\searrow$ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido

Elemento	Estado D11C2	Tendencia (cambio de estado)
110 dB	 	$\leftrightarrow$
115 dB	 	¿?
Sonido ambiente	 	



Principales actividades humanas y presiones relacionadas

Las presiones antrópicas consideradas en el marco del descriptor 11 y definidas en el Anexo III de la Directiva (UE) 2017/845 de la Comisión relacionadas con el criterio D11C2 son:

- Generación de energías renovables (energía eólica, undimotriz y mareomotriz), incluida la infraestructura. Durante el desarrollo de esta actividad se generan aportaciones de sonido continuo durante el funcionamiento de la instalación.
- Transporte marítimo. El transporte marítimo, tomando en consideración las diferentes categorías de buques que se desplazan dentro de los límites administrativos de las demarcaciones marinas españolas (tanqueros, gaseros, cargueros, grandes buques de pasajeros, fast-ferrys, buques de pesca...), es la principal fuente generadora de sonido continuo antropogénico de baja frecuencia en el agua.

Tabla 13. Actividades y presiones relacionadas con el criterio D11C2.

Actividad	Presión
Generación de energías renovables (energía eólica, undimotriz y mareomotriz), incluida la infraestructura	Aporte de sonido antropogénico (impulsivo, continuo)
Transporte marítimo	

Área de evaluación

El área evaluada corresponde a la demarcación marina cuya extensión y cartografía se presenta en la Figura 1 del presente documento.

Resumen de los resultados de la evaluación

Tabla 14. Resultado de la evaluación del D11C2 en la demarcación marina canaria.

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

Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido

Elemento	Criterio	Estado de la especie con respecto al ruido ambiente	Tendencia (cambio de estado)
115 dB	D11C2	■	¿?

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Desconocido.

La evolución temporal del porcentaje de área de la demarcación marina canaria que presenta un nivel de presión sonora superior a diferentes umbrales (100, 105, 110, 115, 118 y 120 dB re 1 µPa para 63 Hz; 95, 100, 105, 110, 115 y 118 dB re 1 µPa para 125 Hz) muestra que únicamente para los umbrales de nivel de presión de 100 dB y 105dB en el caso del tercio de octava de 63 Hz y 95 dB y 100 dB en el caso de la banda de frecuencia de tercio de octava centrada en 125Hz superan el nivel máximo de potencial área afectada fijado en 20 %. Para los valores máximos de nivel utilizados durante este



período de evaluación sobre todas las demarcaciones marinas (110 dB, 115 dB) no se supera en ningún caso el valor umbral máximo de área para ninguna de las anualidades evaluadas.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

Dado que no existe un consenso claro acerca del nivel de presión sonora a partir del cual se considera que comienzan a aparecer efectos adversos en las especies que habitan el área evaluada, se han establecido diferentes niveles umbral que ayudan, no solo a ejemplificar el proceso seguido para el estudio del estado del ruido ambiente, sino a observar tendencias del porcentaje de área expuesta atendiendo a esos diferentes niveles umbral a lo largo de las tres anualidades 2020, 2021 y 2022.

La metodología aplicada en la evaluación de este criterio se fundamenta en la monitorización del ruido submarino de baja frecuencia, así como en el estudio y la implementación de la metodología descrita en la guía [BOR2023]. Algunos de los aspectos propuestos en esta guía quedan pendientes para un estudio pormenorizado en el siguiente ciclo, principalmente relacionados con el estudio de las especies susceptibles de ser afectadas negativamente por el ruido continuo de baja frecuencia y la determinación de las métricas que permitan evaluar el valor de LOBE y la exposición temporal a partir de la cual evaluar el porcentaje de área o hábitat que presenta niveles suficientemente altos de ruido como para impactar sobre individuos y/o poblaciones. A continuación, se describen los pasos seguidos en la evaluación reportada indicando también aquellos aspectos que necesitan un estudio más detallado a futuro.

- Evaluación de los niveles de presión asociados a las bandas de $\frac{1}{3}$ de octava de 63Hz y 125Hz. Esta tarea se ha realizado a través de la implementación de una doble aproximación de monitorización. Por un lado, se han realizado las simulaciones teóricas de ruido radiado por las embarcaciones presentes en la demarcación marina considerando:
 - Análisis de los datos de navegación (AIS) de la demarcación marina realizando una serie de filtros sobre los datos para considerar únicamente registros que contienen todos los datos sin fallo en la recepción o emisión, valores de posición compatibles con la velocidad que se reporta en cada entrada de identificación por embarcación, así como reconstrucción de las trayectorias de las embarcaciones identificando y corrigiendo interpolaciones no realistas entre posiciones consecutivas.
 - Extracción de las propiedades relacionadas con el tráfico marítimo en cada celda del grid que segmenta la demarcación con resolución horaria disponiendo así de la media de las propiedades necesarias para aplicar el modelo de fuente a cada segmento del área (velocidad, longitud, tipología de embarcación etc.).
 - Determinación del nivel de fuente asociado a través del modelo RANDI, así como de las propiedades de las variables ambientales que determinan la propagación acústica en el medio marino (temperatura, salinidad, presión).
 - Modelo de propagación adaptado (BELLHOP3D) mediante el cual se obtienen las pérdidas de campo acústico a tres profundidades (25m, 100m, 500m).
 - Obtención de la estimación del ruido presente en el medio, se considera en los mapas de ruido reportados el máximo nivel de ruido obtenido en columna de agua, para cada celda del grid.
- Monitorización experimental del nivel de presión en tres localizaciones de la demarcación marina y estudio de la bondad de las predicciones teóricas, estudiando la convergencia entre la predicción teórica y los resultados experimentales en tres celdas del grid, para el período evaluado. Los equipos de medida se han calibrado periódicamente para asegurar la estabilidad de las medidas experimentales.
- Estudio de la extensión espacial y temporal del nivel de presión a partir de los datos obtenidos de la predicción teórica a nivel de demarcación. Para ello se ha estudiado el porcentaje de área que



se encuentra más del 50 % del tiempo por encima de distintos valores de nivel de presión. Esto se ha realizado con el doble objetivo de disponer de una tendencia a nivel interanual en la que se pueda observar la evolución del nivel de presión en términos de la potencial extensión afectada por determinados niveles de valor umbral sobre el SPL (100, 105, 110, 115, 118 y 120 dB).

- De entre los valores umbral sobre el nivel de presión, dos valores utilizados presentan una importante relevancia (110dB y 115dB). Esto se basa entre otros en los resultados reportados por [GOM2016] donde se reportan niveles de presión asociados a cambios conductuales de odontocetos expuestos a niveles de ruido continuo en el rango de [$\sim$ 115dB-130 dB]. Como principio de precaución y para tener una visión más completa del estado de la demarcación se han considerado los niveles umbral de 110dB y 115dB estudiando en detalle la extensión espacial en base mensual en la que se ha excedido este umbral. Cabe destacar para contextualizar la elección de los valores umbral sobre el nivel de presión, que la National Marine Fisheries Service (NMFS), implementa umbrales de 120dB ref 1 μ Pa en el caso de sonidos no impulsivos en relación con cambios de conducta en mamíferos marinos [NOAA2019].

Existen aspectos que se deberán abordar en el siguiente ciclo de EEMM con el objetivo de disponer del conocimiento suficiente como para poder evaluar si se consigue o no un buen estado ambiental en relación con las especies indicadoras presentes en el medio siendo algunos de ellos:

- Desarrollo de metodologías que consideren aspectos como la información de las diferentes especies, su estado de vulnerabilidad, sensibilidad al ruido submarino o cualquier otro factor que ayude en la determinación de especies indicadoras.
- Determinación de la métrica y valor asociado del valor de LOBE relacionado con las especies indicadoras del área.
- Evaluación del nivel de ruido prístino del área, y desarrollo de metodologías de medida basadas en exceso de nivel además del nivel de presión (SPL).
- Metodologías de medida de errores sistemáticos derivados de los cálculos teóricos de nivel de presión asociado al tráfico marítimo.
- Desarrollar metodologías comunes a nivel regional para que las evaluaciones realizadas por diferentes países sean comparables desde el punto de vista metodológico.
- Extender el concepto de especies indicadores más allá de las especies de cetáceos dependiendo de las áreas evaluadas.

Parámetros utilizados

Nivel de presión sonora (SPL) en dB ref 1 μ Pa.

Valores umbral

Se han utilizado dos valores umbral sobre el nivel de presión con el objetivo de obtener el estado del ruido ambiente en la demarcación marina canaria y poder ejemplificar la metodología para su evaluación, si bien es cierto que no se consideran umbrales definidos a partir de los cuales llevar a cabo la evaluación, pues no se dispone de información suficiente que respalde su uso para obtener una evaluación precisa del criterio.

Los dos umbrales seleccionados son 110 y 115 dB ref 1 μ Pa. Su elección se basa en los resultados obtenidos por [GOM2016], donde se reportan niveles de presión asociados a cambios conductuales de odontocetos expuestos a niveles de ruido continuo en el rango de [$\sim$ 115dB-130 dB]. Atendiendo al principio de precaución, estos valores son coherentes con la utilización de un nivel umbral superior por parte de 'National Marine Fisheries Service', 120 dB, para evaluar el impacto de sonidos no impulsivos sobre la conducta de mamíferos marinos [NOAA2019] en [BOR2023]. Como principio de precaución y para tener una visión más completa del estado de la demarcación se han considerado dos umbrales



inferiores a los reportados por los trabajos referenciados, de 110dB y 115dB con ellos se pretende el estudio detallado de la extensión espacial en base mensual en la que se ha excedido este umbral.

Dichos valores umbral sobre el nivel de presión determinan los valores umbral espaciales propuestos por la guía metodológica [BOR2023] relativa a ruido continuo y que establece el límite superior de 20 % de área afectada. La selección del propio valor espacial deberá estudiarse en detalle en el siguiente ciclo teniendo en cuenta la especificidad de las especies indicadoras consideradas, existiendo la posibilidad de disminuirlo si fuera necesario

Valores obtenidos para el parámetro

Se ha obtenido un valor del parámetro SPL para cada una de las celdas del área evaluada, anualmente en base mensual (Figura 12-14).

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Desconocida.

Consecución del parámetro

Los resultados obtenidos para los dos valores de SPL utilizados como valores umbral sobre el nivel de presión sonora (110 y 115 dB ref 1 μ Pa), no superan el umbral máximo de 20 % de área en ninguna mensualidad de las anualidades reportadas.

Evaluación a nivel regional/subregional

No se ha llevado a cabo una evaluación a nivel subregional o regional distinta a la expuesta en los apartados anteriores.



REFERENCIAS



6. Referencias

- [BOR2023] Borsani, J.F., Andersson M., André M., Azzellino A., Bou M., Castellote M., Ceyrac L., Dellong D., Folegot T., Hedgeland D., Juretzek C., Klauson A., Leaper R., Le Courtois F., Liebschner A., Maglio A., Mueller A., Norro A., Novellino A., Outinen O., Popit A., Prospathopoulos A., Sigray P., Thomsen F., Tougaard J., Vukadin P., and Weilgart L., Setting EU Threshold Values for continuous underwater sound, Technical Group on Underwater Noise (TG NOISE), MSFD Common Implementation Strategy, Edited by Jean-Noël Druon, Georg Hanke and Maud Casier, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/690123, JRC133476
- [SIG2023] Sigray P., Andersson M., André M., Azzellino A., Borsani J.F., Bou M., Castellote M., Ceyrac L., Dellong D., Folegot T., Hedgeland D., Juretzek C., Klauson A., Leaper R., Le Courtois F., Liebschner A., Maglio A., Mueller A., Norro A., Novellino A., Outinen O., Popit A., Prospathopoulos A., Thomsen F., Tougaard J., Vukadin P., Weilgart L., Setting EU Threshold Values for impulsive underwater sound, Technical Group on Underwater Noise (TG NOISE), MSFD Common Implementation Strategy, Edited by Jean-Noël Druon, Georg Hanke and Maud Casier, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/60215, JRC133477
- [ICGQSR2023] Kinneging, N. (2022). Pilot Assessment of Ambient Noise. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic. OSPAR Commission, London.
- [DEK2014b] Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A., Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V., Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part III: Background Information and Annexes, JRC Scientific and Policy Report EUR 26556 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014b, doi: 10.2788/2808
- [REE2003] Rees, T. (2003). C-squares, a new spatial indexing system and its applicability to the description of oceanographic datasets. *Oceanography*, 16(1), 11-19.
- [DRI2018] Drira, A., Bouzidi, M., Maglio, A., Pavan, G., & Salivas, M. (2018). Modelling underwater sound fields from noise events contained in the ACCOBAMS impulsive noise register to address cumulative impact and acoustic pollution assessment. In *Proceedings of Euronoise* (pp. 2819-2824).
- [SOU2019] Southall, B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Nowacek, D. P., & Tyack, P. L. (2019). Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals*, 45(2), 125-232.
- [SKJ2015] Skjellerup, P., Maxon, C. M., Tarpgaard, E., Thomsen, F., Schack, H. B., Tougaard, J., & Heilskov, N. F. (2015). Marine mammals and underwater noise in relation to pile driving—Working Group 2014. Report to the Danish Energy Authority, Esbjerg, Denmark, 1-20.
- [NOW2007] Nowacek, D. P., Thorne, L. H., Johnston, D. W., & Tyack, P. L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37(2), 81-115.
- [NOAA2018] National Marine Fisheries Service. 2018. 2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Dept. of Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 167 p.
- [GOM2016] Gomez, C., Lawson, J. W., Wright, A. J., Buren, A. D., Tollit, D., & Lesage, V. (2016). A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy. *Canadian Journal of Zoology*, 94(12), 801-819.



[TOU2012] Tougaard, J., Kyhn, L. A., Amundin, M., Wennerberg, D. and Bordin, C.. (2012). Behavioral reactions of harbor porpoise to pile-driving noise. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 730, edited by Popper, A. N. and Hawkins. A., *The Effects of Noise on Aquatic Life*, Springer Science + Business Media, 277-280.

[LUK2009] Lucke, K., Siebert, U., Lepper, P. A. and Blanchet, M.-A. (2009). Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 4060-4070.

[NMFS2018] National Marine Fisheries Service. 2018. 2018 Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Dept. of Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 167 p.

[NOAA2019] NOAA. 2019. ESA section 7 consultation tools for marine mammals on the West coast. In: NOAA [online]. Silver Springs. [Cited 10 March 2020]. <https://www.fisheries.noaa.gov/westcoast/endangered-species-conservation/esa-section-7-consultation-tools-marine-mammals-wes>

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos

