

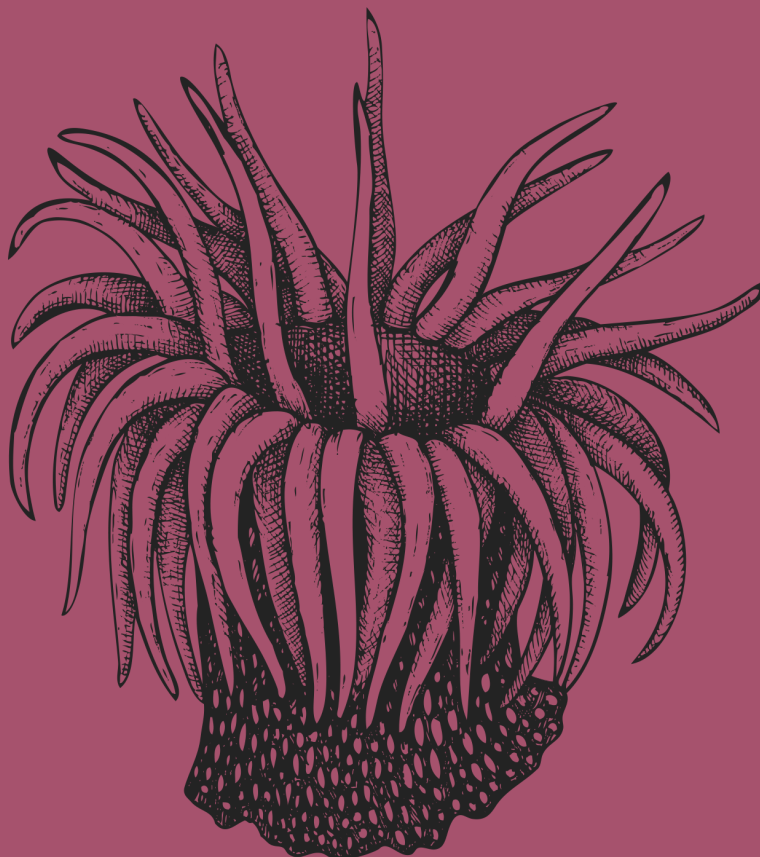
EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM SUDATLÁNTICA



Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 11

Ruido submarino



Cofinanciado por
la Unión Europea



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	16
6. Referencias	35



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 Implementation 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 sudatlántica (DMSUD, 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 de la monitorización realizada en las anualidades 2020, 2021 y 2022.

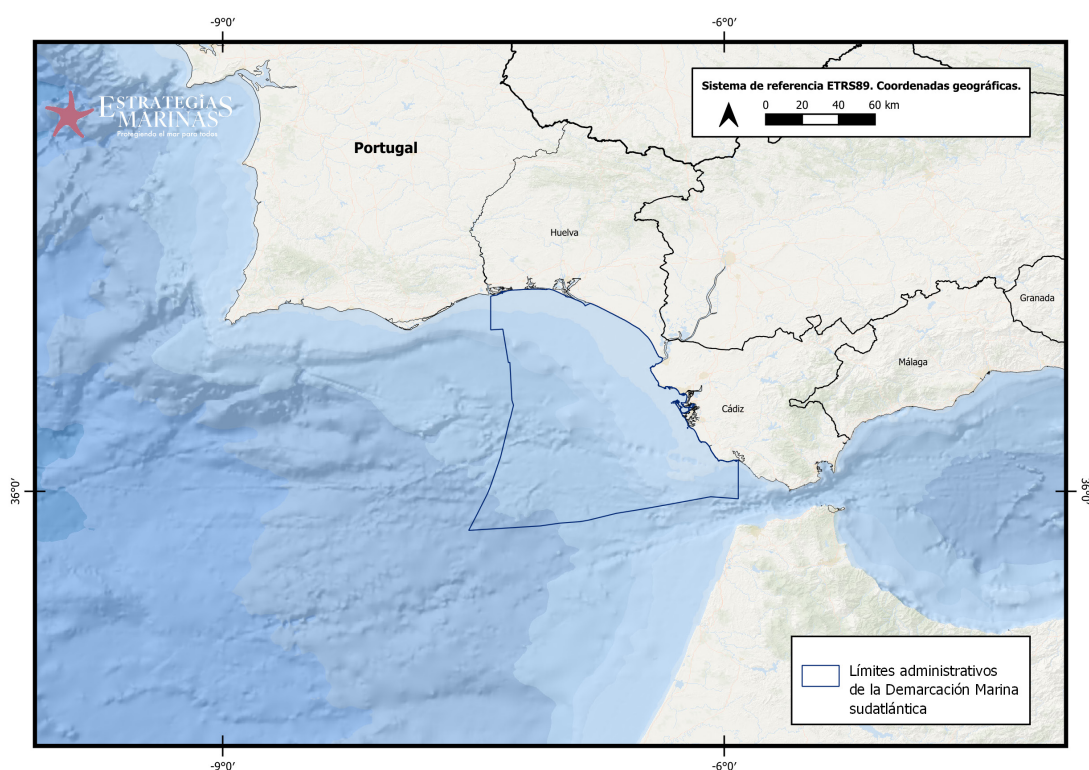


Figura 1. Detalle de la demarcación marina sudatlántica en la que se ha realizado la determinación del ruido submarino siguiendo los criterios D11C1 y D11C2

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 explican 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 11



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 el criterio D11C2, ya que no hay actividades realizadas en la información disponible en el registro de actividades generadoras de ruido impulsivo (D11C1).

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

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 sudatlántica.

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	No se ha realizado evaluación debido a que no hay registros de actividades generadoras de ruido impulsivo en la demarcación marina sudatlántica.
Resultado de la evaluación	No hay registros de actividades generadoras de ruido impulsivo en la demarcación marina sudatlántica.
Periodo de evaluación	2021-2022



Descripción del estado del ruido impulsivo

Tabla 3. Estado de consecución del BEA en el criterio D11C1 en la demarcación marina sudatlántica 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 el Anexo III de la Directiva (UE) 2017/845 de la Comisión, de 17 de mayo de 2017, por la que se modifica la Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a las listas indicativas de elementos que deben tomarse en consideración a la hora de elaborar estrategias marinas 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 4. 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	



D11C2. RUIDO AMBIENTE SUBMARINO



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

Consecución del BEA

Tabla 5. Resultado de la consecución del buen estado ambiental para el criterio D11C2 en la demarcación marina sudatlántica.

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 con 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 la Tabla 8 y Tabla 9 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 sudatlántica (DMSUD) tiene gran relevancia ecológica, conteniendo entre otras figuras de protección el Lugar de Interés Comunitario (LIC) denominado Volcanes de Fango del Golfo de Cádiz, aprobado por la Orden AAA/1299/2014. Adicionalmente, en 2023, a través de la Orden/TED/1416/2023 se aprueba la propuesta de incluir el Estrecho Occidental también como LIC, área compartida con la demarcación marina contigua de Estrecho y Alborán. La DMSUD incluye parcialmente diversas áreas declaradas como Área de Importancia para los Mamíferos Marinos (IMMA) designada por el Marine Mammal Protected Area Task Force, Alboran Corridor and Atlantic Coast of the Iberian Península.

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

La DMSUD extiende desde la frontera con Portugal hasta el estrecho de Gibraltar y juega un papel crucial como corredor marítimo internacional, posicionándose estratégicamente como principal acceso al mar Mediterráneo. Esta región no solo es esencial para el comercio entre Europa y América, sino que también facilita las conexiones marítimas hacia Asia y el Oriente Medio a través del canal de Suez.



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. La Figura 2, Figura 3 y Figura 4 muestran los resultados obtenidos a través del modelo de predicción teórico de ruido submarino. La Tabla 6 muestra las características técnicas, así como los modelos utilizados.

Tabla 6. 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 μ Pa]
2021	1h	Randi	0,05° CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 μ Pa]
2022	1h	Randi	0,05° CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 μ Pa]

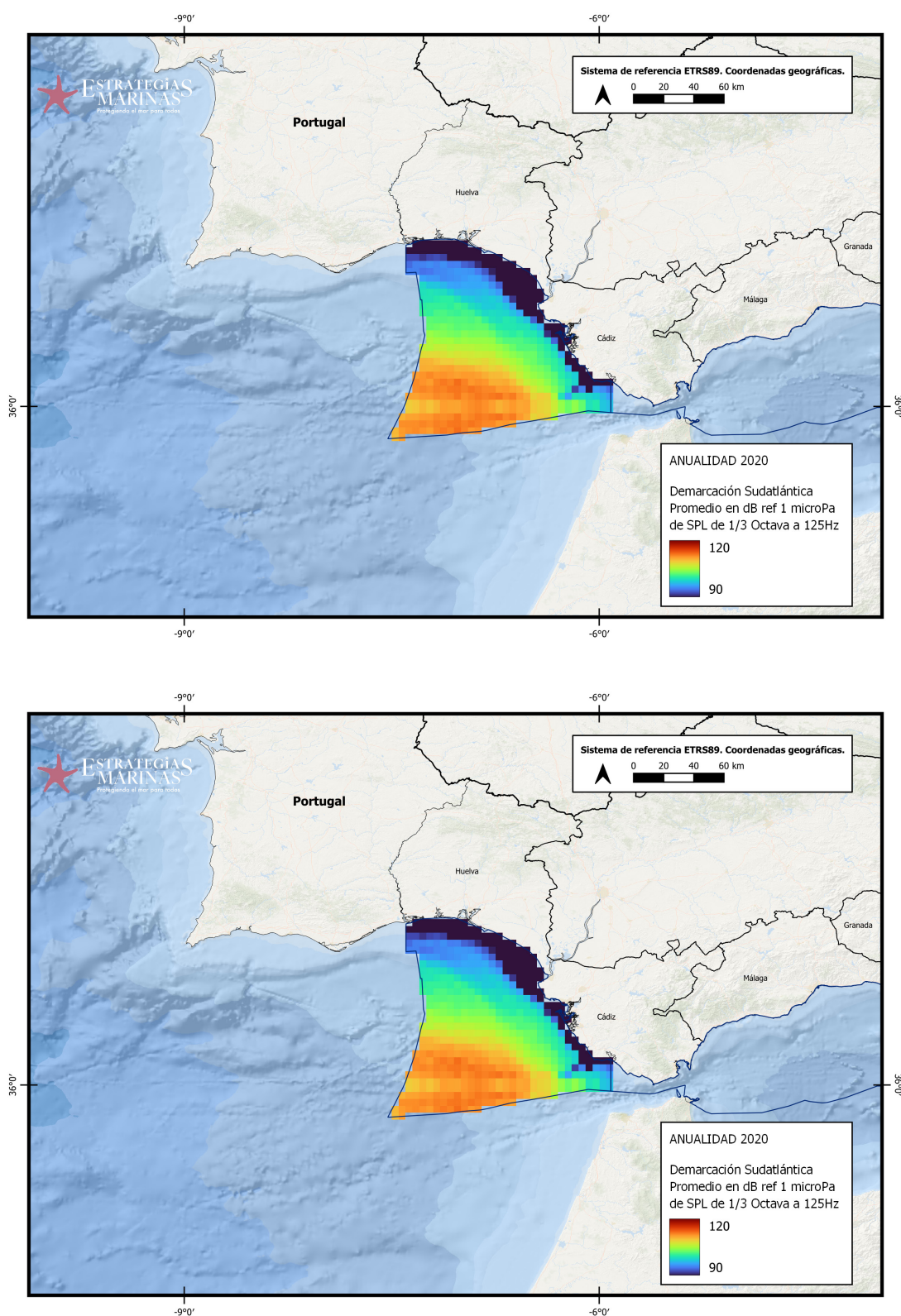


Figura 2. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125 Hz correspondiente a la anualidad 2020 [dB ref 1 μ Pa].

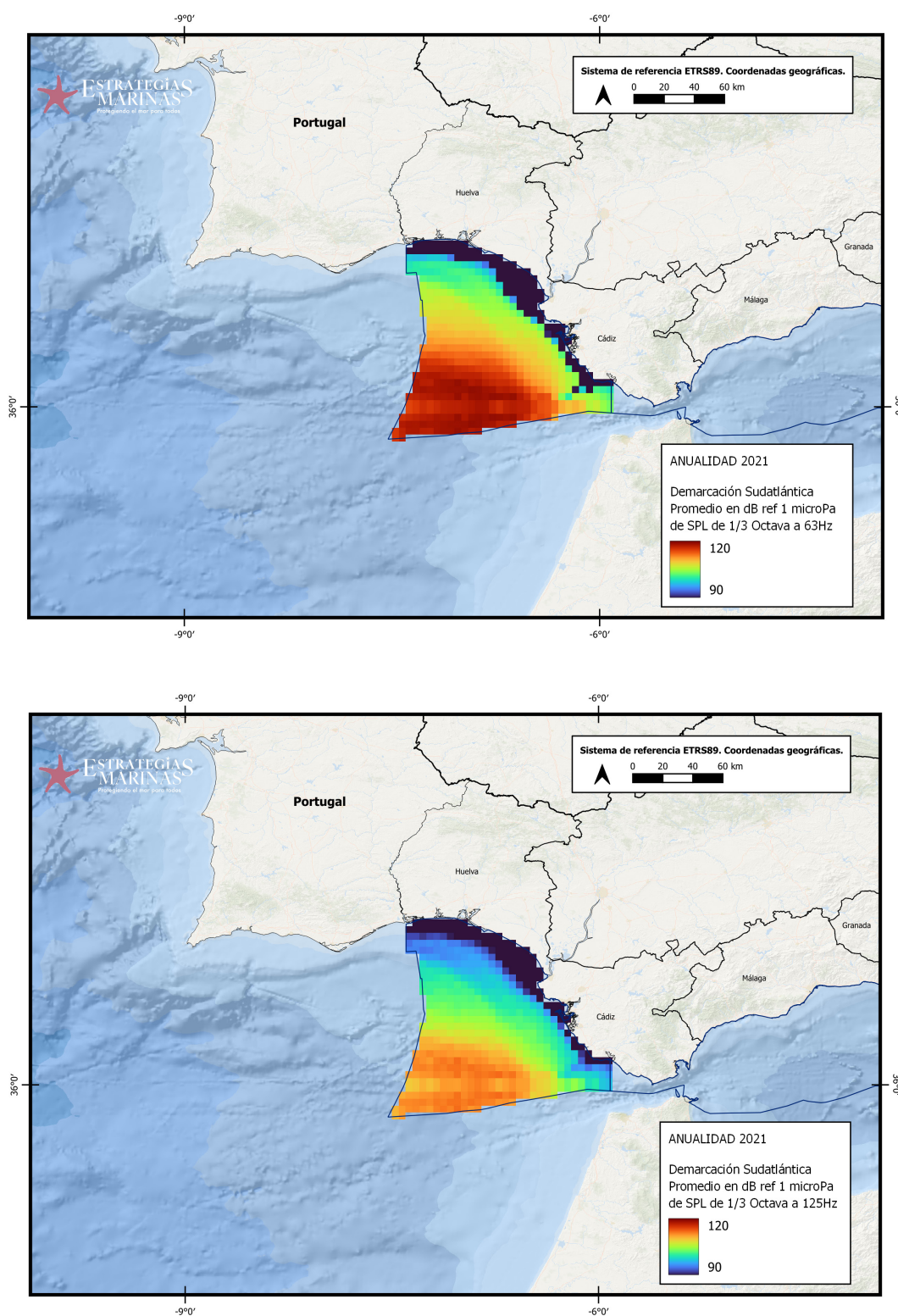


Figura 3. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125 Hz correspondiente a la anualidad 2021 [dB ref 1 μ Pa].

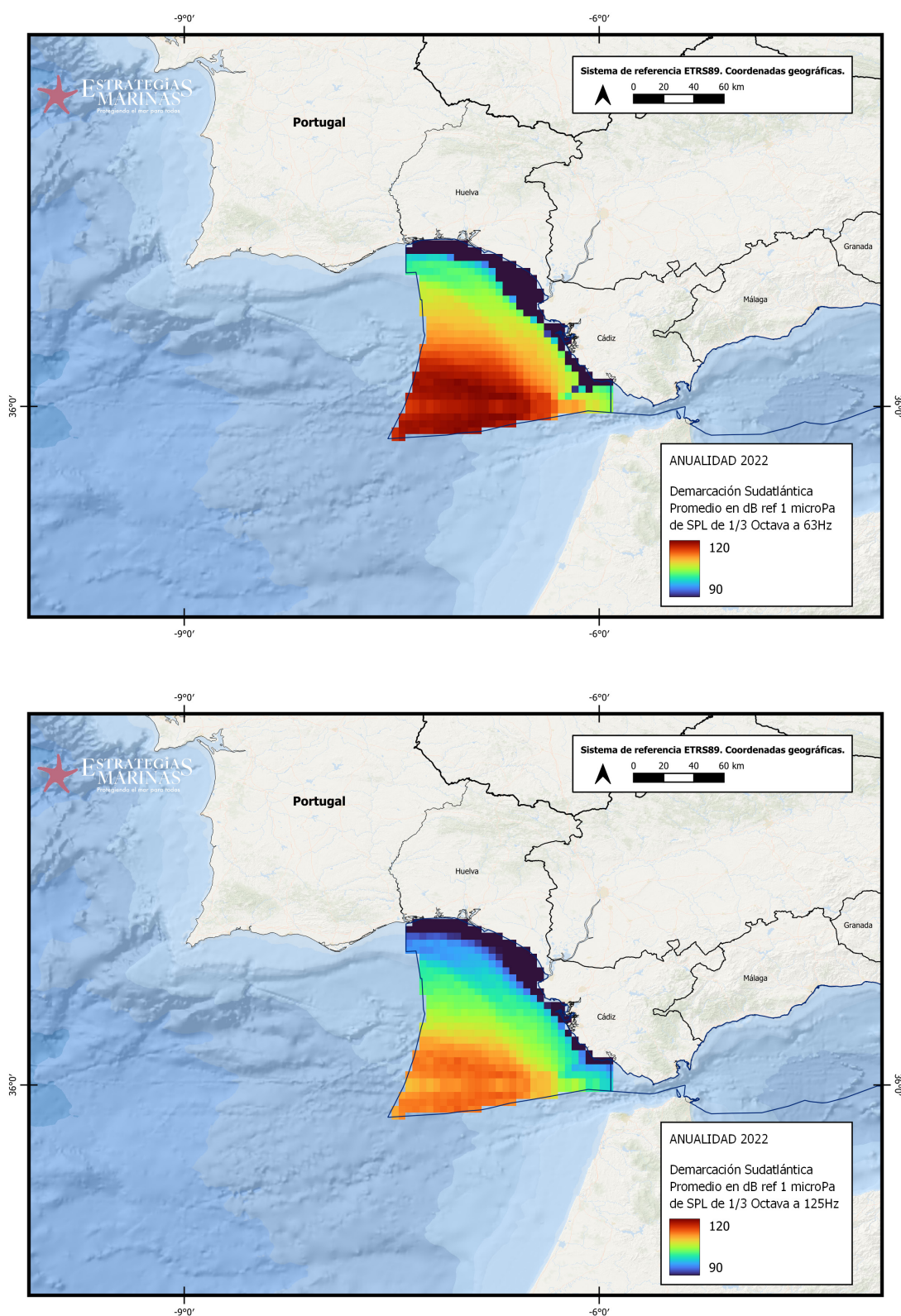


Figura 4. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125 Hz correspondiente a la anualidad 2022 [dB ref 1 μ Pa].



Con el objetivo de estudiar la validez de los resultados obtenidos en las simulaciones teóricas de sonido ambiente a las frecuencias seleccionadas, durante las anualidades evaluadas se realizó la instalación de 1 punto de monitorización experimental utilizando un sistema de medida acústico pasivo en disposición de tren de fondeo tradicional compuesto por lastre, sistema de liberación acústica operado desde superficie y sistema acústico pasivo dispuesto de manera solidaria a la boya de flotación. Los puntos de muestreo se muestran en la Figura 5 y el calendario seguido, en la Figura 6. Los detalles pormenorizados sobre los puntos de fondeo se resumen en la Tabla 7.

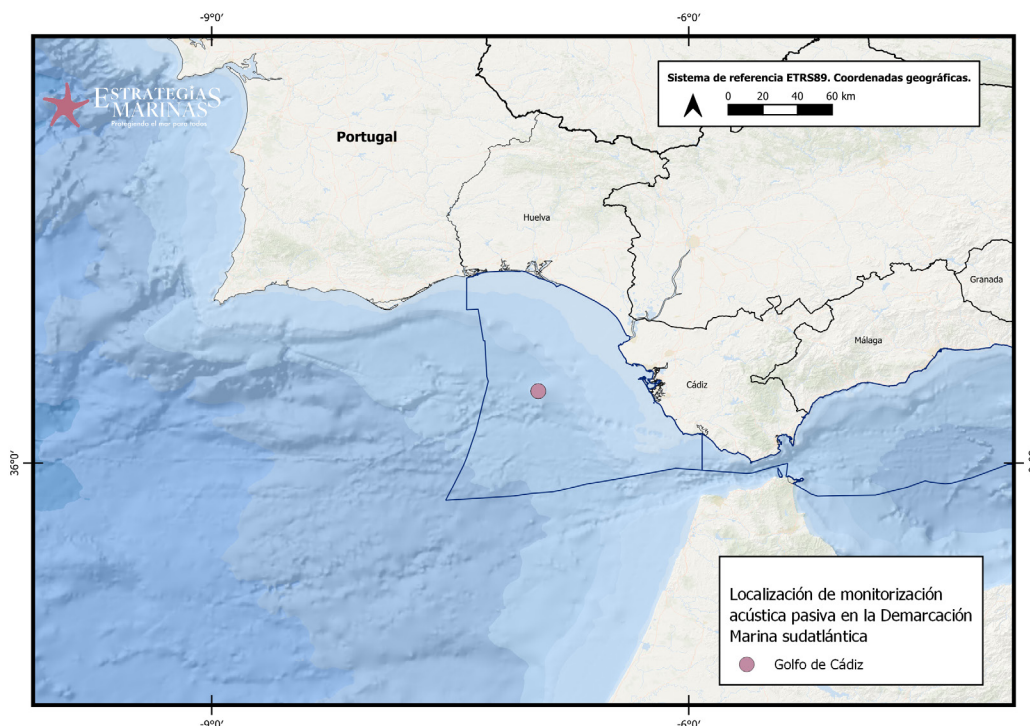


Figura 5. Detalle de los puntos de monitorización de ruido ambiente.

En la Figura 6 se muestra el calendario en el que se han realizado las campañas de medidas experimentales, así como el periodo para el que se dispone de datos acústicos registrados.

DM: SUD	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2020 GCZ												
2021 GCZ												
2022 GCZ												

Figura 6. Calendario de fondeos en la demarcación marina sudatlántica en los años 2020-2022. El acrónimo GCZ denomina el fondeo instalado en el golfo de Cádiz.

Tabla 7. Características de la monitorización experimental de ruido submarino implementada mediante la instalación de sistema acústico pasivo de grabación en la demarcación marina sudatlántica.

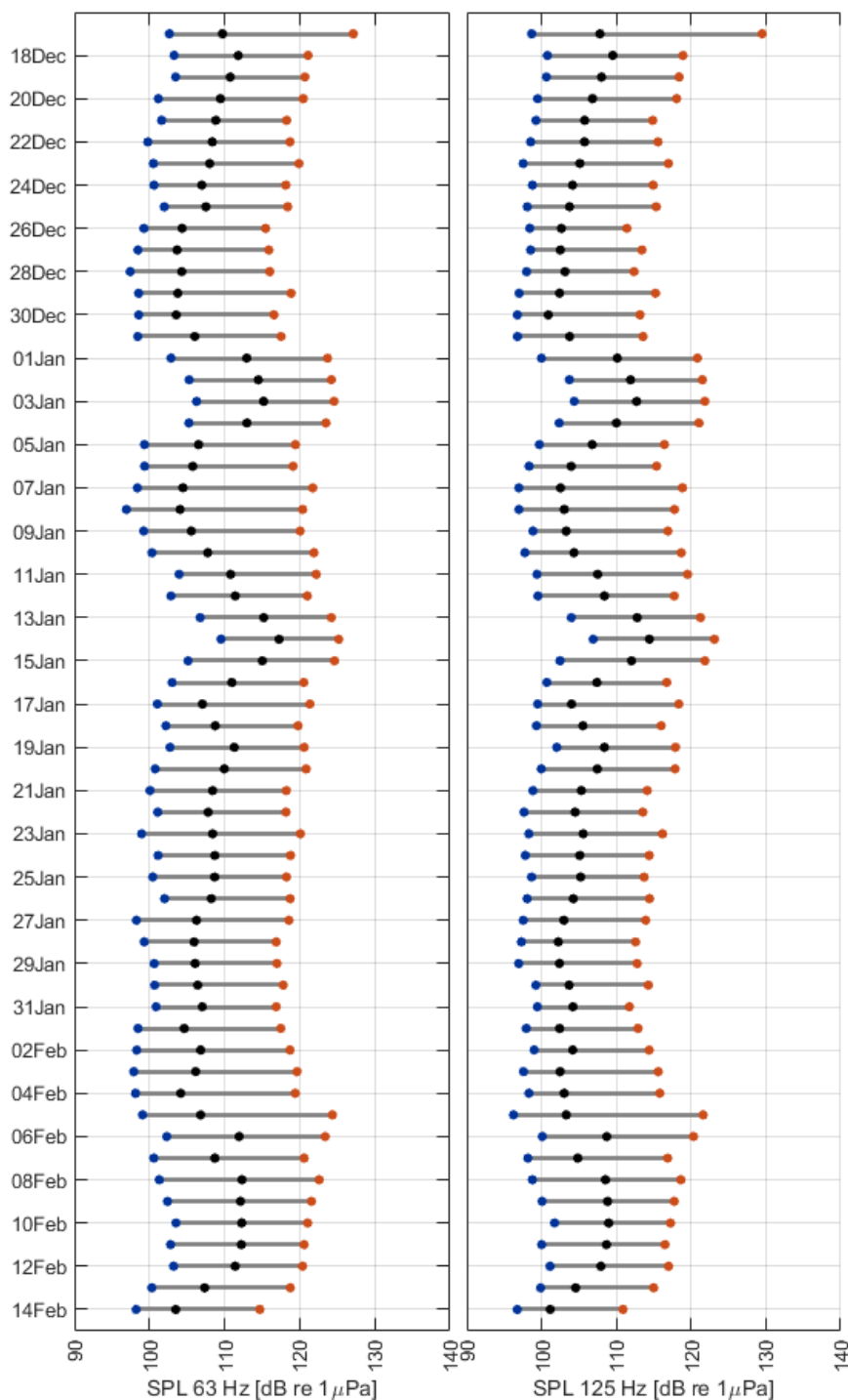
Nombre fondeo	Zona	Localización	Profundidad [m]	Días de grabación	Base integración temporal	Estadística
GCZ	Golfo de Cádiz	36.453411,-6.946883	451	214	2 seg.	Diaria



Siguiendo con la terminología mostrada en la Tabla 7, a continuación, se muestran los resultados obtenidos para el punto de fondeo representado en la Figura 5. La representación de los niveles de presión para las bandas de tercio de octava centradas en 63Hz y 125Hz contiene la mediana, así como los percentiles 5 y 95 (Figura 7). El valor de nivel de presión sonora se ofrece en valor diario, promediado sobre ventanas temporales de 2 segundos, considerando que la frecuencia de muestreo de grabación ha sido de 192 kS/s.

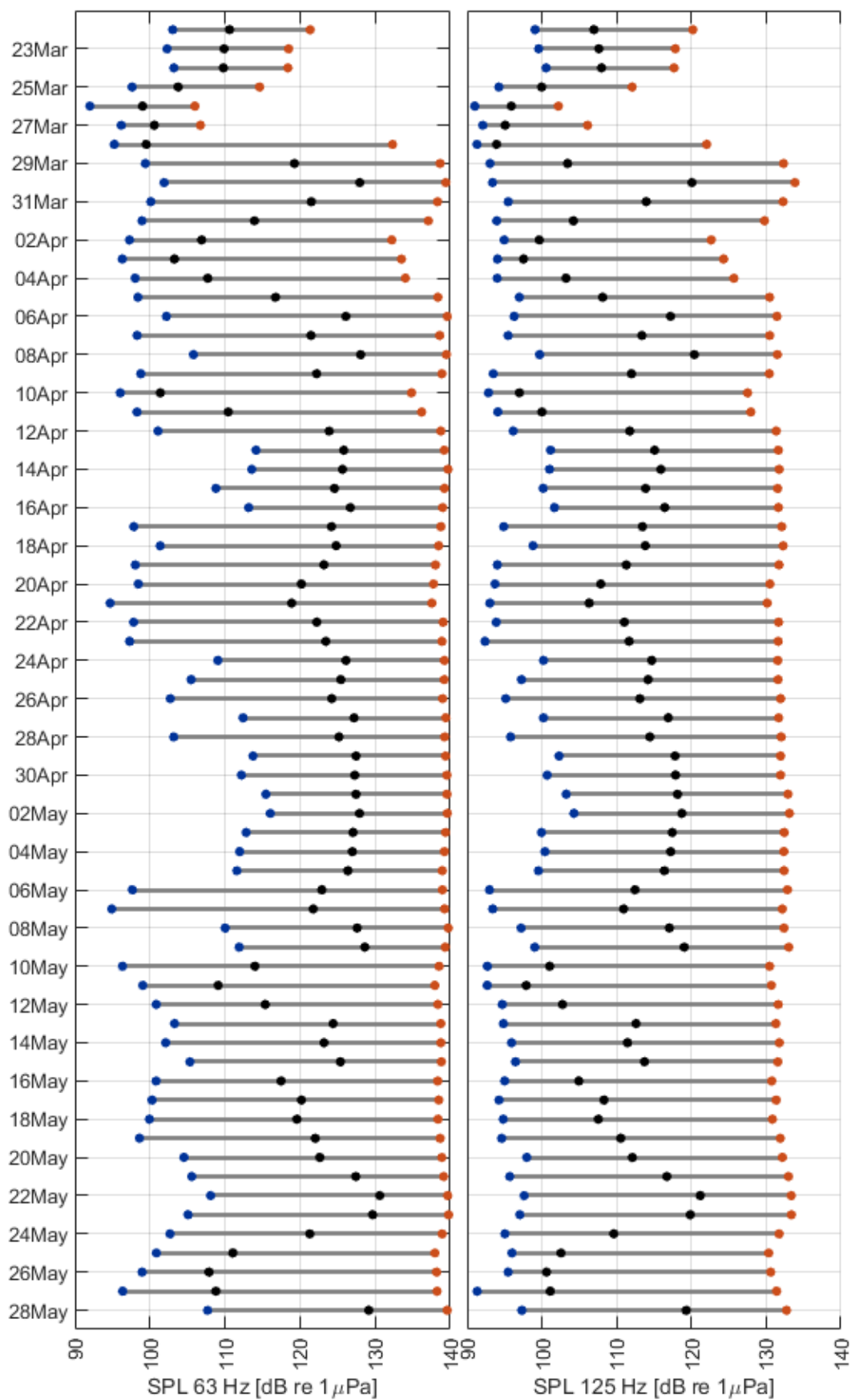
Punto de monitorización del golfo de Cádiz (GCZ)

(a)





(b)





(c)

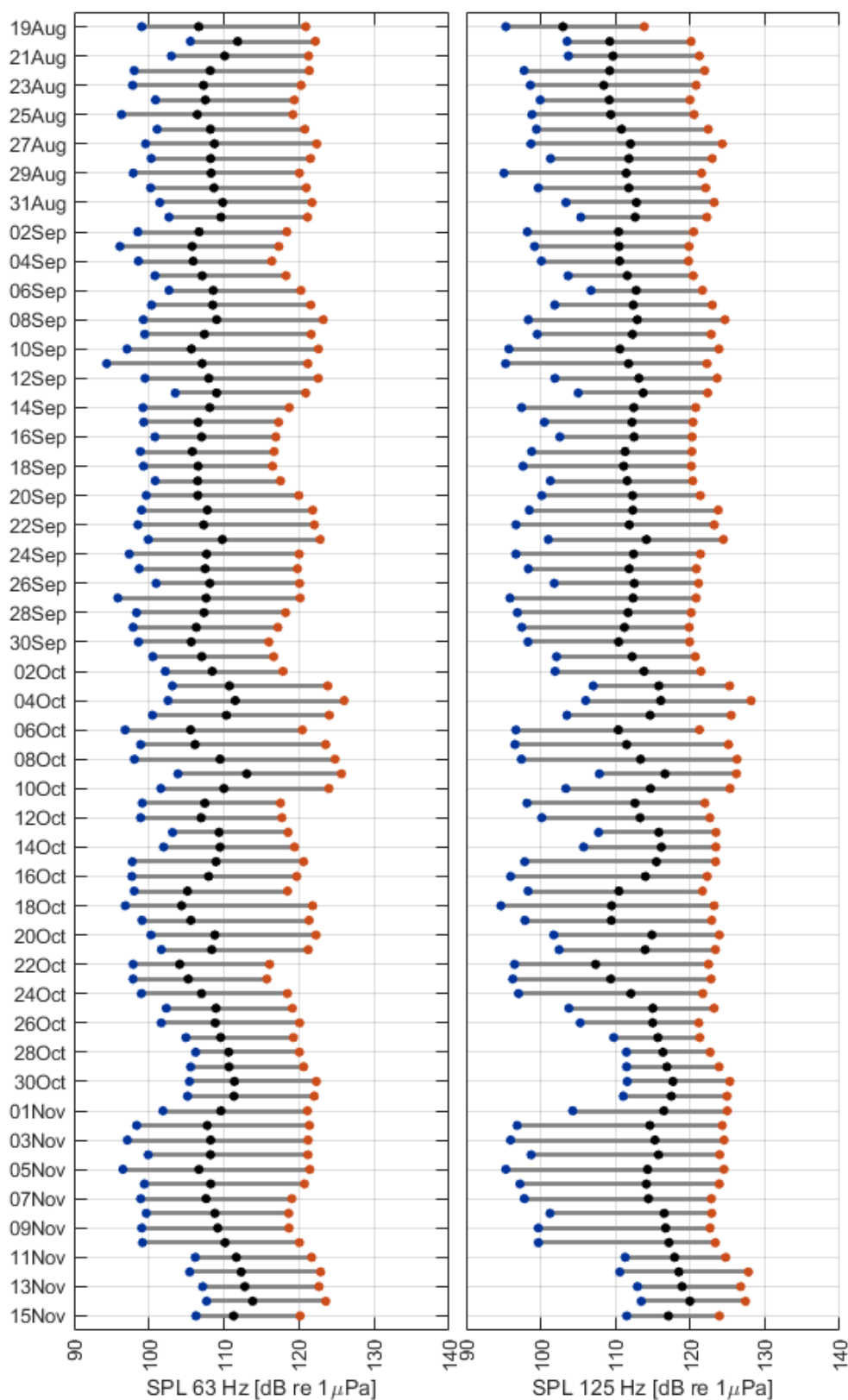


Figura 7. Gráfica correspondiente a las medidas experimentales en el punto de monitorización situado en el golfo de Cádiz. A partir de los datos de nivel de presión sonora [db ref 1 μ Pa] obtenidos cada 2 segundos se han calculado los percentiles 5 (en puntos azules), 50 (en puntos negros) y 95 (puntos naranjas) diarios en las bandas de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125 Hz para (a) Dic2021–Feb2022, (b) Mar2022–Mayo 2022 y (c) Ag2022–Nov2022.



El estudio de convergencia entre la predicción teórica y la medida experimental se ha realizado comparando para las anualidades evaluadas el valor de nivel de presión que toma la celda en la que se ha realizado el fondeo dentro del mapa de predicción para las diferentes bandas de frecuencia, con los valores obtenidos en la monitorización experimental. Esto se ha realizado para cada una de las localizaciones de las que se dispone de datos para las diferentes bandas de frecuencia reportadas. La base temporal para establecer la comparación ha sido quincenal. Los mapas de ruido reportados representan el nivel de presión máximo obtenido en columna de agua, habiéndose establecido 3 profundidades en las simulaciones: 25, 100 y 500 m. La comparación entre medidas experimentales y teóricas se ha realizado utilizando aquella capa simulada más cercana a la profundidad a la que se ha instalado en cada caso el sistema de grabación. En la Figura 8 y Figura 9 se presentan las curvas teóricas en las bandas de $\frac{1}{3}$ de octava de 63 y 125 Hz para las diferentes localizaciones junto con la media y los percentiles 5, 50 y 95 de las medidas experimentales.

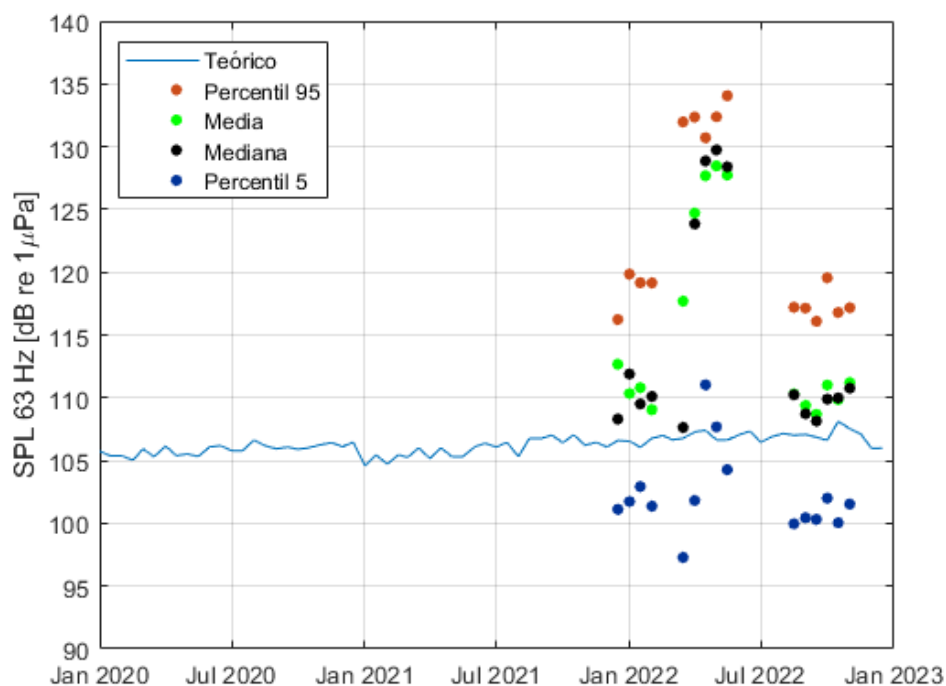


Figura 8. Curva teórica obtenida en la banda de $\frac{1}{3}$ de octava de 63 Hz en la localización del fondeo situado en el golfo de Cádiz y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales.

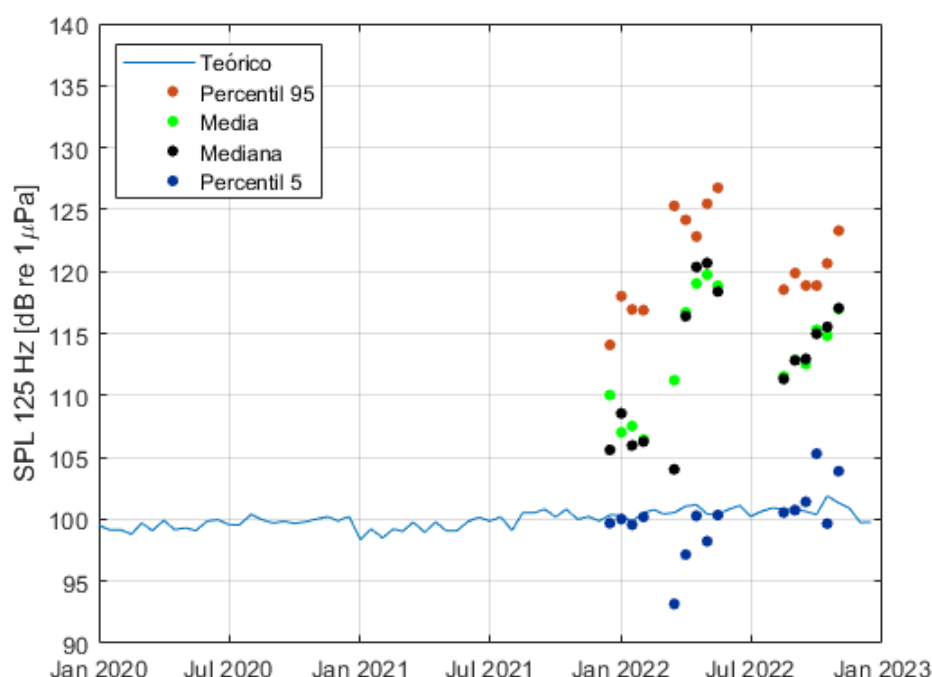


Figura 9. Curva teórica obtenida en la banda de $\frac{1}{3}$ de octava de 125 Hz en la localización del fondeo situado en el golfo de Cádiz y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales.

Se puede observar cómo las predicciones teóricas del nivel de presión en las celdas donde se ha realizado monitorización experimental están contenidas en los intervalos definidos por las medidas experimentales para las diferentes localizaciones. Cabe destacar que la incertidumbre en la evaluación de los niveles de presión puede no ser homogénea espacialmente y que los errores sistemáticos en la predicción sean distintos en función, por ejemplo, de la distancia respecto a las líneas principales de tráfico marítimo. Sin embargo, la predicción obtenida y corroborada mediante la instalación de sistemas acústicos pasivos muestran un buen acuerdo, no presentando valores fuera, dentro de la propia incertidumbre calculada sobre los datos experimentales.

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 D11C2 en el resto de demarcaciones marinas evaluadas, 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 10 y Figura 11 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 63 Hz y 125 Hz). 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.

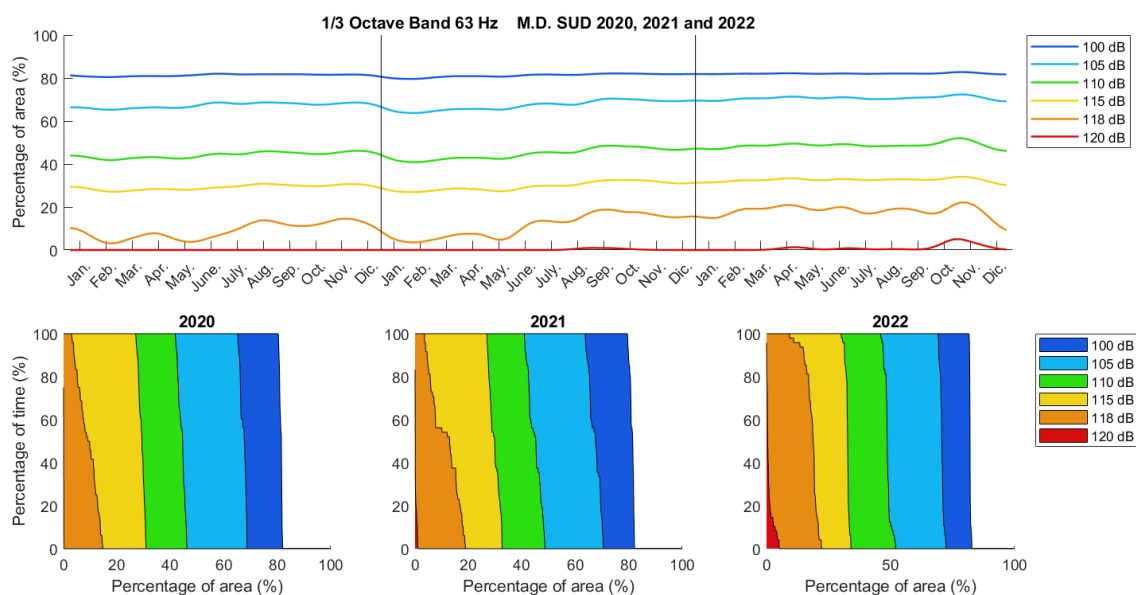


Figura 10. (superior) Evolución durante el periodo de evaluación del porcentaje de área que se encuentra por encima de los distintos valores de nivel considerados como umbrales y que a futuro deberán determinar la potencial afección sobre especies indicadoras (LOBE). (Inferior) Curvas de porcentaje de tiempo, relacionadas con el porcentaje de área por encima de los distintos umbrales de nivel (en base anual).

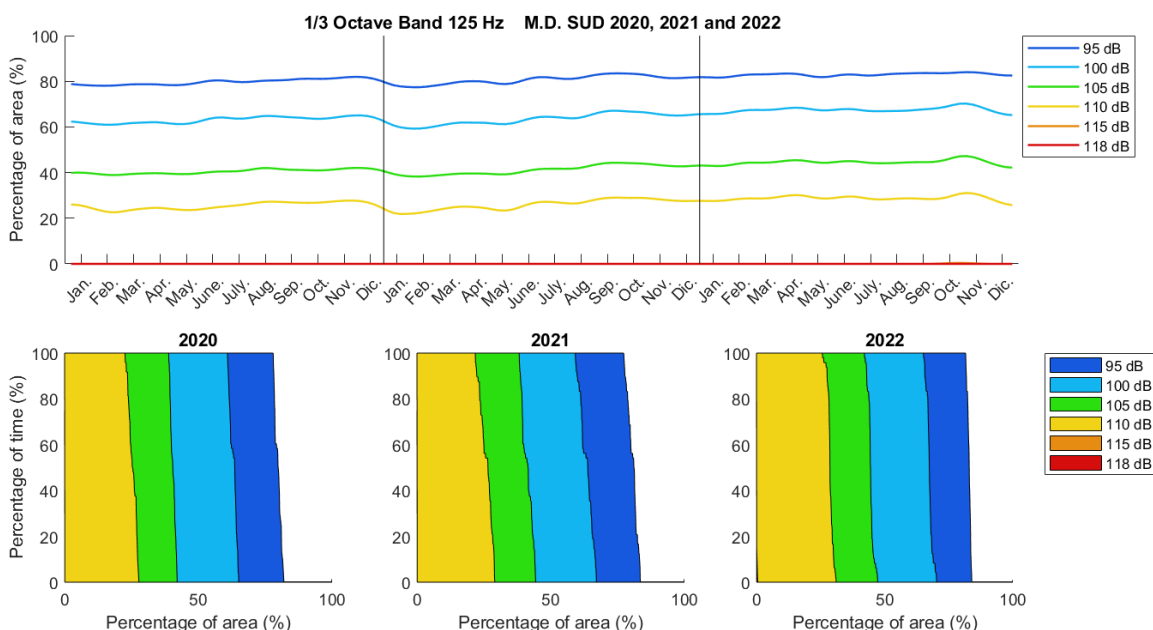


Figura 11. (superior) Evolución durante el periodo de evaluación del porcentaje de área que se encuentra por encima de los distintos valores de nivel considerados como umbrales y que a futuro deberán determinar la potencial afección sobre especies indicadoras (LOBE). (Inferior) Curvas de porcentaje de tiempo, 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 por encima de 110 y 115 dB *re 1μPa* de valor umbral tanto para el caso de la banda de frecuencia de 63 Hz como de 125 Hz. En la Tabla 8 y Tabla 9 se presenta el porcentaje de área por encima del cual la demarcación marina sudatlántica ha estado el 50 % del tiempo con niveles



de presión sonora por encima de 110 y 115 dB *re* 1μPa, respectivamente, para las bandas de 1/3 de octava de 63 y 125 Hz.

(a)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	44	42	43	43	43	45	45	46	45	45	46	46
2021	42	41	43	43	43	45	45	46	49	48	47	47
2022	47	48	49	49	49	49	48	48	49	51	51	47

(b)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	26	23	24	25	24	25	26	27	27	27	28	27
2021	22	23	25	25	24	26	27	27	29	29	28	28
2022	28	29	29	30	29	29	28	29	29	30	31	27

Tabla 8. Porcentaje de área evaluada que se encuentra por encima de 110 dB (a) 1/3 de octava de 63 Hz (b) 1/3 de octava de 125 Hz.

(a)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	29	27	28	28	28	29	30	31	30	30	31	30
2021	27	27	28	28	28	29	30	31	32	33	32	31
2022	31	32	33	33	33	33	33	33	33	33	34	31

(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	<1	<1	0

Tabla 9. Porcentaje de área evaluada que se encuentra por encima de 110 dB (a) 1/3 de octava de 63 Hz (b) 1/3 de octava de 125 Hz.

Los resultados recogidos en la Tabla 8 y Tabla 9 muestran cómo, en el caso de considerar el nivel de presión umbral de 110 dB para el caso de las bandas de frecuencia en tercio de octava de 63 Hz y 125 Hz, en todas las mensualidades del período de evaluación el porcentaje de área supera el valor umbral máximo permitido para la consecución del buen estado ambiental (20 %), llegando a valores inferiores en el caso de 125 Hz con respecto a 63 Hz. Cabe destacar que el modelado teórico no implementa la presencia de embarcaciones menores ni el nivel de presión debido a condiciones meteorológicas, aspectos de la modelización que deberán desarrollarse en el siguiente ciclo. En el caso de considerar como valor umbral sobre el nivel de presión 115dB, se supera el nivel umbral máximo permitido del 20 % de área afectada en todas las mensualidades del período de evaluación para 63 Hz, no siendo así para 125 Hz.

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 10. Estado de consecución del BEA en el criterio D11C2 en la demarcación marina sudatlántica 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 D11C2	Tendencia (cambio de estado)
110 dB	■	¿?
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 11. 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 sudatlántica, cuya extensión es de 14.181 km². La cartografía se presenta en la Figura 11 del presente documento.



Resumen de los resultados de la evaluación

Tabla 12. Resumen de los resultados de la demarcación marina sudatlántica para el criterio D11C2

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 ambiente	Tendencia (cambio de estado)
115 dB	D11C2	■	¿?

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Desconocido.

A modo resumen de los resultados obtenidos se apunta lo siguiente:

La evolución temporal del porcentaje de área de la demarcación marina sudatlántica que presenta un nivel de presión sonora superior a diferentes umbrales (100, 105, 110, 115, 118 y 120 dB re 1 μ Pa para 63 Hz; 95, 100, 105, 110, 115 y 118 dB re 1 μ Pa para 125 Hz) muestra que para 63 Hz y 125 Hz el umbral del 20 % del área es superado en todas las mensualidades de las anualidades evaluadas cuando el nivel umbral de presión sonora considerado es 110 dB.

En el caso correspondiente a considerar el nivel umbral de presión de 115 dB el porcentaje de área expuesta disminuye de manera notable excediendo el valor máximo tolerable de área potencialmente afectada para el caso de 63 Hz y no superándose en el caso de 125 Hz.

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 % 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 [~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 indicadoras más allá de las especies de cetáceos dependiendo de las áreas evaluadas.

Parámetros utilizados

Nivel de presión sonora (SPL) en dB re 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 sudatlántica 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 [~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. Los valores promediados anualmente para las bandas de $\frac{1}{3}$ de octava de 63 y 125 Hz quedan representados en los mapas de la Figura 2, Figura 3 y Figura 4 en el apartado “Descripción del estado del ruido ambiente”.

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), superan el umbral máximo de 20 % de área cuando se considera el nivel 110 dB para la banda de $\frac{1}{3}$ de octava de 63 Hz y 125 Hz en las anualidades 2020, 2021 y 2022 completas. El umbral de 20 % de área también es superado durante todo el periodo de evaluación cuando se considera el umbral de 115 dB en la banda de $\frac{1}{3}$ de octava de 63 Hz, no siendo así en la banda de 125 Hz.



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
- [GOM2016] Gomez, C., Lawson, J. W., Wright, A. J., Buren, A. D., Tollit, D., & Lesage, V. (2016). A systematic review on the behavioral responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy. Canadian Journal of Zoology, 94(12), 801-819.
- [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.

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos