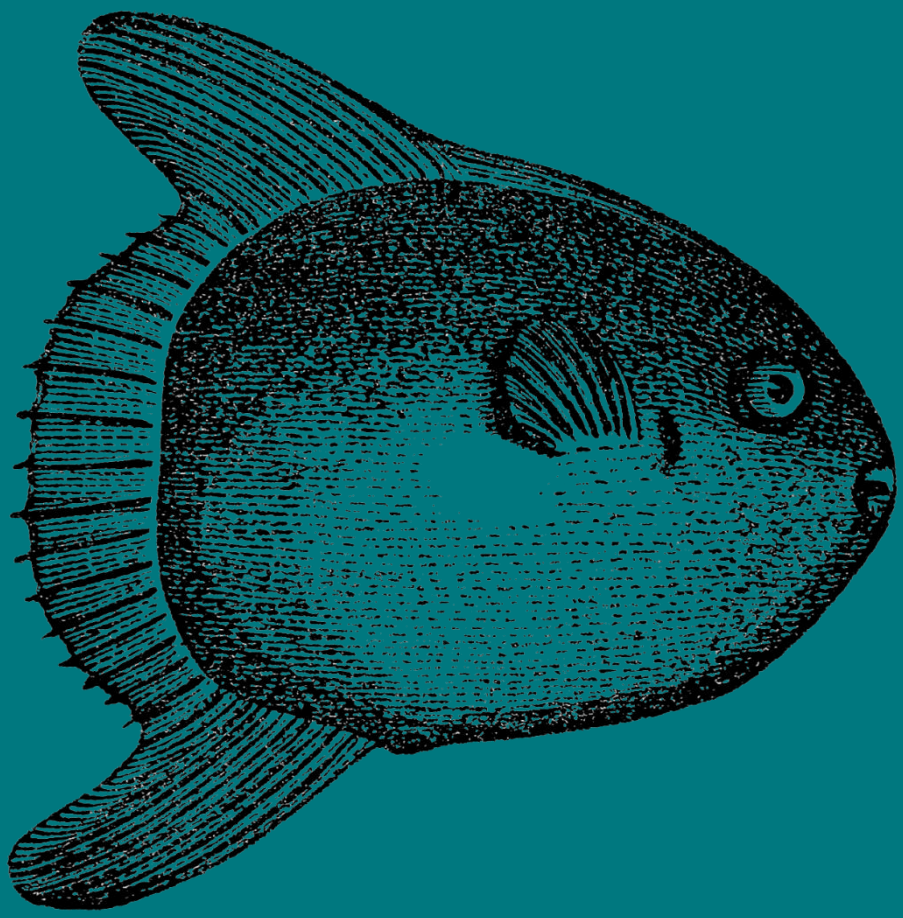
EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO
DM LEVANTINO-BALEAR

TERCER CICLO ESTRATEGIAS MARINAS

DESCRIPTOR 11

RUIDO SUBMARINO



Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

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

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

ESTRATEGIAS MARINAS
Protegiendo el mar para todos



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

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 (MITECO). Madrid 2019.

NIPO: 638-19-082-7

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 (Coordinación)
- Paula Valcarce Arenas (Coordinación)
- Mercedes Rodriguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carillo de Albornoz (Coordinación)



ÍNDICE

AUTORES DEL DOCUMENTO 3

1. INTRODUCCIÓN 6

1.1. DESCRIPTOR 11. RUIDO SUBMARINO 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

4.1. CONSECUCIÓN DEL BEA 13

4.2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL RUIDO IMPULSIVO 14

4.3. PRINCIPALES ACTIVIDADES HUMANAS Y PRESIONES RELACIONADAS 23

4.4. EVALUACIÓN DEL CRITERIO D11C1 POR ELEMENTO A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA: 23

DM Levantino-balear – D11C1. Ruido impulsivo 24

5. EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA D11- RUIDO AMBIENTE SUBMARINO 29

5.1. CONSECUCIÓN DEL BEA 29

5.2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL RUIDO AMBIENTE 30

5.3. PRINCIPALES ACTIVIDADES HUMANAS Y PRESIONES RELACIONADAS 48

5.4. EVALUACIÓN DEL CRITERIO D11C2 POR ELEMENTO A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA: 48

DM Levantino-balear – D11C2. Ruido ambiente 49

6. REFERENCIAS 53

01



INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPTOR 11. RUIDO SUBMARINO

El descriptor 11 de las estrategias marinas (EEMM), tiene como objetivo según la Decisión 2017/848/UE del 17 de Mayo de 2017, 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 de la UE (en adelante TGnoise) adoptando en 2022 y publicando en 2023 el marco metodológico para el establecimiento de valores umbrales 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 levantino-balear (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 al criterio D11C1 y de la monitorización realizada en las anualidades 2020, 2021 y 2022 en relación al criterio D11C2.

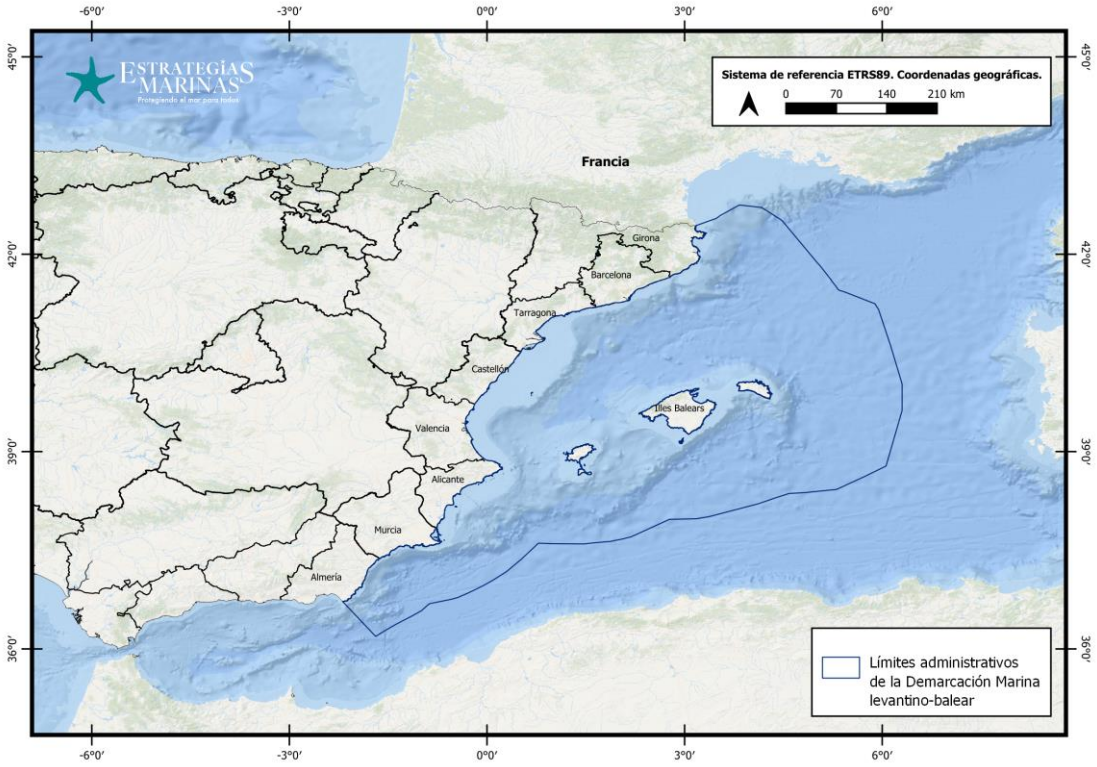


Figura 1. Detalle de la demarcación marina Levantino-balear en la que se ha realizado la determinación del ruido submarino siguiendo los criterios D11C1 y D11C2.

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 ha aplicado una serie de aproximaciones, que se explicaran en la sección correspondiente y que sentaran 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.

02



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 del 17 de Mayo 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 umbrales aplicables en sus demarcaciones marinas estando fijados los niveles umbrales 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.

03



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 umbrales 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 a continuación se presentan los resultados de la monitorización para ambos criterios en la demarcación marina Levantino-balear 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

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

Tabla 1. Criterios y elementos del D11 evaluados en la demarcación marina levantino-balear

04



D11C1. RUIDO IMPULSIVO SUBMARINO



4. EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA D11C1. RUIDO IMPULSIVO SUBMARINO

4.1. CONSECUCIÓN DEL BEA

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 10 y la Tabla 3 en el apartado 'DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL RUIDO IMPULSIVO' de esta misma sección
Resultado de la evaluación:	**Desconocido.**
Periodo de evaluación	2021. Periodo del que se dispone de información de actividades generadoras de ruido impulsivo en la demarcación marina



4.2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL RUIDO IMPULSIVO

En este apartado se describe el estado de la demarcación marina Levantino-balear en relación al ruido impulsivo introducido en el ecosistema marino originado por las actividades generadoras de sonido impulsivo recogidas en el registro nacional. Las actividades registradas en esta demarcación corresponden a la anualidad de 2021.

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.
- 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 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 Levantino-balear con respecto al ruido impulsivo.

En la demarcación marina Levantino-balear se han registrado un total de dos actividades generadoras de ruido impulsivo en la anualidad 2021. Ambas son actividades de hincado de pilotes. Las actividades de hincado de pilotes forman parte de obras llevadas a cabo en puertos, por construcción y reconstrucción de pantalanes en dichas zonas.

Identificación del evento	Tipo de actividad	Fecha inicio y fin (ddmmyyyy)	Clasificación del nivel de la fuente	Máxima energía (Kj)	Días de actividad	Duración (s)	Profundidad de la fuente (m)	Número de pilote
ES004	Impact pile driver	23122021 -	Very low	168				
ES006	Impact pile driver	04082021 04102021	Very low	58	24	1	6	49

Tabla 2. Resumen de la información de las dos actividades emisoras de sonido impulsivo registradas en la demarcación marina Levantino-balear.

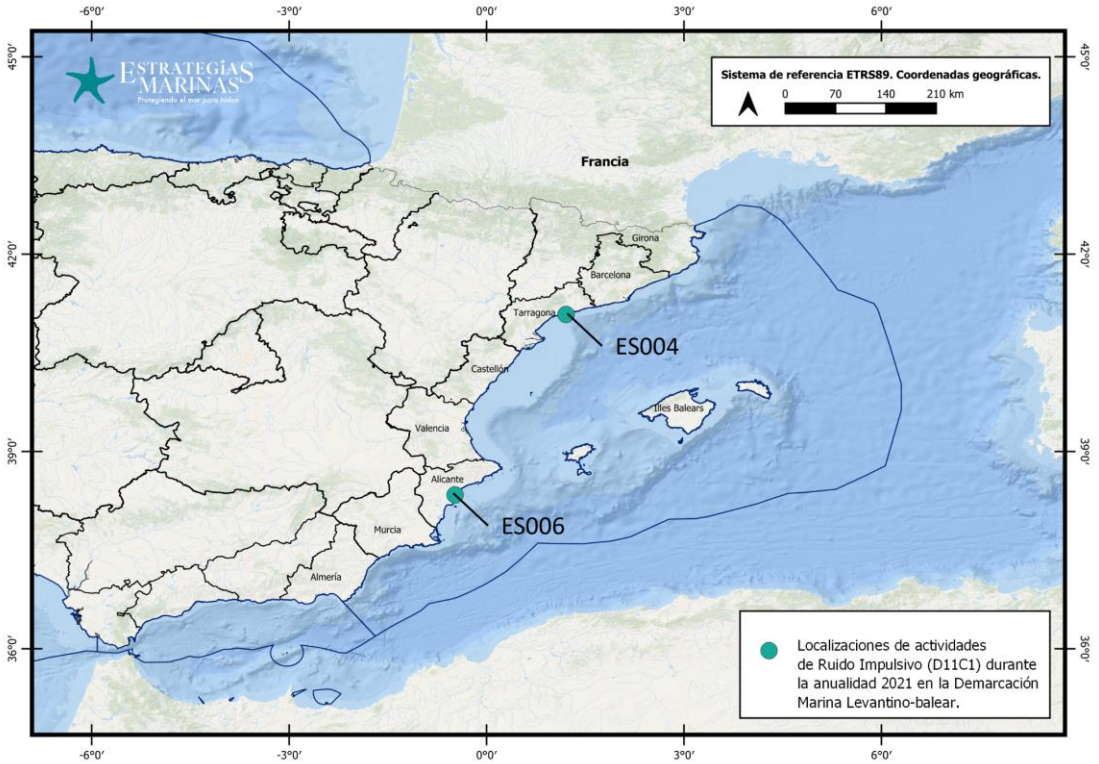


Figura 2. Localización de actividades generadoras de sonido impulsivo llevadas a cabo durante la anualidad 2021 en la demarcación marina Levantino-balear

Cabe señalar que la información de la que se dispone en el registro detalla la fecha de inicio y fin del periodo de cada actividad, así como el número de días en los que ha habido actividad, es decir, evento impulsivo, sin embargo no se dispone de dicha información para la actividad ES004. En el caso de la actividad ES006, se conoce el número de días, pero no las fechas exactas de los eventos. Además, para la evaluación de las actividades de hincado de pilotes es necesario conocer el número de pilotes que han sido instalados, así como el número de veces en los que se emite cada día o su ciclo de trabajo y duración. Para ninguna de las dos actividades registradas se cuenta con los datos completos, de modo que no es posible el cálculo del nivel de exposición sonora acumulado por acción de eventos impulsivos repetidos con alta frecuencia durante un determinado tiempo. Si bien es cierto, es posible calcular el nivel de exposición sonora generado por un evento en un momento concreto. Ante las 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 cada actividad ha emitido una vez al día; en segundo lugar, cada actividad ha emitido desde el primer día del periodo de actividad y durante el número de días de actividad. Si una actividad no tiene registrado el número de días, se asigna el número total de días que duró el periodo de actividad. La actividad ES004 no presenta registro de la fecha de finalización, ni el número de días de actividad, por ello únicamente ha computado un día para el cálculo. Teniendo en cuenta las limitaciones indicadas, a continuación se detallan los resultados obtenidos que describen el estado de la demarcación marina Levantino-balear en relación al ruido impulsivo.

En la Figura 3se puede observar 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 0.05º x 0.05º), para la anualidad 2021.

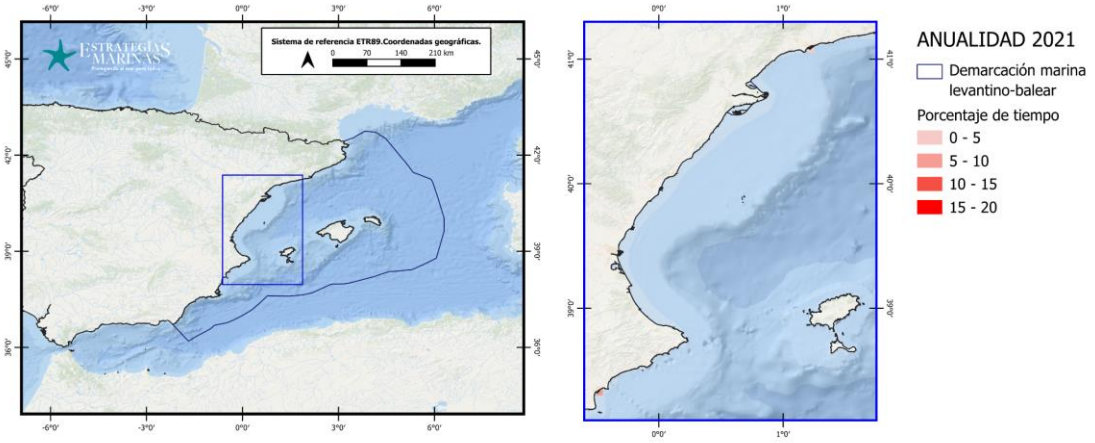


Figura 3. Porcentaje de días con actividad generadora de sonido impulsivo en cada celda (C-Square de 0.05º x 0.05º) en la demarcación Levantino-balear en 2021.

De acuerdo con el criterio D11C1, en la Figura 4se representa mediante diagrama de barras el número de días de cada mes con actividad de fuentes de sonido impulsivas. Llegando a un máximo de 24 días el mes de agosto de 2021, con un día en diciembre y el resto de mensualidades sin fuentes impulsivas. En cuanto al porcentaje de extensión en el que ha habido actividad impulsiva, no llega al 1 % (2e-2 %) en 2021.

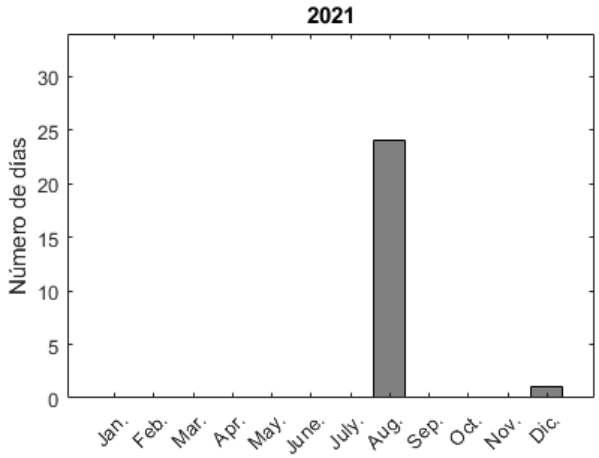


Figura 4. Número de días por mes con fuentes de sonido impulsivas en la demarcación Levantino-balear en 2021.

A continuación, se representa el porcentaje de área en el que ha habido actividad generadora de sonido impulsivo en la demarcación marina Levantino-balear en base diaria durante la anualidad 2021 (Figura 5

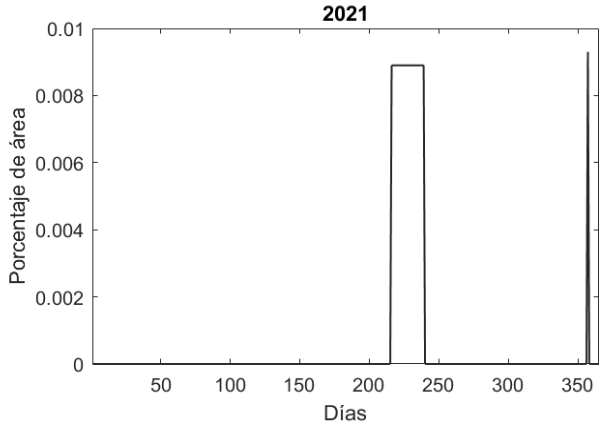


Figura 5. Porcentaje de área con presencia de actividades generadoras de sonido impulsivo en base diaria para la anualidad 2021 en la demarcación Levantino-balear.

Como se puede observar, en todos los días el porcentaje de área en el que ha habido actividades de ruido impulsivo es relativamente bajo, llegando como máximo a 9e-3 en un día del mes de diciembre de 2021. Como es de esperar, el promedio anual en base diaria del porcentaje de área alcanza valores menores, no llegando a 1 % (3e-4 %) .

Para obtener una visión del estado del área evaluada con resolución temporal mensual, se han obtenido los porcentajes de área con actividades generadoras de sonido impulsivo para la anualidad 2021 (Figura 6). En ninguna de las mensualidades y, por lo tanto, tampoco en el promedio anual en base mensual, se alcanza el 1%.

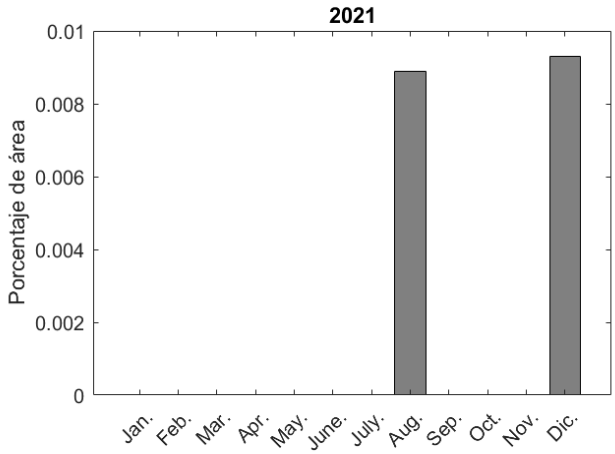


*Figura 6.*Porcentaje de área con presencia de actividades generadoras de sonido impulsivo con resolución mensual para la anualidad 2021.

En las Figuras 7 - 8, se presentan mapas del nivel de exposición sonora generado por cada una de las actividades emisoras de ruido impulsivo registradas durante la anualidad 2021 (utilizando celdas C-Square de 0.01° x 0.01°). El registro de actividades generadoras 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 en este caso. Esto puede considerarse como valor unidad de la perturbación siendo aplicable a los días en los que ha tenido lugar la actividad. Además, junto a los mapas 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).

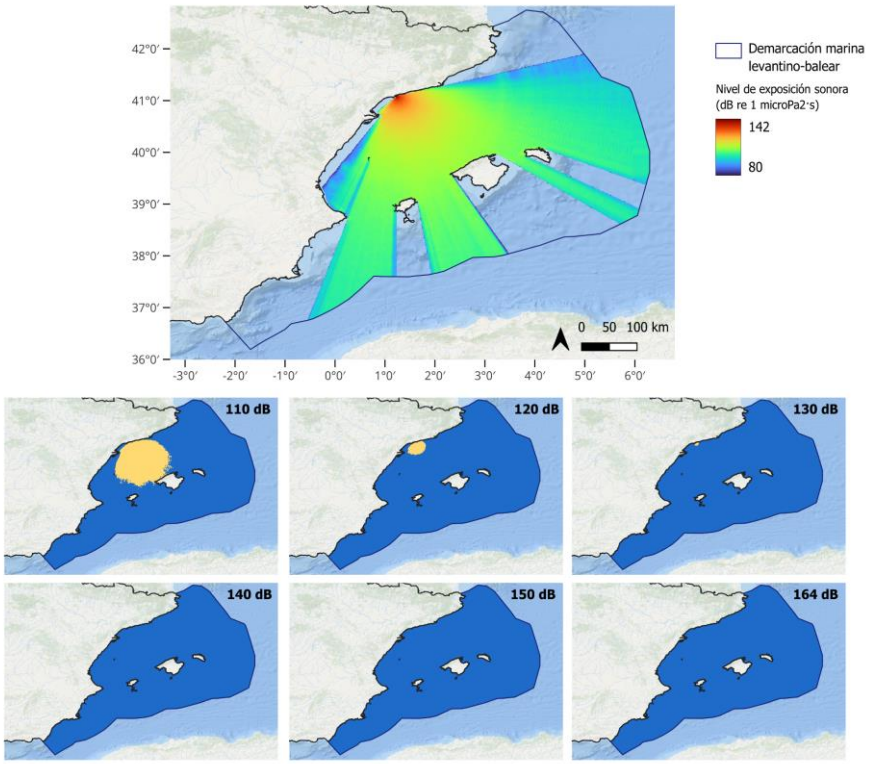


Figura 7. Mapa de nivel de exposición sonora generado por el hincado de pilotes de la actividad registrada como ES004 en la demarcación marina Levantino-balear en la anualidad 2021. En miniatura se representa el área que presenta niveles de exposición sonora superiores (amarillo) e inferiores (azul) para los diferentes valores de umbrales de SEL considerados (indicados en la leyenda de cada mapa).

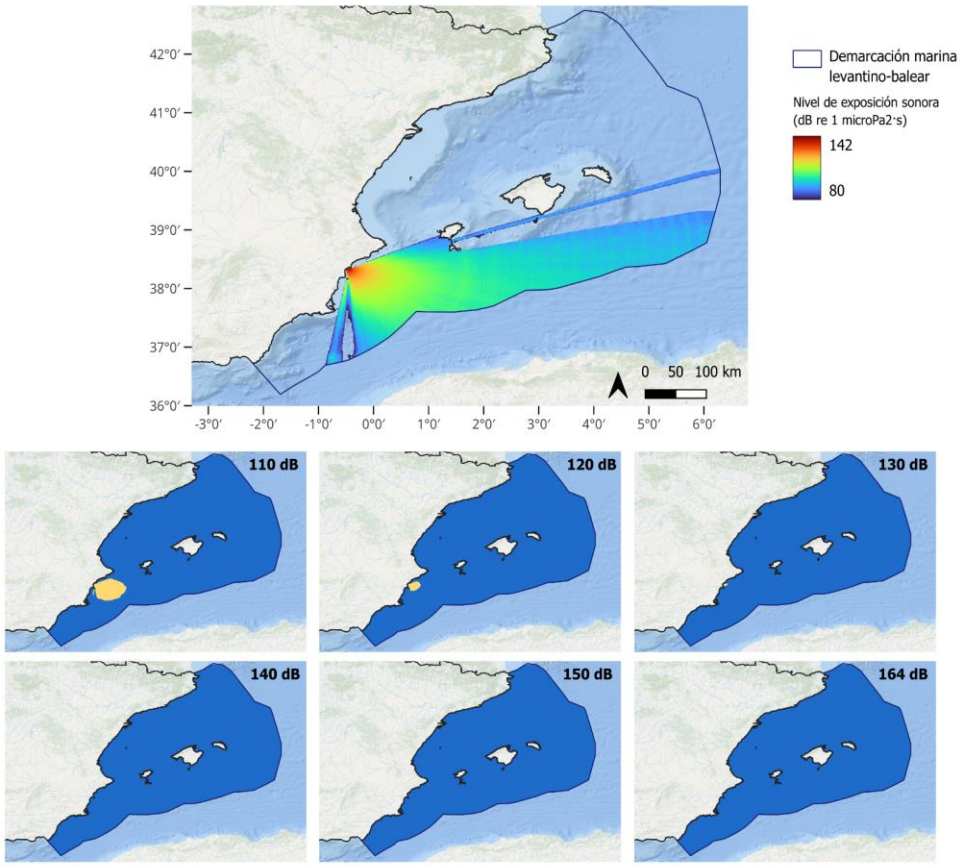


Figura 8. Mapa de nivel de exposición sonora generado por el hincado de pilotes de la actividad registrada como ES006 en la demarcación marina Levantino-balear en la anualidad 2021. En miniatura se representa el área que presenta niveles de exposición sonora superiores (amarillo) e inferiores (azul) para los diferentes valores de umbrales 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 diariamente, se ha calculado el porcentaje de área de la demarcación marina Levantino-balear que está cada día por encima de los diferentes umbrales propuestos (110, 120, 130, 140, 150 y 164 dB) para la anualidad evaluada (Figura 9). Como se puede observar, los porcentajes de área con niveles de exposición sonora superiores a los umbrales propuestos decaen conforme aumenta el nivel de los diferentes umbrale . En ninguno de los días se supera el umbral de exposición a corto plazo, 20% del área, con un nivel de exposición sonora superior a ninguno de los niveles considerados, incluido el menor de ellos, 110 dB. El promedio anual del porcentaje de área, calculado en base diaria, para cada uno de los umbrales considerados se presenta en la Tabla 3. En ninguna de las anualidades se supera el umbral de exposición a largo plazo, 10% del área

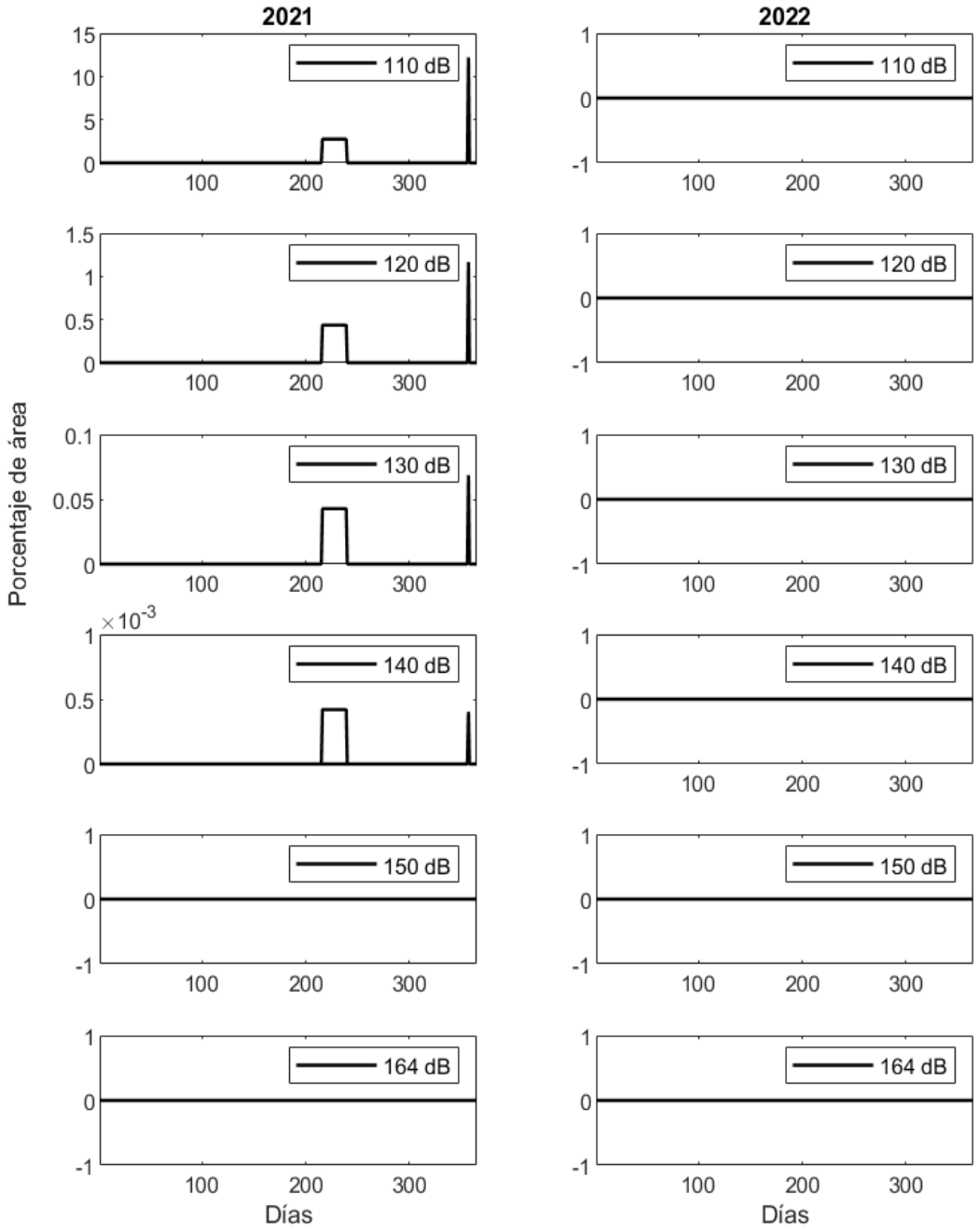


Figura 9. Porcentaje de área de la demarcación marina Levantino-balear que presenta un nivel de exposición sonora superior a diversos niveles umbrales de SEL considerados (indicados en la leyenda) para cada día de la anualidad 2021.



Umbrales de nivel de exposición sonora	2021
110 dB	<1
120 dB	<1
130 dB	<0.1
140 dB	<0.1
150 dB	0
164 dB	0

Tabla 3. Promedio anual del porcentaje de área de la demarcación marina Levantino-balear que presenta un nivel de exposición sonora superior a los diversos umbrales de SEL aplicados.

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 a futuro serán valores de LOBE. De entre los valores de SEL utilizados, los dos valores máximos considerados (140 dB re 1 µPa2·s y 164 dB re 1 µPa2·s) se apuntan en [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 µPa2·s en caso de eventos impulsivos múltiples como el hincado de pilotes y a 164 dB re 1 µPa2·s en caso de eventos impulsivos individuales como las explosiones, ausentes estas últimas en el registro de la presente demarcación marina, para cada día de la anualidad 2021. Los resultados se representan en la Figura 10. En ninguno de los días del periodo evaluado 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%.



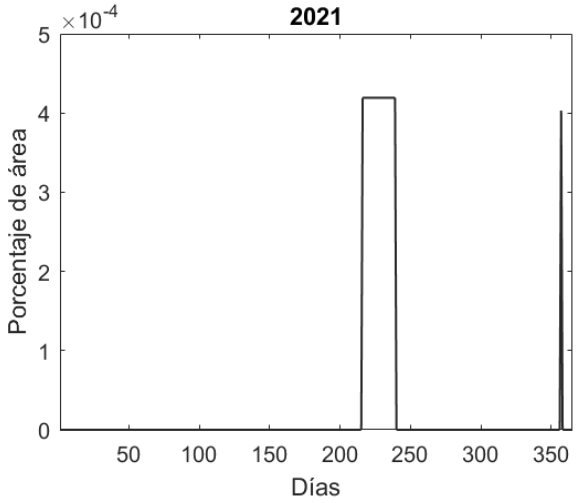


Figura 10. Porcentaje de área de la demarcación marina Levantina-balear que presenta un nivel de exposición sonora superior a (140 dB dB re 1 µPa2·s para los niveles generados por hincado de pilotes; 164 dB re 1 µPa2·s para los generados por explosiones) para cada día de las dos anualidades evaluadas.

En la siguiente tabla (Tabla 4) se indica el estado del criterio D11C1 que se determinaría si se utilizaran como valores umbrales del parámetro nivel de exposición sonora los diferentes umbrales que se han utilizado para describir el estado del ruido impulsivo en la demarcación Levantino-balear. Dado que el ejercicio descriptivo del ruido impulsivo se ha llevado a cabo sin disponer de 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.

ELEMENTO	Estado D11C1	Tendencia (cambio de estado)
110 dB		**¿?**
120 dB		**¿?**
130 dB		**¿?**
140 dB		**¿?**
150 dB		**¿?**

Tabla 4. Estado de consecución del BEA en el criterio D11C1 en la demarcación marina Levantino-balear 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: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido



4.3. 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 de 17 de mayo de 2017 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.

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

4.4. EVALUACIÓN DEL CRITERIO D11C1 POR ELEMENTO A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA:

Área de evaluación

El área evaluada se corresponde con la demarcación marina Levantino-balear, con una extensión de 231556 km2. La superficie evaluada se representa en el mapa de la Figura 1. De la evaluación realizada considerando distintos valores umbrales de SEL, incluyendo los valores sugeridos como susceptibles de ser utilizados como LOBE, se concluye que no se supera en ningún caso los valores umbrales 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 el estado después de la evaluación se concluye que es desconocido.

Resumen de los resultados de la evaluación

ESPECIE	D11C1	ESTADO DE LA ESPECIE CON RESPECTO AL RUIDO IMPULSIVO	Tendencia (cambio de estado)
Demarcación marina Levantino-balear			¿?

Tabla 5. Resumen de los resultados de la evaluación del criterio D11C1 en la demarcación marina Levantino-balear.

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; ↗ Mejorando; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido



En las Figuras 7 - 8, se presentan mapas del nivel de exposición sonora generado por cada una de las actividades emisoras de ruido impulsivo que han sido registradas durante la anualidad 2021.

DM Levantino-balear – D11C1. Ruido impulsivo

Resultados de la evaluación del tercer ciclo: Desconocido

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

Atendiendo al estudio de la presencia de fuentes de sonido impulsivo:

El porcentaje de extensión con fuentes de sonido impulsivas en la anualidad 2021 ha sido menor de 1 %.

El porcentaje diario de área con actividad de fuentes de sonido impulsivo y, por lo tanto, el promedio anual de dicho porcentaje, han sido en todos los casos bajos, no llegando al 1% (Figura 5).

El porcentaje mensual de área con actividad de fuentes de sonido impulsivo y, de la misma manera, el promedio anual dicho porcentaje, han sido en todos los casos bajos, no llegando al 1% (Figura 6).

Atendiendo al nivel de exposición sonora.

Para ninguno de los niveles umbrales utilizados para ilustrar el procedimiento empleado (110, 120, 130, 140, 150 y 164 dB re 1uPa2·s) el porcentaje diario de área expuesta alcanza el valor umbral máximo propuesto en [SIG2023], 20% (Figura 9). De la misma manera, el promedio anual en base diaria del área expuesta no alcanza el umbral del 10 % [SIG2023] (Tabla 3).

En cuanto a los valores apuntados como susceptibles de ser utilizados como LOBE (140 dB re 1 µPa2·s para eventos impulsivos múltiples como el hincado de pilotes y a 164 dB re 1 µPa2·s para eventos impulsivos individuales como las explosiones), en ningún caso se alcanza el 20% de área expuesta a nivel diario (Figura 10) ni el 10% de área expuesta como promedio anual.

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.

- <u>Análisis basado en la presencia de fuentes impulsivas de sonido</u>

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:

- 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].

- número de días de cada mes con presencia de fuentes de sonido impulsivo en la demarcación marina.

- porcentaje de área con fuentes de sonido impulsivas en cada anualidad.



- porcentaje de área con actividades de sonido impulsivo cada día de las anualidades 2021 y 2022.
- promedio anual en base diaria del porcentaje de área con presencia de actividades de sonido impulsivo para cada anualidad.
- porcentaje de área con actividades de sonido impulsivo cada mensualidad de las anualidades 2021 y 2022.
- 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. Si bien es cierto que 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 µPa2·m2·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 (BELLHOP3D) 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^{o} 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 µPa2·s. Tal y como se refiere más adelante en el apartado 'Valor 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 µPa2·s para eventos impulsivos múltiples, como es el hincado de pilotes, y 164 dB re 1 µPa2·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 (F_{AE}) se calcula como $F_{AE}(t_i)=A_{TH}(t_i)\cdot 100/A_{AE}(t_i)$ para cada día *i*, siendo A_{TH} la extensión del área que está expuesta a un nivel superior al umbral y A_{AE} 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 [illegible] 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. 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 1µPa2·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, explosiones, '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 1µPa2·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 comienzan 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 sonora que causan pérdidas en la audición, ya sean temporales o permanentes, a diferentes frecuencias para diversidad de especies. Es el caso de los niveles umbrales 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 el comportamiento de diferentes grupos de cetáceos según el nivel de presión sonora (dB re 1 µPa), no nivel de exposición sonora, producido por fuentes tanto continuas como impulsivas. Es por ello que se ha decidido utilizar los umbrales que propone TG noise 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 toma 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 µPa2·s para fuentes impulsivas múltiples.
- - Nivel de exposición sonora (SEL) de 164 dB re 1 µPa2·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.

Valores obtenidos para el parámetro

Se ha obtenido un valor del parámetro SEL para cada una de las celdas del área evaluada (Figuras 7-8).

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro: Desconocido

Consecución del parámetro

Los resultados obtenidos para los dos valores de SEL utilizados como valores umbrales sobre el nivel de exposición (140 y 164 dB re 1 µPa2·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.

05



D11- RUIDO AMBIENTE SUBMARINO



5. EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA D11- RUIDO AMBIENTE SUBMARINO

5.1. CONSECUCIÓN DEL BEA

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 <= 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 7y Tabla 8 del presente documento para dos valores de SPL seleccionados para realizar la evaluación.
Resultado de la evaluación:	**Desconocido.**
Periodo de evaluación	2020-2022.



5.2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL RUIDO AMBIENTE

A nivel de demarcación marina, el área estudiada posee una importante relevancia ecológica ya que contiene (entre otras) el área marina protegida del Corredor de Migración de Cetáceos del Mediterráneo (Real Decreto 699/2018) con régimen de protección preventivo, proponiendo se su inclusión en la lista de Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterraneo (lista ZEPIM) en el marco del Convenio de Barcelona.

Además están ya declaradas en la demarcación marina Levantino-balear las ZEPIM de:

- Cataluña: Islas Medes y Cap de Creus.
- Comunidad Valenciana: Columbretes.
- Región de Murcia: Mar Menor y zona mediterránea oriental de la costa murciana
- Islas Baleares: Archipiélago de Cabrera

La demarcación marina Levantino-balear también alberga numerosos espacios marinos protegidos con diferentes figuras como son la ZEC (Zona Especial de Conservación) de los Valles

Submarinos del Escarpe de Mazarrón, o el área del Cap Martinet, LIC (Lugar de Importancia Comunitario), el espacio marino de les Illes Columbretes o el Canal de Menorca solo por nombrar algunos. Dentro de los límites de esta demarcación se encuentra también parte del área denominada North-west Mediterranean Sea, Slope and Canyon System, declarada como Área de Importancia para los Mamíferos Marinos (IMMA) designada por el Marine Mammal Protected Area Task Force. Además, se encuentra también el North-Western Mediterranean Particularly Sensitive Area (PSSA), designado en el año 2023 por la International Maritime Organization. Por último, en 2023, mediante la Orden/TED/1416/2023 se aprueba la propuesta de incluir el Espacio marino de los Cañones de Alicante y el canal de Ibiza también como LICs en esta demarcación. Con esto se pretende resaltar la diversidad de hábitats y especies susceptibles de ser afectadas por el ruido submarino.

Atendiendo a los resultados obtenidos a través de la modelización teórica y representados en forma de mapa de nivel de presión para las anualidades evaluadas, se puede observar como el área de la demarcación cercana a las inmediaciones de la división entre la demarcación marina Estrecho y Alborán es la que presenta un mayor nivel, seguido de las inmediaciones de los puertos de Valencia, Palma de Mallorca y Barcelona. Las figuras 11, 12 y 13 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.

Anualidad	Base temporal	Modelo de fuente	Propiedades grid	Propagación	SPL máximo en columna de agua
2020	1h	Randi	0.05º CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 µPa]
2021	1h	Randi	0.05º CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 µPa]
2022	1h	Randi	0.05º CSquare	Adaptación BELLHOP3D	dB [ref 1 µPa]

Tabla 6. Características de la modelización teórica.

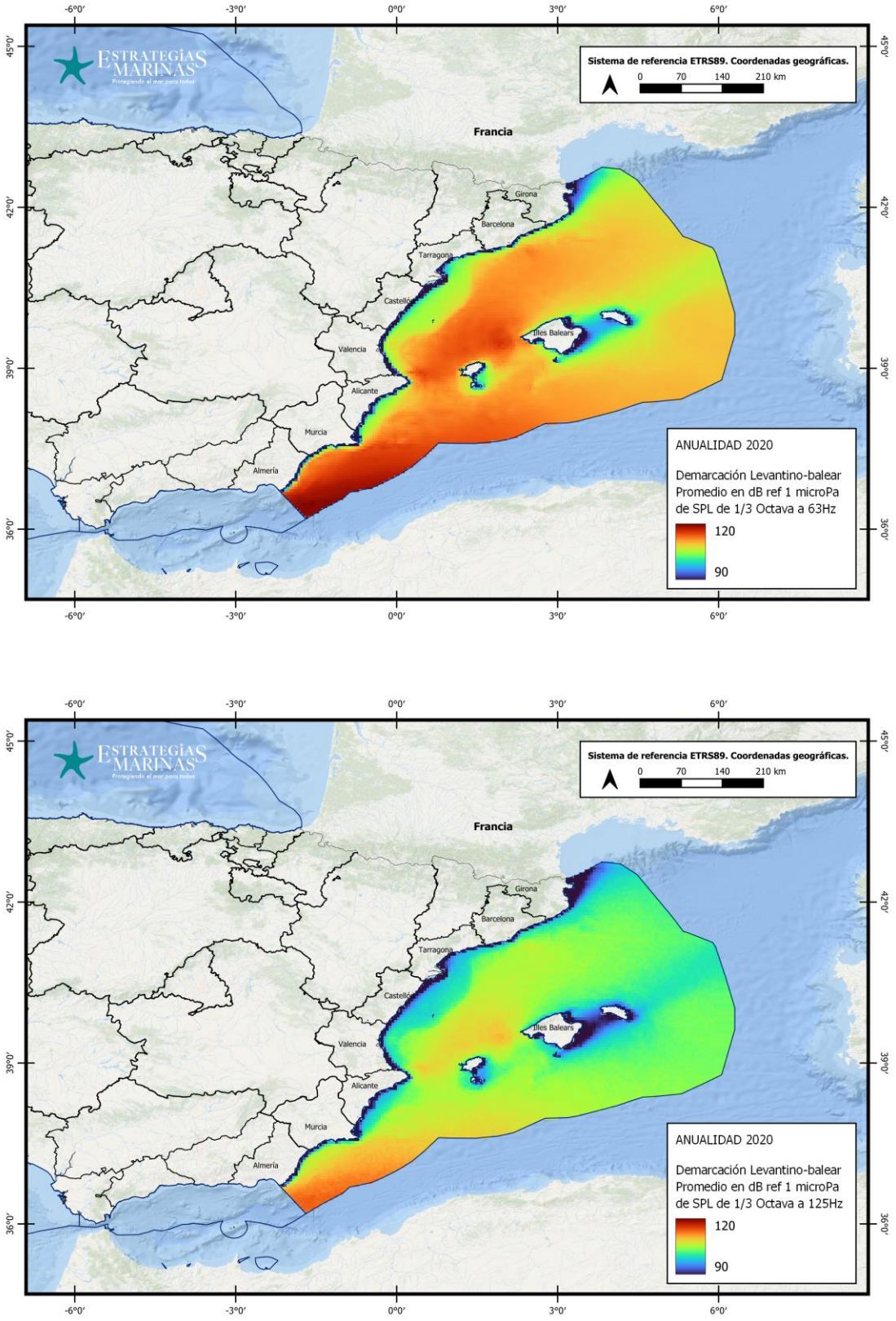


Figura 11. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125Hz correspondiente a la anualidad 2020 [dB ref 1 µPa].

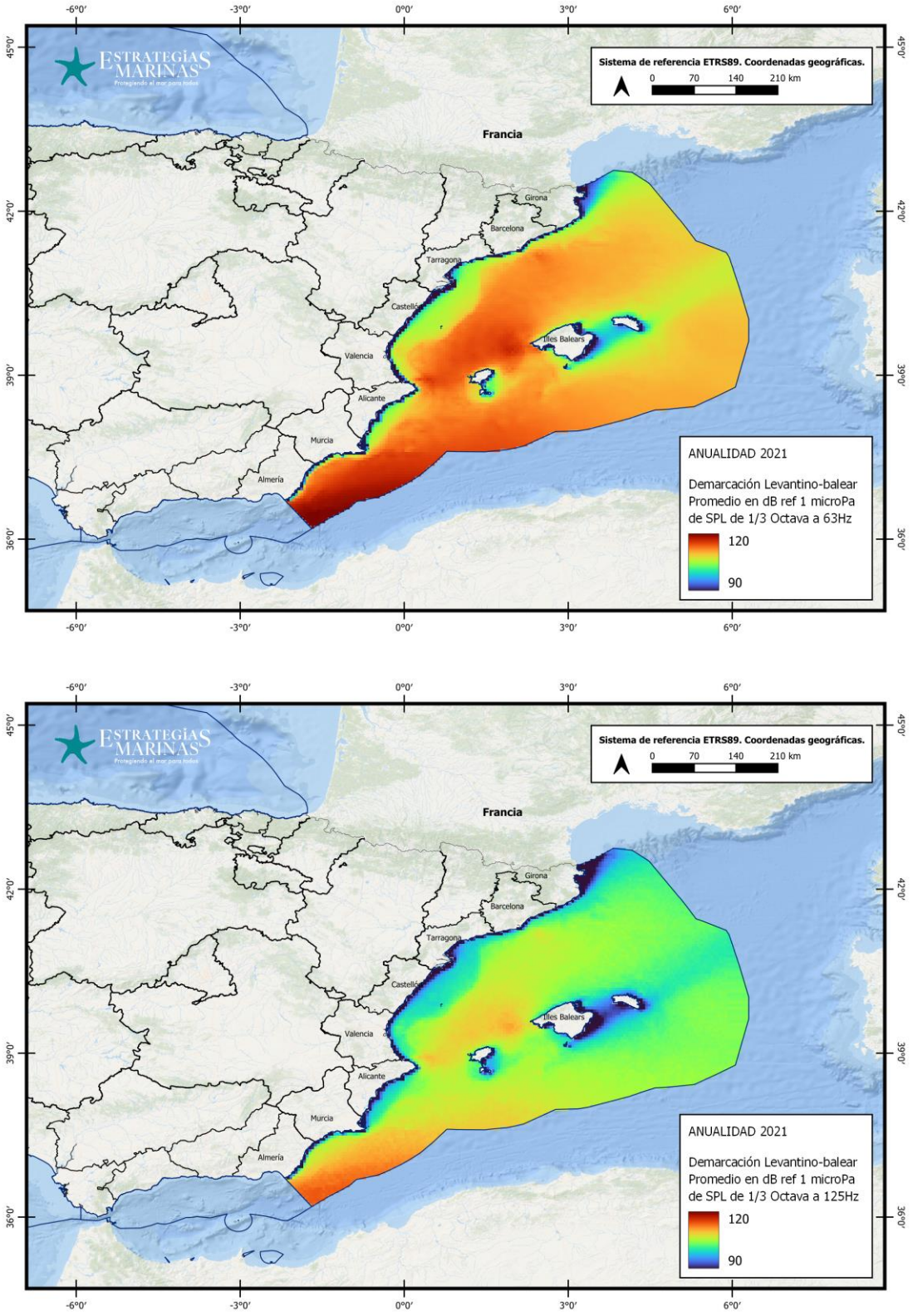


Figura 12. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125Hz correspondiente a la anualidad 2021 [dB ref 1 µPa].

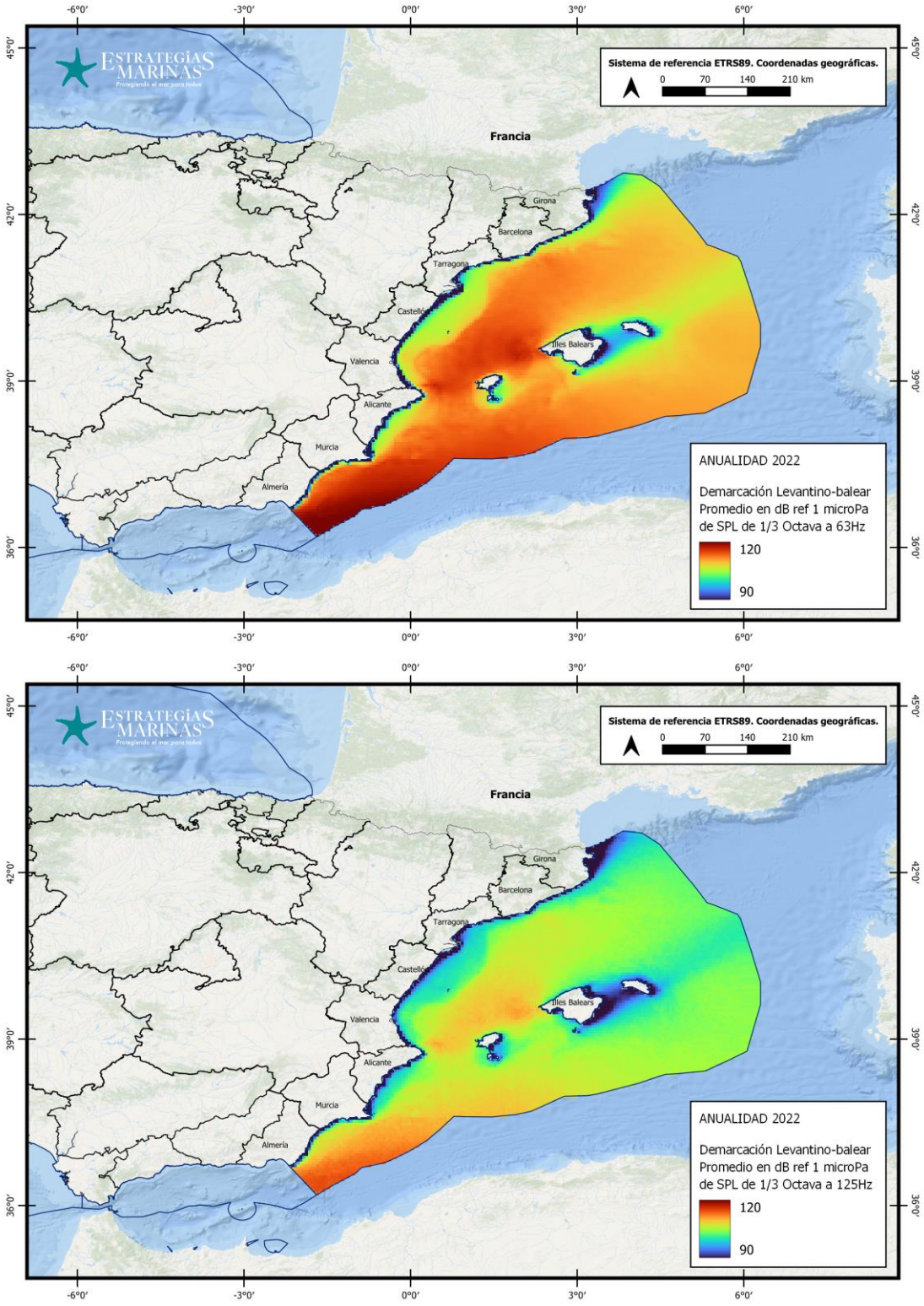


Figura 13. Valor medio anual en base temporal horaria del nivel de sonido calculado en la banda de frecuencia de tercio de octava de 63 y 125Hz correspondiente a la anualidad 2022 [dB ref 1 µPa].

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 3 puntos 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 14 y el calendario seguido, en la Figura 15.

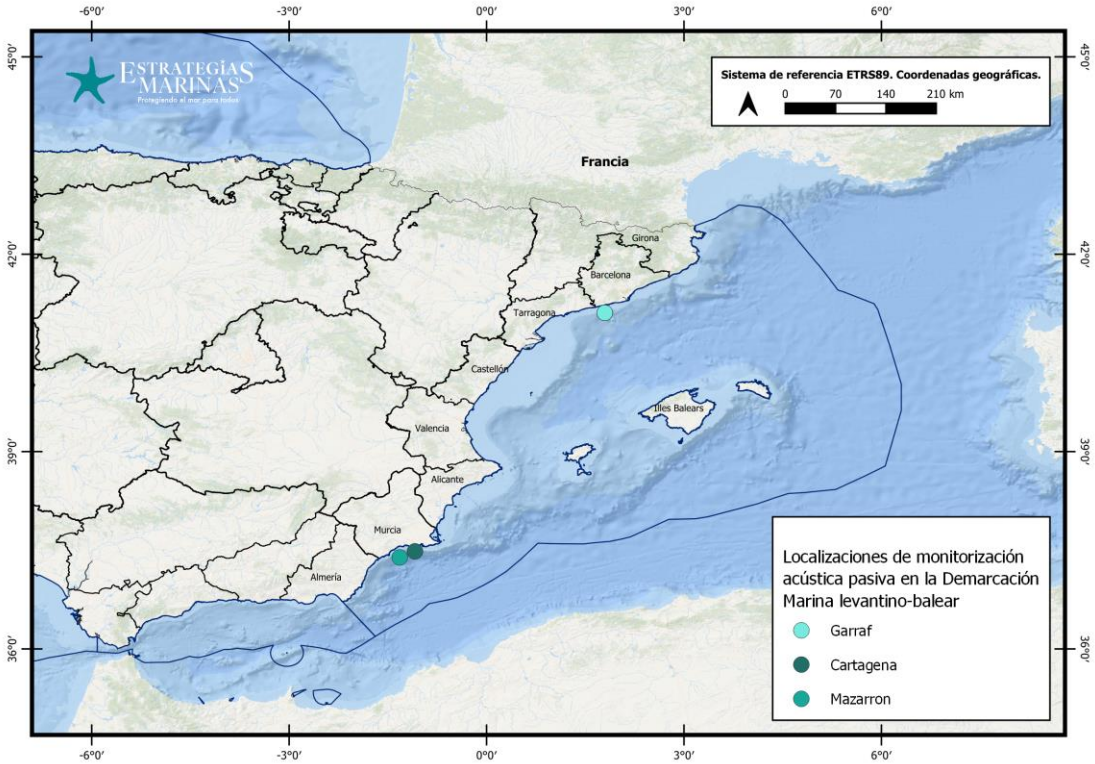


Figura 14. Detalle de los puntos de monitorización de ruido ambiente en la demarcación marina Levantino-balear.

En la Figura 15se muestra el calendario en el que se han realizado las campañas de medidas experimentales así como el periodo del que se disponen de datos acústicos registrados. Los acrónimos utilizados corresponden a las localizaciones de MAZ- Mazarrón, BCA - Bahía de Cartagena y GAR - Costa del Garraf. La Tabla 7detalla las características del emplazamiento de los sistemas acústicos pasivos en las tres localizaciones reportadas.

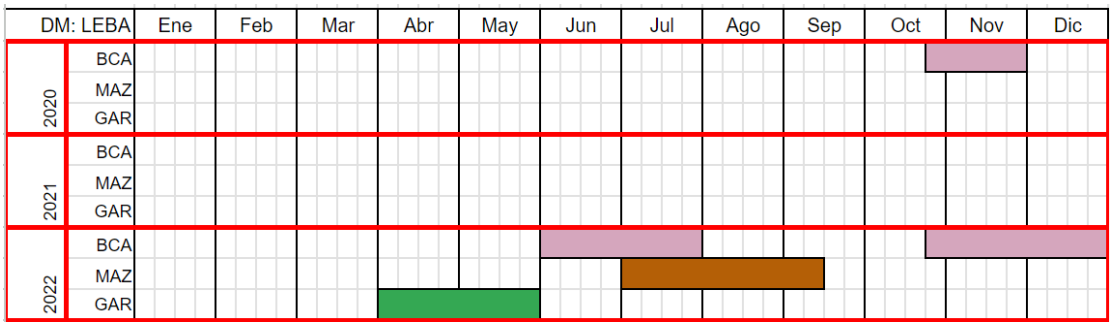


Figura 15. Calendario de fondeos en la Demarcación Marina Levantino-balear en las anualidades comprendidas por el período 2020-2022.

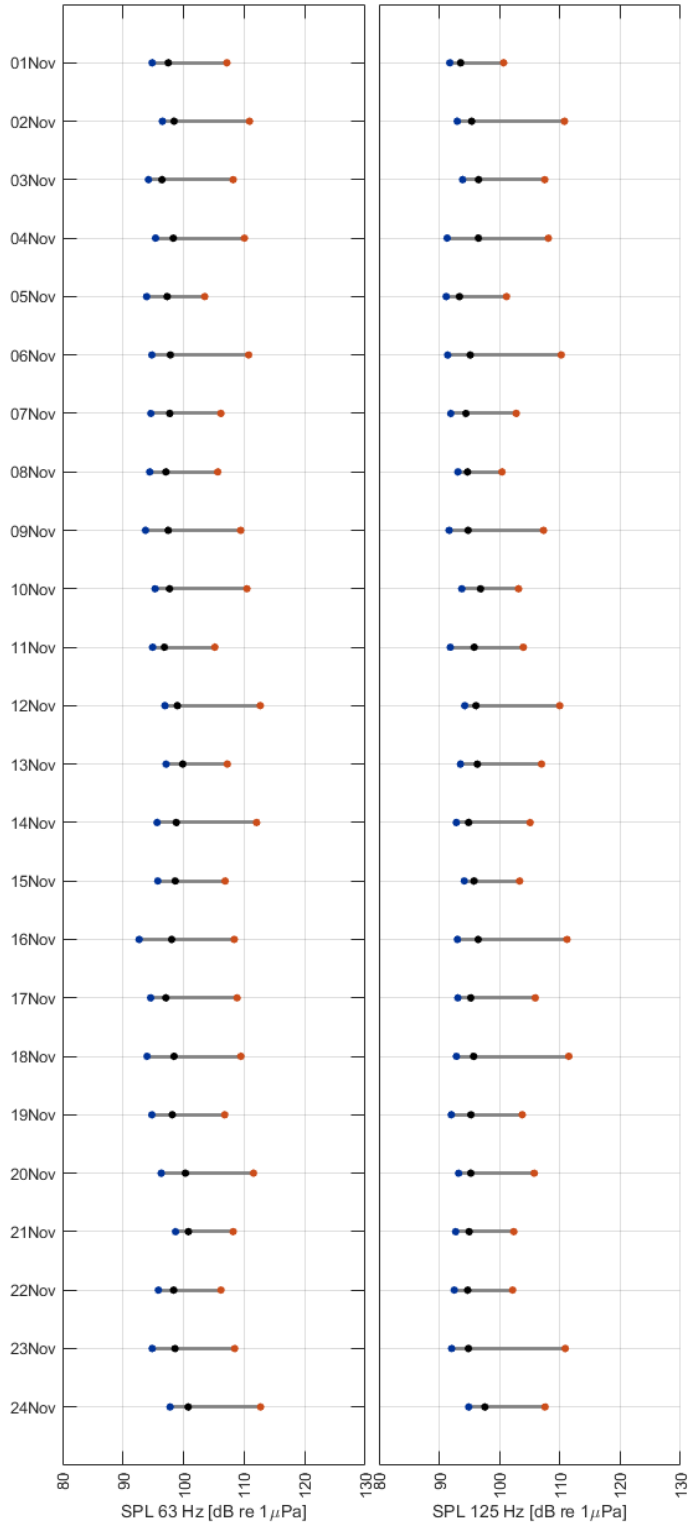


Nombre Fondeo	Zona	Localización	Profundidad [m]	Días de grabación	Base integración temporal	Estadística
BCA	Bahía de Cartagena	37.483616, -1.089166	504	159	2 seg.	Diaria
MAZ	Escarpes de Mazarrón	37.391758,-1.320187	556	68	2 seg.	Diaria
GAR	Costas del Garraf	41,109615, 1,794520	98	60	2 seg.	Diaria

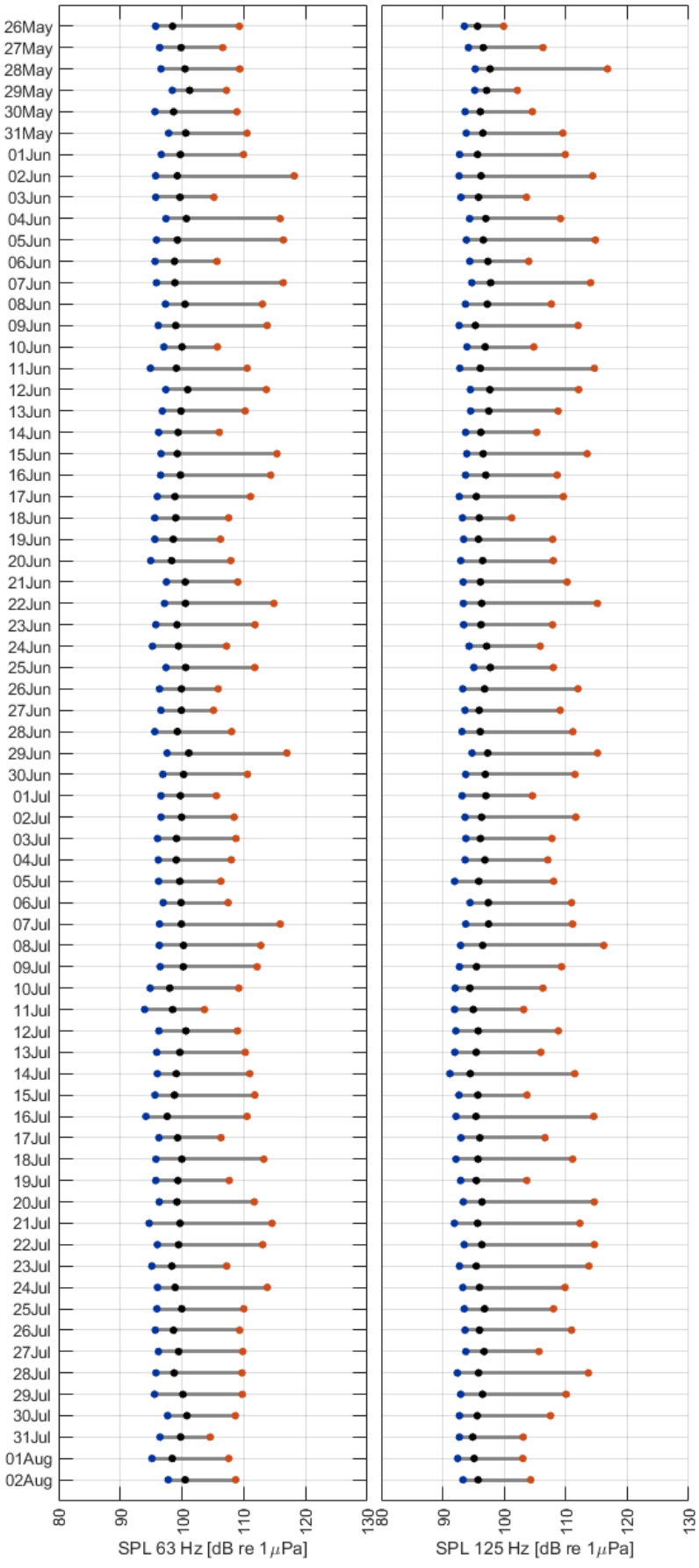
Tabla 7. Características de los puntos donde se han implementado el calado de sistemas acústicos pasivos de grabación en la demarcación marina Levantino-balear.

Siguiendo con la terminología mostrada en la Tabla 7, a continuación se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de fondeos mostrados en la Figura 14. 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 (Figuras 16 - 18). 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 Bahía de Cartagena (BCA)






26May
27May
28May
29May
30May
31May
01Jun
02Jun
03Jun
04Jun
05Jun
06Jun
07Jun
08Jun
09Jun
10Jun
11Jun
12Jun
13Jun
14Jun
15Jun
16Jun
17Jun
18Jun
19Jun
20Jun
21Jun
22Jun
23Jun
24Jun
25Jun
26Jun
27Jun
28Jun
29Jun
30Jun
01Jul
02Jul
03Jul
04Jul
05Jul
06Jul
07Jul
08Jul
09Jul
10Jul
11Jul
12Jul
13Jul
14Jul
15Jul
16Jul
17Jul
18Jul
19Jul
20Jul
21Jul
22Jul
23Jul
24Jul
25Jul
26Jul
27Jul
28Jul
29Jul
30Jul
31Jul
01Aug
02Aug
80
90
100
110
120
130
SPL 63 Hz [dB re 1 μPa]
SPL 125 Hz [dB re 1 μPa]

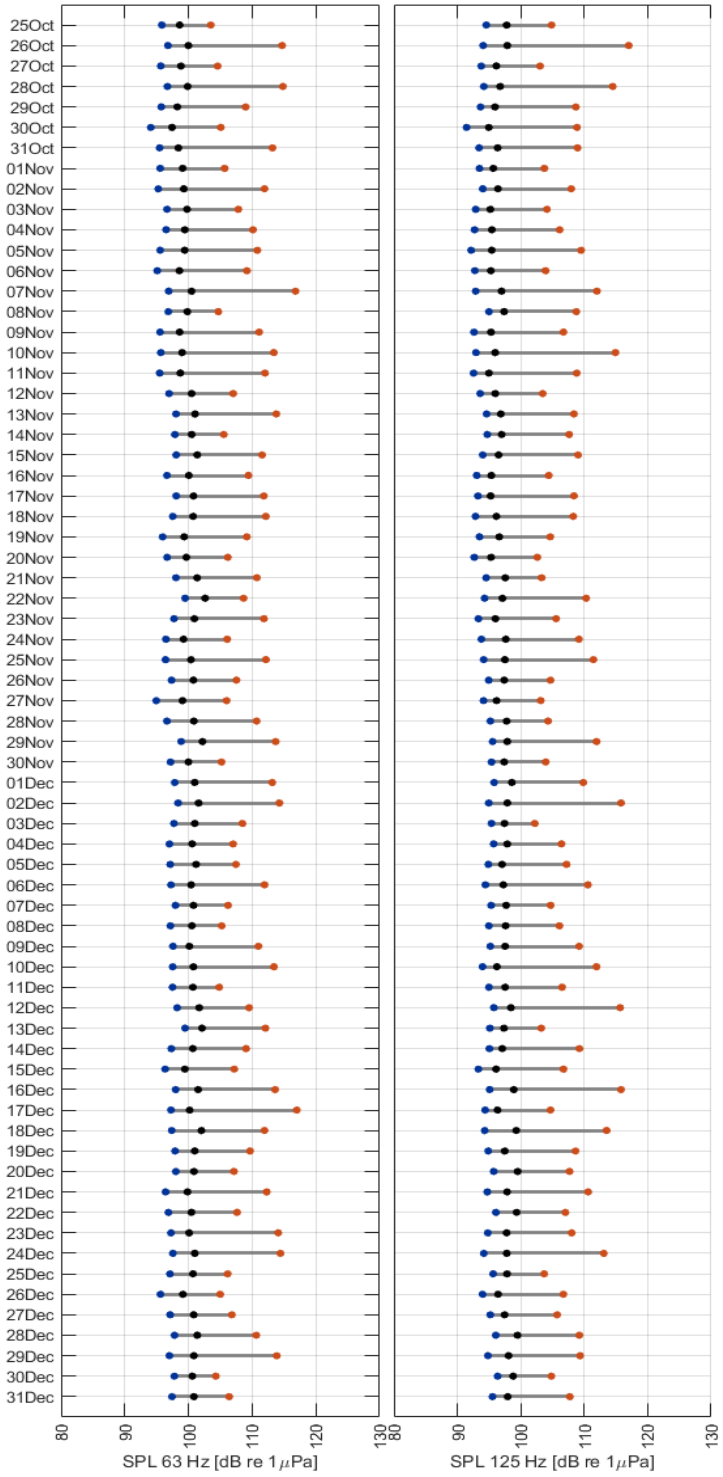


Figura 16 . Gráfica correspondiente a las medidas experimentales en el punto de monitorización situado en la Bahía de Cartagena. A partir de los datos de nivel de presión sonora [db ref 1µPa] obtenidos cada 2 segundos se han calculado los percentiles 5 (en puntos azules), 50 (en puntos negros) y 95 (puntos naranjas) diarios en las bandas de frecuencias de tercio de octava de 63 y 125 Hz para (a) el mes de noviembre de 2020, (b) de finales de mayo de 2022 hasta el 2 de agosto de 2022, y (c) desde el 25 de octubre del 2022 hasta fin de año

Punto de monitorización del golfo de Costa Garraf (GAR)

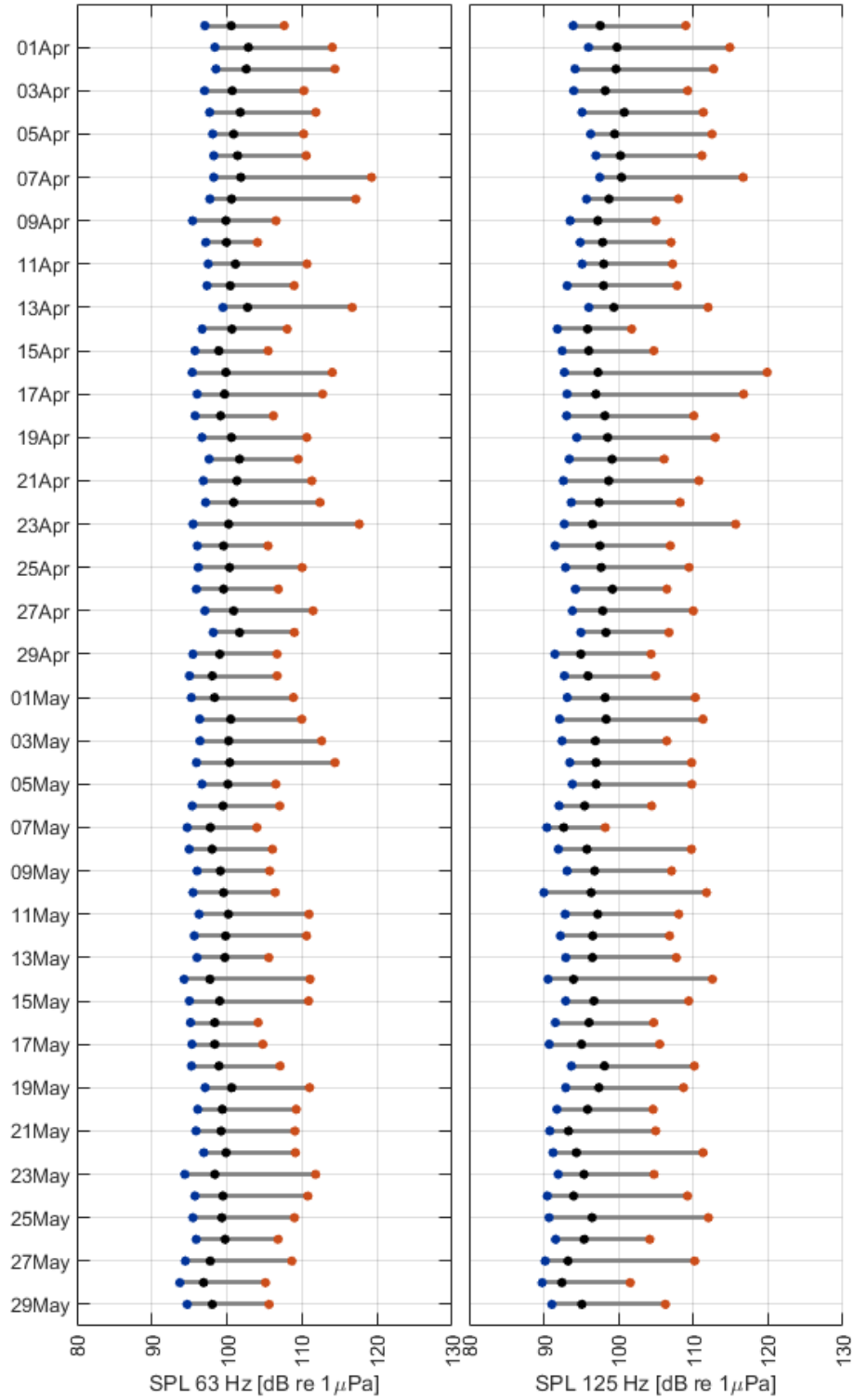


Figura 17. Gráfica correspondiente a las medidas experimentales en el punto de monitorización situado en la costa del Garraf. A partir de los datos de nivel de presión sonora [db ref 1µPa] obtenidos cada 2 segundos se han calculado los percentiles 5 (en puntos azules), 50 (en puntos negros) y 95 (puntos naranjas) diarios en las bandas de frecuencias de tercio de octava de 63 y 125 Hz entre los meses de abril y mayo del año 2022.

Punto de monitorización del golfo de Mazarrón (Maz)

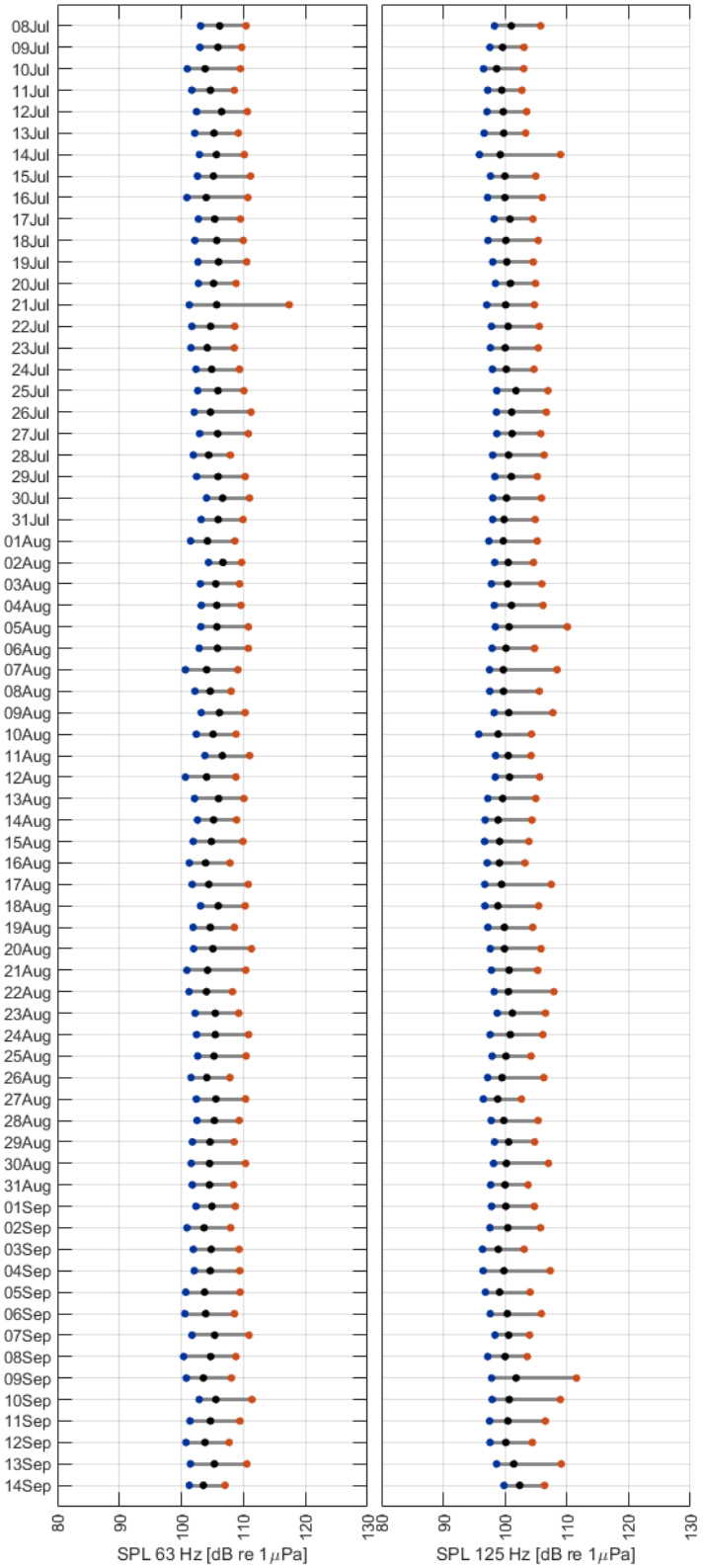


Figura 18. Gráfica correspondiente a las medidas experimentales en el punto de monitorización situado en la costa de Mazarrón. A partir de los datos de nivel de presión sonora [db ref 1µPa] obtenidos cada 2 segundos se han calculado los percentiles 5 (en puntos azules), 50 (en puntos negros) y 95 (puntos naranjas) diarios en las bandas de frecuencias de tercio de octava de 63 y 125 Hz desde el 8 de julio de 2022 hasta el 14 de septiembre de ese mismo año.

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 disponen 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, 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 las Figuras 19 - 24 se presentan las curvas teóricas en las bandas de ⅓ 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.

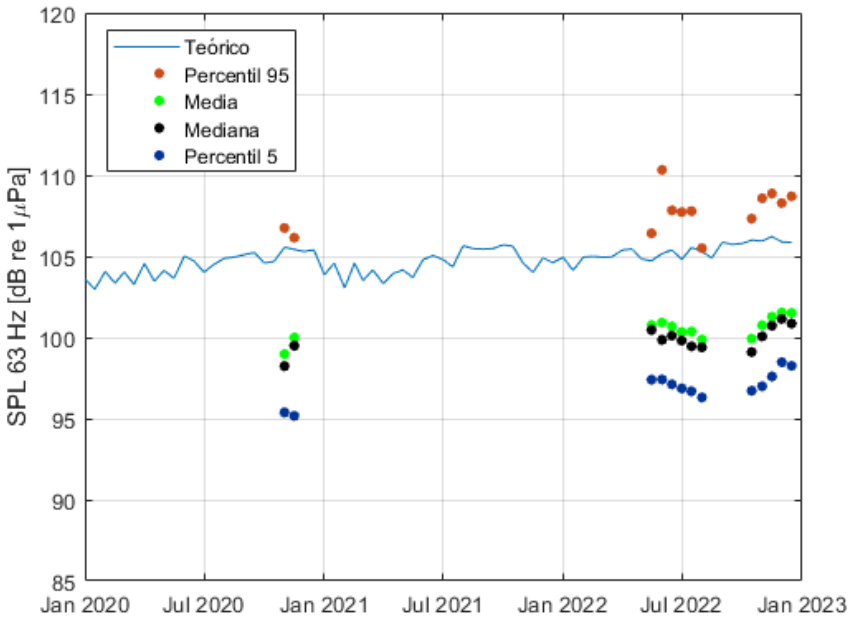


Figura 19. Curva teórica obtenida en la banda de ⅓ de octava de 63 Hz en la localización del fondeo situado en la bahía de Cartagena y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales.

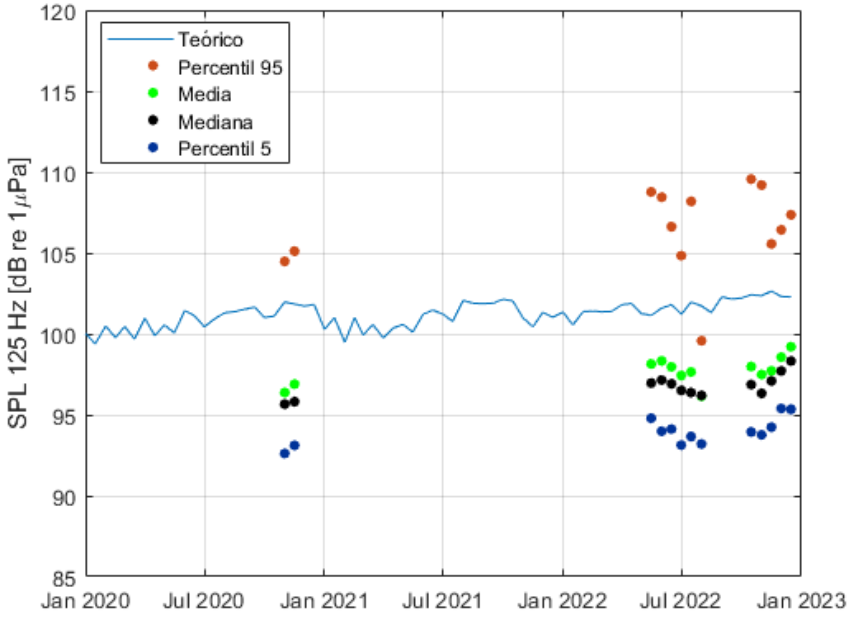


Figura 20. Curva teórica obtenida en la banda de ⅓ de octava de 125 Hz en la localización del fondeo situado en la bahía de Cartagena y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales.

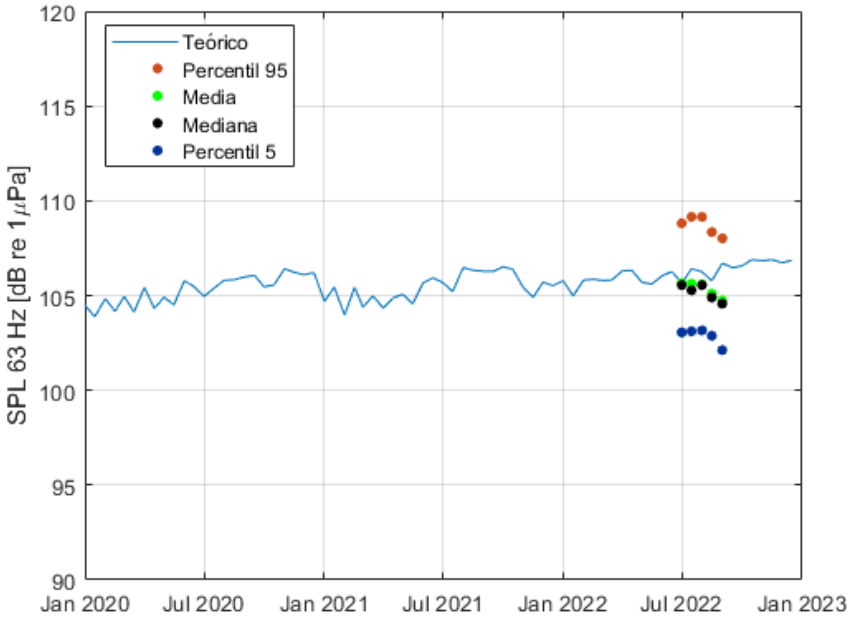


Figura 21. Curva teórica obtenida en la banda de ⅓ de octava de 63 Hz en la localización del fondeo situado en los escarpes de Mazarrón y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales

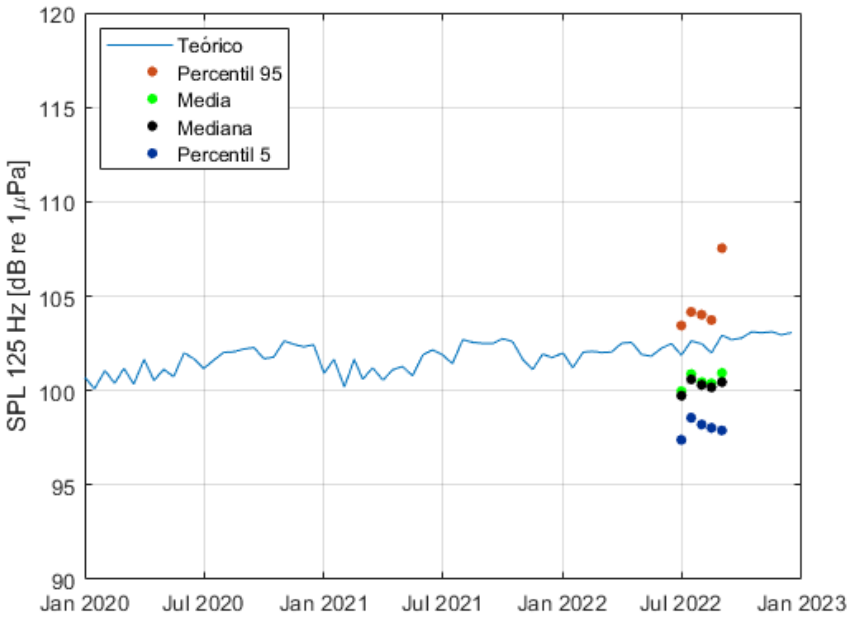


Figura 22 .Curva teórica obtenida en la banda de ⅓ de octava de 125 Hz en la localización del fondeo situado en los escarpes de Mazarrón y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales.

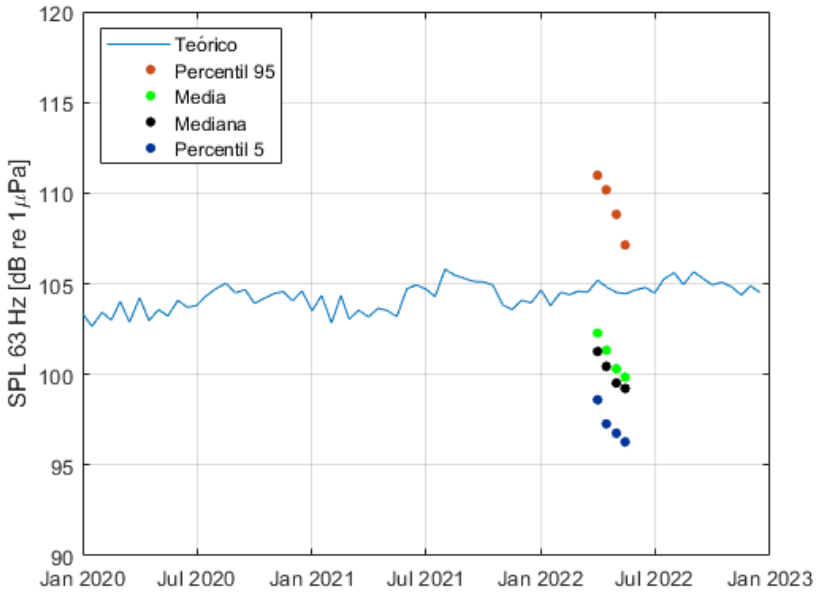


Figura 23. Curva teórica obtenida en la banda de ⅓ de octava de 63 Hz en la localización del fondeo situado en la costa del Garraf y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales.

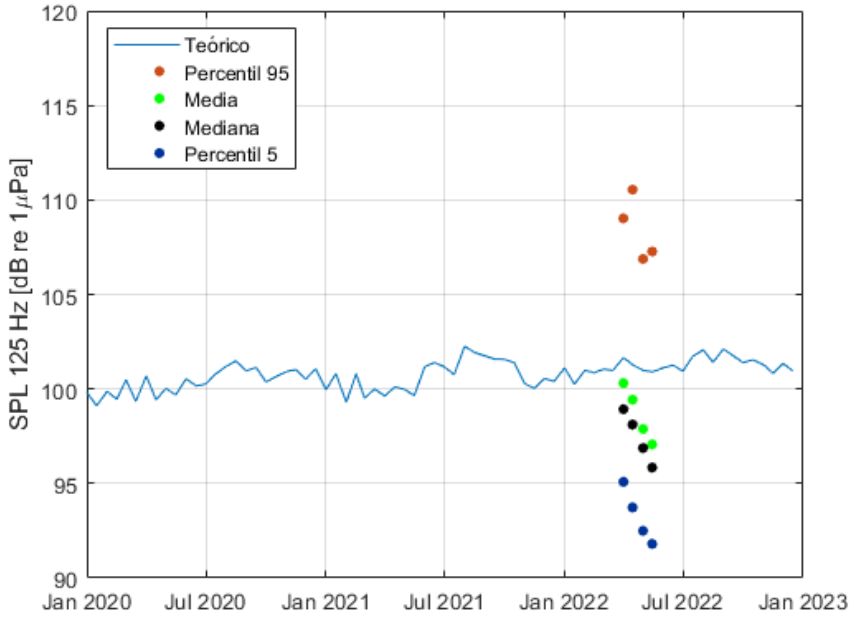


Figura 24 . Curva teórica obtenida en la banda de ⅓ de octava de 125 Hz en la localización del fondeo situado en la costa del Garraf *y puntos correspondientes a media aritmética (verde) y a los percentiles 5, 50 y 95 (azul, negro y naranja respectivamente) quincenales de las medidas experimentales.*

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 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 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. En las Figura 25 y Figura 26 se muestra la evolución del porcentaje de área que se encuentra en niveles superiores a los umbrales de nivel seleccionados (caso de ⅓ 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.

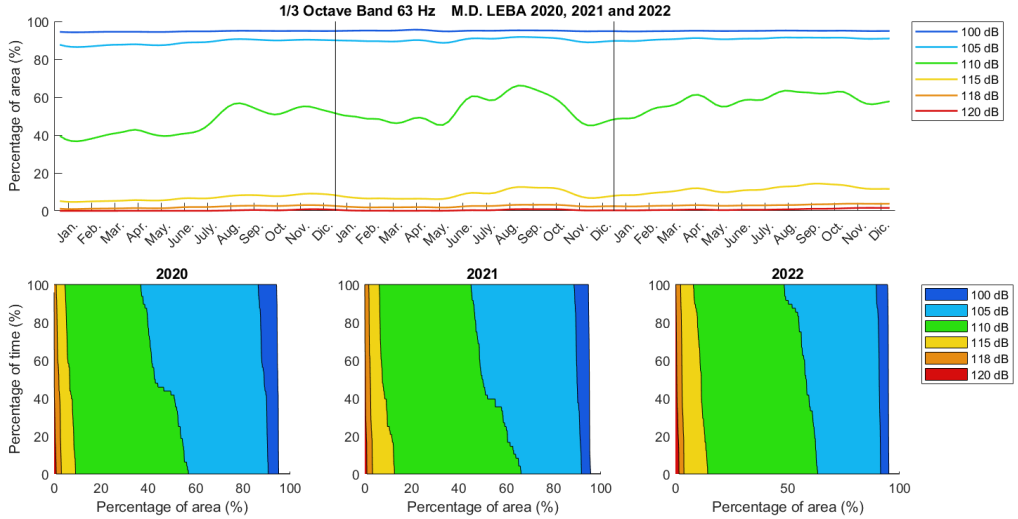


Figura 25. .(superior) Evolución durante el periodo de evaluación del porcentaje de área que se encuentra por encima de los distintos valores de nivel considerados como umbrales y que a futuro deberán determinar la potencial afección sobre especies indicadoras (LOBE). (Inferior) curvas de porcentaje de tiempo, relacionadas con el porcentaje de área por encima de los distintos umbrales de nivel (en base anual).

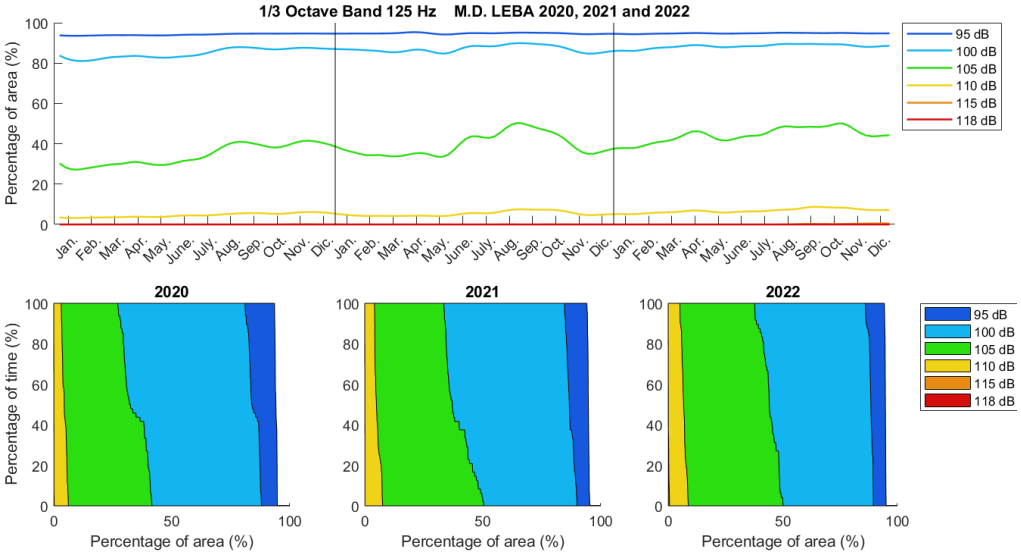


Figura 26.(superior) Evolución durante el periodo de evaluación del porcentaje de área que se encuentra por encima de los distintos valores de nivel considerados como umbrales y que a futuro deberán determinar la potencial afección sobre especies indicadoras (LOBE). (Inferior) curvas de porcentaje de 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 evaluada por encima de 110 dB y 115 dB de valor umbral tanto para el caso de la banda de frecuencia de 63Hz como de 125Hz. En la Tabla 8 y Tabla 9 se presenta el porcentaje de área por encima del cual la demarcación marina Levantino-balear 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* ⅓ de octava de 63 y 125 Hz.

(a)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	37	38	41	42	40	41	45	56	54	51	55	53
2021	50	49	47	49	46	58	59	65	65	59	47	47
2022	49	53	56	61	56	58	59	63	62	63	59	57

(b)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5	6	6
2021	5	4	4	4	4	5	6	7	7	7	5	5
2022	5	6	6	7	6	6	7	7	9	8	8	7

Tabla 8. Porcentaje de área evaluada que se encuentra por encima de 110 dB (a) ⅓ de Octava de 63 Hz (b) ⅓ de Octava de 125 Hz.

(a)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2020	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	9	9
2021	7	7	6	6	6	9	9	12	12	12	8	7
2022	8	9	10	12	10	11	11	13	14	14	12	12

(b)

	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

Tabla 9. Porcentaje de área evaluada que se encuentra por encima de 115 dB (a) ⅓ de Octava de 63 Hz (b) ⅓ de Octava de 125 Hz.



Los resultados recogidos en las tablas 8 y 9 muestran como en el caso de considerar el nivel umbral sobre el nivel de presión de 110 dB para el caso de la banda de frecuencia en tercio de octava de 63 Hz en todas las mensualidades de las tres anualidades evaluadas el porcentaje de área supera el valor máximo umbral permitido para la determinación del buen estado ambiental (20%) mientras que en el caso de 125Hz este porcentaje disminuye y ningún caso se alcanza el umbral. 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 para ambas bandas de frecuencia no se supera en ninguna mensualidad el nivel umbral máximo permitido del 20% de área afectada.
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.

ELEMENTO	Estado D11C2	Tendencia (cambio de estado)
110 dB		¿?
115 dB		¿?
SONIDO AMBIENTE		

Tabla 10. Estado de consecución del BEA en el criterio D11C2 en la demarcación marina Levantino-balear 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: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido



5.3. 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 de 17 de mayo de 2017 relacionadas con el criterio D11C2:

- 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.

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

5.4. EVALUACIÓN DEL CRITERIO D11C2 POR ELEMENTO A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA:

Área de evaluación

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

Resumen de los resultados de la evaluación

ESPECIE	D11C2	ESTADO DE LA ESPECIE CON RESPECTO AL RUIDO AMBIENTE	Tendencia (cambio de estado)
115 dB			¿?

Tabla 11. *Resumen de los resultados de la demarcación marina Levantino-balear para el criterio D11C1*

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; ↗ Mejorando; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido



Resultados de la evaluación del tercer ciclo: Desconocido

A modo de resumen de los resultados obtenidos se apunta que:

La evolución temporal del porcentaje de área de la demarcación marina Levantino-balear que presenta un nivel de presión sonora superior a diferentes umbrales (100, 105, 110, 115, 118 y 120 dB re 1 uPa para 63 Hz; 95, 100, 105, 110, 115 y 118 dB re 1 uPa para 125 Hz) muestra que para 63 Hz el umbral del 20% del área es superado durante las tres anualidades evaluadas completas cuando el nivel umbral de presión sonora es 110 dB, cuando es de 115 dB el porcentaje de área expuesta disminuye de manera notable. Durante el 50 % del tiempo el porcentaje de área expuesta se encuentra por encima de valores que varían entre 37 y 65 % cuando se trata de 110 dB de umbral de presión sonora y no llegando al 15 % cuando se trata de 115 dB.

Para 125 Hz el umbral del 20% de área es superado durante todo el periodo de evaluación cuando se considera un nivel umbral de presión sonora de 105 dB. Tratándose de un umbral de 110 dB el porcentaje de área expuesta varía en torno al 10 % del área durante las tres anualidades.

Tal y como se espera, durante el 50% del tiempo el porcentaje de área expuesta no llega a alcanzar el 9% ninguna mensualidad cuando se considera 110 dB y se queda en valores cercanos a 0 % cuando se trata de 115 dB de nivel umbral de presión sonora.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

Dado que no existe un consenso claro acerca del nivel de presión sonora a partir del cuál se considera que comienzan a aparecer efectos adversos en las especies que habitan el área evaluada, se han establecido diferentes niveles umbrales 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 umbrales 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 ⅓ 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 umbrales 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 umbrales 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 umbrales sobre el nivel de presión, que la National Marine Fisheries Service (NMFS), implementa umbrales de 120dB ref 1 µPa en el caso de sonidos no impulsivos en relación a 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 re 1µPa.

Valores umbral

Se han utilizado dos valores umbrales sobre el nivel de presión con el objetivo de obtener el estado del ruido ambiente en la demarcación marina noratlántica 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 1µPa. 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 umbrales sobre el nivel de presión determinan los valores umbrales 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 ⅓ de octava de 63 y 125 Hz quedan representados en los mapas de la Figuras 11-13.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro: Desconocido

Consecución del parámetro

Los resultados obtenidos para los dos valores de SPL utilizados como valores umbrales sobre el nivel de presión sonora (110 y 115 dB re 1 µPa2·s), superan el umbral máximo de 20% de área cuando se considera el nivel 110 dB para la banda de ⅓ de octava de 63 Hz en las anualidades completas de 2020, 2021 y 2022. El umbral de 20% de área no es superado en ninguna mensualidad del periodo evaluado cuando se considera el nivel umbral de presión sonora de 110 dB para la banda de ⅓ de octava de 125 Hz, ni considerando ninguno el umbral de presión sonora de 115 dB para ninguna de las bandas.

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.

06



REFERENCIAS



6. REFERENCIAS

[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-west



[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-west

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos