

# Análisis de riesgos frente al cambio climático en el LIC Canal de Menorca

Diciembre 2023

LIFE IP INTEMARES

Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red  
Natura 2000 en el medio marino español





**Autoría:**

**Hidria Ciencia, Ambiente y Desarrollo S.L.**

**Uxía López-Dóriga Sandoval, María Maestro Cano-Manuel, Bárbara Pizarro Cisternas, Carlota Bermejo Grande.**



**Coordinación y revisión:**

**Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico**

Este trabajo está enmarcado dentro del convenio de colaboración entre la Oficina Española de Cambio Climático y la Fundación Biodiversidad, para iniciativas en materia de adaptación al cambio climático y es una aportación al proyecto LIFE IP INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español”.

El proyecto LIFE IP INTEMARES, que coordina la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, avanza hacia un cambio de modelo de gestión eficaz de los espacios marinos de la Red Natura 2000, con la participación activa de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones.

Participan como socios el propio ministerio, a través de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación; la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul, así como de la Agencia de Medio Ambiente y Agua; el Instituto Español de Oceanografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; AZTI; la Universidad de Alicante; la Universidad Politécnica de Valencia; la Confederación Española de Pesca, SEO/BirdLife y WWF-España. Cuenta con la contribución financiera del Programa LIFE de la Unión Europea.



**Universitat d'Alacant**  
**Universidad de Alicante**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA**  
**DE VALÈNCIA**

**cepesca**  
Confederación Española de Pesca



**Fecha de edición**

01/07/2024

# LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

C.1.6 Proyectos demostrativos para la adaptación al cambio climático

## INDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
<b>3. ANÁLISIS DE RIESGOS .....</b>	<b>9</b>
3.1. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE .....	9
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN.....	10
3.3. ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS.....	20
3.4. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	29
3.5. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS..	41
3.6. EVALUACIÓN DEL RIESGO .....	47
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>5. VALORACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS .....</b>	<b>50</b>
<b>6. TRANSFERIBILIDAD DE LOS RESULTADOS A OTRAS AREAS .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO I. Modelo de entrevista semiestructurada.....</b>	<b>58</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Cuantificación de la magnitud de la amenaza y probabilidad de ocurrencia. ....	20
Tabla 2. Incremento de temperatura y temperatura media de la superficie del mar en verano proyectadas en el Mediterráneo para 2050 y 2100 bajo el escenario SRES A1B.....	22
Tabla 3. Temperatura media y temperatura máxima de la superficie del mar proyectadas en el LIC Canal de Menorca para los periodos 2040-2069 y 2070-2100 bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.....	22
Tabla 4. Incrementos de la temperatura superficial media (TSM) para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 a medio (2026-2045) y largo plazo (2081-2100) para la zona de estudio. ....	22
Tabla 5. Media de pH actual y proyectada para el LIC Canal de Menorca para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. ....	26
Tabla 6. Temperatura máxima estival actual y proyectada para el LIC Canal de Menorca para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. ....	27
Tabla 7. Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad.....	29
Tabla 8. Valoración cualitativa de las consecuencias. ....	41
Tabla 9. Valoración cualitativa de las consecuencias de las unidades ambientales objeto de estudio. ....	41
Tabla 10. Valoración cualitativa del riesgo. ....	47
Tabla 11. Vulnerabilidad, consecuencias y nivel de riesgo de las principales unidades ambientales de interés analizadas en este trabajo.....	47

## Lista de figuras

Figura 1. Marco metodológico aplicado para el análisis del riesgo en los espacios marinos protegidos. ....	7
Figura 2. Esquema del proceso participativo desarrollado durante el proyecto. ....	8
Figura 3. Hábitat de Interés Comunitario (HIC) Canal de Menorca. ....	10
Figura 4. Elementos del capital natural del LIC Canal de Menorca.. ....	11
Figura 5. Praderas de posidonia en el Mediterráneo. ....	12
Figura 6. Detalle de un bloque de coralígeno del canal de Menorca recubierto de esponjas, cnidarios y algas. ....	14
Figura 7. Tortuga común ( <i>Caretta caretta</i> ). ....	16
Figura 8. Delfín mular ( <i>Tursiops truncatus</i> ).. ....	17
Figura 9. Pardela balear ( <i>Puffinus mauretanicus</i> ).....	19
Figura 10. Datos de TSM bajo los escenarios RCP 4.5 (arriba) y RCP 8.5 (abajo), período 2026-2045.....	23
Figura 11. Datos de TSM bajo los escenarios RCP 4.5 (arriba) y RCP 8.5 (abajo), período 2081-2100.....	24
Figura 12. Datos de temperatura máxima del aire bajo el escenario RCP 4.5, para el futuro medio (arriba) y lejano (abajo).....	27
Figura 13. Datos de temperatura máxima del aire bajo el escenario RCP 8.5, para el futuro medio (arriba) y lejano (abajo).....	28
Figura 14. Capturas realizadas durante el taller participativo LIC Canal de Menorca.....	42

## RESUMEN EJECUTIVO

Este informe se enmarca en el proyecto LIFE INTEMARES que tiene por objetivo conseguir una red consolidada de espacios marinos Natura 2000 gestionada de manera eficaz, con la participación de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones. Este documento recoge los **resultados de la implementación de la [metodología de análisis de riesgos frente al cambio climático](#) en el LIC Canal de Menorca** y cuyo objetivo final es fortalecer la resiliencia de los espacios marinos protegidos frente al cambio climático. Para ello, se puso en marcha un **proceso participativo** que incluyó una consulta inicial a personas expertas, la realización de entrevistas personales y la celebración de un taller participativo con actores y sectores clave en el LIC Canal de Menorca. En primer lugar, se identificaron las **unidades ambientales de interés**, contrastando la información de expertos con información científico-técnica y el criterio del equipo consultor. Como resultado se destacó que las praderas de **Posidonia oceánica** (HIC 1120\*) y los **arrecifes** (HIC 1170) son los hábitats más susceptibles a los efectos del cambio climático en el LIC Canal de Menorca, áreas cruciales para la biodiversidad local. Además, se seleccionaron la **pardela balear**, la **tortuga común** y el **delfín mular** como especies objeto de estudio, dada su importancia para la conservación en la región y específicamente dentro del LIC Canal de Menorca. Una vez definidas las unidades ambientales se identificaron las **amenazas climáticas más significativas**, las cuales fueron seleccionadas tras revisar la literatura científica especializada y consultar a expertos. Estas amenazas incluyen el aumento de la temperatura superficial del mar, la acidificación del océano y el aumento de la temperatura del aire.

Con respecto a la **vulnerabilidad**, los principales resultados obtenidos fueron los siguientes:

- ❖ La vulnerabilidad de las **praderas de posidonia oceánica** en el LIC Canal de Menorca al aumento de la temperatura del agua se ha evaluado como **muy alta**. Esta especie muestra una alta sensibilidad térmica, con un umbral crítico de temperatura de 28,9°C, cercano a las temperaturas máximas actuales en verano. Bajo los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5, se proyecta que las temperaturas del mar podrían aumentar hasta 29,5°C y 31,2°C respectivamente para finales de siglo, exacerbando los efectos negativos sobre la posidonia. Además, la baja resiliencia de esta planta, caracterizada por su lento crecimiento y la dificultad de recuperación frente a eventos de mortalidad masiva, agrava su vulnerabilidad ante estos cambios ambientales.
- ❖ La vulnerabilidad de los **arrecifes** del LIC Canal de Menorca se ve exacerbada por dos amenazas principales: el aumento de la temperatura del mar y la acidificación oceánica. Estos factores pueden afectar negativamente el crecimiento y la calcificación de los corales, reduciendo su competitividad frente a organismos como las macroalgas. Además, eventos extremos como las olas de calor y tormentas intensas pueden causar mortalidades masivas y retardar la recuperación de los arrecifes. Estos impactos no solo afectan la biodiversidad local, sino que también comprometen actividades socioeconómicas como el turismo y la pesca, esenciales para las comunidades costeras. La sensibilidad de los arrecifes a estas amenazas se evalúa como muy sensible y poco resiliente, resultando en una vulnerabilidad **muy alta** a largo plazo.

- ❖ Las especies marinas como la **tortuga común** (*Caretta caretta*), el **delfín mular** (*Tursiops truncatus*) y la **pardela balear** (*Puffinus mauretanicus*) muestran diferentes niveles de vulnerabilidad ante el cambio climático. La tortuga común enfrenta una vulnerabilidad muy alta debido a su determinación sexual por temperatura, que la hace altamente sensible a los cambios climáticos, especialmente el aumento de la temperatura del aire que está llevando a una feminización de las poblaciones. Por otro lado, el delfín mular muestra una vulnerabilidad baja, mostrando cierta capacidad de adaptación frente a la alteración de la disponibilidad de presas causada por el aumento de la temperatura del mar. Finalmente, la pardela balear también presenta una vulnerabilidad baja, con evidencia de una respuesta adaptativa en su distribución migratoria frente al incremento de la temperatura del agua, aunque su población sigue estando amenazada por factores antrópicos adicionales. En conjunto, estas evaluaciones resaltan la importancia de estrategias de conservación adaptativas y específicas para cada especie para mitigar los efectos del cambio climático en los ecosistemas marinos.

En cuanto a las **consecuencias** del cambio climático se destaca que el aumento de la temperatura del agua tendrá consecuencias muy graves en praderas de posidonia y arrecifes, con alteraciones permanentes debido a su alta vulnerabilidad. En contraste, la acidificación afectará moderadamente a las comunidades de arrecifes, aunque se deben considerar posibles sinergias con la temperatura. Para el delfín mular y la pardela balear, ambos menos directamente afectados por el cambio climático debido a su movilidad, se esperan consecuencias menores por el aumento de la temperatura del agua.

El estudio **evaluó el riesgo bajo el principio de precaución**, enfocándose en el **escenario RCP8.5** de altas emisiones de gases de efecto invernadero. Se determinó un **nivel de riesgo extremo** para las praderas de posidonia y arrecifes frente al aumento de la temperatura del agua, así como para la tortuga común ante un aumento de la temperatura del aire. Además, se estableció que los arrecifes tienen un **riesgo alto** frente a la acidificación del mar, mientras que el delfín mular y la pardela balear presentan un **riesgo moderado** frente al aumento de la temperatura del agua. Estos resultados destacan la urgencia de centrar las medidas de adaptación en las praderas de posidonia, los arrecifes y la especie *Caretta caretta*, las cuales enfrentan la situación más crítica según el estudio.

En conclusión, este estudio evaluó el riesgo de las unidades ambientales del LIC Canal de Menorca frente al cambio climático, basándose en datos científico-técnicos recientes y consultas con expertos y actores clave. Se identificaron como amenazas más severas el aumento de la temperatura del agua y del aire, y la acidificación oceánica. Las actividades humanas, especialmente la contaminación y la interferencia física en los hábitats, aumentan la vulnerabilidad de las unidades ambientales. Se propone centrar las medidas de adaptación en las praderas de posidonia, los arrecifes y la tortuga común, mientras que el delfín mular y la pardela balear enfrentan un riesgo moderado debido a su movilidad y la afectación indirecta por cambios en la cadena alimentaria.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se enmarca en el proyecto LIFE INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natural 2000 en el medio marino español” que tiene por objetivo conseguir una red consolidada de espacios marinos Natura 2000 gestionada de manera eficaz, con la participación de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones. De forma específica, en el marco de este proyecto se incluye una acción dirigida a la implementación de medidas de adaptación al cambio climático en espacios marinos protegidos (EMP) de la Red Natura 2000 a través de la realización de 5 proyectos demostrativos, siendo el LIC Canal de Menorca uno de ellos.

En concreto, este documento presenta los resultados correspondientes a la **Aplicación de la metodología de análisis de riesgo de los espacios marinos protegidos de la Red Natura 2000 frente al cambio climático en el LIC Canal de Menorca.**

Evaluar el riesgo al cambio climático es un paso esencial para diseñar e implementar medidas de adaptación en los espacios marinos protegidos, adaptadas a las características propias de cada espacio y que permitan minimizar los riesgos frente al cambio climático. Para ello la Fundación Biodiversidad elaboró en 2021 [una metodología para el análisis del riesgo de los espacios marinos de la Red Natura 2000 frente al cambio climático](#), que se adecúa al procedimiento metodológico propuesto por el IPCC, cuya aplicación facilitará la identificación de los hábitats y especies más vulnerables y el diseño de medidas de adaptación, contando para ello con la participación de la población local.

El **procedimiento metodológico** propuesto se ha estructurado en las **siguientes fases**: (i) **definición de los objetivos específicos y el alcance** de la evaluación que se pretende efectuar; (ii) **caracterización de la exposición o selección de las unidades ambientales** de interés a considerar en el análisis; (iii) **análisis** de las principales **amenazas climáticas**; (iv) **evaluación de la vulnerabilidad** de las diferentes unidades ambientales frente a los cambios en las condiciones climáticas; (v) **identificación y cuantificación de las consecuencias**; y (vi) evaluación del **riesgo**. Para la aplicación de esta metodología se ha llevado a cabo un **proceso participativo** que ha incluido una consulta inicial, la realización de entrevistas a expertos y la celebración de un taller participativo con actores y sectores clave en el LIC Canal de Menorca. Este enfoque no solo representa una innovación por la integración de diversas perspectivas y conocimientos especializados, sino que también subraya la importancia fundamental de la participación social para implementar de manera efectiva las medidas de adaptación.

El presente trabajo servirá de base para la siguiente tarea que comprenderá el diseño de un programa de medidas de adaptación que permita reducir la magnitud del riesgo identificado para las unidades ambientales más amenazadas y vulnerables.

## 2. METODOLOGÍA

Evaluar el riesgo frente al cambio climático es un paso esencial para diseñar y poner en marcha medidas de adaptación. Para ello, la Fundación Biodiversidad elaboró una metodología para el análisis de riesgo de los espacios marinos de la Red Natura 2000 frente al cambio climático, cuya aplicación facilita la identificación de los hábitats y especies más vulnerables y el diseño de medidas de adaptación, contando con la participación de la población local (fig. 1). El marco metodológico propuesto se estructura en las siguientes fases:

1. **Definición de los objetivos y alcance de la evaluación** que se pretende efectuar, los cuales deben ser definidos juntamente con la caracterización de la exposición y el análisis de la amenaza.
2. **Caracterización de la exposición o selección de las unidades ambientales de interés**, que pueden verse afectadas negativamente por las amenazas.
3. **Análisis de las amenazas** que puedan causar algún impacto en el estado de conservación y/o cambio de distribución espacial de las unidades ambientales objeto de evaluación.
4. **Evaluación de la vulnerabilidad** de las diferentes unidades ambientales frente a los cambios en las condiciones climáticas, considerando su sensibilidad (grado en que puede verse afectada por dichos cambios) y su resiliencia (capacidad de recuperación una vez se ha producido la perturbación).
5. **Identificación y cuantificación de las consecuencias** que los cambios esperables en las variables climáticas puedan tener sobre las unidades ambientales objeto de estudio.
6. **Evaluación del riesgo** integrando dichas consecuencias y su probabilidad de ocurrencia.

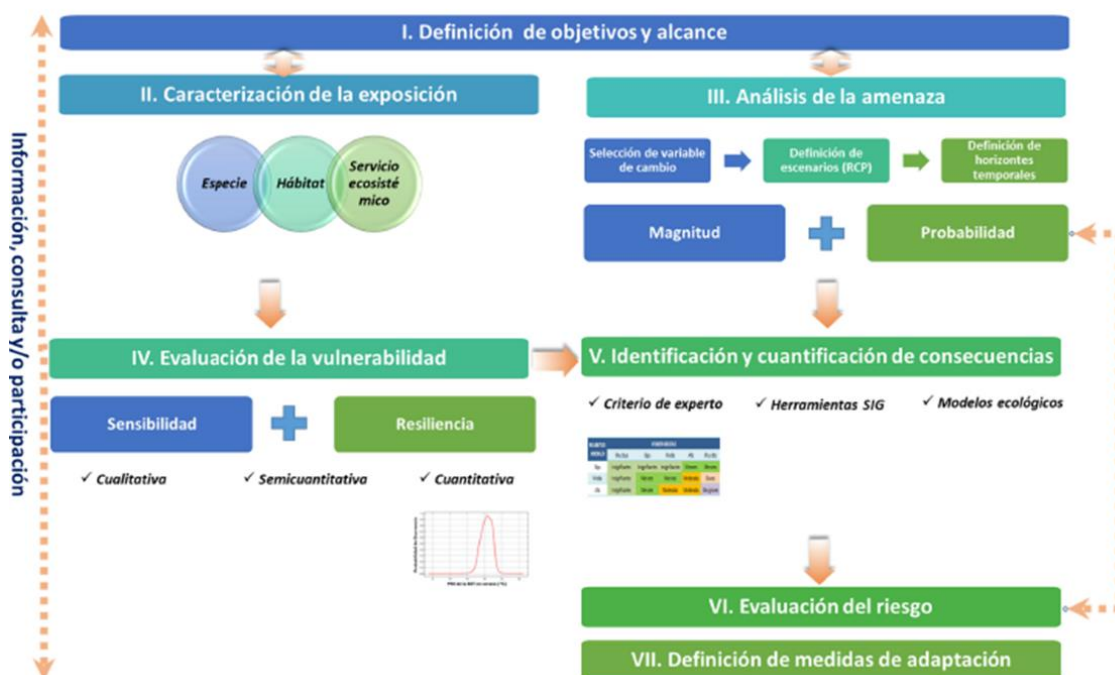


Figura 1. Marco metodológico aplicado para el análisis del riesgo en los espacios marinos protegidos. Fuente: Fundación Biodiversidad (2021).



Para la implementación de esta metodología, se ha adoptado un **enfoque participativo** que ha involucrado la realización de diversas entrevistas y talleres con los sectores clave del espacio protegido. Este proceso ha incluido una consulta inicial, entrevistas con expertos y la organización de talleres participativos con actores relevantes (fig. 2). La consulta inicial tuvo como objetivo principal presentar el proyecto y determinar las amenazas y unidades ambientales de interés para el análisis de riesgos climáticos. Las entrevistas buscaron contrastar las amenazas identificadas, evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales y recopilar información adicional relevante. Durante el primer taller participativo realizado se presentaron los resultados del análisis de riesgos y se determinaron de manera consensuada con los actores las principales consecuencias derivadas de las amenazas climáticas detectadas. El diseño y priorización de las potenciales medidas de adaptación a implementar fue el objetivo del último taller.

Este enfoque no solo representa una innovación al integrar múltiples perspectivas y conocimientos especializados, sino que también resalta la importancia crucial de la participación social para asegurar la implementación efectiva de las estrategias de adaptación.

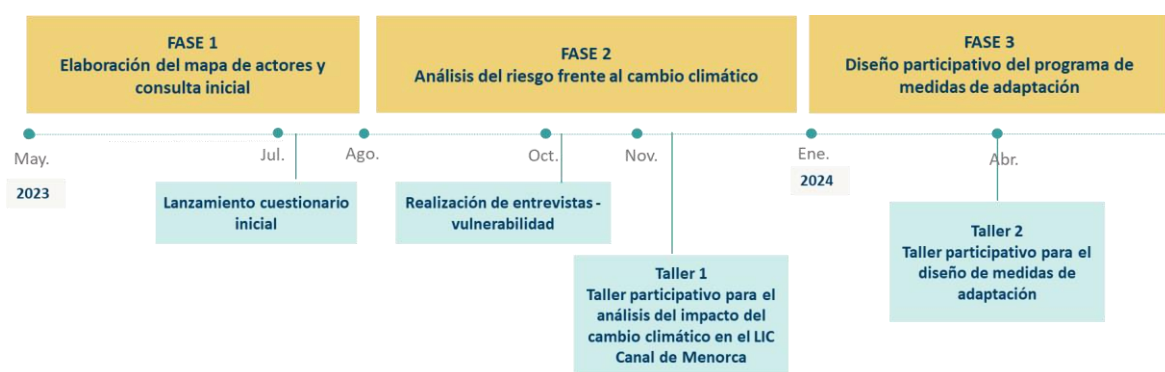


Figura 2. Esquema del proceso participativo desarrollado durante el proyecto.

### 3. ANÁLISIS DE RIESGOS

#### 3.1. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCE

La definición de los objetivos específicos del análisis de riesgos se realizó de manera conjunta con la caracterización de la exposición y el análisis de amenazas, ya que el alcance de la evaluación de riesgos depende de la información existente, que permite dar respuesta a los objetivos establecidos y la metodología y las herramientas a aplicar en cada caso.

La metodología planteada para este análisis se enmarca en una **evaluación cualitativa** en la que se tuvo en cuenta el criterio de experto a través de la búsqueda y análisis de informaciones específicas del espacio marino y los resultados de la consulta inicial realizada mediante un cuestionario online. Además, como se comentó previamente, se consultó a actores clave del espacio a través de la realización de entrevistas personales y un taller participativo, cuyas informaciones obtenidas han sido de gran valor para el desarrollo del presente trabajo.

A partir de los resultados del cuestionario inicial, entrevistas y de la información bibliográfica disponible, y atendiendo a su riqueza ambiental y ecológica, las unidades ambientales de mayor interés por su vulnerabilidad al cambio climático son **las praderas de posidonia, los arrecifes, el delfín mular, la tortuga bobo y la pardela balear**. Por otro lado, las amenazas climáticas de mayor relevancia que puedan afectar a las unidades ambientales seleccionadas son el **aumento de la temperatura superficial del mar**, incidiendo directamente sobre las praderas de posidonia y arrecifes, y de forma indirecta sobre el delfín mular y la pardela balear al afectar a la productividad de la red alimentaria; la **acidificación oceánica**, afectando a arrecifes causando la mortalidad de comunidades coralinas; y el **aumento de la temperatura del aire**, modificando los patrones de nidificación de la tortuga bobo y provocando la feminización de la especie. Los **objetivos del estudio** son los siguientes:

- **Analizar el riesgo de las praderas de posidonia** frente al aumento de la temperatura del mar a medio y largo plazo bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5.
- **Analizar el riesgo de los arrecifes** frente al aumento de la temperatura del mar y acidificación a medio y largo plazo bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5.
- **Analizar el riesgo de la tortuga común (*Caretta caretta*)** frente al aumento de la temperatura del aire a medio y largo plazo bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5.
- **Analizar el riesgo del delfín mular (*Tursiops truncatus*)** frente al aumento de la temperatura de la temperatura del mar a medio y largo plazo bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5.
- **Analizar el riesgo de la pardela balear (*Puffinus mauretanicus*)** frente al aumento de la temperatura de la temperatura del mar a medio y largo plazo bajo los escenarios de emisiones RCP4.5 y RCP8.5.

## 3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

### Breve introducción al LIC Canal de Menorca

El Canal de Menorca está situado entre las islas de Mallorca y Menorca, en la parte nororiental del promontorio del Archipiélago (Islas Baleares, España), y comprende 98.700 ha de plataforma continental. La profundidad, en la zona central del propio canal, oscila entre 50 m y 175 m cayendo abruptamente en la vertiente sureste y suavemente en la noroeste.

En la actualidad, esta zona está sujeta a varias figuras de protección nacionales e internacionales. La Orden AAA/1299/2014, de 9 de julio de 2014, aprobó la propuesta de inclusión del LIC Canal de Menorca (ESZZ16002) dentro de la Red Natura 2000, debido a la gran variedad de especies y hábitats de alto valor de conservación, y fue declarado definitivamente por la Unión Europea a finales de 2015 (Decisión de Ejecución (UE) 2015/2374 de la Comisión). Además, esta zona es compartida con otras zonas de protección marina previamente decretadas en la misma área de estudio: los LIC de las bahías de Pollença y Alcudia (ES531000), Cap Negre (ES5310068) y las Montañas de Art'a (ES0000227), junto con la reserva marina de levante de Mallorca-Cala Ratjada (Orden Ministerial APA/961/2007). También engloba parte de la superficie propuesta como Zona de Especial Protección para las Aves ES0000521 "Espacio marino del norte y oeste de Menorca" y ES0000520 "Espacio marino del norte de Mallorca".

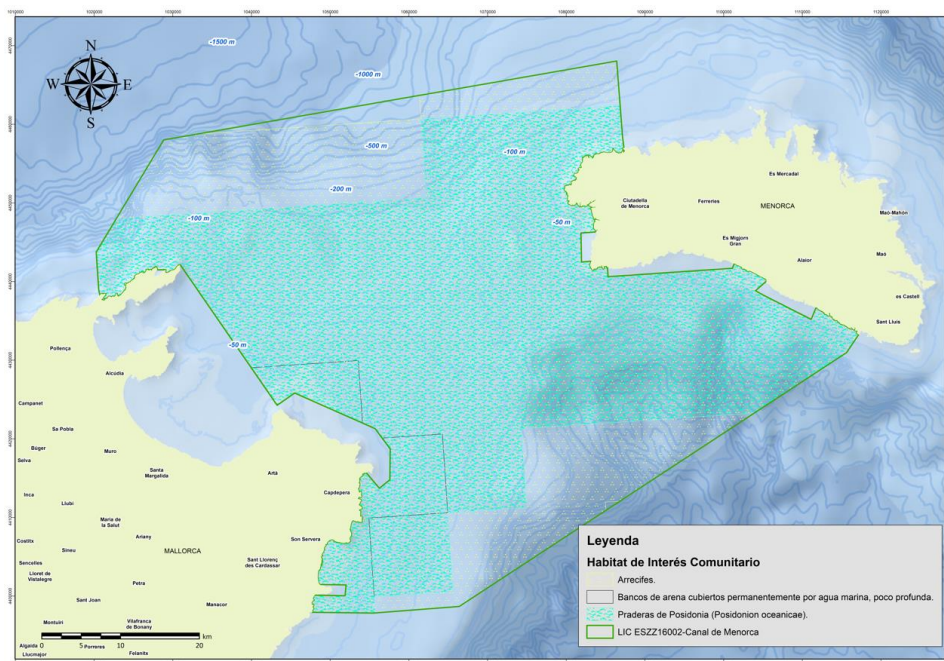


Figura 3. Hábitat de Interés Comunitario (HIC) Canal de Menorca. Fuente: HIDRIA.

El LIC Canal de Menorca alberga cuatro tipos de hábitats de interés comunitario – uno de ellos prioritario -recogidos en el Anexo I de la Directiva Hábitat (92/43/CEE) y de la Ley 42/2007. Estos hábitats son praderas de posidonia (*Posidonium oceanicae*) (1120\*), bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda (1110), arrecifes (1170) y cuevas marinas

sumergidas y semisumergidas (8330). En el área están presentes algunas especies marinas incluidas en el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE y de la Ley 42/2007: el delfín mular (*Tursiops truncatus*) y la tortuga boba (*Caretta caretta*). Las aves marinas también es un grupo bien representado en la zona, constituyendo un área de alimentación y extensión marina de colonias de cría de taxones relevantes, tal es el caso de la pardela balear (*Puffinus mauretanicus*), la pardela cenicienta mediterránea (*Calonectris diomedea diomedea*), el cormorán moñudo mediterráneo (*Gulosus aristotelis desmarestii*) o la gaviota de Audouin (*Larus audouinii*). Todos estos taxones se encuentran amenazados a nivel nacional e internacional.

Desde el punto de vista socioeconómico destacan en la zona dos tipos de actividades. Por un lado, la pesca comercial y, por otro, las actividades náutico-recreativas relacionadas con el sector turístico. La pesca comercial en el área propuesta como LIC se caracteriza por ser principalmente artesanal, aunque actualmente se encuentra en retroceso debido a la sobreexplotación de recursos provocada por el desarrollo de la pesca industrial. Aunque menos intensa que otros lugares de las Islas Baleares, el Canal presenta una fuerte actividad turística estacional a lo largo de su costa, especialmente en el noreste de Mallorca (bahías de Pollença y Alcudia) y oeste de Menorca (zona de Ciutadella). También se ve afectada por el intenso tráfico marítimo que se produce en la subcuenca balear, una conexión continua entre los puertos de Alcudia y Ciutadella por líneas de ferry y el aumento del turismo náutico durante las temporadas de verano.



Figura 4. Elementos del capital natural del LIC Canal de Menorca. (Fuente: Canal de Menorca. Proyecto LIFE + INDEMARES).

## Unidades ambientales de interés

Para determinar las unidades ambientales de interés, se realizó una consulta inicial a personas expertas y los resultados obtenidos fueron contrastados con la información científico-técnica disponible y con el criterio técnico del equipo consultor. Este proceso dio como resultado que los Hábitats de Interés Comunitario (HIC) que podrían verse más afectados por los efectos del cambio climático son las **praderas de *Posidonia oceanica* (HIC 1120\*)** y **los arrecifes (HIC 1170)**. Estos dos HIC ofrecen una representación de los ecosistemas más relevantes para el LIC Canal de Menorca, que albergan a una gran cantidad de especies.

En adición, se consideran como especies objeto de estudio a la **pardela balear**, la **tortuga común** y el **delfín mular**, debido a su estado de conservación y la relevancia de estas especies para la zona balear y el LIC Canal de Menorca en particular.

A continuación, se describen dichas unidades ambientales:

### Praderas de *Posidonia oceánica* (HIC 1120\*)

El tipo de hábitat 1120\* Praderas de *Posidonia oceanica* son praderas submarinas milenarias formadas por dicha angiosperma marina, endémica del mar Mediterráneo, que coloniza sustrato duro o blando, con un crecimiento muy lento. Estas praderas, que albergan una gran biodiversidad, están identificadas como tipo de hábitat prioritarios, según la Directiva de Hábitats (92/43/CEE).



Figura 5. Praderas de *posidonia* en el Mediterráneo.

En España se extienden por todo el litoral mediterráneo, pero de forma especial frente a playas arenosas de las islas Baleares (Rodríguez-Pera et al., 2000). Y precisamente en el caso de Baleares, las praderas de *Posidonia oceanica* juegan un papel esencial en el desarrollo y mantenimiento del equilibrio del sistema playa-duna (Roig I Munar, F. X., 2014). Proporcionan protección a la zona costera amortiguando la acción del oleaje ya que absorben la energía de las olas y reducen la tasa de erosión de sedimentos finos hasta 4-6 veces más que las zonas con ausencia de praderas.

Por otra parte, las praderas, a través de la actividad fotosintética, contribuyen a la producción de O<sub>2</sub> y a la captación de CO<sub>2</sub>. Estas generan entre 4 y 20 litros diarios de oxígeno por cada m<sup>2</sup>, constituyendo una de las fuentes de oxigenación más importantes del mar Mediterráneo. Mediante la producción primaria, las praderas generan una media de 38 toneladas de biomasa en peso seco por hectárea. De esta manera captan una gran cantidad de dióxido de carbono, y por tanto funcionan como un elemento mitigador del cambio climático, contribuyendo al cumplimiento del Acuerdo de París adoptado en 2015 por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Además, las praderas de *posidonia* forman uno de los ecosistemas más biodiversos del mar Mediterráneo, con más de 400 especies vegetales y 1.000 animales que las habitan. Son

importantes zonas de reproducción, puesta y reclutamiento para muchas especies, proporcionan refugio y son un importante recurso alimentario para diferentes animales (Barbier, 2017).

En las Islas Baleares, este hábitat ocupa más de 460 km<sup>2</sup> en las aguas costeras (Vaquer-Sunyer y Barrientos, 2020), mientras que para el LIC Canal de Menorca se estima que las praderas de posidonia ocupan una superficie de 5.849,68 ha en su interior, lo que representa un 1,74% de la superficie total del LIC distribuidas por los bordes de playa de la isla. Respecto su densidad, los valores más bajos se encuentran entre 270 y 300 haces/m<sup>2</sup> en Cala Porter, mientras que los valores más altos superan los 1100 haces/m<sup>2</sup> en la zona de Son Bou. Por otra parte, los valores de cobertura más elevados (40- 60%) se encuentran en Cala Blanca y Son Bou.<sup>1</sup>

Las funciones ecológicas y los servicios ambientales que prestan las praderas de *Posidonia oceanica* son directamente proporcionales a la superficie que ocupan. Por tanto, la pérdida de área de este tipo de hábitat conlleva una merma de estos servicios, en particular, de la calidad de las aguas y las playas, y de los recursos pesqueros. La degradación de las praderas marinas puede auto acelerarse con la pérdida de cobertura y densidad de haces lo que resulta de gran relevancia si se tiene en cuenta la lentitud de colonización de la especie, requiriendo décadas e incluso siglos para recuperar un área perdida.

En todo el Mediterráneo, las praderas de posidonia se encuentran en regresión, entre otros motivos, por el incremento de la presión antrópica sobre el litoral. Esta regresión se debe tanto a su degradación física como biológica. Las causas de la pérdida de superficie se deben, entre otras, al transporte y actividades náuticas, proximidad de puertos o grandes poblaciones, proximidad de emisarios de aguas residuales o desaladoras, alteraciones recientes a la línea de costa o presión por fondeos de embarcaciones.

Menorca cuenta con una creciente popularidad de turismo náutico. Entre los problemas que conlleva el fondeo está el uso de anclas que se dejan caer en fondos arenosos o, en el peor de los casos, sobre las propias praderas de posidonia oceánica. Estas anclas, al ser extraídas de un substrato vegetal, arrancan las estructuras de rizomas de la pradera. Si la presión de las embarcaciones en una zona concreta es muy elevada, la superficie de pradera se degenera. Otro de los problemas más comunes que genera el fondeo no regulado son los vertidos de aguas residuales al mar por las propias embarcaciones.

Por otro lado, la presencia de especies alóctonas, en especial de algas de carácter invasor, como *Caulerpa cylindracea*, *Caulerpa taxifolia*, *Halimeda incrassata*, *Lophocladia lallemandii*, *Acrothamnion preisii* i *Womersleyella setacea* y el alga autóctona habitual en ambientes alterados, *Caulerpa prolifera*, pueden constituir una seria amenaza para la posidonia oceánica de la zona de las Baleares (Servei de Recursos Marins, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears, 2019).

---

<sup>1</sup> Servei de Recursos Marins, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears (2019)

Por último, una de las mayores amenazas a las que se encuentran sometidas las praderas de fanerógamas marinas es el efecto del cambio climático. **Concretamente, la posidonia es especialmente vulnerable al aumento de la temperatura del agua** (Kersting, 2016). El resto de las presiones antrópicas a las que se ve sometida la planta (vertidos, dragados, arrastre, etc.) debilitan a *P. oceanica* disminuyendo así su resiliencia frente a los efectos del cambio climático.

### Arrecifes (HIC 1170)

Es el hábitat mejor representado en el espacio, y abarca un total de 46.101,3 hectáreas, incluyendo tanto los fondos de la plataforma como del talud, lo que supone un 12% del área propuesta como LIC.



Figura 6. Detalle de un bloque de coralígeno del canal de Menorca recubierto de esponjas, cnidarios y algas. Fuente: COB-INDEMARES.

En el LIC se han identificado varios tipos de comunidades marinas que se corresponden con el tipo de Hábitat 1170 denominado “Arrecifes”. Estas comunidades son:

- **Fondos de coralígeno y coralígeno de plataforma.** El coralígeno se presenta en bloques aislados o agregados en grandes parches en toda la franja norte y SW del canal de Menorca, destacando las concentraciones existentes frente a las costas de la bahía de Pollença y Alcudia, Cap des Freu y en la zona central y norte del canal de Menorca. Conforman una estructura orgánica dura en la que los principales organismos estructuradores son las algas calcáreas o coralináceas, mientras que los organismos dominantes, en términos de número de especies y biomasa, son los animales suspensívoros (esponjas, gorgonias, briozoos, ascidias, etc.). El número de especies que se pueden encontrar en las estructuras coralígenas es muy elevado, por encima de las 1.600 especies, superando a cualquier otra comunidad mediterránea.
- **Comunidades de los fondos rocosos del final del talud continental.** Esta comunidad se encuentra en varias áreas del canal de Menorca:

- 1) En el cañón de Son Bou aparece entre los 90 y 150 metros de profundidad. Los fondos son principalmente rocosos, con un relieve muy accidentado, predominando las paredes verticales con numerosos salientes y los bloques rocosos. En los fondos rocosos

subhorizontales domina el antipatario *Antipathella subpinnata* (conocido comúnmente como coral negro) y una especie indeterminada del género *Eunicella*. De forma general ambas especies aparecen entremezcladas.

2) Al oeste del Cabo de Formentor aparece al final de la plataforma e inicio del talud continental, entre los 100 y 240 m de profundidad. Se trata de fondos rocosos subhorizontales (de pendiente suave) y paredes verticales alternados con franjas de arenas gruesas. En los fondos rocosos subhorizontales de esta comunidad dominan las gorgonias *Viminella flagellum* y una especie indeterminada del género *Eunicella*.

3) Comunidades de profundidad de los fondos rocosos del talud continental, entre los 240 y 330 metros, formadas por paredes verticales, grandes bloques y extensiones subhorizontales. Ocasionalmente aparecen concentraciones de restos de corales muertos. Las especies dominantes son el antipatario *Leiopathes glaberrima*, la gorgonia *Callogorgia verticillata*, el coral *Dendrophyllia cornígera*, la esponja *Phakellia robusta* y una especie de esponja indeterminada del género *Haliclona*.

■ Coralígeno de aguas profundas. Esta comunidad se ha encontrado a unos 110 metros de profundidad, en una pared vertical del cañón de Son Bou ocupando una extensión muy reducida, si bien se trata de una comunidad muy característica, donde la presencia de las algas es muy reducida debido a la ausencia de luz. Las especies dominantes son los octocorarios *Paramuricea clavata* y *Corallium rubrum*.

■ Roca circalitoral dominada por fucales con *Cystoseira zosteroides*.

En el Canal de Menorca el coralígeno presenta una distribución dispersa o en parches, con diferentes grados de desarrollo y complejidad estructural. En todo caso, se trata de un hábitat muy vulnerable frente a las amenazas antrópicas. Los arrecifes son muy sensibles a todo tipo de contaminación orgánica o industrial. El aumento de la turbidez en la columna de agua reduce de forma significativa la capacidad de fotosíntesis de los vegetales que lo forman. La sedimentación también les afecta notablemente al colmatar las microcavidades donde vive la fauna y al obturar sus sistemas de filtración. La pesca profesional modifica su estructura, fragmentando el hábitat y dañando físicamente a las especies estructuradoras. Otras actividades como el anclaje de las embarcaciones de recreo también actúan del mismo modo, arrancando y fragmentando importantes superficies de la biocenosis. Otra amenaza es la que representan las algas invasoras, especialmente *Caulerpa racemosa*, *C. taxifolia*, *Lophocladia lallemandii*, *Acrothamnion pressii*, *Womersleya setacea*, etc.

En el canal de Menorca, los principales impactos que afectan a este tipo de hábitat se derivan de la pesca comercial (trasmallo, palangre y arrastre) provocando la erosión mecánica de estos fondos y su fragmentación (distribución cada vez más dispersa y parcheada). Además, la tracción sobre el fondo de los artes de pesca provoca un aumento de la turbidez y la sedimentación en la zona. Por último, no se descarta la presencia de algas invasoras en la zona. En la costa norte de Menorca *C.*



*racemosa* y *W. setacea* forman verdaderas alfombras con recubrimientos superiores al 90 % afectando a las rocas de coralígeno.

### Tortuga común (*Caretta caretta*)

Las aguas de Baleares constituyen un área de alimentación de la especie, que resulta abundante durante todo el año. Sin embargo, estudios de seguimiento, realizados con sensores satelitales afirman que es principalmente durante el otoño e invierno, cuando los ejemplares juveniles de *Caretta caretta* presentan el mayor uso del área (Pina, C., 2022). En general se puede decir que las tortugas que se alimentan y campean por Baleares tienen un origen básicamente atlántico (89%), destacando la presencia de juveniles y subadultos en fase oceánica.

Es sabido que la estación de anidación de *C. caretta* en las regiones templadas suele producirse en los meses más cálidos del año, entre mayo y agosto en el hemisferio norte y entre octubre y marzo en el hemisferio sur, por lo que resulta interesante guardar este dato con fines de observaciones futuras respecto a las amenazas.



Figura 7. Tortuga común (*Caretta caretta*).

El seguimiento de la especie en Baleares, realizado en el marco del proyecto LIFE- Posidonia, estimó la población de la plataforma continental en 2.362+446 individuos, pertenecientes a un stock general, población del conjunto de la Cuenca Argelina, estimado en 25.000 individuos. El área de campeo de la especie en la zona incluye la mayor parte de la Cuenca Argelina por lo que, como sucede con otras áreas marinas protegidas, la propuesta del LIC Canal de Menorca puede resultar insuficiente para garantizar la protección de una parte significativa de su población.

En la última década se ha detectado que las playas del Mediterráneo occidental vienen experimentando un incremento en la frecuencia de nidos de tortuga careta. En 2023, en las Islas Baleares fueron detectados tanto nidos, como intentos de nidificación. Este incremento ha motivado la creación del proyecto InGeNi-Caretta, cuyos investigadores mencionan que este incremento puede corresponder con un proceso de colonización de la especie a consecuencia del **cambio climático**.

Y ciertamente, estudios sobre el **impacto del cambio climático** señalan que el aumento de la temperatura podría afectar la reproducción de la tortuga dado que el sexo de las tortugas marinas está determinado por la temperatura de incubación que experimentan los huevos después de la

puesta, los cambios climáticos actuales podrían tener graves consecuencias para su dinámica poblacional, ya que con el aumento de la temperatura se espera que el número de machos producidos disminuya considerablemente (Martins et al., 2012).

La población de tortuga común se encuentra en regresión a escala mundial, sometida a numerosas presiones y amenazas entre otras: la alteración/destrucción de las playas de puesta, las molestias del turismo, la contaminación, la captura para consumo de su carne y huevos, o la pesca accidental. Concretamente en las Islas Baleares una de las amenazas antrópicas más importante tiene que ver con las interacciones con la pesca, básicamente en lo que se refiere a la mortalidad que genera la captura accidental de tortugas cuando roban los cebos de palangre de superficie o cuando intentan alimentarse de las especies atrapadas en trasmallos y otros artes de red fijos. En el primer caso, la tortuga puede clavarse el anzuelo, mientras en el segundo puede quedar enmallada. Los resultados obtenidos en el marco del proyecto LIFE-Posidonia reflejaron que en las Islas Baleares las modalidades de pesca más conflictivas para la tortuga es el palangre de superficie y el trasmallo de langosta. La ingesta de plásticos y otros residuos de origen humano no parece ser un problema especialmente relevante en las islas Baleares.

Considerando el comportamiento y la biología de las tortuga común, **el aumento de la temperatura de la superficie terrestre se reconoce como la principal amenaza** para la especie por los riesgos que conlleva la feminización de los neonatos y el éxito en la eclosión de los huevos, mientras que en cuanto a la colonización emergente de nuevos sitios de anidación, se observan los riesgos asociados a la ubicación de estos, en espacios con una elevada ocupación humana, sobre todo en períodos estivales en donde el turismo sobre el LIC de Canal de Menorca aumenta la presión sobre el medio. Por último, también son **amenazas** reconocidas, la **subida del nivel del mar**, la **intensificación de las tempestades** y la alteración de la **circulación oceánica**, que impactan de manera significativa en estos animales.

### Delfín mular (*Tursiops truncatus*)

Esta especie cuenta con una población residente en las islas Baleares, siendo el cetáceo más común en las aguas costeras de las islas, por encima de la plataforma continental; en aguas exteriores su presencia es esporádica. El LIC constituye un área de alto interés para su conservación, que representa en torno al 15% del total de la población mediterránea.



Figura 8. Delfín mular (*Tursiops truncatus*).  
Fuente: WWF España.

El seguimiento de la especie realizado al amparo del proyecto LIFE-Posidonia pone de manifiesto la importancia del canal de Menorca para la población balear, estimada en 727 individuos en primavera y 1.333 individuos en otoño, según los censos aéreos realizados. Probablemente se trata de una población abierta que intercambia grupos con aguas peninsulares. La composición y el tamaño de los distintos grupos no es estable, sino que cambia frecuentemente, indicando que esta

población está caracterizada por un modelo de fisión-fusión. Además, se evidenció una elevada fidelidad de los individuos hacia las zonas en las que habitan, aunque en algunos casos se detectaron movimientos entre Mallorca y Menorca. La población mediterránea se diferencia claramente de la atlántica si bien, dentro de la primera no parece existir una diferenciación clara entre los animales peninsulares mediterráneos y los del archipiélago.

Aunque la población de Baleares resulta relativamente abundante, no existen estudios o evidencias científicas que permitan determinar si el tamaño estimado hasta la fecha se puede adoptar como el valor de referencia a partir del cual establecer el estado de conservación favorable de este cetáceo en el área. La tendencia poblacional en las aguas costeras mediterráneas españolas y en el conjunto del Mediterráneo indica que esta especie, que fue muy común, está experimentando una importante regresión en las últimas décadas, dando lugar a la fragmentación de su(s) población(es) así como una reducción de su tasa migratoria a través de la cuenca mediterránea. Y es que, el carácter costero de esta especie la hace muy vulnerable frente a amenazas antropogénicas tales como: la degradación del hábitat costero, la contaminación acumulada en las redes tróficas (la especie acumula importantes concentraciones de contaminantes químicos, especialmente compuestos organoclorados), el agotamiento de sus presas (fundamentalmente peces, pero también crustáceos, calamares, etc.), la captura accidental en artes de pesca (redes de cerco, trasmallos, etc.), el conflicto con pescadores al interferir en sus capturas, las molestias ocasionadas por las actividades de avistamiento de cetáceos, las colisiones con embarcaciones o las perturbaciones asociadas al uso de sónares en navegación.

En el caso concreto de las Islas Baleares, las mayores amenazas radican en las interacciones con el sector pesquero, fundamentalmente con la flota artesanal de trasmallo, y en las molestias que ocasiona la navegación por el canal de Menorca. En el primer caso, se ha comprobado la intensa interacción de la especie con las redes de trasmallo, especialmente durante las temporadas de sepia (invierno) y salmonete (otoño), a las que los delfines producen daños importantes que causan pérdidas económicas al colectivo de pescadores, y en ocasiones, se producen capturas incidentales cuando algún delfín queda enredado en las redes. También parece existir un alto grado de interacción con las barcas de arrastre, aunque en este caso no se han constatado daños en las redes ni capturas incidentales. Por su parte, la navegación costera durante el verano obliga a los delfines a concentrarse en la parte más profunda de la plataforma continental, reduciendo así el hábitat disponible para la especie. Además, se debe tener en cuenta que la población mediterránea de delfín mular presenta concentraciones de compuestos tóxicos que superan en varios órdenes de magnitud los niveles considerados como inocuos, especialmente en lo que se refiere a productos químicos persistentes del tipo de los compuestos organoclorados (DDT, PCBs, HCB, etc) y metales pesados (mercurio, plomo, etc).

### **Pardela balear (*Puffinus mauretanicus*)**

La pardela balear es un endemismo cuya población reproductora se circunscribe a las islas Baleares. A partir de mayo y hasta el otoño se distribuye por el Atlántico nororiental en un área geográfica

muy extensa que incluye las costas del noroeste de la Península Ibérica y el Golfo de Vizcaya. Algunas poblaciones permanecen todo el año en el Mediterráneo. Los censos de colonias indican que la población reproductora total se sitúa en torno a las 3.000 parejas, aunque los censos de concentraciones en el mar y pasos migratorios sugieren que esta cifra podría ser más elevada (Arcos et al., 2017).



Figura 9. Pardela balear. Fuente: SEO/BirdLife.

Es un ave marina fundamentalmente pelágica que se alimenta de peces, cefalópodos y crustáceos que captura en la columna de agua, así como de descartes de las pesquerías comerciales. Las aves de las colonias del archipiélago de Ibiza se abastecen entre el Delta del Ebro y el cabo de Palos, mientras que las subpoblaciones de Mallorca y Menorca tienden a hacerlo más hacia el norte, entre el Delta y el golfo de León.

Durante el invierno suele presentar una distribución más costera y agregada, formando grandes concentraciones en función de la disponibilidad de alimento. El patrón de distribución de la pardela balear en el medio marino está influenciado por la actividad de las flotas de arrastre, cerco y palangre, ya que esta especie acostumbra a alimentarse de descartes y también es atraída por los peces del copo y por los cebos.

La pardela balear está clasificada en la categoría “en peligro de extinción” (EN) en el Catálogo Español de Especies Amenazadas y “en peligro crítico” (CR) de acuerdo con los criterios de la UICN. Las estimas más recientes indican una tasa de declive anual del 14% y una tasa de supervivencia adulta del 81%, valores que, de mantenerse, provocarían la extinción de la especie en 60 años (Genovart et al. 2016).

La principal presión sobre la especie en el medio marino es la pesca profesional. A escala global, el estado de conservación de la especie es crítico debido a la elevada mortalidad por captura accidental en artes de pesca. El palangre de fondo es el arte más letal y el cerco puede suponer una importante competencia por los recursos al capturar pequeños peces pelágicos, una de las principales presas de la especie. En adición, **esta especie se puede ver afectada de forma directa e indirecta por los efectos del cambio climático**, que puede ser el causante del **movimiento gradual hacia el norte** de la población no reproductora, lo que puede afectar a la supervivencia de los inmaduros y los adultos. Este cambio puede deberse también a las alteraciones en la distribución de sus presas, a su vez probablemente provocadas por el cambio climático (Wynn et al., 2007; Yésou, 2003, Lewin et al. 2024).

### 3.3. ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS

De acuerdo con la nomenclatura del IPCC (2014), las amenazas son entendidas como la ocurrencia potencial de un evento (cambio en las condiciones ambientales) que pueda causar daño o pérdida de una especie, hábitat o ecosistema. Este análisis comprende i) **la selección de la variable de cambio (estresores climáticos) más determinantes para la unidad ambiental considerada**; ii) **la selección de los escenarios de cambio climático y horizonte temporal**; y (iii) **la definición de su magnitud y probabilidad de ocurrencia**

Para la selección de las variables de cambio o estresores climáticos se tuvo en cuenta los siguientes pasos:

1. **Consulta inicial:** en la consulta inicial realizada se obtuvo información preliminar de las principales amenazas climáticas que amenazan el espacio marino protegido.
2. **Análisis de literatura:** Se revisaron estudios previos y reportes científicos tanto para las principales amenazas detectadas en la consulta inicial como otras que pudieran ser relevantes para el LIC Canal de Menorca.
3. **Consulta a expertos:** durante las entrevistas realizadas, principalmente destinadas a evaluar la vulnerabilidad, se confirmó cuáles eran las principales amenazas analizadas asegurando que las variables seleccionadas fueran pertinentes y basadas en el conocimiento más actualizado y especializado disponible.

En cuanto a la selección de escenarios de cambio climático, se revisaron los informes del IPCC que ofrecen diferentes proyecciones basadas en diferentes trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, se contrastaron dichos escenarios con otros informes, reportes y artículos científicos para soportar el presente análisis de amenazas. En cuanto a los horizontes temporales seleccionados, estos se basaron en la información disponible tratando de alinear el análisis con la planificación a medio y largo plazo del espacio.

Finalmente, para cada amenaza seleccionada se definió su magnitud y probabilidad de ocurrencia de acuerdo con la siguiente tabla

*Tabla 1. Cuantificación de la magnitud de la amenaza y probabilidad de ocurrencia.*

Magnitud de la amenaza		Probabilidad de ocurrencia	
<b>Baja</b>	La diferencia entre los valores de la amenaza en la situación base y el escenario considerado es prácticamente nula.	<b>Rara</b>	Probabilidad muy baja (<10%)
<b>Media</b>	Los valores proyectados de la amenaza se corresponden con los máximos de la situación base.	<b>Improbable</b>	Probabilidad baja (entre 10 – 33%)
<b>Alta</b>	La amenaza en el escenario considerado alcanza valores no registrados en la situación base.	<b>Posible</b>	Probabilidad media (entre 33 – 66%)
		<b>Probable</b>	Probabilidad alta (entre 66 – 90%)
		<b>Muy probable</b>	Probabilidad muy alta (>90%)

A partir de la consulta inicial realizada, entrevistas a expertos y análisis de la literatura, se consideran como las **amenazas climáticas** más importantes en el LIC Canal de Menorca **el aumento de la temperatura superficial del mar, la acidificación y el aumento de la temperatura del aire.**

### **Aumento de la temperatura superficial del mar (TSM)**

El aumento de la temperatura de la superficie del mar (TSM) debido al cambio climático tiene un impacto significativo en los ecosistemas marinos, amenazando su salud y su resiliencia. Los principales impactos que encontramos debido al aumento de la TSM son la disminución de la biodiversidad y cambios en la distribución de las especies.

El **Mediterráneo**, especialmente su cuenca occidental, presenta características geográficas y atmosféricas que conforman un régimen climático particular; habiendo sido calificado además como una **zona especialmente sensible al cambio climático**. Existen múltiples estudios que evidencian cambios en TSM, como, por ejemplo, la serie temporal analizada por Pastor et al. (2022) que cubre el período que va entre 1982 y 2021, y confirma que existe una tendencia consistente de calentamiento de la TSM. Este calentamiento no solo registra valores de temperatura máxima mayores en los últimos años, sino que, además, registra una mayor frecuencia de valores de temperatura altos, lo que refuerza la consistencia del citado incremento de temperatura. Además, también se ha registrado un aumento del rango de valores de la temperatura del mar debido a un crecimiento relativo mayor de los valores máximos estivales respecto del registrado para los mínimos invernales (Martí et al., 2022).

Este calentamiento, aun siendo generalizado en toda la cuenca mediterránea, presenta ciertas diferencias regionales con los valores más altos de TSM en el tercio oriental del Mediterráneo y la mitad Norte del Mediterráneo occidental. Los valores más bajos, pero aún positivos, de la variación de TSM se han registrado en el área entre el Sur de Italia y la costa de Libia mientras que los valores más altos, en el rango entre 1,75 y 2°C para el ascenso de TSM, se observan en la parte más oriental del Mediterráneo, en el noroeste del Egeo, y con valores ligeramente inferiores en el área comprendida entre los Golfos de León y Génova, la costa de Cataluña y Baleares (Martí et al., 2022).

Otros estudios, como el de Marbà y Duarte (2010), señalan que la temperatura media máxima estival del agua del mar Mediterráneo ha aumentado alrededor de 1°C en las últimas tres décadas y se ha producido un aumento de la frecuencia e intensidad de las olas de calor marinas (Coma et al., 2009).

Actualmente, las temperaturas de la superficie del mar en la región Balear oscilan entre 13°C y 27,5°C, registrándose temperaturas mínimas durante febrero-marzo y temperaturas máximas durante agosto (Marbà y Duarte, 2010; Samperio-Ramos et al., 2015). Sin embargo, la zona experimenta olas de calor y una fuerte estratificación del agua durante el verano (Coma et al., 2009; Marbà y Duarte, 2010), lo que puede provocar altas temperaturas que superan los 28°C hasta los 30-40 m de profundidad (Savva et al., 2018).

Un conjunto de 12 modelos regionales y globales de circulación atmosférica y oceánica proyecta que el calentamiento de la TSM en el Mediterráneo occidental continuará durante el siglo XXI, aumentando la TSM en 2°C para 2050 y en 3,4°C para finales de este siglo en un escenario moderado de emisiones de gases de efecto invernadero (SRES A1B o equivalente RCP 6.0). Esto implicaría que la temperatura promedio en verano alcance los 29 y 30,5°C para el 2100 (Tabla 2) (Jordà et al., 2012). Estas temperaturas del agua de mar se extenderán hasta aguas más profundas, ya que la termoclina de verano se sitúa entre los 30 y 40 m de profundidad (Savva et al., 2018).

Tabla 2. Incremento de temperatura y temperatura media de la superficie del mar en verano proyectadas en el Mediterráneo para 2050 y 2100 bajo el escenario SRES A1B (Jordà et al., 2012).

	SRES A1B	
	2050	2100
Aumento de TSM	2°C	3,5°C
Temperatura media en verano	27°C	29-30,5°C

Tras el análisis de la literatura científica que aborda la temática de aumento de temperatura del mar en el Mediterráneo y lo que respecta al LIC Canal de Menorca se analizaron también los datos entregados por dos visores: *Open Access Database on Climate Change Effects on Littoral and Oceanic Ecosystems* (OCLE) y el visor C3E, ambos desarrollados por el Instituto de Hidráulica Ambiental (IHCantabria).

En la Tabla 3 se pueden observar los datos de temperatura media y temperatura máxima de la superficie del mar en la zona, tanto actuales como proyectados para los periodos 2040-2069 y 2070-2100 bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5, utilizando el visor OCLE. Este visor desarrolla datos para toda Europa.

Tabla 3. Temperatura media y temperatura máxima de la superficie del mar proyectadas en el LIC Canal de Menorca para los periodos 2040-2069 y 2070-2100 bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Fuente: <https://ocle.ihcantabria.com/>

	Actual	RCP 4.5		RCP 8.5	
	(2000-2005)	2040-2069	2070-2100	2040-2069	2070-2100
TSM media	19,3	19,4	19,9	19,8	21,3
TSM máxima	27,1	27,8	28,3	28,4	30,1

En la Tabla 4 se presentan los valores actuales de la TSM basados en la serie histórica 1985-2005, junto con las proyecciones para los periodos 2026-2045 y 2081-2100, tanto para el escenario RCP 4.5 como para el RCP 8.5, utilizando el visor C3E. Según este visor, se espera que la TSM aumente en promedio 1,16°C bajo el escenario RCP4.5 y 3,4°C bajo el escenario RCP8.5 en el periodo 2081-2100.

Tabla 4. Incrementos de la temperatura superficial media (TSM) para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 a medio (2026-2045) y largo plazo (2081-2100) para la zona de estudio. Fuente: <https://c3e.ihcantabria.com/>

Histórico	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2026-2045	2081-2100	2026-2045	2081-2100
19,1°C	+ 0,99°C	+ 1,16°C	+ 1,7°C	+ 3,4°C

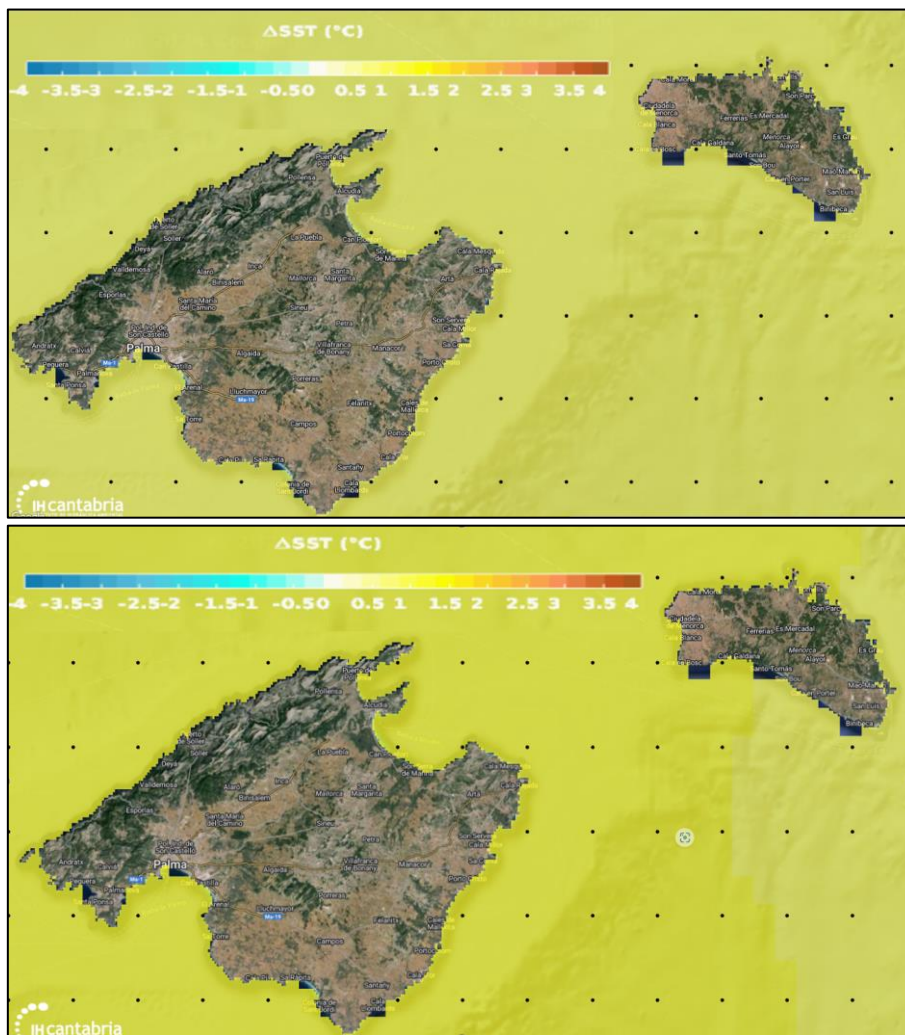


Figura 10. Datos de TSM bajo los escenarios RCP 4.5 (arriba) y RCP 8.5 (abajo), período 2026-2045. Fuente: [Visor C3E](#).



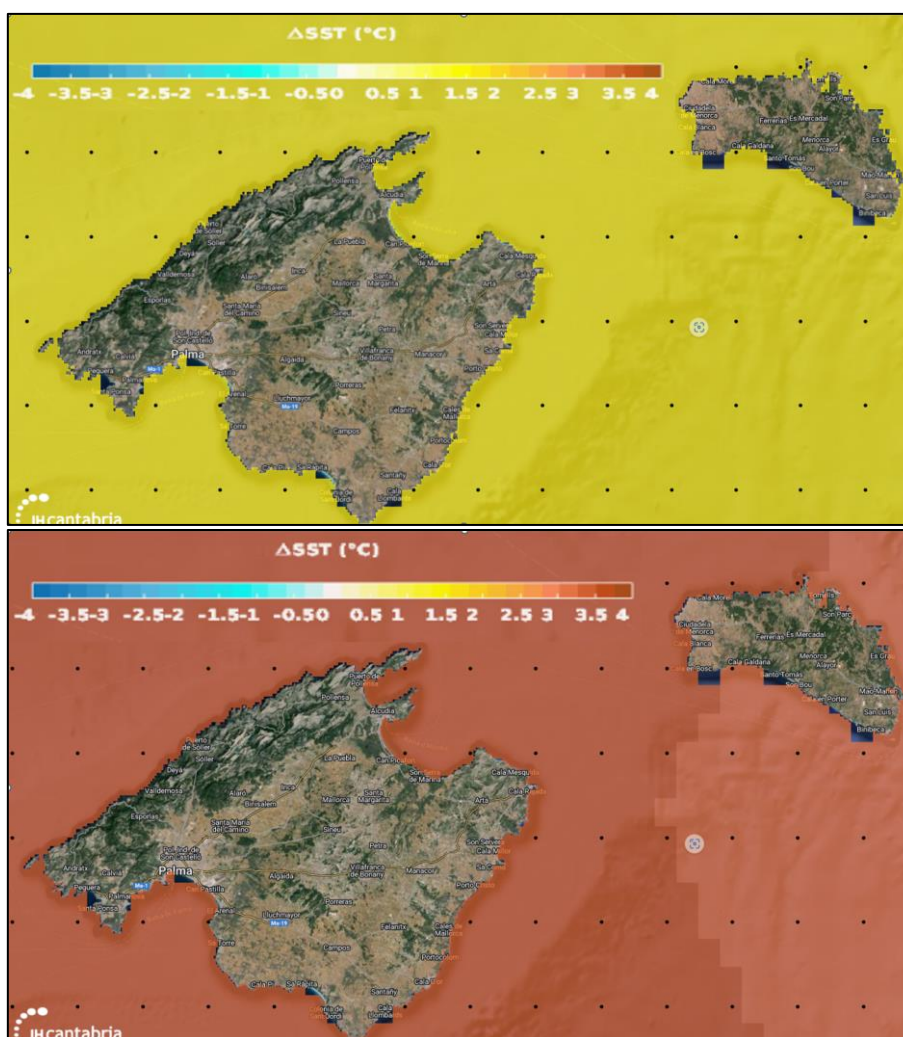


Figura 11. Datos de TSM bajo los escenarios RCP 4.5 (arriba) y RCP 8.5 (abajo), período 2081-2100. Fuente: [Visor C3E](#).

De acuerdo con lo descrito anteriormente, y según la metodología de análisis de riesgos frente al cambio climático aplicada en este estudio, la **magnitud de esta amenaza** se considera **alta** dado que la media proyectada (tanto a medio como a largo plazo) es superior a la media actual, superando valores actuales. En cuanto a la **probabilidad de ocurrencia**, el océano se ha calentado sin cesar desde el 2005 con claras tendencias documentadas en el AR5 del IPCC, siendo una amenaza **muy probable**.

### Acidificación

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles y del cambio de uso del suelo desde la revolución industrial han provocado un aumento considerable de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, de 280 ppm a más de 420 ppm en mayo de 2022, un aumento

de casi el 50%<sup>2</sup>. En los últimos 200 años, los océanos han absorbido cerca del 30% de estas emisiones antropogénicas de carbono, por lo que la química de los carbonatos y la acidez del agua de mar se han modificado en un proceso conocido como acidificación oceánica (AO) (Flecha et al, 2015). La AO se atribuye a una serie de reacciones químicas que, en última instancia, conducen a una reducción del pH del agua de mar y de las concentraciones de iones carbonato [ $\text{CO}_3^{2-}$ ] (Orr et al., 2005).

Este **proceso** tiene **consecuencias drásticas para el medio marino** (IPCC, 2021). Por debajo de un determinado pH y de la correspondiente concentración de carbonato, las condiciones se vuelven corrosivas para el carbonato cálcico, que muchos organismos utilizan para construir conchas y esqueletos. Algunos corales, terópodos, moluscos bivalvos y fitoplancton calcificador pueden ser especialmente sensibles a los cambios químicos del agua de mar. El gasto de energía para superar condiciones más ácidas puede reducir la energía disponible para procesos fisiológicos como la reproducción y el crecimiento. Por el contrario, los organismos fotosintéticos, que utilizan el  $\text{CO}_2$  como fuente de materia orgánica, podrían beneficiarse de su mayor disponibilidad. Por ejemplo, mientras que Israel y Hophy (2002) demostraron que un pH de 7,8 no tiene ningún efecto sobre el crecimiento y la fotosíntesis en una amplia gama de algas mediterráneas, Invers et al. (1997) reportaron que este nivel de acidificación mejoraba la fotosíntesis en la *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*.

Las algas coralinas calcificantes también pueden ser importantes formadoras de hábitats y se ha observado que se ven negativamente afectadas en condiciones de  $\text{CO}_2$  elevado, sobre todo cuando se combina con altas temperaturas. Más recientemente, Kroeker et al. (2013) mostraron que las especies calcáreas podrían ser fisiológicamente capaces de persistir en las condiciones de pH pronosticado para el océano en un futuro próximo, pero sufren el desarrollo de una mayor capacidad competitiva de las algas carnosas no calcáreas. Aunque los organismos calcificados suelen verse afectados negativamente cuando aumentan los niveles de  $\text{CO}_2$ , algunos pueden proliferar de forma no calcificada (por ejemplo, *Padina spp.*, *Dictyotaceae*).

El mar Mediterráneo representa una de las regiones oceánicas más sensibles del mundo al aumento del  $\text{CO}_2$  atmosférico y a la consiguiente acidificación de los océanos. Esto debido a que posee ciertas características únicas; como tener gran capacidad para secuestrar grandes cantidades de  $\text{CO}_2$  antropogénico y un tiempo de residencia en aguas profundas relativamente corto en comparación con otros océanos. Esta condición determina que la penetración del  $\text{CO}_2$ , que en los grandes océanos podría tardar de siglos a milenios, sea mucho más rápida en el mar Mediterráneo y se prevé que los cambios asociados también. De esto se tiene que el agua del Mediterráneo podría estar acidificándose a un ritmo de 0,0044 unidades de pH/año (Flecha et al. 2015, extraído de Kersting, 2016).

En la Tabla 5 se puede observar los datos de media de pH en la zona proyectados bajo los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.

---

<sup>2</sup> <https://www.co2.earth/>

Tabla 5. Media de pH actual y proyectada para el LIC Canal de Menorca para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: <https://ocle.ihcantabria.com>.

Actual (2000-2004)	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2040 - 2069	2070 - 2100	2040 - 2069	2070 - 2100
8,08	7,98	7,95	7,94	7,81

La concentración antropogénica de CO<sub>2</sub> para el Mediterráneo es superior a la del océano Atlántico y el océano Pacífico a la misma latitud, y mayor que en otros mares marginales del hemisferio norte (Hassoun et al., 2022). Un conjunto de datos del Mediterráneo noroccidental indica una reducción del pH de aproximadamente 0,0018 unidades de pH al año (Howes et al., 2015) entre 1994 y 2006. Para los cincuenta años siguientes, una extrapolación de los datos de esta serie temporal conduce a una disminución estimada del pH de 0,07-0,13 unidades, lo que corresponde a una tasa de disminución de 0,002 ±0,001 unidades de pH por año (Geri et al., 2014).

De acuerdo con estos datos, la magnitud de esta amenaza se considera **alta**, observando valores de pH inferiores a la situación base, con una **probabilidad de ocurrencia muy alta**. Según los datos del informe del IPCC, es prácticamente seguro que el pH oceánico superficial disminuirá en 0,29 unidades de pH en el período 2081-2100 bajo el escenario RCP8.5.

La acidificación del Mediterráneo combinada con el rápido calentamiento, el aumento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos y el rápido aumento de población humana en torno a sus costas tiene graves consecuencias para la región (Lacoue-Labarthe et al 2016).

### Aumento de la temperatura del aire

Las temperaturas de la superficie del planeta aumentan a gran ritmo. De hecho, se sabe que la temperatura media del planeta ha subido entre uno y dos grados centígrados desde la Revolución Industrial (IPCC, 2019). Estos cambios han traído como consecuencias, modificaciones en las olas de calor que implican el aumento de la temperatura máxima varios grados por encima de la temperatura de los picos medios. La situación es, por tanto, preocupante, ya que los picos futuros podrían ser muy altos y tener efectos devastadores sobre los ecosistemas.

Actualmente la temperatura máxima en el LIC Canal de Menorca alcanza los 21°C promedio anual, sin embargo, en vista y consideración de que esta amenaza afecta principalmente a la tortuga común (*Caretta caretta*) y sobre su período de anidación, que ocurre en época estival, se considerarán a continuación solo los datos de temperatura para los meses de verano.

Por tanto, de acuerdo con los registros del [visor de la AdapteCCA](#), se observa que la temperatura histórica máxima, alcanza los 28°C durante el período estival. Para el futuro medio (2041- 2070) y lejano (2071-2100) se utilizarán dos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 en donde, en todos los casos, la temperatura máxima estival del aire sobrepasa los 30°C (Tabla 6).

Tabla 6. Temperatura máxima estival actual y proyectada para el LIC Canal de Menorca para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5. Fuente: [Visor de Escenarios de Cambio Climático \(adaptecca.es\)](http://visor.de.esenarios.de.cambio.climatico.adaptecca.es)

Histórico	RCP 4.5		RCP 8.5	
	Futuro Medio (2041-2070)	Futuro Lejano (2071-2100)	Futuro Medio (2041-2070)	Futuro Lejano (2071-2100)
28°C	30,9°C	31,3°C	31,5°C	33,3°C

Se puede considerar que la magnitud del aumento de la temperatura del aire es **alta**, superando los valores proyectados a medio y largo plazo a la media histórica, siendo una amenaza **muy probable**. De acuerdo con los datos del IPCC (2019), el calentamiento global seguirá aumentando a corto plazo debido a las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> en casi todos los escenarios considerados (*muy probable que alcance los 1,5°C en escenarios de emisiones bajas, y muy probable-probable para escenarios de emisiones más elevadas*).

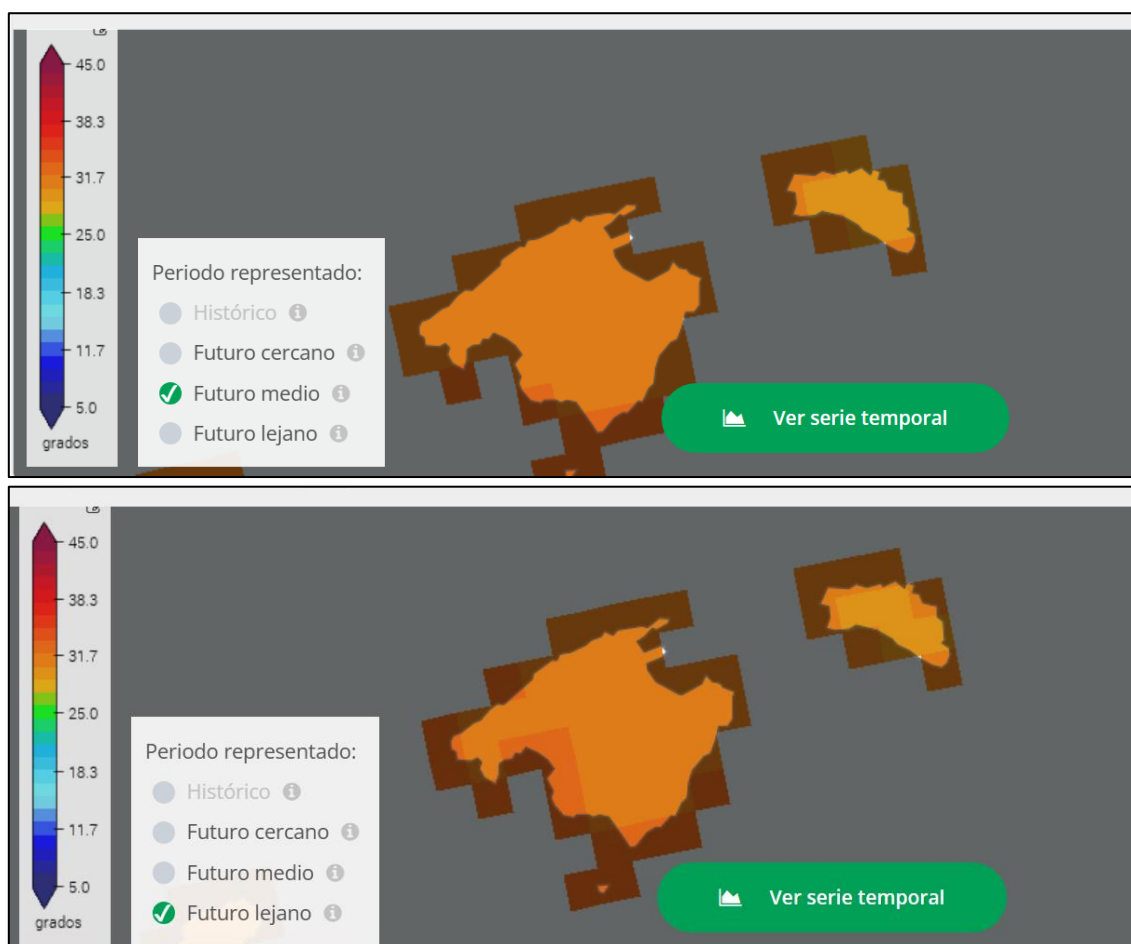


Figura 12. Datos de temperatura máxima del aire bajo el escenario RCP 4.5, para el futuro medio (arriba) y lejano (abajo). Fuente: [Visor AdapteCCA.es](http://visor.adaptecca.es)

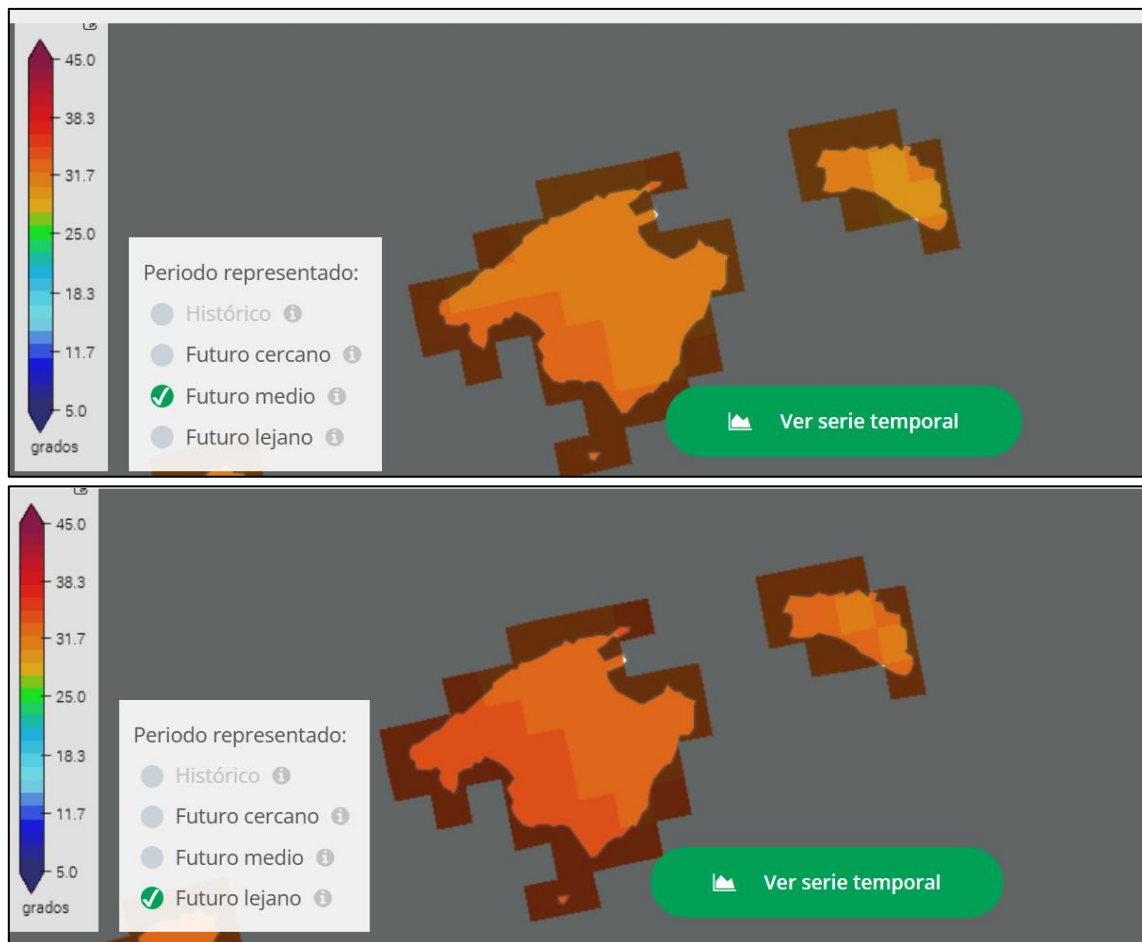


Figura 13. Datos de temperatura máxima del aire bajo el escenario RCP 8.5, para el futuro medio (arriba) y lejano (abajo).  
Fuente: [Visor AdapteCCa.es](http://VisorAdapteCCa.es)

### 3.4.EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

En el contexto de este proyecto, la vulnerabilidad frente al cambio climático resulta de la integración de la sensibilidad y la resiliencia de cada unidad ambiental frente a las amenazas. Por un lado, la **sensibilidad** se define como el *grado en el que la unidad ambiental puede verse afectada, positiva o negativamente, por el cambio en la amenaza* (IPCC, 2014), siendo valorada de la siguiente manera:

- **Nada sensible:** la propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios en la amenaza es muy baja.
- **Poco sensible:** la propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios en la amenaza es baja.
- **Moderadamente sensible:** la propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios en la amenaza es media.
- **Sensible:** la propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios en la amenaza es alta.
- **Muy sensible:** la propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios en la amenaza es muy alta.

Por otra parte, de acuerdo con el IPCC (2014), la resiliencia se define como *la capacidad de un sistema ecológico o socioeconómico para absorber la perturbación y reorganizarse, conservando esencialmente la misma función, estructura e identidad a pesar del cambio*. Se valorará de la siguiente manera:

- **Nada resiliente:** incapacidad total de la unidad ambiental de recuperarse.
- **Poco resiliente:** el sistema conserva algunas de sus funciones, pero no es capaz de recuperar la mayoría de ellas tras la perturbación.
- **Moderadamente resiliente:** el sistema se recupera parcialmente.
- **Resiliente:** la mayor parte de las funciones son capaces de recuperarse tras la perturbación.
- **Muy resiliente:** condición ideal (el sistema puede volver completamente al estado previo a la perturbación).

Por tanto, la vulnerabilidad será determinada integrando la sensibilidad y la resiliencia de cada unidad ambiental de acuerdo con la Tabla 7, de tal manera que las unidades ambientales más vulnerables son aquellas que sean sensibles a las perturbaciones y que posean una nula o baja capacidad de recuperarse ante las amenazas existentes.

Tabla 7. Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad.

SENSIBILIDAD	RESILIENCIA				
	Muy resiliente	Resiliente	Moderadamente resiliente	Poco resiliente	Nada resiliente
Nada sensible	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja	Media
Poco sensible	Muy baja	Baja	Baja	Media	Alta
Moderadamente sensible	Baja	Baja	Media	Alta	Alta
Sensible	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
Muy sensible	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta

Para el análisis de vulnerabilidad se utilizaron dos tipos de fuentes: (1) fuentes **bibliográficas** principalmente centradas en estudios científicos y documentos técnicos; (2) **entrevistas con expertos** clave en la materia, pertenecientes a diversos sectores. Tanto el modelo del cuestionario a realizar como los resultados de las entrevistas realizadas se encuentran en el Anexo del presente documento.

A continuación, se define la vulnerabilidad de las diferentes unidades ambientales consideradas en el LIC Canal de Menorca.

### **Praderas de Posidonia oceánica (HIC 1120\*)**

La principal amenaza identificada para la *P. oceanica* corresponde al aumento de la temperatura. Para ello, y con objeto de analizar su vulnerabilidad resulta necesario entender algunos conceptos. Savva et al., (2018) mencionan el término de: “**respuesta térmica**” definido como la curva de rendimiento de cualquier actividad biológica dentro del nicho térmico. La sensibilidad térmica de un organismo se caracteriza por la tasa de cambio en el rendimiento fisiológico en respuesta a un grado de cambio de temperatura. Más allá de la temperatura óptima de una especie, la alta sensibilidad térmica dará como resultado una rápida disminución de la aptitud con el aumento de las temperaturas, hasta que se alcance un límite superior de temperatura letal. La diferencia de temperatura entre el límite térmico superior de un organismo y la temperatura ambiental superior se define como el “**amortiguador térmico**” (Bennett et al., 2015). La vulnerabilidad de un organismo al calentamiento es el tiempo requerido para que las temperaturas alcancen el amortiguador térmico llegando a su límite térmico letal superior.

El calentamiento de las aguas está afectando negativamente a esta especie en algunas regiones, aumentando notablemente su tasa de mortalidad, la cual supera con creces a la de reclutamiento, provocando una tasa negativa de cambio poblacional. Como ya se mencionó, el impacto del aumento de la temperatura del mar podría provocar que el reclutamiento de la especie no sea suficiente como para compensar las pérdidas, especialmente frente a la ocurrencia de eventos extremos consecutivos o muy seguidos, determinando la mortalidad de la especie (Kersting, 2016; Marbà y Duarte, 2010). Este aumento de la mortalidad de *P. oceanica* se relaciona directamente con el impacto de la temperatura sobre ciertos procesos fisiológicos de la planta, sumado al efecto negativo de la respuesta de otros componentes del ecosistema. De hecho, *P. oceanica* es especialmente vulnerable a la producción de sulfuro en el sedimento, proceso que se acelera con la temperatura (García et al. 2013).

Debemos recordar que, actualmente, la temperatura de la superficie del mar en la región balear oscila entre los 13°C y 27,5°C, con temperatura mínima registrada durante febrero-marzo y temperatura máxima durante agosto (Marbà y Duarte, 2010; Samperio-Ramos et al., 2015, extraído de Savva et al., 2018). Cabe considerar que la zona experimenta olas de calor y fuerte estratificación del agua durante el período estival, lo cual puede conducir a altas temperaturas que superan los 28°C hasta los 30-40 m de profundidad (López-Jurado et al., 2008, extraído de Savva et al., 2018).

El estudio realizado por Savva, et al. (2018) describe una serie de experimentos de tolerancia térmica utilizando seis especies de macrófitos mediterráneos, entre ellos *P. oceanica*, cuyos especímenes fueron muestreados dentro de las Islas Baleares, colocados en acuarios y sometidos a distintos niveles de temperatura. Los resultados finales de estos experimentos arrojaron resultados preocupantes. Para *P. oceanica*, el LT50 (temperatura máxima en la cual el 50% de la población muere) se encuentra a 28,9°C. Esta cifra es muy cercana o incluso menor a la TSM máxima registrada dentro de la distribución global de la especie, pero aun así excede la TSM local actual en verano. Basado en este indicador, *P. oceanica* mostró gran vulnerabilidad, con un amortiguador térmico de 1,3 °C en las condiciones actuales.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 3, los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 estiman el aumento de la temperatura en 0,99°C y 1,16°C (para los periodos 2026-2045 y 2081-2100, respectivamente) y 1,7°C y 3,4 °C (para los periodos 2026-2045 y 2081-2100, respectivamente). De acuerdo con Jordà et al. (2012) se prevé que la TSM local aumente, en promedio, en 2 °C para 2050 y en 3,4 °C para 2100, lo que resulta en una temperatura promedio de verano de aproximadamente 29-30,5 °C para fines de siglo. Además, estas temperaturas del agua de mar en las Baleares se extenderán hasta aguas más profundas, ya que la termoclina de verano se encuentra entre 30 y 40 m de profundidad (López-Jurado et al., 2008).

El estudio de Savva et al. (2018) concluye que, entre las especies analizadas, *P. oceanica* puede ser la más vulnerable al calentamiento dado su LT50. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos, que informaron que las temperaturas superiores a 28°C durante olas de calor consecutivas en 2003 y 2006 causaron una alta mortalidad de brotes y una fuerte disminución en la densidad de *P. oceanica* (Marbà y Duarte, 2010). Esto plantea grandes preocupaciones considerando el papel de importancia crítica para la estructura ecosistémica, la provisión de servicios ecosistémicos (por ejemplo, secuestro de carbono, red alimentaria, protección costera) y la resiliencia de los ecosistemas costeros mediterráneos.

Si utilizamos el LT50 de *P. oceanica* definido por los experimentos de Savva et al (2018) en las Islas Baleares, establecido en 28,9°C, luego tomamos en cuenta la TSM máxima actual de 27,8° C y lo colocamos bajo el escenario seleccionado para la caracterización de la amenaza, obtenemos que en el escenario RCP4.5, la TSM máxima esperada para el período 2026-2045 alcanza los 28,79 °C, mientras que para el período 2081-2100 la TSM máxima llega a los 28,9°C. En ambos períodos bajo este escenario se podría esperar una pérdida de *P.oceanica*. El panorama es aún peor bajo el escenario RCP 8.5, donde la TSM máxima estimada aumentaría a 29,5°C y 31,2°C respectivamente.

En vista y considerando todos los escenarios estudiados y los datos analizados **se considera probable** que el calentamiento continuado de la TSM provoque **mortalidades masivas de la fanerógama marina** endémica *P. oceanica* (Díaz-Almela et al., 2009), en conjunto con otros invertebrados (Coma et al., 2009).

En palabras de los entrevistados en el marco de evaluación de vulnerabilidad del LIC Canal de Menorca se obtiene que:



*“Por evidencias de campo, que dicen que cuando se superan los 28°C (ahora prácticamente cada verano) la mortalidad incrementa. La proyección es que, para un escenario moderado de emisiones (peor que el actual), a partir del 2050 todos los veranos superarían los 28°C, por lo que se irían acumulando mortalidades. A final de siglo podríamos encontrarnos con el 10% de la abundancia de posidonia que había en 2010. No sería la extinción de la especie, pero sí la extinción funcional de ella: apenas podría amortizar oleaje, no secuestraría tanto carbono, la biodiversidad caería...sería muy difícil que se mantuvieran los servicios ecosistémicos”.*

Conviene tener presente las consideraciones de los especialistas que señalan que tanto la intensidad de las amenazas como la vulnerabilidad de esta especie pueden tener un componente regional, ya que se han realizado experimentos con regímenes térmicos diferentes en donde los resultados de mortalidad difieren, existiendo áreas en donde la posidonia sobrevive bien a 29°C, por ejemplo, en Chipre. Sin embargo, estos aspectos relacionados con la resiliencia de las praderas de angiospermas marinas deben ser todavía investigados en profundidad. Se ha teorizado acerca de la posible extinción funcional de las praderas de *P. oceanica*, hacia mediados del presente siglo (Jordà et al. 2012a), pero debe tenerse en cuenta que, en base a los resultados obtenidos en otras zonas, estas proyecciones son cuestionables a escala mediterránea.

Finalmente, hay que subrayar que a los posibles efectos del aumento de la temperatura sobre esta especie se suma toda una serie de impactos provocados por las actividades humanas en la costa, como desarrollo urbanístico, eutrofización, dragados, pesca de arrastre, fondeos etc. Esta combinación de factores, antrópicos y de cambio climático, nos ponen en un escenario difícil para la recuperación de las praderas de *P. oceanica*. Tras las entrevistas se obtiene que:

*“No hay que perder de vista los impactos locales, como por ejemplo el aporte de nutrientes, que debilitan las plantas, y luego son más vulnerables al aumento de la temperatura. Hay sinergias que ocurren, no solamente el impacto del cambio climático en sí. La posidonia es muy sensible a la intrusión de sulfuro de hidrogeno. En las praderas que estén ya débiles por otros impactos, por ejemplo, el aumento de la temperatura, si hay más nutrientes o materia orgánica las plantas están más débiles, entonces hay más sulfhídrico con lo cual con el aumento de la temperatura todavía estimulas más las bacterias sulfatoreductoras y todavía dañas más la planta. Estas sinergias lo que hacen es que potencian el impacto, por lo tanto, el daño se amplifica. Esto se ha visto en zonas en donde hay más aporte de materia orgánica y que el sedimento está más rico en nutrientes, hay más sulfato reducción, esto produce sulfhídrico, vale decir, mayor cantidad de bacterias sulfatoreductoras. El sulfuro de hidrógeno puede penetrar en la posidonia y es tóxico para los organismos. La posidonia es sensible a esto. Además, aumenta la respiración de la planta entonces tampoco tiene fuerza para evitar este gas.”*

En vista de lo expuesto y en consideración de las entrevistas realizadas a expertos, se considera que la *P. oceanica* es **MUY SENSIBLE** con respecto al aumento de la temperatura en el LIC Canal de Menorca. Como hemos visto con temperaturas superiores a 29 grados (Escenario RCP 8.5) la mortalidad esperada es muy alta, al mismo tiempo la resiliencia esperada de cara a los distintos escenarios ha sido categorizada como baja o **POCO RESILIENTE**, esto debido al lento crecimiento de los haces, los cuales tardan hasta 100 años en alcanzar un metro de altura, lo cual, a pesar de

los esfuerzos por hacer replantación se ve mermado dados los bruscos cambios de temperatura provocados por las olas de calor y la extensión de los períodos cálidos, los que cohortan el crecimiento e impiden el desarrollo de las nuevas plantas de *P. oceánica* (extraído de las entrevistas). Con esto se ha categorizado la vulnerabilidad de las praderas de *Posidonia oceanica* como **MUY ALTA** frente a la amenaza del aumento de la temperatura del agua.

### Arrecifes

Las **amenazas** presentes en el LIC Canal de Menorca que afectan a los arrecifes son **el aumento de la temperatura del mar y la acidificación oceánica**. Estas amenazas pueden ralentizar el crecimiento y la calcificación, haciendo que los corales sean menos competitivos en comparación con otros organismos bentónicos como las macroalgas o las algas marinas. A medida que desaparecen los corales, también lo hacen los peces y muchas otras especies dependientes de los arrecifes, lo que repercute directamente en industrias como el turismo y la pesca, así como en los medios de subsistencia de muchas poblaciones costeras, a menudo desfavorecidas (Hoegh-Guldberg et al., 2018). Estos impactos se ven exacerbados por las tormentas cada vez más intensas, que destruyen físicamente las comunidades coralinas y por tanto los arrecifes, haciéndolos más vulnerables a enfermedades y ralentizando la recuperación de las comunidades coralinas tras los episodios de mortalidad (Hoegh-Guldberg et al., 2018).

En este apartado se valora la vulnerabilidad de los arrecifes del LIC Canal de Menorca ante esas amenazas, en base a su sensibilidad y resiliencia.

### **Aumento de la temperatura del agua**

Recientemente, el aumento de temperatura del mar se ha revelado como la **mayor amenaza para los arrecifes**, ya que basta con que las temperaturas superen en tan solo 1°C el máximo estival a largo plazo (utilizando como periodo de referencia 1985-1993) durante 4-6 semanas para que se produzca una mortalidad masiva de los corales (Hoegh-Guldberg et al., 2018). En este sentido, tanto el aumento de la temperatura media como el incremento de las olas de calor son factores que van de la mano.

Los modelos predicen la pérdida a gran escala de los arrecifes de coral para mediados de siglo, incluso en escenarios de bajas emisiones. Aunque se logrará el objetivo de reducir las emisiones 1,5°C a nivel global (objetivo del Acuerdo de París), tendrá lugar una pérdida del 70-90% de los corales constructores de arrecifes en comparación con la actualidad, y el 99% de los corales se perderán con un calentamiento de 2°C o más por encima del período preindustrial (Bindoff et al., 2019). Los aumentos subyacentes de la temperatura del mar que provocan el blanqueamiento y la mortalidad de los corales son un 25% menos probables a 1,5°C que a 2°C.

Las hipótesis en las que se basan estas evaluaciones se consideran muy conservadoras. En algunos casos, las hipótesis "optimistas" de los modelos incluyen una rápida adaptación térmica de los corales de 0,2-1°C por década, así como tasas de recuperación muy rápidas de los impactos. Sin

embargo, no se ha documentado una adaptación al cambio climático a estos ritmos tan elevados, y la recuperación tras una mortalidad masiva suele llevar mucho más tiempo (>15 años).

*Cladocora caespitosa*, por ejemplo, es una especie indicadora de calentamiento que sufre mortandades masivas después del verano (Kersting y Linares, 2019), además de estar listada en distintas listas de protección internacional, nacional y autonómicas. En el LIC aparece en las aguas más superficiales, por lo que es muy vulnerable al aumento de temperatura. En esta especie, se han registrado procesos muy lentos que permiten recuperar ciertos tejidos muertos, mediante un proceso conocido como “rejuvenescencia” (Kersting y Linares, 2019). Sin embargo, el crecimiento es extremadamente lento (recuperar entre el 80% y el 90% de la colonia toma aproximadamente 10 años), y las poblaciones no tienen tiempo de recuperarse antes de que llegue el siguiente impacto (por ejemplo, la siguiente ola de calor).

Las gorgonias, por otro lado, son especies de dinámica lenta y altamente vulnerables a cualquier tipo de perturbación. Sus bajas tasas de reclutamiento y de crecimiento no pueden compensar las mortandades registradas, por lo que la recuperación de las poblaciones, y especialmente de las grandes colonias, que pueden llegar a tener más de 100 años, será extremadamente lenta si no prácticamente imposible en un futuro próximo (Kersting, 2016). En el LIC aparece tanto gorgonia blanca (*Eunicella singularis*) como roja (*Paramuricea clavata*). La resiliencia de estas especies de gorgonia es baja, especialmente en la parte superior, donde se ven más afectadas.

El único mecanismo de esta especie para recuperarse de una necrosis o mortandad masiva es el reclutamiento de nuevos individuos. Además, las colonias juveniles son más vulnerables que las adultas a los cambios de temperatura (Linares et al., 2017), y la recuperación de las poblaciones más someras puede ser difícil si existe poco reclutamiento y no hay demasiada conectividad genética entre las colonias someras (afectadas) y profundas (no afectadas). Estos datos han sido corroborados por autores en otras zonas (Mokhtar-Jamai et al, 2011; Arizmendi-Mejía et al., 2015, extraído de Linares et al, 2017), y son preocupantes para la conservación de esta especie, pues una posible recuperación a partir de las poblaciones más profundas y menos afectadas sería muy lenta con el escaso nivel de conectividad observado.

Por otro lado, los arrecifes de coral de aguas profundas (30-150 m) o mesofóticos pueden desempeñar un papel importante porque evitan en cierta medida las condiciones extremas de las aguas poco profundas (es decir, el calor y las tormentas), aunque la capacidad de estos ecosistemas para ayudar a repoblar las zonas dañadas de aguas poco profundas puede ser limitada.

En adición, la acumulación de los eventos puede ser más grave y tener implicaciones de mayor alcance que los efectos inmediatos, tal y como demostraron Verdura et al. (2019), lo que pone de relieve la importancia de examinar los efectos de los fenómenos climáticos en las poblaciones bentónicas a diferentes escalas temporales. Aunque es difícil determinar los mecanismos de ajuste que subyacen a los efectos de una anomalía térmica, muchos organismos que habitan en los conjuntos coralígenos sufren mortalidad parcial o estrés fisiológico, lo que puede provocar su mortalidad total en años posteriores. Esto puede dar lugar a una simplificación en términos de biodiversidad y estructura, con perdedores (por ejemplo, especies sensibles al estrés térmico, como

los macroinvertebrados) y ganadores (especies que pueden competir con las especies sensibles y son resistentes a las anomalías térmicas, como las especies formadoras de césped).

Como se ha comprobado, aunque varios estudios han indicado que la exposición repetida al aumento de la temperatura del agua puede influir en la resistencia de los corales, existe una gran incertidumbre en cuanto a las posibles respuestas adaptativas, y dichas respuestas o bien no pueden identificarse con los datos a largo plazo disponibles o bien podrían quedar enmascaradas por la gravedad de los impactos. La profundidad a la que se encuentran los arrecifes también es un factor determinante de su vulnerabilidad. Por ello, es complejo hablar de “vulnerabilidad” para arrecifes, ya que cada especie incluida en esta categoría tiene sus propios mecanismos y factores.

Con estos datos, se considera que la sensibilidad de este hábitat ante el aumento de la temperatura del agua es **MUY SENSIBLE** y su resiliencia es **POCO RESILIENTE**, por lo que su vulnerabilidad ante dicha amenaza es **MUY ALTA**.

### Acidificación oceánica

Con los datos actuales, el impacto de la acidificación oceánica para arrecifes no es de la misma magnitud que el aumento de temperatura del agua, de la que ya hay indicios desde hace varias décadas. Sin embargo, las predicciones sitúan esta amenaza como una de las principales para estas especies en los escenarios planteados para finales de siglo. Los organismos que dependen de la producción de testas o conchas calcificadas para su supervivencia, como los corales, los moluscos, los crustáceos y especies de algas calcificadas, son especialmente vulnerables a la disminución del pH o a sus fluctuaciones (Cigliano et al., 2010). La acidificación oceánica y las perturbaciones relacionadas con el cambio climático (es decir, el calentamiento, las tormentas severas y el blanqueamiento del coral) afectan al crecimiento y la supervivencia de los corales escleractinios, desplazando probablemente su hábitat hacia comunidades coralinas estructuralmente simplificadas y provocando, por tanto, la modificación de los servicios ecosistémicos que proporcionan los conjuntos coralígenos.

Los corales construyen sus esqueletos mediante la precipitación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La acidificación oceánica reduce la saturación de aragonito y calcita, las principales formas cristalinas de  $\text{CaCO}_3$ . Esto dificulta la precipitación del material esquelético por parte de los corales y puede incluso provocar la disolución del esqueleto ya formado. Recientes estudios en el Mar Mediterráneo han demostrado que un pH bajo inhibe fuertemente la presencia de corales calcáreos (Zunino et al., 2019). Estos estudios indican que la acidificación del agua de mar a los niveles previstos para los distintos escenarios del IPCC de 2100 disminuirá las tasas de crecimiento de estas especies, ya de por sí muy bajas. Fine y Tchernov (2007), que investigaron el efecto de bajo pH en *Oculina patagonica*, un coral mediterráneo, revelaron una disolución completa del esqueleto a un pH de 7,4, aunque este valor es inferior al esperado en 2100 bajo el escenario RCP 8.5 (Rodolfo-Metalpa et al., 2010).

Rodolfo-Metalpa et al. (2010), por su parte, encontraron que, mientras que la temperatura es un parámetro ambiental crítico que controla la fisiología y la calcificación de *Cladocora caespitosa*, un aumento de la presión parcial de  $\text{CO}_2$ , dentro de los valores esperados para finales de 2100, no

afectó significativamente a sus tasas de calcificación. Sin embargo, existe mucha variabilidad entre distintas especies, como se puede ver en los diferentes estudios realizados. El Mediterráneo alberga principalmente corales de aguas frías y profundos, como *Corallium rubrum*, que está presente en el Canal de Menorca. Estos corales son especialmente sensibles a los cambios en la química del agua, incluido el pH. Otros autores como Hall-Spencer et al. (2008) encontraron que en zonas mediterráneas con un pH medio de 7,8-7,9 mostraban una reducción del 30% en el número de especies (especialmente calcificadores) en comparación con otras con pH normal.

La acidificación progresiva del agua tendrá un efecto sobre las comunidades dominadas por organismos carbonatados, que tienen una gran representación en el Mediterráneo y que se caracterizan, además, por su elevada biodiversidad. Se debe tener en cuenta que, si bien la acidificación aumentará la disolución de las estructuras calcáreas de estos organismos, también se ha comprobado que no se verán afectadas las tasas de calcificación de algunas especies de crecimiento lento como *C. caespitosa* y algunos corales profundos como *Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata* y *Dendrophyllia cornigera* (Maier et al. 2013; Movilla et al. 2014b, extraído de Kersting et al., 2016).

La acidificación también puede producir una disminución en la talla de los individuos de ciertas especies. El proceso de calcificación requiere un gran aporte energético y se ha observado una reducción en el tamaño de ciertos organismos que han vivido, durante generaciones, expuestos a aguas acidificadas en zonas de surgencias naturales de CO<sub>2</sub>. Con esta respuesta, al mantener estructuras de menor tamaño, se consigue una reducción del coste energético de la calcificación y el crecimiento, en pro del mantenimiento de otros mecanismos como la reproducción, que aseguran la continuidad de estas poblaciones en medios ácidos.

En conclusión, mientras que el grado de disolución de las estructuras calcáreas depende de su composición (e.g., calcita, aragonita, calcita rica en magnesio), el efecto sobre las tasas de calcificación depende en gran medida del tipo de organismo e incluso de sus tasas de crecimiento. En este sentido, los resultados aportados por distintos trabajos son muy dispares, pues incluyen tanto efectos negativos sobre la calcificación, como efectos neutros o incluso positivos (Kersting et al., 2016). Las estructuras calcificadas de los organismos marinos están compuestas por diferentes tipos de carbonatos y polimorfos cuya solubilidad es variable. Por lo tanto, los cambios derivados del descenso de pH dependerán en parte del tipo de carbonato que presenten los organismos que compongan las comunidades afectadas.

Con estos datos, se considera que la sensibilidad de los arrecifes ante los cambios de pH es **SENSIBLE** y su resiliencia es **POCO RESILIENTE**, por lo que su vulnerabilidad ante dicha amenaza es **ALTA**.

### Tortuga común (*Caretta caretta*)

La incorporación de la tortuga común al presente estudio obedece a los recientes eventos de anidación en las Baleares, pese a que han sido considerados por los expertos como “anecdóticos”, teniendo en cuenta que son recientes en el tiempo y no se poseen aún datos que puedan considerar

esta conducta como algo estable. Algunos autores han señalado estos eventos como un posible proceso de colonización debido al cambio climático, algo que se considera de gran importancia para su supervivencia debido a las evidencias y predicciones de feminización y reducción de la viabilidad de las crías en las playas de puesta de sus áreas de nidificación originales.

Se ha considerado como mayor **amenaza** para la tortuga, **el aumento de la temperatura del aire**. Las tortugas marinas son réptiles que poseen determinación sexual por temperatura (TSD, *Temperature dependent Sex Determination*), un tipo de determinación sexual ambiental, en que el sexo de cada individuo se define después de la fertilización, según la temperatura de incubación de los huevos predominante durante un periodo termosensible (Yntema y Mrosovsky, 1982). La temperatura a la cual cada embrión tiene igual probabilidad de tornarse macho o hembra es conocida como **temperatura pivotante** (PT, *Pivotal Temperature*). Teóricamente, un nido mantenido a PT durante el periodo termosensible produce un 50% de machos y un 50% de hembras, lo que significa que la ratio de los sexos de los neonatos es de 50%. En el caso de TSD tipo "Macho-Hembra", como ocurre en las especies de tortugas marinas (Wibbels, 2003), en nidos incubados a temperaturas inferiores a la PT, el porcentaje de machos producidos aumenta. Al contrario, si las temperaturas son superiores a la PT, aumenta el porcentaje de hembras nacidas. El **rango de transición de temperatura** (TRT, *Transitional Range of Temperature*) es el intervalo térmico en el cual se producen los dos sexos; por debajo y por encima de éste se produce un 100% de machos y de hembras, respectivamente (Hulin et al., 2009). La temperatura de incubación influye también la morfología y supervivencia de los neonatos. El éxito de eclosión, aunque dependiente de otros factores, como depredación, humedad, aireamiento, salinidad, etc.

Aunque variables entre poblaciones, se debe tener en cuenta que los patrones de determinación sexual por temperatura para la tortuga común parecen ser conservativos (Mrosovsky et al., 2009). La temperatura pivotante está en torno a los 29°C, el rango de transición de temperatura se define entre los 27-31°C, y el éxito de eclosión es aproximadamente entre 23-35°C (Miller, 1997, extraído de Martins et al. 2012).

Tomando en consideración los patrones biológicos de la tortuga común en cuanto a su determinación sexual por la temperatura ambiental, se tiene que para todos los escenarios climáticos proyectados la probabilidad de afectación de la especie es alta, obteniendo que la tortuga común tendrá una tendencia a la feminización de la especie. El éxito de eclosión no solo se verá afectado por el cambio climático, sino también por la creciente relevancia de las amenazas antrópicas, especialmente durante la temporada estival. Bajo este supuesto, se observa que la sensibilidad de la tortuga al aumento de la temperatura en un escenario R.C.P 8.5 a fin de siglo es determinada como alta o **MUY SENSIBLE** mientras que ante estas magnitudes de cambio la resiliencia es categorizada como **NADA RESILIENTE**, por lo que su vulnerabilidad ante esta amenaza es considerada **MUY ALTA**.

### Delfín mular (*Tursiops truncatus*)

Las presiones inducidas por el hombre (como el tráfico de barcos y botes, la pesca y el desarrollo costero) afectan a las especies y poblaciones de cetáceos. Además, los efectos directos e indirectos del cambio climático son factores de estrés adicionales a estas perturbaciones locales. Aunque los delfines son animales homeotermos, el **aumento de la temperatura del mar** puede modificar las floraciones de fitoplancton en primavera y, en consecuencia, la productividad de toda la red alimentaria.

Se prevé un aumento en el hábitat de distribución del delfín mular debido al aumento de la TSM (MacLeod, 2009), que influye tanto en la presencia como en el tamaño de los grupos de delfines (Bearzi et al., 2008, Hartelet et al., 2014, Lambert et al., 2017; La Manna et al., 2016; La Manna et al., 2020; Mintzer y Fazioli, 2021, extraído de La Manna et al., 2023). Sin embargo, un estudio realizado por Arcangeli et al. (2012), no encontró cambios en la distribución de delfín mular y delfín listado en el Mar Mediterráneo, a pesar del aumento de la TSM entre 1990-1992 y 2007-2009. La realización de estudios sobre diferentes poblaciones y en diferentes contextos geográficos es fundamental, ya que la influencia del calentamiento puede no ser siempre coherente a nivel de especie (MacLeod, 2009).

A pesar de ello, se ha corroborado que existe una relación negativa entre el aumento de temperatura del mar y el tamaño de grupo de delfín mular, resultado de una dispersión individual en un área más grande. La relación entre las condiciones climáticas y el comportamiento de agrupamiento puede derivarse de la influencia de la temperatura en las poblaciones de presas. Esta influencia afecta a casi todos los individuos, independientemente de la unidad social y el sexo al que pertenezcan. La necesidad de buscar presas concentradas puede llevar a desplazamientos más lejanos si este recurso no estuviera disponible, fuera reducido o estuviera distribuido de forma irregular. De hecho, el cambio en la distribución de las principales especies de presas es el principal factor que define el rango geográfico y la preferencia de hábitat en cetáceos (Blanco et al., 2001; Bearzi et al., 2003, extraído de Gambaiana et al., 2009).

Además, los cambios en la disponibilidad de especies presa pueden forzar a los cetáceos a cambiar sus estrategias de alimentación y dedicar más tiempo y energía a la búsqueda de alimento, lo que podría tener consecuencias negativas en su salud. En consecuencia, se reduce el tiempo dedicado a la socialización y la cría, afectando negativamente al éxito reproductivo de los cetáceos. Por otro lado, las altas temperaturas pueden provocar el desplazamiento del delfín mular a mar abierto, como observó Dhermain (2003) en Córcega (extraído de Gambaiana et al, 2009) después de un verano excesivamente caluroso. Además, es probable que el calentamiento global fomente la propagación de virus y patógenos y puede promover eventos epizooticos como las infecciones por *morbillivirus*.

Es interesante observar que, como los cetáceos son animales longevos y animales de reproducción lenta (generalmente producen una cría por hembra cada 2-3 años), cuando una población se ve afectada la recuperación puede ser lenta, y estas especies pueden llegar a estar en peligro de extinción con relativa facilidad. Al afectar a la distribución y abundancia de las presas de los

cetáceos, es probable que el cambio climático desencadene una competencia dietética entre especies, y podría entonces causar una competencia inter e intraespecífica entre los cetáceos del Mediterráneo. Además, una disminución de las especies de presa puede aumentar las tasas de mortalidad de los cetáceos y la vulnerabilidad a las enfermedades. Sin embargo, el impacto del aumento de la temperatura no afectaría de forma directa a estos animales, ya que regulan su temperatura de forma homeotérmica.

Es muy difícil poder discernir el cambio climático de otros factores que también alteran la disponibilidad de presas, como la sobrepesca o la alteración del hábitat. Pueden producirse impactos además por el aumento de la competencia intra e interespecífica, la posible mayor incidencia de patógenos y los cambios oceanográficos, entre otros. En todo caso, los efectos del cambio climático en los cetáceos son actualmente desconocidos y necesitan más investigación para poder predecir y actuar para su conservación.

Un último factor para tener en cuenta es el bajo tamaño de población presente en el LIC Canal de Menorca. Como se mencionó con anterioridad, la población del canal está estimada en 727 individuos en primavera y 1.333 individuos en otoño, según los censos aéreos realizados. En adición, se sabe que las poblaciones baleares son bastante locales y sedentarias. Este pequeño tamaño poblacional, sumado a su carácter localizado, puede hacer que la unidad ambiental sea más vulnerable ante amenazas climáticas y antrópicas.

Para enfrentar los impactos del cambio climático, se debe considerar que los rasgos espaciales actuales de la población no necesariamente se mantendrán en el futuro cercano. Se debe tener en cuenta la posibilidad de un movimiento local más amplio de las especies en relación con la adaptación al calentamiento, forzando a las especies de amplia distribución a desplazarse más allá del límite del área protegida.

Con estos datos, se considera que la sensibilidad del delfín mular ante el aumento de la temperatura del agua es **MODERADAMENTE SENSIBLE** y una especie **RESILIENTE** teniendo en cuenta los rangos de desplazamiento en búsqueda de alimento, por lo que su vulnerabilidad ante dicha amenaza es **BAJA**.

### **Pardela balear (*Puffinus mauretanicus*)**

Los resultados de Wynn et al. (2007) sugieren que el número de pardelas baleares está relacionado con la variabilidad de la TSM, aunque no establece una conexión causal directa. Para comprender mejor los mecanismos por los que el aumento de la TSM puede estar provocando el cambio observado en la distribución de la pardela balear, debemos investigar los cambios espaciales y temporales en las especies presa. También hay cada vez más pruebas de cambios de distribución relacionados con el clima en el plancton que directa o indirectamente proporciona alimento a las especies de peces presa. Por lo tanto, el aumento de la TSM parece iniciar un “efecto cascada”, con cambios posteriores en la presencia de fitoplancton que afectan a sus herbívoros y, en última instancia, a sus depredadores.



Es importante identificar las principales amenazas potenciales para la supervivencia de las especies amenazadas antes de que su influencia sea irreversible, para poder planificar y aplicar una estrategia de conservación eficaz. La población reproductora de la pardela balear está sufriendo un declive grave y potencialmente terminal, y su distribución reproductora sigue restringida a las Islas Baleares. Sin embargo, los resultados de Wynn et al. (2007) indican una rápida expansión hacia el norte en la distribución postnupcial desde mediados de la década de 1990, mientras que una disminución simultánea de los efectivos que utilizan el norte de Vizcaya podría apuntar hacia un auténtico cambio de distribución (Yésou, 2003). Recientemente se han publicado los resultados de una década de estudios de seguimiento (2010-2018) de la pardela balear que respaldan esta hipótesis y confirman un desplazamiento de la migración post reproductiva hacia el norte bajo un escenario de clima cambiante. Esto, es consistente con la flexibilidad fenotípica en el destino migratorio; las pardelas individuales alteran su destino migratorio a medida que cambian las temperaturas. (Lewin et al. 2024)

Este fenómeno puede haberse producido en respuesta a cambios en la distribución de las presas provocados por el clima. El aumento del rango de dispersión y/o la disminución del éxito de búsqueda de alimento en el mar pueden estar contribuyendo a la inusualmente baja tasa de supervivencia de adultos de la especie (Oro et al., 2004). Los primeros indicios de expansión hacia el norte del área de distribución de otras aves marinas migratorias escasas (por ejemplo, el Petrel de Fea (*Pterodroma feae*)) sugieren que también podrían verse afectadas de manera similar. Por lo tanto, la investigación futura debería dirigirse a predecir los cambios de distribución futuros en respuesta a los aumentos previstos de la TSM, en combinación con las iniciativas de seguimiento a largo plazo en curso (paneuropeas).

Además de esto, la pardela balear se ve fuertemente afectada por amenazas antrópicas como la pesca, el turismo náutico o la contaminación, que aumentan considerablemente la vulnerabilidad de esta especie ante los efectos del cambio climático.

Con estos datos, se considera que la sensibilidad de la pardela balear ante el aumento de la temperatura del agua es **POCO SENSIBLE** y de carácter **RESILIENTE**, por lo que su vulnerabilidad ante dicha amenaza es **BAJA**.

### 3.5. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS

El objetivo de este apartado es la identificación y valoración de las consecuencias que las amenazas climáticas puedan tener sobre las unidades ambientales objeto de estudio. La cuantificación de las consecuencias comprende la integración de la vulnerabilidad de la unidad ambiental y su exposición ante cada amenaza (Tabla 8).

Tabla 8. Valoración cualitativa de las consecuencias.

MAGNITUD AMENAZA	VULNERABILIDAD				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Baja	Insignificantes	Insignificantes	Insignificantes	Menores	Menores
Media	Insignificantes	Menores	Menores	Moderadas	Graves
Alta	Insignificantes	Menores	Moderadas	Moderadas	Muy graves

La siguiente tabla (Tabla 9) resume la valoración de las consecuencias de las unidades ambientales consideradas en este estudio. El impacto de la temperatura del agua tendrá consecuencias **muy graves** en las praderas de posidonia y arrecifes ocasionando alteraciones permanentes dada la elevada vulnerabilidad de estos hábitats. Con respecto a la acidificación, las consecuencias para las comunidades de arrecifes son **moderadas** dado que el impacto de los cambios de pH no es de la misma magnitud que el aumento de la temperatura del agua. No obstante, habrá que tener en consideración las potenciales sinergias entre la acidificación y la temperatura, variables que muestran una evolución paralela en el contexto del cambio climático. Por último, gracias a su naturaleza móvil y al hecho de que el cambio climático les afecta de forma más indirecta que al resto de unidades ambientales, el aumento de la temperatura del agua sobre delfín mular y pardela balear tendrá consecuencias **menores**.

Tabla 9. Valoración cualitativa de las consecuencias de las unidades ambientales objeto de estudio.

Unidad Ambiental	Amenaza	Magnitud amenaza	Vulnerabilidad	Consecuencias
Praderas de posidonia	Tª agua	Alta	Muy alta	Muy graves
Arrecifes	Tª agua	Alta	Muy alta	Muy graves
	Acidificación	Alta	Alta	Moderadas
Tortuga común	Tª aire	Alta	Muy alta	Muy graves
Delfín mular	Tª agua	Alta	Baja	Menores
Pardela balear	Tª agua	Alta	Baja	Menores

A continuación, se complementa el resultado de la valoración cualitativa de las consecuencias con los **resultados del taller participativo realizado** el 23 de noviembre de 2024, cuyos objetivos principales fueron (1) identificar las consecuencias sobre el sistema socio-económico derivadas de los impactos del cambio climático, (2) favorecer la toma de conciencia de las consecuencias que implicaría el cambio climático en el espacio marino protegido, sensibilizando a los participantes sobre lo que podría pasar si no se toma ningún tipo de acción y (3) comenzar a indagar en posibles

medidas de adaptación frente a los impactos detectados. La percepción de los efectos y las consecuencias del cambio climático es un factor relevante a tener en cuenta para la formulación de futuras estrategias de adaptación al cambio climático y medidas de gestión del espacio marino protegido.

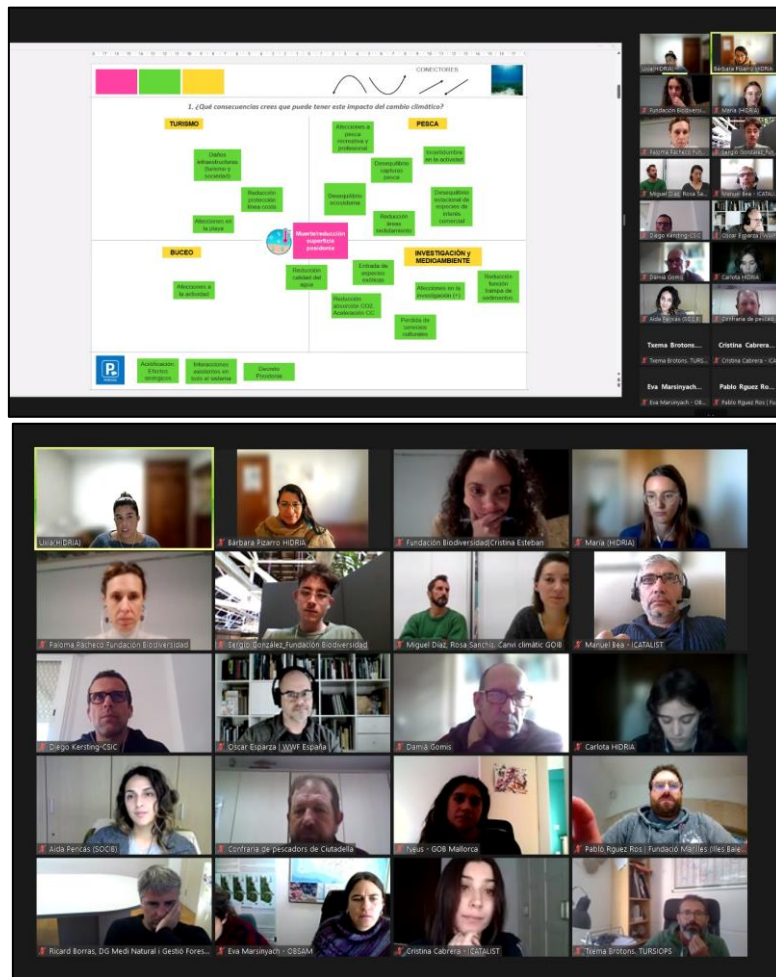


Figura 14. Capturas realizadas durante el taller participativo LIC Canal de Menorca.

### Principales consecuencias detectadas derivadas de la pérdida y reducción de praderas de posidonia por el efecto del cambio climático

Las praderas de posidonia cumplen un gran número de funciones de vital relevancia para el ecosistema marino del LIC, entre ellas destaca que actúan como **barreras naturales** que reducen la erosión de las playas y protegen la línea costera. La presencia de arribazones en primera línea de costa amortigua el impacto de las olas sobre la orilla, controlando la erosión y la pérdida de arena. Si la posidonia se reduce, **las playas podrían verse más afectadas por la erosión**, aumentando su vulnerabilidad, lo que puede afectar negativamente a estructuras costeras, playas y áreas urbanas cercanas debido a la reducción de la función de protección. Esto a su vez podría **afectar la atracción turística** de las zonas costeras.

Por otro lado, la presencia de posidonia contribuye a la **productividad pesquera** al servir como refugio y área de reproducción para varias especies. La reducción de la posidonia podría tener un impacto negativo en las poblaciones de peces, afectando así a la actividad pesquera (desequilibrio en las capturas de pesca). Reducción de las áreas de reclutamiento de las especies asociadas a la posidonia, por ejemplo, del salmonete y la sepia que son extraídas por los pescadores de la zona. No obstante, existe una cierta incertidumbre asociada a los impactos del cambio climático, en consideración de otras posibles perturbaciones como la contaminación por vertidos que pudiese afectar más a la pradera.

**La pérdida de posidonia y de sus servicios ecosistémicos puede tener consecuencias significativas para el espacio marino protegido.** La posidonia contribuye a la mejora de la calidad del agua al absorber nutrientes, ayudando a prevenir la proliferación de algas no deseadas. La falta de posidonia puede resultar en un aumento de la turbidez del agua y la eutrofización, afectando la calidad del agua y la salud de los ecosistemas marinos. La posidonia ayuda a mantener la claridad del agua al atrapar partículas en suspensión. Si la posidonia disminuye, la calidad del agua podría deteriorarse, afectando negativamente la experiencia del **buceo**. Además, la posidonia es eficiente en la captura de carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático. La reducción de la posidonia significa una menor capacidad para almacenar carbono, lo que puede aumentar la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera.

La elevación de la temperatura del agua en el Mediterráneo, como consecuencia del cambio climático, ha generado condiciones propicias para la introducción y propagación de especies invasoras, con impactos significativos en los ecosistemas marinos, en particular, en las praderas de posidonia. El aumento térmico amplía el rango de distribución de organismos no nativos, facilitando su establecimiento en hábitats costeros. Este fenómeno ha provocado una regresión de las praderas y cambios en la distribución de muchas especies con consecuencias negativas desestabilizando el ecosistema. La comprensión detallada de los procesos involucrados en la introducción de especies invasoras y su interacción con el cambio climático es crucial para diseñar estrategias de conservación efectivas destinadas a preservar la integridad de las praderas de posidonia y mitigar los efectos adversos en el Mediterráneo.

Por otra parte, la importancia ecológica de las praderas de posidonia es muy elevada. Los servicios ecosistémicos que prestan se relacionan con su relevante papel como elementos esenciales para la pesca, mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos globales, regulación del clima, o para la protección de la costa, al ser esenciales para aportar estabilidad a los sedimentos del litoral sobre los que se asientan, tanto por la existencia de la propia pradera como por los depósitos de restos de hojas, raíces y tallos que llegan hasta las orillas (arribazones), fundamentales para evitar la erosión costera y la alimentación de sedimentos biogénicos a las playas. **La pérdida de posidonia** también tiene implicaciones en **servicios culturales** que son valiosos para las comunidades locales y visitantes (pérdida de conexión cultural y vinculación con el territorio).

El creciente reconocimiento de la vulnerabilidad de las praderas de posidonia frente a los efectos del cambio climático ha impulsado significativamente la investigación en el Mediterráneo. La necesidad de comprender los impactos específicos de las variaciones climáticas, como el aumento

de la temperatura del agua sobre la ecología y la salud de las praderas de posidonia ha llevado a una intensificación de los estudios científicos en esta área. Los investigadores se centran en evaluar la respuesta fisiológica de la posidonia a las condiciones cambiantes, la dinámica de la biodiversidad asociada y los mecanismos de adaptación de estas praderas submarinas frente a las amenazas inducidas por el cambio climático. Este impulso en la investigación no solo busca entender los procesos subyacentes, sino también proporcionar información valiosa para el desarrollo de estrategias de conservación y gestión destinadas a preservar la resiliencia de las praderas de posidonia y, en última instancia, la salud general del ecosistema marino en el Mediterráneo.

### **Principales consecuencias detectadas derivadas de la pérdida y reducción de arrecifes por el efecto del cambio climático.**

Los arrecifes son hábitats únicos que sustentan una elevada diversidad de vida marina. Su degradación se manifiesta en gran medida como la pérdida de organismos clave que forman el hábitat, que pueden ser sustituidos por organismos más pequeños o menos complejos, lo que provoca una reducción de la heterogeneidad y la complejidad estructural del hábitat. La disminución de la complejidad del hábitat reduce el número y la diversidad de organismos que pueden coexistir, mientras que los cambios fundamentales en la estructura del hábitat suelen provocar extinciones localizadas de especies. Hay pruebas de que la pérdida sostenida de corales en muchas regiones geográficas está provocando la pérdida de biodiversidad y la erosión de importantes servicios ecosistémicos (Pratchett et al, 2014).

A medida que desaparecen los corales, también lo hacen los peces y muchas otras especies dependientes de arrecifes, lo que repercute directamente en industrias como el **turismo y la pesca**, así como en los medios de subsistencia de muchas poblaciones costeras, a menudo desfavorecidas (Hoegh-Guldberg et al., 2018). La mayoría de peces, independientemente de su tamaño, son menos abundantes en arrecifes degradados que en saludables (Pratchett et al, 2014).

Por otro lado, los arrecifes de coral son **destinos turísticos** populares debido a su belleza natural, biodiversidad marina y la posibilidad de realizar actividades como el buceo y el snorkel. La degradación de estos ecosistemas, por lo tanto, podrá repercutir de forma directa en empresas de buceo, y en última instancia en toda la industria turística de la zona. En nuestro caso de estudio, es cierto que el principal turismo que recibe la zona es de sol y playa, y no de buceo, que se considera un turismo secundario. Sin embargo, la pérdida de biodiversidad ocasionada por la degradación de arrecifes podría impactar en otros sectores turísticos.

La **pesca** también puede sufrir consecuencias, ya que estos ecosistemas son fundamentales para su salud y productividad, y su pérdida o degradación podría afectar a poblaciones diana de pesca de artes menores, como la langosta, el salmonete o el mero, entre otros. Por lo tanto, habría menos puntos de pesca y, por consiguiente, menor producto local. Por otro lado, la pesca comercial a menudo depende de la captura de especies que utilizan los arrecifes de coral como parte de su ciclo de vida. Hay estudios que han calculado las pérdidas económicas de comunidades pesqueras que viven en zonas de arrecifes (White et al, 2000). Aunque en la zona de estudio la población no

depende de la pesca arrecifal para subsistir, esto da una idea de la importancia de dichos ecosistemas en la industria pesquera.

No obstante, ningún sector se puede evaluar de forma aislada, ya que se producen efectos sinérgicos. Los cambios en la pesca, por ejemplo, repercutirán en turismo y buceo, y viceversa. Por ejemplo, la disminución de ciertas especies de interés pesquero, como la langosta, puede afectar al sector de la hostelería. Por otra parte, en el estudio antes mencionado (White et al, 2000), los autores descubrieron que la mayoría de los turistas que visitaban la zona coralina estaba dispuesta a contribuir económicamente para ayudar a la protección de los arrecifes. Además, los cambios en la abundancia y composición de las poblaciones de peces (debido a la degradación de los arrecifes) pueden tener consecuencias para el funcionamiento de los ecosistemas y la productividad pesquera (Pratchett et al, 2014).

Por otra parte, son importante los efectos que derivan de la pérdida de biodiversidad producida por el aumento de temperatura, como el aumento de enfermedades o las especies invasoras, los cuales pueden tener consecuencias tanto para los ecosistemas de arrecifes como para las actividades económicas que se desarrollan en el espacio. Al ser un ecosistema que alberga tanta biodiversidad, la pérdida o degradación de arrecifes afectará con efecto cascada a todo el ecosistema y alrededores. Cada vez serán necesarios más estudios para comprender los efectos del cambio climático sobre estos ecosistemas. Es necesario un mayor conocimiento de los efectos del cambio climático sobre arrecifes frente a factores estresantes como el aumento de la temperatura y la acidificación del océano.

### **Principales consecuencias detectadas derivadas de los cambios poblacionales (feminización de la especie) y patrones de nidificación de la tortuga común por el efecto del cambio climático**

En los últimos años se ha observado nuevas nidificaciones en el entorno del Canal de Menorca, contempladas aún de manera anecdótica, sin embargo, se ha insistido en la idea de contemplarlas en el presente análisis debido a la importancia de los eventos, ya que es probable que estas nuevas nidificaciones obedezcan a un cambio de nicho ecológico, que obedece a su vez a que los lugares históricamente reconocidos de anidación de esta especie estén poniendo en riesgo a la misma y desembocando en una feminización de la tortuga común.

Los posibles cambios en la distribución de la tortuga *Caretta caretta*, aunque como se mencionó, se reconocen como eventos anecdóticos, se asocian a una posible migración del nicho ecológico para asegurar la continuidad de la especie si se mantuviese dicho comportamiento en el tiempo.

Por otra parte, se ha reconocido como una posible consecuencia derivada de estos cambios poblacionales que las tortugas marinas, especialmente las hembras que regresan a las playas para anidar puedan quedar atrapadas accidentalmente en las redes de pesca. Un aumento en la población de tortugas en el LIC podría aumentar el riesgo de interacciones negativas entre las tortugas y las actividades de pesca. Los cambios poblacionales en las tortugas en el Mediterráneo podrían influir, además, en la observación submarina, al modificar las dinámicas sociales y su comportamiento. Esto podría tener un impacto positivo en el turismo y buceo dado el incremento de interacciones entre tortugas y buceadores. Sin embargo, se reconoce también un aumento de

la vulnerabilidad a la intrusión humana si los nuevos sitios se encuentran en zonas más accesibles y/o desarrolladas (mayor interacción turistas y nidos).

Los cambios poblacionales en las tortugas marinas tienen repercusiones significativas en cascada en diversos niveles de la cadena alimentaria y en otras especies dentro de los ecosistemas marinos. Las poblaciones de tortugas marinas ejercen un papel crucial en la regulación de las poblaciones de presas y en la estructura de las comunidades marinas. Alteraciones en las tasas de anidación y éxito reproductivo de las tortugas pueden desencadenar cambios en la abundancia de sus presas, afectando así a los depredadores que dependen de ellas. Estas interacciones complejas resaltan la importancia de comprender los cambios poblacionales de especies como indicadores precursores de alteraciones en la estructura y función de los ecosistemas marinos, subrayando la necesidad de enfoques de conservación integrales para salvaguardar la biodiversidad marina y la resiliencia de los ecosistemas costeros.

### **Principales consecuencias detectadas derivadas de los cambios poblacionales (redistribución de la especie) del delfín mular y la pardela balear por el efecto del cambio climático.**

Como se ha mencionado anteriormente, el cambio climático incide de forma indirecta sobre estas dos unidades ambientales. En ambas, el impacto es similar, ya que el aumento de la temperatura puede provocar cambios en la cadena alimenticia y en los patrones de distribución de la especie. Es por ello por lo que las consecuencias fueron tratadas de manera conjunta en el taller participativo realizado en el mes de noviembre del 2023, y que se presentan de la misma forma en el presente informe.

Una de las principales consecuencias socioeconómicas que el desplazamiento o la disminución de esta especie puede ocasionar es sobre el **turismo**, especialmente en áreas donde estas especies son una atracción. Por ejemplo, empresas dedicadas al avistamiento de cetáceos podrían verse afectadas por el cambio en la distribución o el tamaño poblacional de delfín mular. Hay otros sectores que podrían verse afectados, en un futuro hipotético, si aumentara la categoría de protección de estas especies, por ejemplo, el pesquero, que podría ver más restringida su actividad si la protección de la pardela balear aumenta, o tener una mayor/menor competencia por los recursos si aumenta/disminuye la población de delfín mular. Otro sector que podría verse afectado es el transporte, en el caso de que se limite el desplazamiento de barcos en el canal a causa de los cetáceos.

Por último, una consecuencia nombrada en el taller es la “pérdida emocional” que supondría la desaparición de alguna de estas dos especies en el LIC, ya que son especies emblemáticas, especialmente la pardela balear (que además está gravemente amenazada), que proporcionan una identidad cultural isleña.

### 3.6.EVALUACIÓN DEL RIESGO

El objetivo final del presente documento es la determinación del riesgo que cada una de las unidades ambientales tiene frente al cambio climático. La evaluación del riesgo se basa en la integración de los hallazgos clave de las secciones anteriores. Para hacerlo, ha sido definido como el producto de las consecuencias por la probabilidad de ocurrencia de la amenaza, tal y como muestra la Tabla 10.

Tabla 10. Valoración cualitativa del riesgo.

PORBABILIDAD AMENAZA	CONSECUENCIAS				
	Insignificantes	Menores	Moderadas	Graves	Muy graves
Rara	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Improbable	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Posible	Bajo	Moderado	Moderado	Alto	Alto
Probable	Bajo	Moderado	Alto	Alto	Extremo
Muy probable	Bajo	Moderado	Alto	Extremo	Extremo

Tomando en cuenta el **principio de precaución** nos hemos centrado para la evaluación final en el escenario RCP8.5 considerado como de altas tasas de emisiones de GEI. Los resultados derivados del análisis del riesgo para cada unidad ambiental objeto de estudio en el LIC Canal de Menorca, aparecen en la Tabla 11. Como se puede observar, se establece un nivel de **riesgo extremo** para las praderas de posidonia y arrecifes frente al aumento de la temperatura del agua, y para la tortuga común ante un aumento de la temperatura del aire. Se establece nivel de **riesgo alto** para los arrecifes frente una acidificación del océano, mientras que se define **riesgo moderado** para el delfín mular y pardela balear frente al aumento de temperatura del agua. Con estos datos, se pone de manifiesto que aquellas unidades ambientales que se encuentran en una situación más crítica son las praderas de posidonia y los arrecifes, además de la especie *Caretta caretta*. Será sobre estas unidades, por lo tanto, sobre las que se deberían centrar las medidas de adaptación diseñadas.

Tabla 11. Vulnerabilidad, consecuencias y nivel de riesgo de las principales unidades ambientales de interés analizadas en este trabajo.

Unidades Ambientales de Interés	Amenaza	Vulnerabilidad	Consecuencias	Nivel de riesgo
Praderas de posidonia (HIC 1120*)	Aumento temperatura del mar	Muy alta	Muy graves	Extremo
Arrecifes (HIC 1170)	Aumento temperatura del mar	Muy alta	Muy graves	Extremo
	Acidificación por emisiones CO2	Alta	Moderadas	Alto
Tortuga común ( <i>Caretta caretta</i> )	Aumento temperatura del aire	Muy alta	Muy graves	Extremo
Delfin mular ( <i>Tursiops truncatus</i> )	Aumento temperatura del mar	Baja	Menores	Moderado
Pardela balear ( <i>Puffinus mauretanicus</i> )	Aumento temperatura del mar	Baja	Menores	Moderado



## 4. CONCLUSIONES

Los resultados de este análisis están basados en la integración de los resultados obtenidos en el proceso participativo llevado a cabo con los actores y sectores clave en el LIC Canal de Menorca, en las publicaciones científico-técnicas más recientes y en el criterio de experto del equipo consultor. Sin embargo, es necesario destacar que faltan estudios que examinen los impactos del cambio climático sobre las unidades ambientales seleccionadas a escala local/regional y, por tanto, estos resultados deben ser acogidos con cierto grado de incertidumbre. En cualquier caso, se ha intentado aplicar el principio de precaución, adoptando siempre la proyección más desfavorable, ya que esto nos preparará mejor en el caso de que se cumplan las predicciones más pesimistas, ayudando a elaborar una estrategia de adaptación al cambio climático adaptada al futuro.

A continuación, se exponen algunas **conclusiones** extraídas del análisis realizado:

- En el presente trabajo se evalúa el riesgo de diferentes unidades ambientales frente a las amenazas climáticas seleccionadas. No obstante, **los impactos del cambio climático pueden interactuar entre sí o con otros impactos provocando respuestas amplificadas**. Estas interacciones complejas pueden generar efectos sinérgicos o cascadas de impactos, intensificando la vulnerabilidad de las unidades ambientales evaluadas.
- Entre las **amenazas climáticas** más probables e intensas en el LIC Canal de Menorca se encuentran el **aumento de la temperatura del agua**, el **aumento de la temperatura del aire**, y la **acidificación oceánica**. Es importante resaltar las sinergias entre amenazas asociadas al cambio climático como por ejemplo la acidificación y la temperatura, variables que muestran una evolución paralela en el contexto del cambio climático, o el calentamiento del agua y la presencia de especies invasoras.
- Durante este trabajo de análisis de riesgos frente al cambio climático se ha contado con la **participación de diversos actores y expertos clave**. Al inicio del proyecto se ha realizado una **consulta inicial mediante un cuestionario online** con el objetivo de determinar las unidades ambientales y amenazas climáticas de interés en el espacio protegido. Además, se han realizado una serie de **entrevistas** con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales de interés. No obstante, a pesar de los esfuerzos desplegados para involucrar a diversas partes interesadas, se observó una participación limitada en este aspecto. Ante este desafío, el equipo técnico recurrió a su criterio de experto respaldado por un análisis exhaustivo de la bibliografía disponible. La combinación de la información recopilada a través de entrevistas y la revisión detallada de publicaciones existentes permitió una evaluación integral de la vulnerabilidad, brindando una base sólida para comprender y abordar los posibles impactos del cambio climático. Finalmente, se ha realizado un **taller participativo** para la determinación de manera consensuada con los agentes clave en el LIC Canal de Menorca las principales consecuencias que derivan de las principales amenazas analizadas. Esta acción tuvo una acogida mayor de participación cuyos resultados y valoración se presentan en el informe divulgativo de dicha acción.
- De acuerdo con las entrevistas y el taller participativo realizado, hay otros impactos derivados del cambio climático que, si bien no han sido objeto de estudio, podrían afectar al LIC Canal de

Menorca en un futuro a medio-largo plazo, como, por ejemplo, la **subida del nivel del mar** con implicaciones significativas para los ecosistemas y poblaciones costeras y desafíos significativos para las infraestructuras costeras y planificación urbana. Se anticipa un **aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos**, como inundaciones costeras y tormentas, lo que podría ocasionar la pérdida de tierras bajas y la intrusión salina en acuíferos costeros.

- Los **impactos antrópicos** aumentan la vulnerabilidad de las unidades ambientales consideradas creando condiciones que favorecen la inestabilidad frente al cambio climático. En este sentido, la contaminación por emisarios marinos es un factor clave en el espacio LIC Canal de Menorca. El fondeo de embarcaciones y el pisoteo ocasionado por las actividades de buceo son de las actividades con mayor repercusión sobre los hábitats estudiados. Para las especies de fauna local, las actividades de pesca y de navegación afectan de manera considerable a su vulnerabilidad. **La combinación de presiones antropogénicas con los efectos del cambio climático intensifica la vulnerabilidad de las unidades ambientales** debilitando su capacidad para hacer frente a los cambios proyectados. De hecho, las actividades humanas son precisamente sobre las que más se puede incidir a la hora de intentar mitigar los efectos del cambio climático o adaptarnos a ellos, de forma que se eliminen o minimicen todas aquellas amenazas que hacen a las unidades ambientales más vulnerables al cambio climático.
- Tras el análisis exhaustivo del riesgo de las diferentes unidades ambientales frente al cambio climático, se concluye un nivel de **riesgo extremo** para las praderas de posidonia y arrecifes frente al aumento de la temperatura del agua, y para la tortuga común ante un aumento de la temperatura del aire. Por otra parte, se establece nivel de **riesgo alto** para los arrecifes frente a una acidificación del océano, mientras que se define **riesgo moderado** para el delfín mular y pardela balear frente al aumento de temperatura del agua, cuyo impacto del cambio climático es indirecto afectando a la cadena alimenticia de estas especies. Por tanto, las unidades ambientales en situación más crítica son las praderas de posidonia, los arrecifes y la tortuga común *Caretta caretta* y las medidas de adaptación propuestas deberán actuar sobre las amenazas, la exposición y su vulnerabilidad.
- Los efectos del cambio climático ejercen **presiones significativas sobre el sistema socioeconómico en la región mediterránea**, anticipando consecuencias particularmente adversas para la **industria pesquera y el turismo costero**. Estas consecuencias podrían desencadenar desafíos económicos, sociales y culturales destacando la necesidad de estrategias de adaptación para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estas importantes actividades económicas en la región.

## 5. VALORACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGOS

La metodología empleada en este trabajo se basa en la desarrollada por la Fundación Biodiversidad para el análisis del riesgo de los espacios marinos de la Red Natura 2000 frente al cambio climático. Este enfoque proporciona un marco estructurado para evaluar los riesgos del cambio climático sobre los espacios marinos, facilitando la identificación de los hábitats y especies más vulnerables. La metodología ha sido adaptada y aplicada utilizando un **enfoque cualitativo y participativo**. Los resultados obtenidos permitirán diseñar medidas de adaptación efectivas para mitigar los riesgos identificados en las unidades ambientales más amenazadas.

Como **puntos fuertes de la metodología**, se considera que es fácil de usar y replicar ya que sigue pasos claros y estandarizados, lo que facilita su implementación y comprensión por parte de los distintos actores involucrados. Por otro lado, como **puntos débiles de la metodología aplicada**, cabe mencionar la falta de información disponible de partida y posibles contradicciones entre los datos y los estudios existentes, que puede limitar la efectividad del análisis y llevar a conclusiones menos precisas o incompletas. Asimismo, es importante considerar las incertidumbres a nivel local. Aunque la mayoría de los datos sobre cambio climático utilizados son a escala local/regional, algunos no son lo suficientemente específicos, lo que introduce un grado adicional de incertidumbre en el análisis.

Para **abordar las limitaciones identificadas en la metodología aplicada**, es esencial implementar una serie de mejoras que fortalezcan la precisión y efectividad del análisis de riesgos, como por ejemplo (i) incrementar la recolección de datos locales para reducir las incertidumbres y mejorar la precisión del análisis; (ii) fomentar la colaboración entre las entidades locales para compartir información y recursos, lo que podría mitigar la falta de datos; y (iii) establecer mecanismos de actualización continua de datos para mantener la relevancia y precisión de la información utilizada en el análisis de riesgos. Estas medidas contribuirán a reducir las incertidumbres y a mejorar la capacidad de respuesta frente a los riesgos climáticos en los espacios marinos de la Red Natura 2000.

## 6. TRANSFERIBILIDAD DE LOS RESULTADOS A OTRAS AREAS

La **transferibilidad de los resultados** se refiere a la posibilidad de aplicar los hallazgos obtenidos en este estudio a otros contextos, situaciones o áreas diferentes a las específicamente investigadas. Esto permite evaluar la relevancia y utilidad de los resultados más allá del ámbito específico de esta investigación.

Los principales resultados de este estudio se basan en publicaciones científico-técnicas recientes, consultas a expertos en hábitats y especies, así como en los resultados del taller participativo celebrado con actores y sectores clave del del espacio marino protegido. A pesar de la falta de estudios sobre los impactos del cambio climático a nivel local/regional, se ha aplicado el principio de precaución, adoptando la proyección más desfavorable en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero para prepararse mejor ante predicciones pesimistas y para elaborar estrategias de adaptación al cambio climático.

En el LIC Canal de Menorca, las **amenazas más probables** son el **aumento de la temperatura del agua y del aire**, y la **acidificación oceánica**, con importantes sinergias entre ellas. A partir de las entrevistas realizadas surgen otros impactos futuros, como la subida del nivel del mar y la frecuencia de eventos extremos, que podrían afectar significativamente a los ecosistemas y poblaciones costeras. Las **unidades ambientales de mayor riesgo** son las **praderas de posidonia** (HIC 1120\*), los **arrecifes** (HIC 1170) y la **tortuga común** (*Caretta caretta*), mientras que el impacto sobre el **delfín mular** (*Tursiops truncatus*) y la pardela balear (***Puffinus mauretanicus***) es moderado cuyo impacto del cambio climático es indirecto afectando a la cadena alimenticia de estas especies.

El cambio climático afecta significativamente al **sistema socioeconómico del Mediterráneo**, anticipando consecuencias adversas para la **pesca y el turismo**, lo que subraya la necesidad de tener estrategias de adaptación para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de estas actividades económicas. Los hallazgos de este estudio podrían ser transferidos y aplicados a diversas áreas, tales como otras zonas del Mediterráneo que tengan hábitats de interés comunitario y amenazas similares, proporcionando una base sólida para la planificación y ejecución de medidas de conservación y adaptación al cambio climático en diversas regiones costeras. Por ejemplo, áreas como la **Costa Brava en España, la Riviera Francesa y la región de Liguria en Italia**, que comparten características ecológicas y enfrentan amenazas comparables, podrían beneficiarse de la implementación de estrategias de adaptación y mitigación desarrolladas en este estudio. En la región de la Costa Brava, se podrían utilizar los hallazgos para mejorar la gestión de sus praderas de posidonia y arrecifes. La adopción de medidas de precaución y la identificación de sinergias entre amenazas, como el aumento de la temperatura del agua y la acidificación, permitirían una respuesta más robusta y coordinada frente al cambio climático. Con una costa que enfrenta riesgos similares, la Riviera Francesa podría beneficiarse de este estudio para el desarrollo de infraestructuras costeras más resilientes y una planificación urbana adaptativa. Finalmente, la región de Liguria (Italia), podría aplicar las estrategias de adaptación diseñadas para el LIC Canal de Menorca para proteger especies vulnerables como la tortuga común. La implementación de regulaciones más estrictas sobre actividades de pesca y navegación, basadas en los resultados del

estudio, ayudaría a reducir la vulnerabilidad de sus unidades ambientales y promover la sostenibilidad a largo plazo de sus recursos marinos.

No obstante, es importante considerar ciertas **limitaciones en la transferibilidad de estos resultados**. Factores como la falta de datos locales y las diferencias en las condiciones ambientales y socioeconómicas pueden influir en la aplicabilidad de los hallazgos a otros contextos. Por lo tanto, se recomienda una adaptación cuidadosa y un análisis adicional antes de su implementación en nuevas áreas. Estas limitaciones subrayan la necesidad de recopilar datos específicos de cada región y realizar estudios complementarios que consideren las particularidades locales. Además, es crucial involucrar a expertos y comunidades locales en el proceso de adaptación para asegurar que las estrategias desarrolladas sean efectivas y sostenibles en el contexto específico. La transferencia de estos resultados debe ser vista como una guía inicial que necesita ser ajustada y validada según las condiciones y necesidades particulares de cada área.

En conclusión, **la transferibilidad de los resultados de este estudio puede contribuir significativamente a la conservación y gestión sostenible de hábitats marinos en diversas regiones del Mediterráneo**. La aplicación de estos hallazgos en diferentes contextos no solo amplía su impacto, sino que también abre nuevas oportunidades para futuras investigaciones y mejores prácticas en diversos campos. La adaptación de las estrategias desarrolladas en este estudio a nuevas áreas puede ayudar a mitigar los efectos del cambio climático y proteger la biodiversidad marina, proporcionando una base sólida para la conservación a largo plazo y la sostenibilidad de los ecosistemas marinos.

## REFERENCIAS

Arcangeli, A., Marini, L., & Crosti, R. (2013). Changes in cetacean presence, relative abundance and distribution over 20 years along a trans-regional fixed line transect in the Central Tyrrhenian Sea. *Marine Ecology*, 34(1), 112-121.

Arcos, J.M., López, I., Alonso, J. y Mayol, J. (2017). 4th Meeting of the population and conservation status working group. Nueva Zelanda, 7-8 de septiembre de 2017. Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels.

Barbier, E. B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology*, 27(11), R507-R510.

Bindoff, N.L., W.W.L. Cheung, J.G. Kairo, J. Arístegui, V.A. Gunder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M.S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S.R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson, 2019: Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 447–587. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.007>.

Cigliano, M., Gambi, M. C., Rodolfo-Metalpa, R., Patti, F. P., & Hall-Spencer, J. M. (2010). Effects of ocean acidification on invertebrate settlement at volcanic CO<sub>2</sub> vents. *Marine Biology*, 157, 2489-2502.

Díaz-Almela, E., Marbà, N., Duarte, C. (2007). Consequences of Mediterranean warming events in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering records. *Global Change Biology*. Vol 13 Issue 1. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01260.x>

Europa press Sociedad. (Julio 2023). Récord de nidificación de tortuga boba en el Mediterráneo Occidental con 15 nidos en España y 100 en Italia este 2023. <https://www.europapress.es/sociedad/medio-ambiente-00647/noticia-record-nidificacion-tortuga-boba-mediterraneo-occidental-15-nidos-espana-100-italia-2023-20230711141053.html>

Flecha, S., Pérez, F. F., García-Lafuente, J., Sammartino, S., Ríos, A. F., & Huertas, I. E. (2015). Trends of pH decrease in the Mediterranean Sea through high frequency observational data: indication of ocean acidification in the basin. *Scientific reports*, 5(1), 16770.

Fundación Biodiversidad (2021). Metodología de análisis del riesgo de los espacios marinos protegidos de la Red Natura 2000 frente al cambio climático. LIFE IP INTEMARES. Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura en el medio marino español.

Gambaiani, D. D., Mayol, P., Isaac, S. J., & Simmonds, M. P. (2009). Potential impacts of climate change and greenhouse gas emissions on Mediterranean marine ecosystems and cetaceans. *Journal of the Marine biological Association of the United Kingdom*, 89(1), 179-201.

Genovart, M. et al. (2016) Demography of the critically endangered Balearic shearwater: the Impact of fisheries and time to extinction. *Journal of Applied Ecology*, 53: 1158-1168.

Geri, P., El Yacoubi, S., Goyet, C. (2014). Forecast of sea surface acidification in the Northwestern Mediterranean Sea. *J. Comput. Environ. Sci.* 7. Article ID 201819.

Hall-Spencer, J. M., Rodolfo-Metalpa, R., Martin, S., Ransome, E., Fine, M., Turner, S. M., ... & Buia, M. C. (2008). Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, 454(7200), 96-99.

Hassoun, E.R., Bantelman, A., Canu, D., Corneau, S., Galdies, C., Gattuso, J. P., ... & Ziveri, P. (2022). Ocean acidification research in the Mediterranean Sea: Status, trends and next steps.

Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J.Guiot, Y. Hijoka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou (2018). Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I.Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Howes, E.L., Stemmann, L., Assailly, C., Irsson, J.-O., Dima, M., Bijma, J., Gattuso, J.-P. (2015). Pteropod time series from the North Western Mediterranean (1967–2003): impacts of pH and climate variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 531, 193–206.

Hulin V, Delmas V, Girondot M, Godfrey MH y Guillon JM, 2009. Temperature-dependent sex determination and global change: Are some species at greater risk? *Oecologia*, 160(3), 493–506.

Invers, O., Romero, J., Pérez, M. (1997). Effects of pH on seagrass photosynthesis: a laboratory and field assessment. *Aquat. Bot.* 59, 185–194.

IPCC (2014). AR5 WGII Annex II. Glossary, in: *Climate Change 2014: Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 20.

IPCC (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Eds. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B.Zhou (Cambridge University Press).

IPCC (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

Israel, A., Hophy, M. (2002). Growth, photosynthetic properties and Rubisco activities and amounts of marine macroalgae grown under current and elevated seawater CO<sub>2</sub> concentrations. *Global Change Biol.* 8, 831–840.

Jordà, G., Marbà, N., & Duarte, C. M. (2012). Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming. *Nature climate change*, 2(11), 821-824.

Kersting, D. K. (2016). Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 166.

Kersting, D. K., & Linares, C. (2019). Living evidence of a fossil survival strategy raises hope for warming-affected corals. *Science Advances*, 5(10), eaax2950.

Kroeker, K.J., Micheli, F., Gambi, M.C. (2013). Ocean acidification causes ecosystem shifts via altered competitive interactions. *Nature Clim. Change* 3, 156–159.

La Manna, G., Ronchetti, F., Perretti, F., & Ceccherelli, G. (2023). Not only wide range shifts: Marine warming and heat waves influence spatial traits of a mediterranean common bottlenose dolphin population. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 285, 108320.

Lacoue-Labarthe, T., Nunes, P. A., Ziveri, P., Cinar, M., Gazeau, F., Hall-Spencer, J. M., ... & Turley, C. (2016). Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: An overview. *Regional Studies in Marine Science*, 5, 1-11.

Lewin, P., Wynn, J., Arcos, J.M., Padget, O., et al (2024) Climate change drives migratory range shift via individual plasticity in shearwaters. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences* Vol. 121 | No. 6. <https://doi.org/10.1073/pnas.2312438121>

MacLeod, C. D. (2009). Global climate change, range changes and potential implications for the conservation of marine cetaceans: a review and synthesis. *Endangered Species Research*, 7(2), 125-136.

Marbà, N., Duarte, C. (2010). Mediterranean warming triggers seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot mortality. *Global Change Biolgy*. Vol 16 Issue 8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02130.x>

Martí Ezpeleta, A., Lorenzo González, N., Royé, D., y Díaz Poso, A. (Eds.) (2022). Retos del cambio climático: impactos, mitigación y adaptación. [Madrid]: Asociación Española de Climatología; Agencia Estatal de Meteorología, pp. 477-486

Martins, M. S., Álvarez, I., & Marco, A. (2012). Impacto del Cambio Climático en la Incubación de *Caretta caretta* en Cabo Verde: estimaciones actuales y proyecciones futuras. *ACT*, 3, 75-94.

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. 1120 *Posidonia oceanica*. Praderas de *Posidonia oceanica* (\*) 1120.pdf (jolube.es)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Lugar de interés Comunitario Menorca. LIC ESZZ16002-Canal de Global Change Biology Menorca (miteco.gob.es)



Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Inventario Español de Hábitats Marinos. Inventario Español de Hábitats Marinos ([miteco.gob.es](http://miteco.gob.es))

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Tipos de hábitat de interés comunitario de España. Tipos de hábitat de interés comunitario de España ([miteco.gob.es](http://miteco.gob.es))

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. El proyecto Life+ Indemares para la Red Natura 2000 en el área marina del Canal de Menorca.

Mrosovsky, N., Kamel, S. J., Diez, C. E., Van Dam, R. P. (2009). Methods of estimating natural sex ratios of sea turtles from incubation temperatures and laboratory data. *Endangered Species Research*, 8(3), 147-155. doi: 10.3354/esr00200

Oro, Aguilar J.S., Igual J.M. y Louazo M. (2004). Modelling demography and extinction risk in the endangered Balearic shearwater. *Biol. Conserv.* 116:93–102. doi:10.1016/S0006-3207(03)00180-0

Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., et al. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437 (7059), 681–686. doi: 10.1038/nature04095

Pastor, F., Valiente, J., Khodayar, S. (2022) Temperatura del mar mediterráneo: hacia 40 años de calentamiento. XII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología (AEC): Retos del Cambio Climático: impactos, mitigación y adaptación.

Pina Cubells, C. (2022). Cambios estacionales en la distribución del uso del hábitat en juveniles de un año de tortuga boba (*Caretta caretta*) nacidas en playas del Mediterráneo occidental. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/188981>

Pratchett, M. S., Hoey, A. S., & Wilson, S. K. (2014). Reef degradation and the loss of critical ecosystem goods and services provided by coral reef fishes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 37-43.

Rodolfo-Metalpa, R., Martin, S., Ferrier-Pagès, C., & Gattuso, J. P. (2010). Response of the temperate coral *Cladocora caespitosa* to mid-and long-term exposure to pCO<sub>2</sub> and temperature levels projected for the year 2100 AD. *Biogeosciences*, 7(1), 289-300.

Rodríguez-Perea, a., Servera, J y Martín J. A. (2000): “Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial: Informe Metadona”. Universitat de les Illes Balears, Col·lecció Pedagogia Ambiental nº 10.

Roig I Munar, F. X. (2014). Análisis de frecuentación del turismo náutico-recreativo del medio marino de la isla de Menorca. Consecuencias ambientales de su falta de regulación. *Cuadernos Geográficos*, 33, 61–73. Recuperado a partir de <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/1911>

Savva, I., Bennett, S., Roca, G., Jordà, G., Marbà, N. (2018). Thermal tolerance of Mediterranean marine macrophytes: Vulnerability to global warming. *Ecology and Evolution*. Vol 8, Issue 23. <https://doi.org/10.1002/ece3.4663>

Samperio-Ramos, G., Olsen, Y. S., Tomas, F., & Marbà, N. (2015). Ecophysiological responses of three Mediterranean invasive seaweeds (*Acrothamnion preissii*, *Lophocladia lallemandii* and *Caulerpa cylindracea*) to experimental warming. *Marine Pollution Bulletin*, 96, 418–423. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.024>

Servei de Recursos Marins, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Direcció General de Pesca i Medi Marí del Govern de les Illes Balears. Xarxa de monitoratge de la posidònia de les illes balears. Informe final del període 2017- 2019

Vaquer-Sunyer, R. & N. Barrientos (Ed.). (2020). Informe Mar Balear. Illes Balears, Espanya. ISBN: 978-84-09-18951-9

Verdura, J., Linares, C., Ballesteros, E., Coma, R., Uriz, M. J., Bensoussan, N., & Cebrian, E. (2019). Biodiversity loss in a Mediterranean ecosystem due to an extreme warming event unveils the role of an engineering gorgonian species. *Scientific reports*, 9(1), 5911.

White, A. T., Vogt, H. P., & Arin, T. (2000). Philippine coral reefs under threat: the economic losses caused by reef destruction. *Marine Pollution Bulletin*, 40(7), 598-605.

Wibbels T. (2003). Critical approaches to sex determination in sea turtles, in: *The Biology of Sea Turtles* (eds Lutz PL, Musick JA y Wyneken J), CRC Press, Boca Raton, Florida (EEUU), 103–134

Wynn, R.B., Josey, S.A., Martin, A.P., Johns, D.G., Yésou, P., 2007. Climate-driven range expansion of a critically endangered top predator in northeast Atlantic waters. *Biol. Lett.* 3, 529–532. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0162>

Yntema CL y Mrosovsky N. (1982). Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. *Canadian Journal of Zoology*, 60, 1012–1016.

Yésou, P. (2003). Recent changes in the summer distribution of the Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus* off western France. *Sci. Mar.* 67, 143–148. <https://doi.org/10.3989/scimar.2003.67s2143>

Zunino, S., Canu, D. M., Zupo, V., & Solidoro, C. (2019). Direct and indirect impacts of marine acidification on the ecosystem services provided by coralligenous reefs and seagrass systems. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00625.

## ANEXO I. Modelo de entrevista semiestructurada

En el cuestionario que se presenta a continuación, se ha utilizado de forma genérica “Amenaza XX” y “Unidad ambiental YY”, ya que cada cuestionario será adaptado a cada entrevistado según su área de conocimiento y las temáticas de las entrevistas. Por tanto, las amenazas y unidades ambientales serán distintas en cada entrevista.

El equipo consultor se asegurará de que todas las amenazas y unidades ambientales queden cubiertas en el proceso participativo, de forma que se recopile toda la información necesaria para el análisis de riesgos climáticos y la posterior elaboración de medidas de adaptación.

### BLOQUE 0: DATOS BÁSICOS DEL ENTREVISTADO

<b>Nombre y cargo del entrevistado</b>	
<b>Entidad a la que representa</b>	
<b>Tipo de entidad (pública, privada, otros)</b>	
<b>Datos de contacto (teléfono / mail)</b>	
<b>Fecha de la entrevista y formato</b>	

### BLOQUE 1. AMENAZAS

- 1. En base a la consulta inicial y las publicaciones científico-técnicas disponibles, se han identificado XX como las amenazas climáticas principales que podrían afectar a la unidad ambiental YY. ¿Le parece correcta esta afirmación? Justifique su respuesta.**

Por ejemplo: Se ha identificado que el incremento de la temperatura de agua y la disminución del pH son las amenazas climáticas principales que podrían afectar a posidonia oceánica en el LIC Canal de Menorca, ¿le parece correcta esta afirmación?

- 2. ¿Considera que hay otras amenazas climáticas que afectan a la unidad ambiental YY y que no han sido consideradas en la pregunta anterior?**

Por ejemplo: ¿Considera que hay otras amenazas climáticas que afectan a la posidonia oceánica y que no han sido consideradas?

- 3. Respecto a amenazas antrópicas ¿qué presiones y amenazas existentes en la zona de estudio pueden afectar y modificar la vulnerabilidad de la unidad ambiental YY? (Por ejemplo, especies invasoras, turismo, transporte marítimo, pesca, etc.). Justifique su respuesta**

Por ejemplo: Respecto a amenazas de tipo antrópico, ¿qué otras presiones y amenazas existentes en la zona de estudio pueden afectar a la vulnerabilidad de la posidonia oceánica?

### BLOQUE 2. VULNERABILIDAD

4. En base a la siguiente escala, ¿cómo de sensible considera que es la unidad ambiental YY a los cambios de la amenaza XX? (Entendiendo sensibilidad como el grado en el que la unidad ambiental puede verse afectada, positiva o negativamente, por el cambio en la amenaza). Justifique su respuesta.

Por ejemplo: En base a la siguiente escala, ¿cómo de sensible considera que es la posidonia oceánica del LIC Canal de Menorca ante el aumento de la temperatura del mar?

- Nada sensible:** La propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios en la amenaza es muy baja.
- Poco sensible:** La propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios es baja.
- Moderadamente sensible:** propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios es media.
- Sensible:** La propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios es alta.
- Muy sensible:** La propensión de la unidad ambiental a verse afectada por los cambios es muy alta.

5. En base a la siguiente escala, ¿cómo de resiliente considera que es la unidad ambiental YY ante la amenaza XX? (Entendiendo la resiliencia como la capacidad del sistema natural de absorber las perturbaciones sin alterar de manera significativa sus características estructurares y funcionales). Justifique su respuesta.

Por ejemplo: En base a la siguiente escala, ¿cómo de resiliente considera que es la posidonia oceánica del LIC Canal de Menorca ante el aumento de la temperatura del mar?

- Nada resiliente:** incapacidad total de la unidad funcional de recuperarse
- Poco resiliente:** el sistema conserva algunas de sus funciones, pero no es capaz de recuperar la mayoría de ellas tras la perturbación
- Moderadamente resiliente:** el sistema se recupera parcialmente
- Resiliente:** la mayor parte de las funciones son capaces de recuperarse tras la perturbación
- Muy resiliente:** condición ideal (el sistema puede volver completamente al estado previo)

### BLOQUE 3. CONSECUENCIAS Y POSIBLES MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

6. Finalmente, ¿podría decirme qué consecuencias tendría la amenaza XX sobre la unidad ambiental YY? (Consecuencias ambientales, socioeconómicas, o de otro tipo)

Por ejemplo: ¿Podría decirme qué consecuencias tendría la subida de la temperatura del agua sobre la posidonia?

7. ¿Qué medidas de adaptación propondrías en el espacio para reducir los efectos del cambio climático?

8. ¿Desea añadir algún comentario?