

Análisis de riesgos frente al cambio climático en la ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán y el LIC Espacio Marino de Alborán

Diciembre 2023

LIFE IP INTEMARES

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



Autoría:

- ICATALIST S.L.
- Cristina Cabrera Arjona y Manuel Bea Martínez



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

19/06/2024

LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

C.1.6 Proyectos demostrativos para la adaptación al cambio climático

ÍNDICE

1.	RESUMEN EJECUTIVO.....	4
2.	ANTECEDENTES.....	6
3.	OBJETIVOS.....	7
4.	METODOLOGÍA.....	8
4.1.	PROCESO PARTICIPATIVO.....	8
4.2.	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	10
4.2.1.	FASES Y TIPO DE METODOLOGÍA.....	10
4.2.2.	ELEMENTOS DE ANÁLISIS.....	13
5.	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	16
5.1.	OBJETIVOS Y ALCANCE.....	16
5.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN.....	16
5.2.1.	HÁBITATS OBJETO DE ESTUDIO.....	16
5.2.2.	ESPECIES OBJETO DE ESTUDIO.....	19
5.3.	ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS.....	23
5.4.	EVALUACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD, CONSECUENCIAS Y RIESGO.....	32
5.4.1.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL HÁBITAT 1170 ARRECIFES.....	35
5.4.2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL HÁBITAT BANCOS DE ARENA CUBIERTOS PERMANENTEMENTE POR AGUA MARINA POCO PROFUNDA (1110).....	52
5.4.3.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL DELFÍN MULAR (<i>TURSIOPS TRUNCATUS</i>).....	59
5.4.4.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA TORTUGA COMÚN (<i>CARETTA CARETTA</i>).....	62
5.4.5.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA GAVIOTA DE AUDOUIN (<i>ICHTHYAETUS AUDOUINI</i>).....	66
6.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	70
7.	VALORACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	75
7.1.	METODOLOGÍA DE PARTIDA.....	75
7.2.	PRINCIPALES BARRERAS DE APLICACIÓN.....	76
7.3.	EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS: ESCALAS Y ELEMENTOS DE ANÁLISIS.....	77
7.4.	PUNTOS DE MEJORA.....	78
8.	PROPUESTA DE APLICACIÓN Y TRANSFERIBILIDAD DE LOS RESULTADOS A OTRAS ÁREAS.....	79
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
10.	ANEXOS.....	86
	ANEXO I. MATRIZ DE VULNERABILIDAD, CONSECUENCIAS Y RIESGO.....	86
	ANEXO 2. FICHAS RESUMEN ANÁLISIS DE RIESGOS.....	88

1. RESUMEN EJECUTIVO

En junio de 2020, la Fundación Biodiversidad encargó al Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria la elaboración de una [metodología para el análisis del riesgo frente al cambio climático de los Espacios Marinos Protegidos \(EMP\) de la Red Natura 2000](#) donde, previamente al desarrollo de la metodología, se realizó una revisión y diagnóstico de metodologías utilizadas actualmente. La metodología que se plantea tiene como objetivo guiar a los gestores en la puesta en marcha de procedimientos de evaluación del riesgo asociado al cambio climático de los espacios marinos protegidos, de manera que puedan adaptarse a las necesidades y características propias de cada zona protegida. A fin de englobar las diferentes figuras que incluyen espacios marinos protegidos en España y no limitar el ámbito de aplicación de esta metodología a aquellos declarados como área marina protegida, se utiliza el término Espacio Marino Protegido (EMP) para referirse a las zonas objeto de la evaluación.

La aplicación futura de la metodología facilitará el diseño y la propuesta de medidas de adaptación al cambio climático para su incorporación en los planes de gestión y/o planificación del EMP. Asimismo, los resultados del estudio podrían tenerse en cuenta en la elaboración de las Estrategias de las Demarcaciones Marinas establecidas en la Ley 41/2010, de Protección del Medio Marino.

El presente informe revisa y aplica dicha metodología para el análisis de riesgos frente al cambio climático en la ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán y el LIC Espacio Marino de Alborán. El análisis se ha realizado en el **horizonte temporal 2030 – 2050**, en los escenarios de emisiones **RCP 4.5** (escenario estabilizador de emisiones) y **RCP 8.5** (escenario creciente de emisiones). El análisis de riesgos se ha aplicado a un total de 18 casos de estudio que tienen en cuenta las principales amenazas identificadas por los hábitats y especies más relevante del EMP. En todos los casos de estudio, se ha utilizado como información de partida la información obtenida durante la fase inicial de entrevistas, y se ha incorporado las sugerencias recopiladas durante el taller participativo. Los resultados de este estudio constituyen la base para el diseño de medidas de adaptación.

Es importante resaltar que existe mucha confusión en relación con la definición de los diferentes términos utilizados en el análisis de la vulnerabilidad y el riesgo de los sistemas naturales frente al cambio climático. Por ello, se ha adaptado el procedimiento metodológico y la nomenclatura propuesta por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014).

En resumen, los principales hábitat y especies identificados en la ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán y el LIC Espacio Marino de Alborán son:

- **Hábitat arrecifes (1170):** mesolitoral con *Dendropoma lebeche* o *Patella ferruginea*, infralitoral con fucales y especies como *Astroides calycularis*, laminariales y circalitoral.
- **Hábitat bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (1110):** fondos de Maërl y cascajo.
- **Gaviota de Audouin (*Larus audouinii*).**
- **Tortuga común (*Caretta caretta*).**
- **Delfín mular (*Tursiops truncatus*).**

Las principales amenazas climáticas que pueden afectar dichos hábitats y especies incluyen:

- **Aumento de la temperatura del mar.**
- **Acidificación oceánica.**
- **Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos.**
- **Aumento del nivel del mar.**
- **Modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento.**

Del análisis realizado en este estudio se concluye que:

- i. El **hábitat arrecifes (1170)** muestra diferente nivel de riesgo frente al **aumento de temperatura del agua del mar** en función de la profundidad y comunidades presentes. El caso del infralitoral con fucales presenta un riesgo extremo (RCP 8.5) y alto (RCP 4.5), las laminariales presentan un riesgo alto (RCP 8.5) y moderado (RCP 4.5), el circalitoral un riesgo moderado (RCP 8.5) y bajo (RCP 4.5). *Astroides calycularis* presenta un riesgo alto en ambos escenarios. Lo mismo ocurre con el **hábitat 1110**, donde los fondos de Maërl presentan un riesgo alto en ambos escenarios y los fondos de cascajo un riesgo moderado (RCP 8.5) y bajo (RCP 4.5).
- ii. La **acidificación oceánica** presenta un riesgo alto para ambos **hábitats de arrecifes (1170) y de bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (1110)**.
- iii. El **delfín mular** presenta un riesgo moderado en RCP 4.5 y RCP 8.5 frente a la **modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento**.
- iv. La **tortuga común** presenta un riesgo moderado en RCP 4.5 y RCP 8.5 frente al **aumento de temperatura del mar**.
- v. La gaviota de Audouin presenta un riesgo moderado en RCP 4.5 y RCP 8.5 frente a la **modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento y modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos**.

2. ANTECEDENTES

Hoy en día existe un consenso generalizado en la comunidad científica de que el incremento de la concentración de los gases de efecto invernadero, como resultado de las actividades humanas, es la causa inequívoca del actual calentamiento de la atmósfera, océanos y tierra (IPCC, 2021). En España una parte importante de la población y del desarrollo económico se encuentra íntimamente ligado a la costa. Con un total de 7.880 km de costas, el medio litoral español alberga un importante patrimonio natural y de biodiversidad, donde el cambio climático es un factor añadido de presión sobre este territorio costero.

El cambio climático está provocando importantes alteraciones en mares y océanos, desde el incremento de la temperatura del agua, de la estratificación y de la acidificación, el ascenso del nivel del mar, las modificaciones en el régimen de vientos, cambios en la frecuencia e intensidad de tormentas hasta los cambios en la circulación de las masas de agua. Estas alteraciones de las condiciones medioambientales dan lugar a efectos y desequilibrios a nivel biológico (Doney *et al.* 2012). A los impactos del cambio climático se suman otras muchas presiones derivadas de la actividad humana que afectan, desde hace décadas, a los ecosistemas marinos, como la contaminación, la sobreexplotación y la destrucción del hábitat (Kappel, 2005). Por tanto, en el caso de los efectos del cambio climático en el medio marino, es necesario adoptar un enfoque multidisciplinar que permita detectar y analizar los cambios a nivel físico - químico y cuál es su relación con las alteraciones que se detectan a nivel biológico. Este conocimiento es clave para poder desarrollar medidas de gestión y adaptación que actúen de forma ajustada sobre el origen de los impactos, teniendo en cuenta sinergias entre impactos que puedan ocurrir (Kersting, 2016).

La Red Europea Natura 2000 es una red ecológica de espacios protegidos, tanto terrestres como marinos, cuyo objetivo es restablecer o mantener el estado de conservación favorable de los hábitats y especies de interés comunitario, buscando la compatibilidad de los usos y actividades que se desarrollan en estas zonas con los objetivos de conservación. Esta red incluye dos tipos de espacios, las Zonas Especiales de Conservación (ZEC), previamente designadas como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). La aprobación por la Comisión Europea del LIC Espacio Marino de Alborán (EZZ16005) tuvo lugar en 2015 (DOUE 2015/2374) y como ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) en 2014 (Orden AAA/1260/2014).

El Espacio Marino de la Isla de Alborán se caracteriza por su complejidad ambiental y socioeconómica, dada la gran biodiversidad atribuida al intercambio de las masas de agua atlántico-mediterránea en el estrecho de Gibraltar y su abrupta topografía submarina. Se han identificado 1.645 especies marinas en la plataforma continental de Alborán, que representan el 27% de la diversidad total del Mediterráneo, estando más de 50 de estas recogidas en listas de especies amenazadas, y siendo varias endémicas. También destaca el **hábitat de interés comunitario 1170 arrecifes**, así como los **bosques de laminariales** (*Saccorhiza polyschides* y *Laminaria ochroleuca*; un hecho singular en el Mediterráneo que tiene lugar por la influencia de la corriente atlántica sobre el área. Otras comunidades importantes son los **fondos de maërl**, o el cascajo biógeno profundo del borde de la plataforma, con importantes intereses económicos que se sustentan su biodiversidad. Este espacio marino además se ha declarado para la protección de la colonia reproductora de **gaviota de Audouin** (*Larus audouinii*) de la isla de Alborán.

3. OBJETIVOS

El presente estudio realiza el análisis de riesgos frente al cambio climático en la ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán y el LIC Espacio Marino de Alborán. Para ello se evalúa el riesgo para las amenazas climáticas identificadas en los hábitats y especies más relevantes del EMP, del siguiente modo:

1. Analizar el riesgo del hábitat arrecifes frente al aumento de la temperatura del mar, la acidificación oceánica y el aumento del nivel del mar (en este caso, el mesolitoral) en función de la profundidad y comunidades presentes.
2. Analizar el riesgo del hábitat de bancos de arena frente al aumento de la temperatura del mar y la acidificación oceánica.
3. Analizar el riesgo del delfín mular frente a la modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento.
4. Analizar el riesgo de la tortuga común frente al aumento de temperatura del mar.
5. Analizar el riesgo de la gaviota de Audouin frente a la modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos y la modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento.

4. METODOLOGÍA

4.1. PROCESO PARTICIPATIVO

Cada vez resulta más aceptado que los retos medioambientales no pueden abordarse de forma aislada debido a las complejas interacciones que existen entre los procesos y actores ambientales y socioeconómicos. El cambio climático o la pérdida global de biodiversidad son ejemplos perfectos de la complejidad que subyace a estos retos en cuanto a causas, motores, impactos y posibles soluciones a distintas escalas.

Este tipo de retos complejos y dinámicos requieren, por tanto, de un pensamiento sistémico y del uso de enfoques integrados. Es a través de esta puesta en común e intercambio de conocimientos que los actores pueden ser capaces de entender mejor el sistema y las diferentes perspectivas de otras partes interesadas, y en última instancia, explorar vías conjuntas para colaborar en la mitigación y superación de problemas ambientales.

La **participación social** es un elemento clave de esta experiencia demostrativa. Por ello, el análisis de riesgos y el posterior diseño de medidas de adaptación se ha articulado en torno a un proceso participativo a través de entrevistas personales y varios talleres. En este proceso se han incluido a los sectores y actores locales (administraciones, comunidad científica, ONG, sectores socioeconómicos, etc.) y expertos del EMP en la evaluación de riesgos frente al cambio climático y el diseño del programa de medidas de adaptación al cambio climático para este EMP.

Durante las fases del proceso participativo (Figura 1) se realizaron las siguientes actividades relacionadas con el análisis de riesgos:

- 1. Entrevistas iniciales a actores y agentes relacionados con el espacio:** constituye la primera parte del proceso participativo con el objetivo de obtener un contexto preliminar e involucrar a los actores (contactados y entrevistados) en el proceso. De los 57 agentes identificados en el mapeo de actores (sectores y agentes relacionados con el EMP), 10 fueron entrevistados, pertenecientes al sector de la administración, científico ambiental y pesquero. La información obtenida constituye la base de partida del análisis de riesgos.
- 2. Taller participativo para el análisis de riesgos y el diseño de medidas de adaptación:** constituye la segunda parte del proceso participativo, cuyo objetivo es el de validar/completar los resultados del análisis de riesgos con aportaciones directas de gran parte de los agentes del espacio. Contó con la participación de 13 actores clave. Las aportaciones fueron incorporadas al análisis de riesgos, sobre todo en la identificación de impactos.



Figura 1. Fases del proceso participativo desarrollado para el análisis de riesgo y diseño de medidas de adaptación en el Espacio Marino de Alborán.

4.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

4.2.1. FASES Y TIPO DE METODOLOGÍA

En este estudio se aplica la metodología desarrollada por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IHCantabria) en el marco del proyecto LIFE INTEMARES, la cual se estructura en siete fases:

- I. **Definición de los objetivos específicos y el alcance de la evaluación.** Los objetivos deben formularse conjuntamente con la caracterización de la exposición y el análisis de la amenaza, y además determinarán la metodología y las herramientas a aplicar en cada caso.
- II. **Caracterización de la exposición o selección de las unidades ambientales de interés** (especies, hábitats y servicios ecosistémicos), así como la escala espacial y temporal a considerar.
- III. **Análisis de la amenaza**, que comprende:
 - a. La selección de la variable de cambio que usaremos para analizar cada una de las amenazas climáticas identificadas
 - b. La selección de los escenarios de cambio climático, teniendo en cuenta los establecidos por el IPCC o desarrollados específicamente para la zona objeto de estudio, y el horizonte temporal para el cual se quiere efectuar la evaluación (corto, medio o largo plazo);
 - c. La cuantificación de la magnitud del cambio en cada amenaza y la estimación de su probabilidad de ocurrencia.
- IV. **Evaluación de la vulnerabilidad** de las diferentes unidades ambientales frente a los cambios en las condiciones climáticas, considerando su sensibilidad, o grado en que puede verse afectada por dichos cambios, y su resiliencia, o capacidad de recuperación una vez se ha producido la perturbación.
- V. **Identificación y cuantificación de las consecuencias** que los cambios esperables en las variables climáticas puedan tener sobre las unidades ambientales objeto de estudio, para los diferentes escenarios y horizontes temporales seleccionados.
- VI. **Evaluación del riesgo**, integrando dichas consecuencias y su probabilidad de ocurrencia.
- VII. **Definición de medidas de adaptación y seguimiento ambiental**, una vez se han identificado los principales elementos o zonas en riesgo.

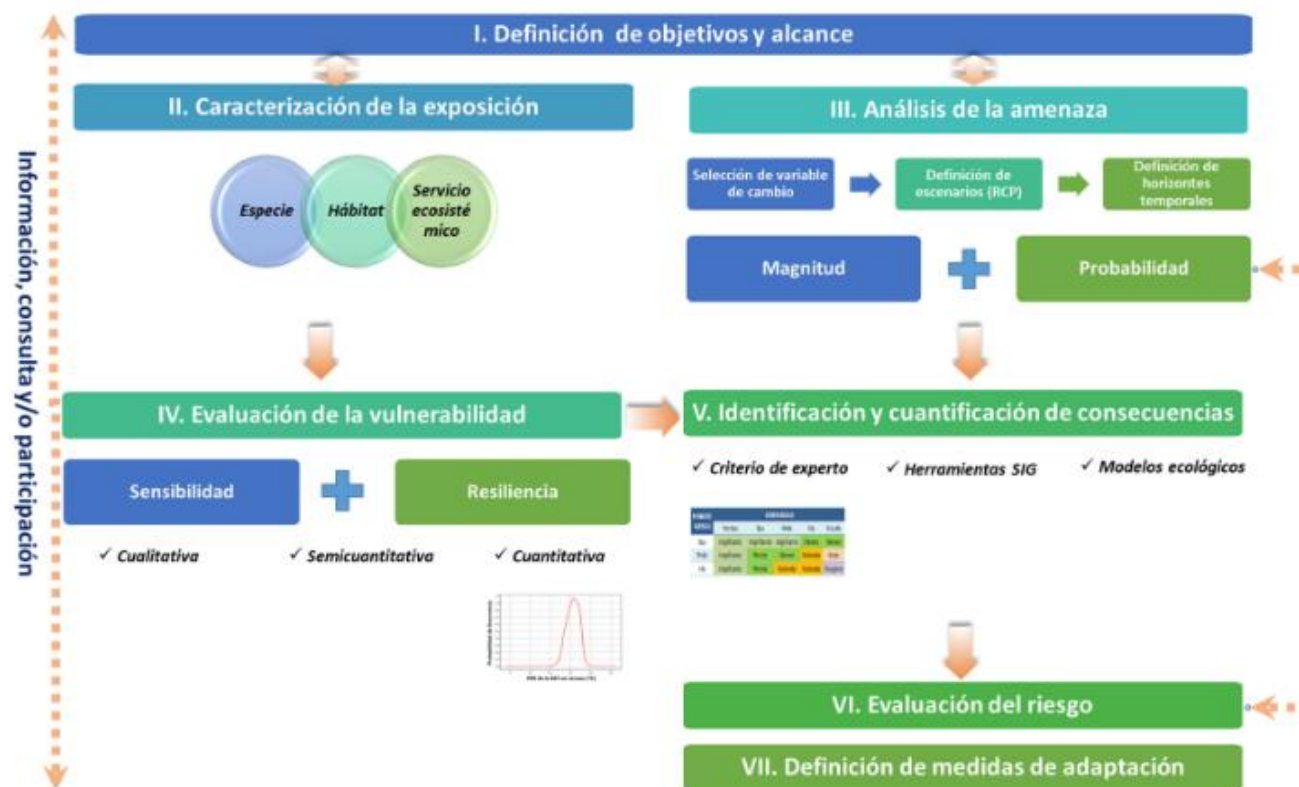


Figura 2. Esquema del procedimiento metodológico seguido para realizar el análisis de riesgos. Fuente: Metodología de análisis del riesgo de los espacios marinos protegidos de la Red Natura 2000 frente al cambio climático (LIFE IP INTEMARES, 2021).

La selección de la metodología a aplicar en cada caso concreto estará estrechamente ligada al objetivo que se plantee, a la información de base existente y a los recursos humanos y económicos disponibles:

- **Cualitativa:** basada en criterios y consultas a expertos, la obtención de resultados robustos y fiables está condicionada por el conocimiento de los expertos, gestores y usuarios del EMP.
- **Semi – cuantitativa:** basada en indicadores, índices y sistemas de valoración (ya existentes o definidos específicamente para la evaluación que se pretende llevar a cabo).
- **Cuantitativa:** implica la aplicación de modelos matemáticos (climáticos, hidrodinámicos, ecológicos), más o menos complejos.

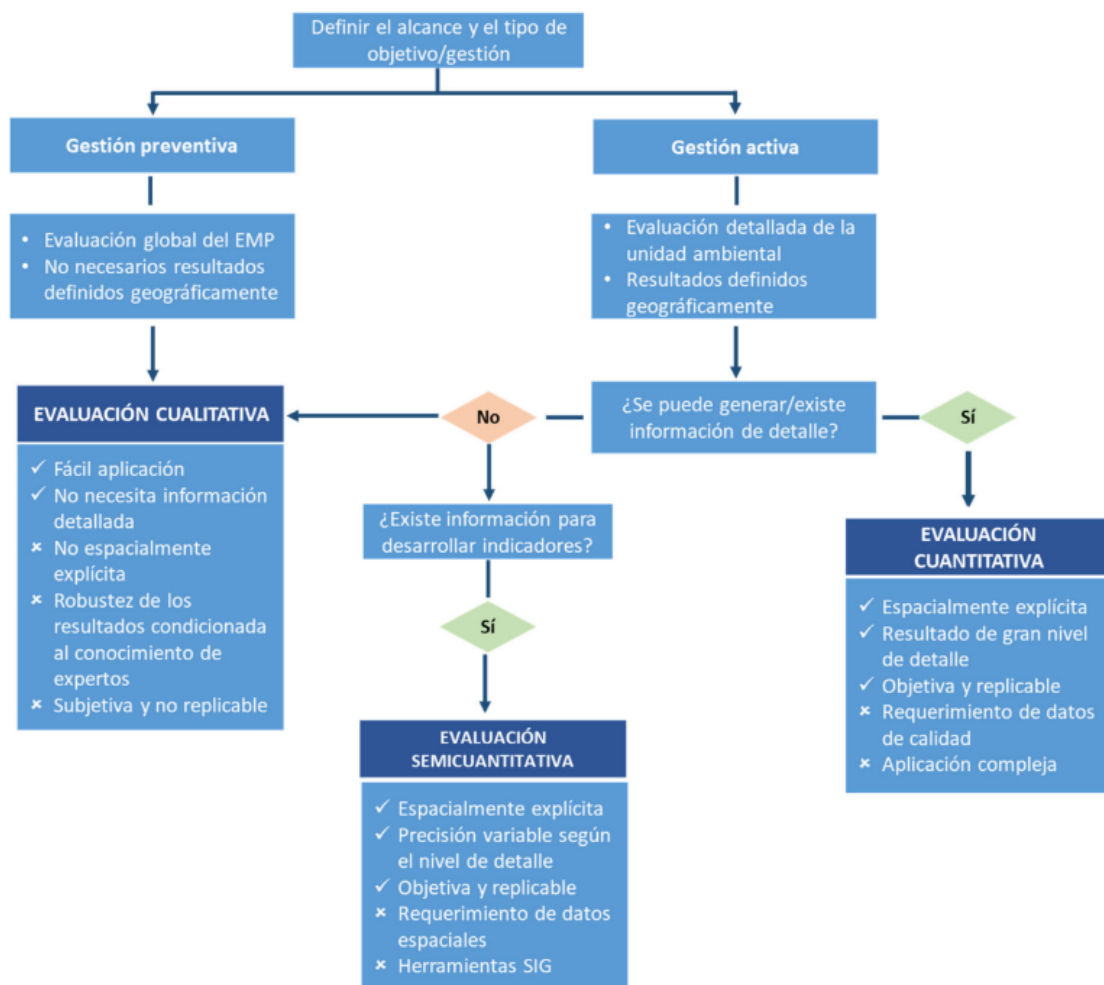


Figura 3. Árbol de decisión para la selección de la metodología. Junto a cada metodología se presenta un cuadro con sus principales ventajas y desventajas. Fuente: Metodología de análisis del riesgo de los espacios marinos protegidos de la Red Natura 2000 frente al cambio climático (LIFE IP INTEMARES, 2021).

4.2.2. ELEMENTOS DE ANÁLISIS

Los elementos que integran la metodología, así como el criterio seguido para su determinación, incluyen:

- **Amenazas**, entendidas como la ocurrencia potencial de un evento (cambio en las condiciones ambientales) que pueda causar daño o pérdida a una especie, hábitat o ecosistema (p.ej. aumento de la temperatura superficial del agua, ascenso del nivel del mar, etc.). Para su correcta definición resulta esencial determinar qué variables y parámetros condicionan la distribución de las especies o hábitats objeto de estudio. La tipología y magnitud de estas amenazas dependerá de las trayectorias de emisión de gases de efecto invernadero y de los cambios que se produzcan en los usos del suelo, dependientes, a su vez, de las medidas de mitigación que se apliquen globalmente.

La **magnitud** de la amenaza se ha categorizado cualitativamente, de acuerdo con la siguiente escala:

- **Baja**: la diferencia entre los valores de la amenaza en la situación base y el escenario considerado es prácticamente nula.
- **Media**: los valores proyectados de la amenaza se corresponden con los máximos de la situación base.
- **Alta**: la amenaza en el escenario considerado alcanza valores no registrados en la situación base.

La **probabilidad** de que se produzca una amenaza concreta se ha dividido de acuerdo con los siguientes niveles:

- **Rara**: probabilidad muy baja (<10 %).
 - **Improbable**: probabilidad baja (10% - 33%).
 - **Posible**: pero no improbable, probabilidad entre 33% y 66%.
 - **Probable**: entre 66 % y 90% de probabilidad.
 - **Muy probable o prácticamente segura**: probabilidad mayor al 90%.
- **Exposición**, que hace referencia a las especies, hábitats y servicios ecosistémicos de cada EMP que puedan verse afectados negativamente por las amenazas. Es decir, a los elementos del medio natural existentes en el EMP o zona de interés que son objeto del análisis de riesgo.
 - **Vulnerabilidad** o predisposición de las especies o hábitats de ser negativamente afectados por los cambios en las condiciones climáticas. Este concepto es una característica propia de cada elemento potencialmente afectado, que integra su sensibilidad y resiliencia. No obstante, esta vulnerabilidad intrínseca puede verse modificada por las presiones antrópicas, incrementándola o reduciéndola en función de las medidas de gestión que se apliquen en cada caso concreto.

La **sensibilidad** se define como la propensión de la unidad ambiental de verse afectada, en el caso de que la amenaza ocurra. Se ha categorizado según la siguiente escala:

- **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.

La **resiliencia** es la capacidad de adaptación de la unidad ambiental. En este caso, la resiliencia se ha valorado de acuerdo con los siguientes criterios:

- **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, los sistemas menos vulnerables serán los menos sensibles y más resilientes; mientras que las unidades ambientales más vulnerables serán las más sensibles y con baja o nula capacidad de recuperarse.

- **Consecuencias o impactos**, que derivan de la interacción de las amenazas, la exposición y la vulnerabilidad en el medio natural, es decir, constituyen los efectos concretos del cambio climático sobre el EMP (p.ej. regresión de especies, alteración del hábitat, proliferación de especies invasoras, disminución de stocks, etc.). La implementación de medidas de mitigación o adaptación específicas pueden reducir la magnitud de estas consecuencias.

La magnitud de las consecuencias se ha categorizado en cinco niveles, de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Insignificantes**: en los casos en los que tanto la vulnerabilidad como la amenaza son bajas o muy bajas, se considera que los principales componentes no tendrán afecciones visibles o funcionales sobre la especie, hábitat o servicio ecosistémico considerado.
- **Menores**: en condiciones de vulnerabilidad y amenaza media o alta, así como cuando la amenaza es muy baja y la vulnerabilidad media o alta, y viceversa, es esperable que la unidad ambiental se conserve y mantenga su estructura y función, aunque algunas propiedades o procesos puedan verse afectadas.

- Moderadas: el número de funciones o elementos puede disminuir, de manera que se considere la unidad ambiental como degradada, pero no de manera reversible. Esta situación se genera en condiciones de vulnerabilidad y amenaza medias o combinaciones alta-baja o muy alta-muy baja de ambos parámetros.
 - Graves: en las situaciones en las que una amenaza muy alta actúe sobre una unidad ambiental de vulnerabilidad baja o media, o una amenaza alta sobre una unidad de vulnerabilidad media o alta, y viceversa, la unidad ambiental puede sufrir una regresión y sus funciones principales registrar alteraciones drásticas, por lo que su valor quedará mermado significativamente.
 - Muy graves: la unidad ambiental dejará de existir o su función sufrirá alteraciones permanentes, dado que la vulnerabilidad y/o la amenaza son muy altas.
- **Riesgo**, que resulta de la integración de las consecuencias sobre los elementos del medio derivadas de las modificaciones en las condiciones ambientales, considerando, además, la probabilidad de que dichas modificaciones se produzcan.

Las matrices utilizadas para la valoración de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo se encuentran en el anexo I.

5. ANÁLISIS DE RIESGOS

5.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo de este análisis es conocer el riesgo de las **especies y hábitats de interés comunitario** presentes en el **Espacio Marino de Alborán** frente a las diferentes amenazas climáticas identificadas, en el **horizonte temporal 2030 – 2050**, en los escenarios de emisiones **RCP 4.5** (escenario estabilizador de emisiones) y **RCP 8.5** (escenario creciente de emisiones).

Tal y como se especifica en el apartado de metodología (4.2.2), como se conoce la presencia del hábitat o especie en el ámbito del EMP, pero no se dispone de cartografía de detalle actualizada, se opta por una **evaluación cualitativa** basada en criterio de experto.

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

A continuación, se ofrece una visión general de la exposición, es decir, de las principales especies y hábitats (tal y como se especifica en el apartado 4.2. de metodología del análisis de riesgos) que puedan verse afectados negativamente por las amenazas (identificadas en el apartado 5.3 de análisis de las amenazas).

5.2.1. HÁBITATS OBJETO DE ESTUDIO

Se seleccionaron los hábitats en base al anexo I de la Directiva Hábitats como hábitats de interés comunitario (Tabla 1):

Tabla 1. Selección de los hábitats objeto de estudio.

HÁBITATS
Hábitat arrecifes (1170)
Hábitat bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (1110)

a) Hábitat arrecifes (1170)

El hábitat arrecifes incluye nueve comunidades de especies marinas, comenzando en ambiente batido y llegando hasta la roca circalitoral profunda hasta unos 150 metros de profundidad. En él se incluyen las diferentes comunidades de algas del género *Cystoseira*, los bosques de laminariales formados por las especies *Laminaria ochroleuca* y *Saccorhiza polyschides* que son indicadores de la influencia que la corriente atlántica tiene sobre este espacio, la roca circalitoral (coralígeno) y la roca circalitoral profunda. Destaca además el coral anaranjado (*Astroides calycularis*) y el coral rojo (*Corallium rubrum*) incluido en el anexo V de la Directiva Hábitat (Gofas *et al.*, 2012).

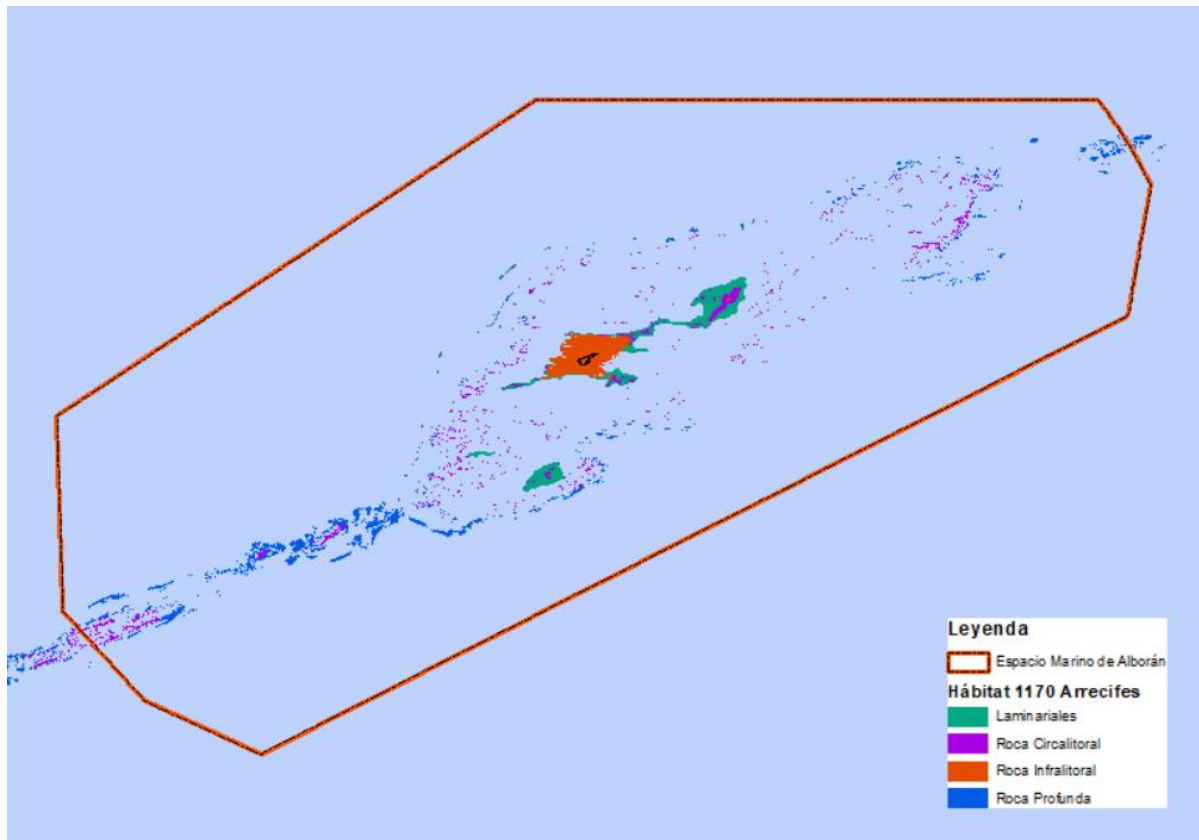


Figura 4. Cartografía del HIC 1170 arrecifes en el Espacio Marino de Alborán. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto INDEMARES- EUSeaMap2 (Gofas et al., 2014).

En el mesolitoral, encontramos especies como *Patella ferruginea*, especie catalogada “en peligro de extinción”, que cuenta con una pequeña población en la isla de unos 500 ejemplares con un hábitat muy restringido, limitándose al piso mediolitoral rocoso, muy expuesto a toda clase de impactos al suroeste de la isla de Alborán. Hay que destacar también la presencia de “cornisas” formadas por el gasterópodo sésil y gregario *Dendropoma lebeche* (incluido en el Anexo II del Convenio de Barcelona y en el Catálogo Español de Especies Amenazadas), dichas cornisas bordean las rocas situadas en la plataforma de abrasión de la vertiente occidental de la isla, delimitando el nivel medio del mar.

El infralitoral está cubierto en buena parte por comunidades de algas, principalmente por especies del género *Cystoseira*, de origen atlántico. Dichas comunidades aparecen muy diezmadas en las cotas más superficiales por la gran abundancia de erizos.

A partir de unos 25 metros, las comunidades de *Cystoseira* empiezan a ser sustituidas por las de algas laminariales, también de origen atlántico (de los géneros *Saccorhiza*, *Laminaria* y *Phyllariopsis*), cuyo máximo desarrollo se produce por debajo de los 30-35 metros. La mayor extensión de bosques de laminariales se encuentra en los fondos rocosos que rodean la isla y en torno a la denominada “Piedra Escuela”, un afloramiento rocoso sumergido situado en el centro de la plataforma de Alborán. En los niveles superiores (25-30 metros) de los bosques de laminarias predomina *Saccorhiza polyschides*. Con la profundidad, la densidad de estos bosques aumenta, hasta quedar constituidos mayoritariamente por *Laminaria ochroleuca*.

En los fondos rocosos circalitorales, aparecen dos tipos de comunidades claramente diferenciadas: una más somera que empieza a aparecer a unos 30 metros de profundidad y llega hasta unos 100 metros, y otra que se sitúa a profundidades superiores a 100 metros (comunidad de la roca circalitoral profunda). En los extraplomos de los fondos rocosos situados entre 50 y 140 metros se encuentra con regularidad el coral rojo (*Corallium rubrum*) una especie de interés comunitario recogida en el Anexo V de la Directiva Hábitats. El denominado “coralígeno de plataforma” es una formación que se desarrolla por debajo de unos 100 metros de profundidad, en aguas transparentes, sobre un sustrato sedimentario expuesto a corrientes intensas (Gofas *et al.*, 2012).

b) Hábitat bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (1110)

Está formado por sedimentos de arena fina, a veces de tamaño de grano más grande, incluyendo cantos rodados y guijarros, se encuentran sumergidos permanentemente, cubiertos o no por vegetación y son refugio de fauna diversa (Gofas *et al.*, 2012).

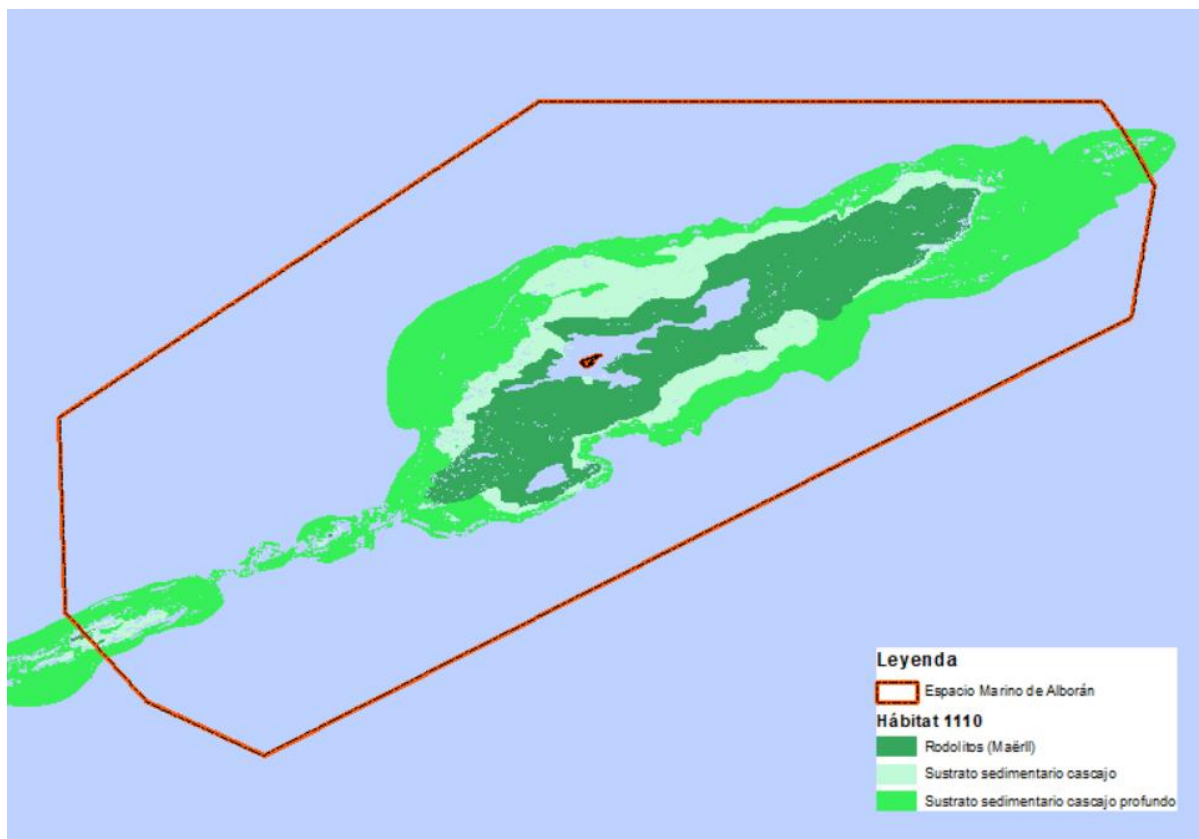


Figura 5. Cartografía del HIC 1110 en el Espacio Marino de Alborán. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto INDEMARES- EUSeaMap2 (Gofas *et al.*, 2014).

Los bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (1110) se asocian en este espacio a tres comunidades:

- Los fondos de maërl/rodolitos, de las especies *Lithophyllum racemus*, *Lithothamnion philippi* y *Phymatolithon calcareum* y sobre ellas pueden aparecer algas, esponjas, briozoos y ascidias.
- Los fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales, donde son frecuentes los cnidarios *Veretillum cynomorium*, *Paralcyonium spinulosum* o *Cavernularia sp.*, el erizo irregular *Spatangus purpureus*, la esponja *Ciocalypta penicillus*, el gasterópodo *Turritella turbona* y la concha fina *Callista chione*.
- Los fondos detríticos batiales, que presentan una rica e interesante fauna de esponjas, entre las cuales aparecen algunas especies raras como *Calthropella recondita*, *Cerbaris implicatus* o *Endectyon delaubenfelsi*.

5.2.2. ESPECIES OBJETO DE ESTUDIO

Se seleccionaron para el análisis de riesgos las especies presentes en el espacio que se encuentran incluidas como especies de interés comunitario en anexo II de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y/o bajo alguna categoría de amenaza según el Real Decreto 139/2011 que regula el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas (Tabla 2).

Tabla 2. Especies objeto de estudio por categoría de protección según la Ley 42/2007 y nivel de amenaza RD 139/2011.

ESPECIE	Ley 42/2007	RD 139/2011
Tortuga común (<i>Caretta caretta</i>)	De interés comunitario	Vulnerable
Delfín mular (<i>Tursiops truncatus</i>)	De interés comunitario	Vulnerable
Gaviota de Audouin (<i>Ichthyaetus audouinii</i>)	De interés comunitario	Vulnerable
Lapa ferrugínea (<i>Patella ferruginia</i>)	-	En peligro de extinción
Coral anaranjado (<i>Astroides calycularis</i>)	-	Vulnerable

A continuación, se realiza una descripción de estas especies seleccionadas para el análisis:

a) Gaviota de Audouin (*Ichthyæetus audouinii*)

Se trata de una especie restringida a la cuenca del Mediterráneo. Está presente todo el año en las aguas de la ZEPA, siendo especialmente abundante entre marzo y octubre, comprendiendo su periodo reproductor (abril-julio).

Los adultos presentan las zonas dorsales de color gris claro, en tanto que las ventrales, la cabeza y el cuello, son completamente blancos. El pico, de colores rojo, negro y amarillo, resulta en conjunto bastante oscuro y constituye un carácter claramente distintivo respecto a otras gaviotas. Las patas son oliváceas y el anillo ocular rojo.

En el año 2007 la colonia contaba con un máximo de 526 pareja y una población visitante reproductora de 360 (168-584) individuos promedio. En el año 2019, con un máximo de 1.113 parejas, lo que indica una tendencia positiva. No obstante, no existen estudios o evidencias científicas que permitan determinar si el tamaño de la población de la especie estimado hasta la fecha dentro de la ZEPA se puede considerar como el valor de referencia a partir del cual establecer el estado de conservación favorable de la misma.

b) Delfín mular (*Tursiops truncatus*)

El delfín mular tiene una distribución cosmopolita y se encuentra en todas las zonas costeras del Mediterráneo y algunas pelágicas, tiene un comportamiento oportunista y una dieta basada en peces, cefalópodos, crustáceos y plancton. Según las campañas realizadas en INDEMARES, las aguas del espacio cuentan con la presencia del delfín mular (*Tursiops truncatus*), especie de interés comunitario de forma habitual y permanente, constituyendo una zona de alimentación muy frecuentada por la especie.

Se trata de una especie grande, bastante robusta con un hocico más bien corto y grueso. La aleta dorsal, que es alta, de base ancha y con la punta puntiaguda, está situada en posición bastante centrada. Las aletas pectorales son moderadamente largas, finas oscuras y con las puntas un poco puntiagudas. Presenta una coloración bastante monocromática y poco diferenciada, siendo las partes dorsales y laterales más bien oscuras y la parte ventral blanca, a veces con tonalidades rosáceas. Algunos ejemplares pueden presentar una marca más clara y alargada desde la parte superior de las aletas pectorales hasta la zona anterior a la aleta dorsal.

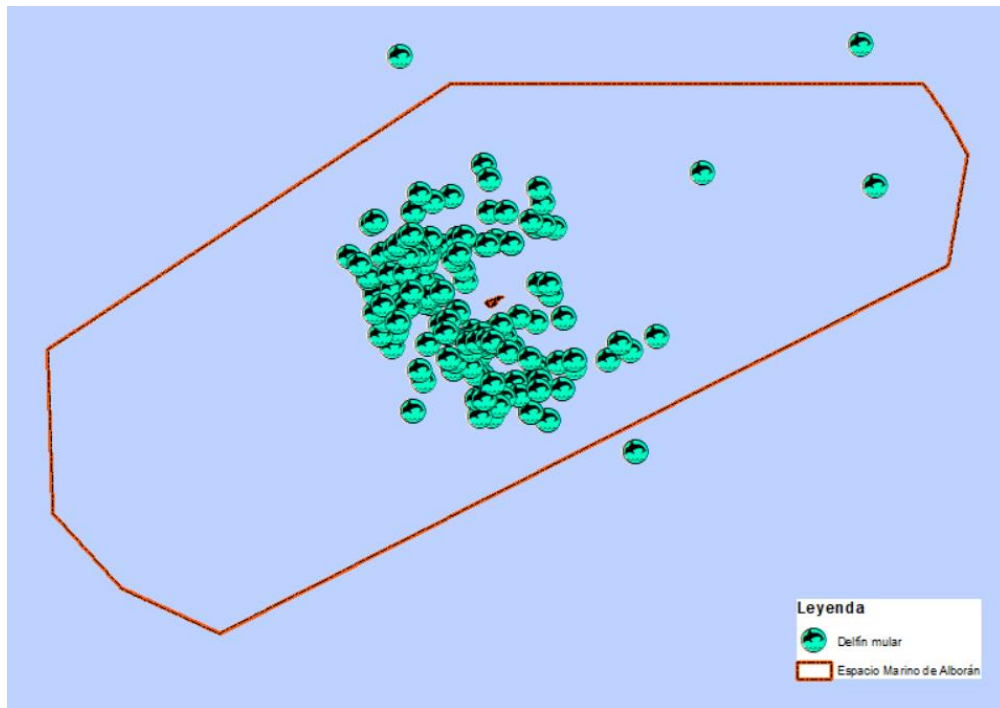


Figura 6. Registros de delfín mular (*Tursiops truncatus*) en el Espacio Marino de Alborán obtenidos de las campañas de INDEMARES. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del proyecto INDEMARES- EUSeaMap2 (Gofas et al., 2014).

c) Tortuga común (*Caretta caretta*)

El espacio marino de Alborán constituye una zona de alimentación y migración de gran relevancia para la tortuga común (*Caretta caretta*) en el Mediterráneo occidental. En el espacio aparecen juveniles y adultos de esta especie en fase oceánica, procedentes, en su mayoría, de poblaciones de origen Atlántico. La densidad de tortugas estimada en las aguas del Mar de Alborán es de 0,26 tortugas/km².

En el mapa adjunto a continuación se muestra la distribución de la tortuga tanto en el espacio como en los alrededores de este.

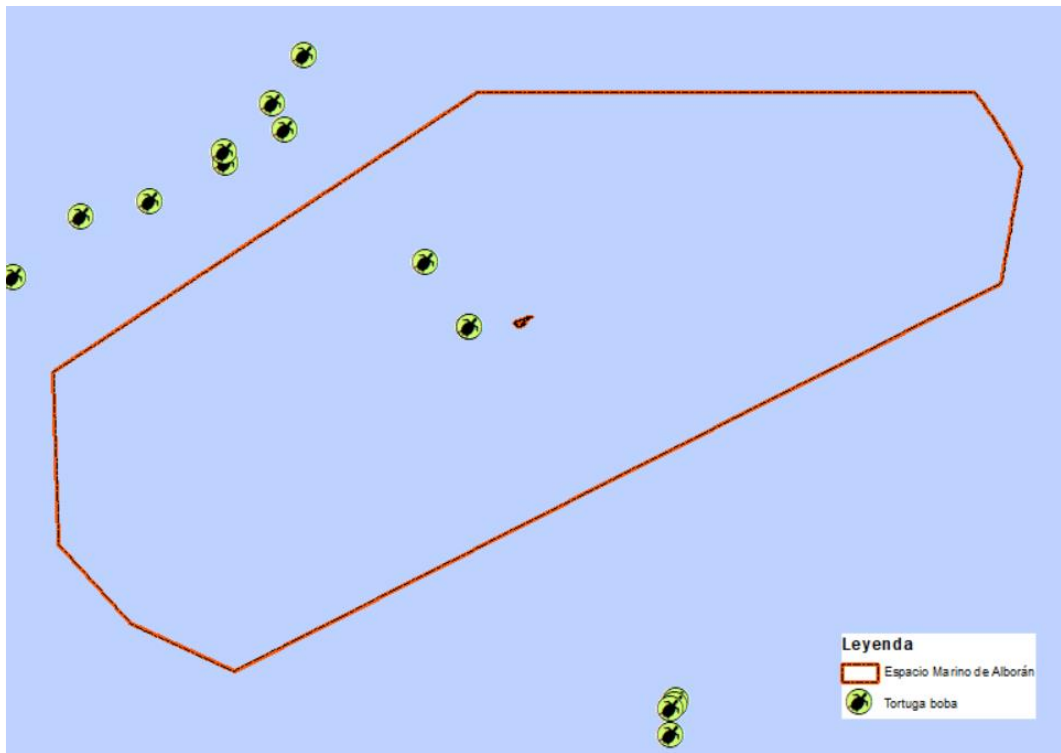


Figura 7. Registros de tortuga común (*Caretta caretta*) en el Espacio Marino de Alborán obtenidos de las campañas de INDEMARES. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del proyecto INDEMARES- EUSeaMap2 (Gofas et al., 2014).

Esta tortuga es de gran tamaño, 90 cm aproximadamente de longitud y 135 kg de peso medio. Posee mandíbulas grandes y fuertes, el caparazón con forma de corazón de color marrón-rojizo y las aletas frontales pequeñas pero muy gruesas, más que las de otras especies, y poseen dos garras cada una, en las traseras varían de 2 a 3.

d) Coral anaranjado (*Astroides calycularis*)

El coral anaranjado se encuentra incluido en el Anexo II del Convenio de Barcelona y en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. En el EMP de Alborán se encuentra junto a la comunidad de algas rojas esciáfilas infralitorales en aguas calmadas o batidas con luz moderada o escasa.

En general, los corales del mediterráneo, además de otras zonas coralígenas del planeta, se encuentran en peligro como consecuencia de las actividades humanas, encabezadas por el cambio climático, la contaminación, la pesca industrial y la introducción de especies invasoras.

5.3. ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS

Las principales amenazas que se han contemplado en el EMP de la Isla de Alborán son:

- **Aumento de la temperatura del mar.**
- **Acidificación oceánica.**
- **Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos.**
- **Aumento del nivel del mar.**
- **Modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento.**
- **Modificación de la termoclina**

La selección de las amenazas para el análisis ha sido realizada en base a la información recopilada de las entrevistas realizadas a expertos durante la fase inicial, junto con el posterior taller para la validación de resultados del análisis de riesgos, con la consecuente validación a través de una exhaustiva revisión bibliográfica, consulta de modelos climáticos y de artículos científicos.

a) **Aumento de la temperatura del mar**

Magnitud

Se tiene constancia de que la temperatura superficial del agua muestra tasas de calentamiento entre 0,2 y 0,7°C por década, dependiendo de la zona y el periodo estudiados, mientras que en profundidad dicha variación es menor.

Las aguas superficiales del Mediterráneo presentan una clara y significativa tendencia de calentamiento durante las últimas décadas del siglo XX y principios del siglo XXI.

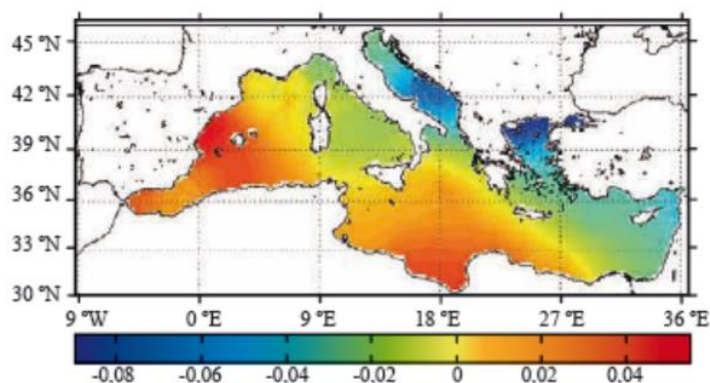


Figura 8. Tendencias de la temperatura del agua superficial (°C año⁻¹) calculadas en todo el Mediterráneo para el periodo 1945-2000. Fuente: Gomis et al. 2012.

Las aguas intermedias y profundas han aumentado su temperatura registrándose una aceleración en los ritmos de calentamiento y salinización durante los últimos 50 - 60 años (Vargas-Yáñez et al. 2007).

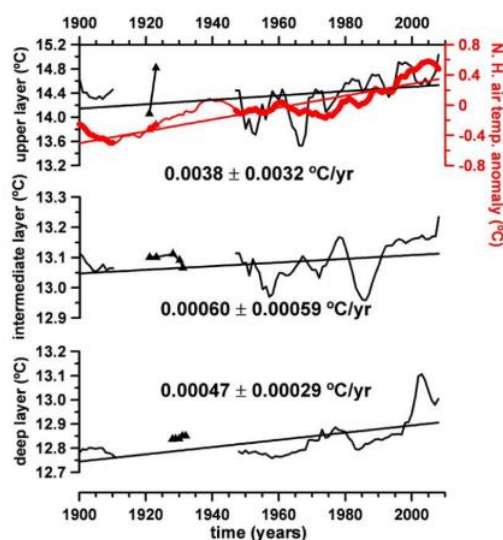


Figura 9. Serie de temperatura en las capas superficiales (0 - 200 m), intermedias (200 - 600 m) y profundas (600 m - fondo) en el Mediterráneo español. La línea roja en la gráfica superior corresponde a la temperatura del aire en el hemisferio norte durante el mismo periodo. Fuente: Vargas-Yáñez et al. (2007).

Según el informe de cambio climático en el medio marino español sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación (Kersting, 2016), durante el siglo XXI se prevé un calentamiento progresivo del agua, tanto en el Atlántico como en el Mediterráneo, que podría rondar los 0,2 - 0,3 °C por década. El informe del IPCC (2019), asegura que el Mediterráneo será una de las zonas más afectadas por la subida de la temperatura superficial del mar, donde se registrarán valores no alcanzados en la serie histórica.

Bio-ORACLE proporciona una recopilación de datos de variables marinas en las condiciones actuales (2010-2020), distintos escenarios de emisiones y horizontes temporales para 2040 – 2050. Las Figuras 10-12 muestran el aumento de temperatura superficial para dos escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) cuando se compara el horizonte temporal 2040-2050 con el período de referencia 2010-2020.

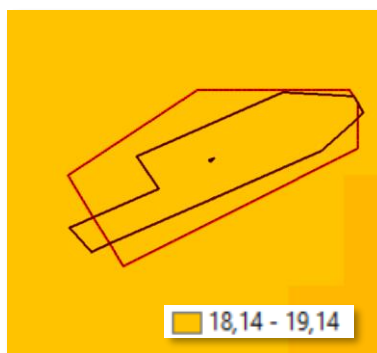


Figura 10. Temperatura superficial en el periodo actual (2010 – 2020) en el EMP de Alborán. Fuente: Bio-ORACLE (<https://www.bio-oracle.org/>).

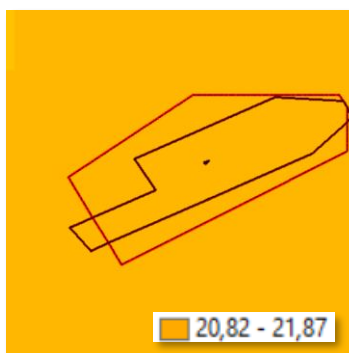


Figura 11. Temperatura superficial en RCP 4.5 en el EMP de Alborán para 2040 - 2050. Fuente: Bio-ORACLE (<https://www.bio-oracle.org/>).

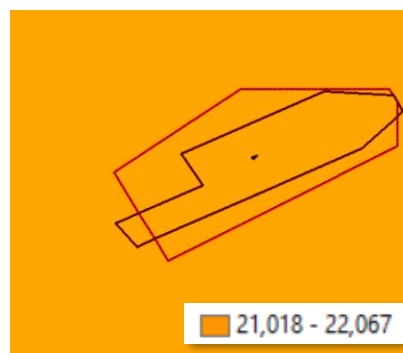


Figura 12. Temperatura superficial en RCP 8.5 en el EMP de Alborán para 2040 - 2050. Fuente: Bio-ORACLE (<https://www.bio-oracle.org/>).

En los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 se observa un aumento de la temperatura del mar en superficie, sin grandes variaciones en profundidad. La magnitud se considera alta en superficie en ambos escenarios. Entre los 25 y 50 m se considera media en el RCP 4.5 (aumento de 1°C respecto a la temperatura actual) y alta en el RCP 8.5 (aumento de casi 2°C respecto a la temperatura actual). En las capas más profundas se considera baja para ambos escenarios. No obstante, podría darse un incremento de la temperatura de las capas intermedias y profundas no contemplado en los escenarios climáticos, asociada a la complejidad de las corrientes del mar de Alborán. El océano, a través de superficie, absorbe calor de la atmósfera y esa agua en superficie se enfría y se hunde cada vez más cálida por el aumento de temperatura superficial, transmitiéndose de esta manera ese aumento de temperatura al resto de la columna de agua.

Tabla 3. Evolución de la temperatura en profundidad en el EMP de Alborán. Fuente: Bio-ORACLE (<https://www.bio-oracle.org/>).

Batimetría (m)	Superficie (ha)	% Superficie	Temperatura media (°C)		
			Actual	RCP 4.5	RCP 8.5
0 - 25	388	12,78	19	20	20,2
25 - 50	872	28,73	17,1	17,7 - 17,9	18,1 - 18,4
50 - 100	528	17,40	13,03	13,3 - 13,5	13,3 - 13,6
100 - 200	1247	41,09	13,04	13,3	13,3

Probabilidad

De acuerdo con el informe del IPCC (2019), el aumento proyectado de la subida de la temperatura en superficie tiene una probabilidad de cumplirse entre el 90% y el 100%, por lo que la probabilidad de ocurrencia es casi segura en ambos escenarios.

b) Acidificación oceánica

El mar Mediterráneo tiene ciertas características que lo hacen especialmente sensible y vulnerable a los cambios en el CO₂ atmosférico y la subsiguiente acidificación de las aguas. Su potencial para secuestrar grandes cantidades de CO₂ antropogénico (Álvarez *et al.* 2014) y el tiempo de residencia de las aguas profundas del Mediterráneo relativamente corto en comparación con otros océanos da lugar a que, la penetración del CO₂ antropogénico, que en los grandes océanos podría tardar de siglos a milenios, resulte mucho más rápida en el mar Mediterráneo, y se prevé que también lo sean los cambios asociados (Calvo *et al.*, 2011).

Recientemente se ha comprobado que el agua del Mediterráneo podría estar acidificándose a un ritmo de $\sim 0,0044$ unidades de pH año⁻¹ (Flecha *et al.*, 2015). La acidificación ha afectado a todas las masas de agua, incluidas las más profundas, especialmente en la cuenca occidental. La disminución de pH se sitúa entre -0,14 y -0,05 unidades entre la época preindustrial y principios del siglo XXI (Figuras 13 y 14).

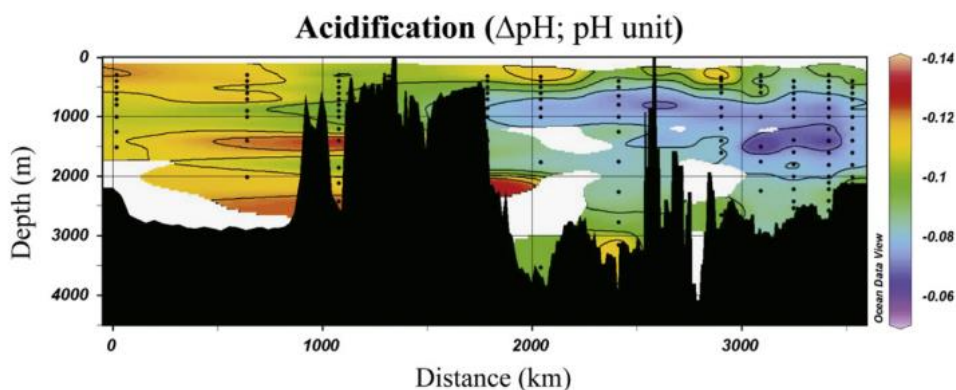


Figura 13. Variación del nivel de pH en el Mediterráneo (cuencas oriental y occidental). Fuente: Touratier y Goyet (2011).

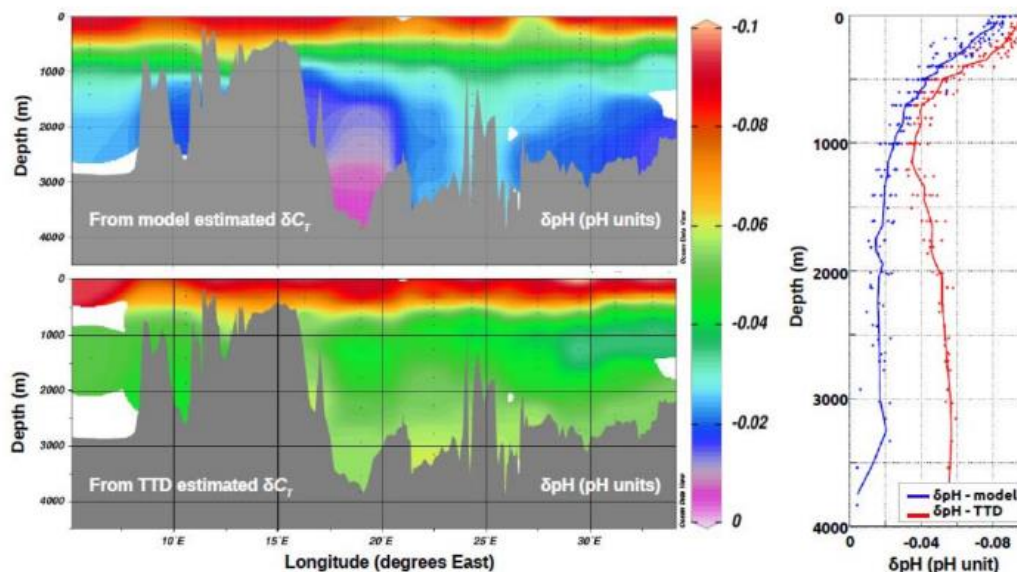


Figura 14. Izquierda: Variación del nivel de acidificación en el Mediterráneo en base a cálculos y simulaciones. Derecha: Los mismos resultados, pero mostrados como perfil vertical. Fuente: Palmiéri et al. (2015).

Magnitud

Las emisiones antropogénicas han aumentado la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO_2) de 280 ppm antes del comienzo de la revolución industrial a más de 390 ppm (Hoegh-Guldberg et al. 2007). Aproximadamente el 25% de las emisiones de CO_2 se disuelven en el océano, aumentando la concentración de CO_2 en el agua superficial y alterando la química de los carbonatos al reaccionar con el agua de mar (Canadell et al. 2007). Durante el siglo XX, el aumento del CO_2 atmosférico ha provocado una acidificación de 0,1 unidades de pH (Hoegh-Guldberg et al. 2007). Se prevé que la concentración atmosférica de CO_2 alcance entre 490 y 1370 ppm para finales de siglo, provocando una disminución del pH oceánico superficial de entre 0,06 y 0,32 unidades en relación con el periodo 1986-2005 (Martin y Hall-Spencer, 2017), por lo que la magnitud se considera media para el RCP 4.5 y alta para el RCP 8.5.

Probabilidad

En la actualidad, el pH promedio del océano es 8,1, es decir, los océanos son un 30 % más ácidos y a finales de este siglo, el pH de los océanos rondaría en 7.8, es decir, un 150 % más ácido (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2009). Por tanto, de acuerdo con la información consultada y en comparación con los datos históricos, la probabilidad de que se siga acidificando las aguas se considera probable en ambos escenarios.

c) Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos

Los eventos extremos son eventos que son raros que ocurran en un cierto lugar o época del año determinada, incluyen episodios de fuertes vientos, lluvias torrenciales, ciclones, huracanes, aumento del nivel del mar, inundaciones, etc.

El informe especial del IPCC sobre cambio climático, océanos y criosfera (IPCC, 2019) asegura que la región mediterránea es una de las zonas a escala global donde la actividad de eventos meteorológicos severos es más frecuente. En general, los modelos climáticos predicen un aumento de la gravedad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos si se siguen las tendencias de emisiones actuales, por lo que la **magnitud** se considerará alta en el peor de los casos.

Los eventos extremos serán cada vez más frecuentes, en particular en escenarios de elevadas emisiones (RCP 8.5). No obstante, no existe información específica sobre la ocurrencia de estos eventos en el espacio y alrededores. Por tanto, la **probabilidad** de ocurrencia se consideraría posible bajo el peor de los escenarios.

d) Aumento del nivel del mar

Magnitud

En el Mediterráneo el nivel del mar ha presentado subidas muy marcadas (2 - 10 mm año⁻¹) a partir de mediados de los años 90 (Figura 15).

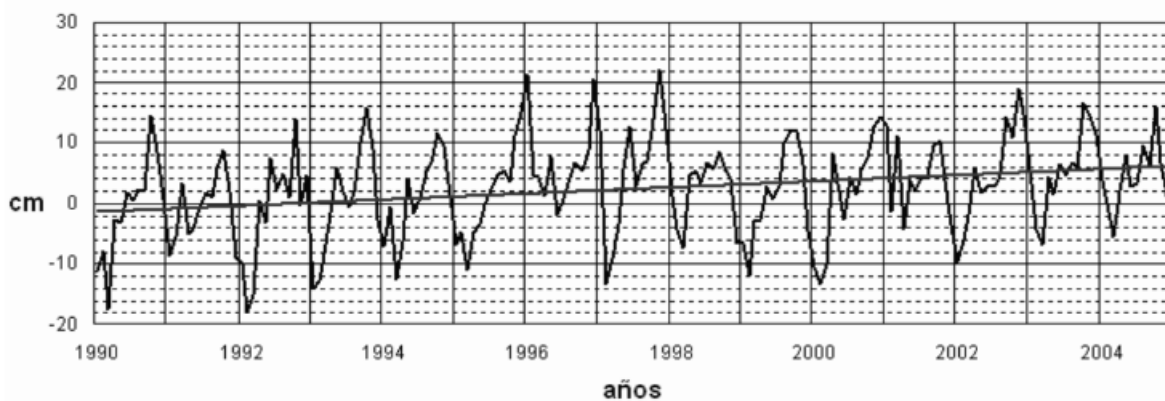


Figura 15. Evolución del nivel del mar en la estación de L'Estartit (Girona). Fuente: Salat y Pascual (2006).

En las épocas frías del Cuaternario, la actual plataforma continental andaluza constituía una llanura costera, la pendiente era abrupta desde muy cerca de la línea de costa y la plataforma de Alborán era entonces una isla tan grande como la actual Formentera (en la Figura 16, las conocidas islas de Ibiza, en tono gris claro, y Formentera, en tono más intenso, representadas a la misma escala).

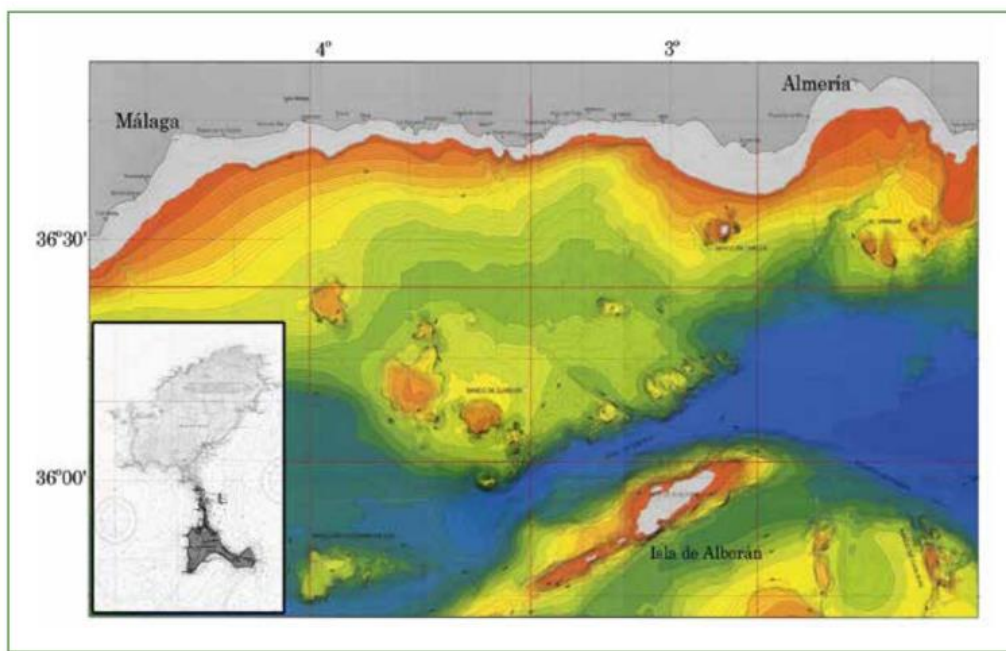


Figura 16. Mapa del mar de Alborán suponiendo el nivel del mar 100 metros por debajo del actual, tal como estaba en las épocas frías del cuaternario. Fuente: Gofas et al. (2012), adaptado del mapa publicado en 2004 por la Secretaría General de Pesca Marítima y el Instituto Español de Oceanografía.

El nivel del mar aumentará entre 2 y 5 mm año⁻¹ durante este siglo. Este rango se debe en parte a los escenarios de emisiones, asociándose las menores elevaciones al RCP 4.5, pero sobre todo a la contribución de la fusión de hielos, sobre la cual hay una gran incertidumbre (Kersting, 2016), por lo que la magnitud se considera media en el RCP 4.5 y alta en el RCP 8.5.

Probabilidad

Según el informe del IPCC sobre océano y criosfera (IPCC,2019) se prevé que el aumento del nivel medio del mar a escala mundial en el RCP 4.5 será de 0,39 m (de 0,26 a 0,53 m, rango probable) para el período 2081-2100 y de 0,43 m (de 0,29 a 0,59 m, rango probable) en 2100 con respecto al período 1986-2005. Por lo que se considera probable en ambos escenarios.

e) Modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento

La circulación de las aguas en la zona del mar de Alborán está influenciada por el intercambio de masas de agua entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo, intercambio que se produce a través del Estrecho de Gibraltar y que está motivado al presentar la cuenca mediterránea un balance negativo en cuanto al aporte de agua; es decir, la pérdida de agua por evaporación es mayor que el agua aportada por los ríos y las precipitaciones.

Debido a las diferencias en cuanto a densidad de las aguas atlánticas y mediterráneas, las primeras atraviesan el Estrecho de Gibraltar en superficie hacia el Mediterráneo, mientras que la masa de agua mediterránea lo hace en sentido inverso en profundidad. El flujo de agua atlántica se convierte en el motor de la circulación del agua en el mar de Alborán.

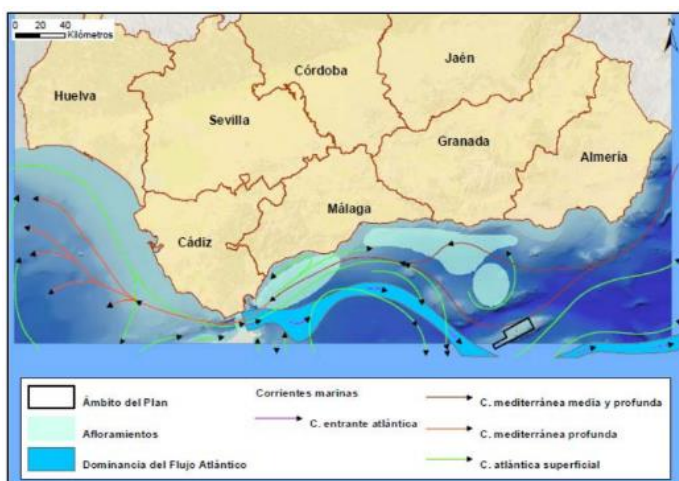


Figura 17. Esquema de las corrientes marinas y zonas de afloramientos.
Fuente: Plan de Gestión de la Zona Especial de Conservación Alborán ES6110015 (actualmente anulado).

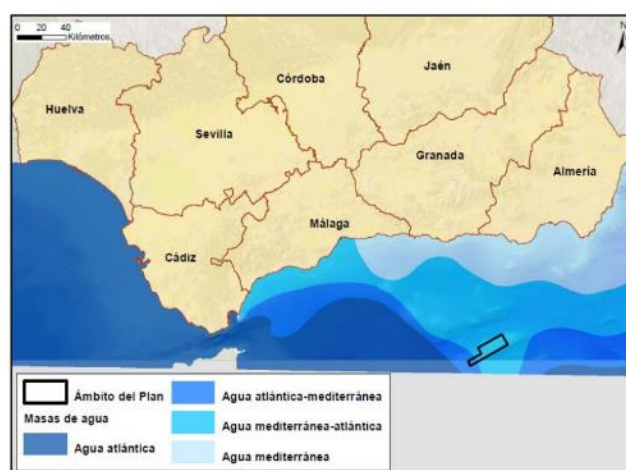


Figura 18. Áreas de diferente influencia atlántico-mediterránea.
Fuente: Plan de Gestión de la Zona Especial de Conservación Alborán ES6110015 (actualmente anulado).

Entre la corriente atlántica entrante y el sector de costa noroccidental se genera una zona de afloramiento de aguas subsuperficiales frías y nutritivas que determinan la mayor producción biológica de esta zona. Respecto a valores de velocidad de corriente en superficie, en la zona de ámbito del EMP y de forma orientativa la velocidad se sitúa en torno a 0,3 y 0,6 m/s. El afloramiento de aguas frías y profundas se debe al intercambio de aguas del mediterráneo y atlánticas, y a los patrones de circulación y de vientos. Éstos facilitan que lleguen a la superficie un gran volumen de nutrientes favoreciendo la formación de plancton y los principales caladeros de pesca, como es el caso de los caladeros del EMP de Alborán. Estos afloramientos ocurren principalmente durante los meses de verano, teniendo un marcado carácter estacional.

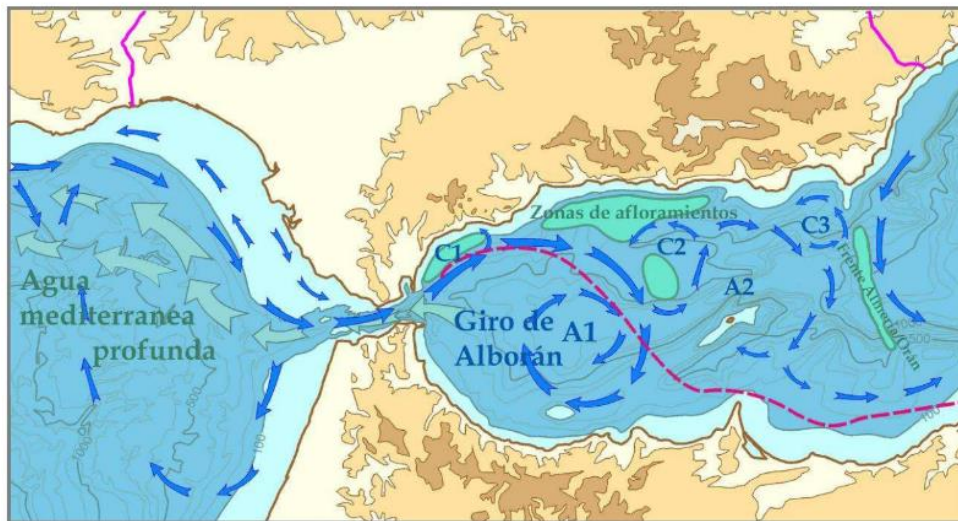


Figura 19. Corrientes dominantes en la región Ibero-Marroquí. Las flechas azules representan las corrientes superficiales, en las que prevalece la entrada de aguas atlánticas en el Mediterráneo y la formación de un importante giro anticiclónico en la parte occidental del mar de Alborán (A1). Las aguas mediterráneas salen hacia el Atlántico formando una corriente profunda que sigue el talud continental ibérico. Fuente: Informe final de área de estudio Alborán Proyecto LIFE+ INDEMARES (2012).

Según el estudio de cambio climático en el medio marino español sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación (Kersting, 2016) se pueden dar cambios en la intensidad de los afloramientos, la estratificación de la columna de agua y los posibles cambios en la circulación termohalina, los cuales podrían tener efectos significativos sobre la producción primaria. Macías *et al.*, (2012) describió los efectos potenciales del cambio climático sobre la intensidad del afloramiento del noroeste de Alborán, fuertemente influenciado por el agua atlántica que entra por el estrecho y que podría verse afectado por una ralentización generalizada de la circulación termohalina, por lo que la **magnitud** se considera media.

Hay trabajos que analizan mediante modelos globales de circulación posibles cambios en la intensidad de los principales sistemas de afloramiento del océano mundial ante distintos escenarios de cambio global (Mote y Mantua, 2002), por lo que la **probabilidad** de este evento se considera posible, tal y como apuntan estos autores.

f) Cambios en la termoclina

La realización del taller para la validación del análisis de riesgos ayudó a la identificación de esta amenaza climática.

En Alborán, el mecanismo por el cual el agua atlántica entrante se transforma en agua mediterránea es diferente en función de la época del año y existen dos procesos bien definidos, en verano y en invierno. En verano, la termoclina se forma a profundidades de entre 20 y 40 m, en las capas superficiales, que tienen una gran influencia atlántica, lo que limita el intercambio entre esas capas superficiales y las que se encuentran inmediatamente por debajo. Como consecuencia, las capas superficiales se van calentando y, debido a la gran evaporación que se produce durante el verano, aumenta su salinidad de forma paulatina. Sin embargo, debido a la alta temperatura del agua (25 °C), no se produce un incremento de su densidad, manteniéndose en equilibrio. El agua situada por debajo mantiene su salinidad. En invierno, el enfriamiento atmosférico da lugar a un proceso de transferencia de calor del agua a la atmósfera que, unido a los vientos secos y fríos, favorece la evaporación superficial. La pérdida de calor y la evaporación incrementan la densidad de las capas superficiales y salinas, que tienden a hundirse por convección vertical, lo que homogeniza las capas (Instituto Español de Oceanografía, 2012).

En el Mediterráneo la estratificación de la columna de agua se ha intensificado en las últimas décadas debido al calentamiento global, con una prolongación de hasta 40 % de la duración de las condiciones típicas del verano en la columna de agua (Coma *et al.* 2009).

5.4. EVALUACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD, CONSECUENCIAS Y RIESGO

A la hora de analizar los impactos derivados del cambio climático sobre los ecosistemas marinos debe tenerse en cuenta que éstos pueden interactuar entre sí y con los generados por otras presiones antrópicas, potenciando los efectos sobre las especies, los hábitats y los ecosistemas, creándose de este modo un efecto sinérgico. Del mismo modo, la interacción y combinación de distintas amenazas climáticas va a tener un efecto mayor que la interacción de una amenaza por separado. Esto pone de manifiesto la importancia de incorporar el efecto combinado de las presiones humanas y el cambio climático en el análisis además de la variable climática.

La realización de entrevistas previas permitió la recopilación de información de partida del análisis de riesgos, que fue posteriormente completada y validada con su correspondiente consulta bibliográfica, principalmente de artículos científicos, y con la información extraída del taller para la validación del análisis de riesgos. En base a esta información, se han priorizado las amenazas para cada especie/hábitat, según la relevancia e importancia para cada caso concreto, de manera que no se analizan todas las amenazas para cada especie o hábitat.

En la Tabla 4 se resume la relación entre amenazas climáticas y su posible afección sobre los hábitats y especies objeto de estudio en este trabajo.

Tabla 4. Selección de las amenazas climáticas y relación con los hábitats y especies.

AMENAZAS	HÁBITATS Y ESPECIES					
	HÁBITAT 1170	HÁBITAT 1110	Delfín mular	Tortuga común	Gaviota de Audouin	Coral anaranjado
Aumento de la temperatura del mar	X	X		X		X
Acidificación oceánica	X	X				X
Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos					X	
Aumento del nivel del mar	X					
Modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento	X		X	X	X	
Cambios en la termoclina	X					

Tabla 5. Casos de estudio analizados por especie/hábitat – amenaza.

HÁBITAT/ESPECIE	AMENAZAS	Caso de estudio
HÁBITAT 1170	<i>Infralitoral con fucales</i>	Aumento de la temperatura del mar
		Acidificación oceánica
	<i>Astroides calycularis</i>	Aumento de la temperatura del mar
		Acidificación oceánica
	<i>Laminariales</i>	Aumento de la temperatura del mar
		Acidificación oceánica

	<i>Circalitoral</i>	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	1.4
		<i>Acidificación oceánica</i>	2.1
	<i>Mesolitoral</i>	<i>Acidificación oceánica</i>	2.1
		<i>Aumento del nivel del mar</i>	3
HÁBITAT 1110	<i>Fondos de Maërl</i>	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	4.1
	<i>Fondos de cascajo</i>	<i>Acidificación oceánica</i>	5
	<i>Fondos de Maërl</i>	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	4.2
	<i>Fondos de cascajo</i>	<i>Acidificación oceánica</i>	5
Delfín mular		<i>Modificación corrientes y cambios en los patrones de afloramiento</i>	6
Tortuga común		<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	7
Gaviota de Audouin		<i>Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos</i>	8
		<i>Modificación corrientes y cambios en los patrones de afloramiento</i>	9

5.4.1. EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL HÁBITAT 1170 ARRECIFES

Este hábitat es **altamente sensible** al escenario actual de impactos derivados del cambio climático, principalmente, al **aumento de temperatura y acidificación oceánica**, causando blanqueamiento, epibiosis y necrosis, así como cambios en la distribución y principales problemas de las formaciones arrecifales. La mayoría de los estudios han revelado efectos adversos superiores sobre las especies y comunidades de este hábitat como resultado de la combinación de la acidificación y el aumento de temperatura (Martin y Hall-Spencer, 2017). Es decir, la combinación de los efectos de estas amenazas climáticas será superior a los efectos de cada una de las variables por separado. Existen otras amenazas climáticas presentes en este espacio, como el **aumento del nivel del mar** que afectará sobre todo a las especies del supralitoral y el mesolitoral, **cambios en la termoclina** y la **modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento**.

La **modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento** podrían afectar en cuanto a la disponibilidad de nutrientes, pero se carece de bastante información al respecto. Expertos de entidades como “SOLDECOCOS” o técnicos de la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía, señalan que podría afectar a especies como los corales, porque se alimentan de partículas en suspensión arrastradas por estas corrientes.

También existe cierto grado de incertidumbre respecto a la **modificación de la termoclina**, en cuanto a cómo puede afectar al aumento de temperatura en profundidad y al impacto sobre las especies. En las zonas más cálidas del mediterráneo español algunas especies cuya distribución alcanzaba aguas superficiales se distribuyen en la actualidad por debajo de la profundidad de la termoclina estival (Kersting *et al.*, 2016). Además, la intensificación de la estratificación en la capa fótica tiene efectos importantes sobre la disponibilidad de nutrientes, los cuales se acaban agotando en este estrato de la columna de agua.

En definitiva, el **aumento de temperatura en profundidad** es uno de los factores que más condiciona la presencia y conservación del hábitat arrecifes (1170), junto con la acidificación oceánica y el aumento del nivel del mar, por lo que se opta por evaluar el riesgo asociado a esas amenazas. Dado que el **aumento de temperatura** tendrá un impacto mayor en zonas superiores y algunas amenazas afectarán solamente a comunidades a determinadas profundidades, se ha considerado oportuno dividir el hábitat en función de la profundidad y las comunidades presentes (mesolitoral, infralitoral y circalitoral) para evaluar el riesgo.

CASO 1. Evaluación del riesgo del hábitat arrecifes (1170) frente al aumento de temperatura

CASO 1.1. Roca infralitoral con fucales

Se incluyen las diferentes comunidades de algas del género *Cystoseira* y encontramos especies como *Astroides calycularis* hasta los 25 m de profundidad.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Koch *et al.* (2012) aseguran que el calentamiento global de las aguas por encima de 1°C alterará los procesos bioquímicos y fisiológicos de las algas, provocando cambios en sus interacciones ecológicas, lo que determinará si las algas pueden sobrevivir o reproducirse y limitará a su distribución geográfica (Lüning, 1990).

Las predicciones indican que las zonas infralitorales sufrirán alteraciones que implican variaciones en los hábitats de muchas especies de algas con el aumento de la temperatura del agua de mar. Estas zonas podrán cambiar su extensión, disminuyendo o expandiendo su rango, ser colonizadas o invadidas por otras especies que crezcan y se desarrollen mejor en este nuevo escenario, o bien, desaparecer por la expansión de otros hábitats. Durante el taller participativo recalcaron que estos impactos son ya patentes en las zonas de menor profundidad durante pedidos de olas de calor (p.e., mortalidad de especies).

El impacto del aumento de temperatura en esta capa superficial va a ser superior al de las zonas situadas a mayor profundidad. Dado que hay evidencias de mortalidades masivas en otras áreas del Mar Mediterráneo y puede haber indicios de que ocurra lo mismo en este espacio, se considera sensible en el RCP 4.5 y muy sensible en el RCP 8.5.

Resiliencia

Las algas presentan unos óptimos de fotosíntesis, crecimiento y reproducción dentro de unos rangos de temperatura superficial del mar muy definidos, cualquier alteración relacionada con un aumento de temperatura superior puede afectar a la capacidad de recuperación (Lüning, 1990). Por tanto, esta unidad se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que las comunidades de este hábitat frente al aumento de la temperatura presentan una **vulnerabilidad** alta en el RCP 4.5 y muy alta en el RCP 8.5.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Los impactos del calentamiento del agua del mar resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en impactos moderados en RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5. Expertos de organizaciones como OCEANA o entidades como "SOLDECOCOS", investigadores del Instituto Español de Oceanografía y técnicos de la Junta de Andalucía que han formado parte del proceso participativo señalan que esta amenaza puede dar lugar a mortalidades masivas, introducción de patógenos y especies invasoras, cambios en la distribución de especies, en

productividad y crecimiento de especies de algas, dando lugar, en consecuencia, a una pérdida de biodiversidad de la zona infralitoral.

➤ **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que el impacto se produzca, lo que resultaría en un riesgo alto en RCP 4.5 y extremo en RCP 8.5

Síntesis

De acuerdo con la información existente, el Mediterráneo será una de las zonas más afectadas por la subida de la temperatura superficial del mar, por lo que la **magnitud** se considera media en el RCP 4.5 (aumento de casi 1°C para 2050) y alta en el RCP 8.5 (aumento de casi 2°C para 2050) según los escenarios obtenidos de bio-ORACLE. La **probabilidad**, de acuerdo con el informe del IPCC (2019) sobre el aumento de temperatura, se considera casi segura. En base a la información disponible, se podría considerar sensible en RCP 4.5 y muy sensible en RCP 8.5, dado que las zonas infralitorales sufrirán alteraciones que implican variaciones en los hábitats de muchas especies de algas con el aumento de la temperatura del agua de mar. Las algas presentan unos óptimos de fotosíntesis, crecimiento y reproducción dentro de unos rangos de temperatura superficial del mar muy definidos, cualquier alteración relacionada con un aumento de temperatura superior puede afectar a la capacidad de recuperación, por lo que se considera poco resiliente en ambos escenarios, como resultado su **vulnerabilidad** es alta en RCP 4.5 y muy alta en RCP 8.5. El cruce de la magnitud de amenaza con la vulnerabilidad resulta en **consecuencias moderadas** en RCP 4.5 y **muy graves** en RCP 8.5 que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo alto** en RCP 4.5 y **extremo** en RCP 8.5.

Tabla 6. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 1.1.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	Muy alta
CONSECUENCIAS	Moderadas	Muy graves
RIESGO	Alto	Extremo

CASO 1.2. *Astroides calycularis*

Cornwall *et al.* (2021) aseguran que el calentamiento y la acidificación tendrán un efecto aditivo (mayor que los efectos individuales) sobre las tasas de calcificación bajo RCP 4.5 y un efecto sinérgico (mayor que la suma de los efectos individuales) bajo RCP 8.5 para finales de siglo. Los estudios sobre los efectos del calentamiento y la acidificación de forma aislada son escasos y aún son menos los que han evaluado los efectos combinados de ambos factores de estrés, principalmente en las primeras etapas de vida. En lo que respecta a los corales adultos, los efectos combinados de las altas temperaturas y el bajo pH dependen generalmente de la intensidad de estos. Por ejemplo, un calentamiento moderado puede contrarrestar el impacto de la acidificación, terminando con un efecto neutro sobre la calcificación de los corales adultos (Kornder *et al.*, 2018).

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Gran parte de lo expuesto anteriormente para la roca infralitoral con fucas aplica de forma directa al coral naranja, aunque con un menor nivel de intensidad, debido sobre todo a que puede habitar aguas más profundas, no siendo tan dependiente de la luminosidad como otras especies del hábitat de arrecife (tal y como señalaron integrantes del proceso participativo de la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía).

Según las predicciones climáticas para el futuro próximo podrían producirse eventos de mortalidad masiva del coral anaranjado, como el ocurrido a finales de verano de 2020 en las Islas Pelagie, causando potencialmente nuevas extinciones locales en el Mar Mediterráneo.

Otra amenaza importante resaltada por diversas personas expertas es la posible presencia del alga asiática (*Rugulopteryx okamurae*). Esta especie invasora ya está desplazando al coral anaranjado en zonas de la costa de Granada. La poca disponibilidad para realizar campañas en el entorno de la isla de Alborán limita el conocimiento sobre la posible presencia del alga en el espacio.

Dicho esto, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5.

Resiliencia

La recuperación de las poblaciones depende no solo de la capacidad de recuperación de los adultos, por su capacidad de desplazarse a aguas más profundas, sino también del éxito de la reproducción sexual, el desarrollo larvario y el reclutamiento (Bahr *et al.*, 2020). Un estudio realizado por Carbonne *et al.* (2022) afirma que el aumento de temperatura afecta a las primeras etapas de la vida de *Astroides calycularis*, actuando sobre el desarrollo larvario, lo que repercutirá negativamente en la resiliencia y resistencia de las poblaciones mediterráneas al disminuir la dispersión y el reclutamiento, por lo que se considera una especie poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que las comunidades de este hábitat frente al aumento de la temperatura presentan una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios.

➤ **Identificación y valoración de las consecuencias**

Las consecuencias del calentamiento del agua del mar sobre la especie resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en **consecuencias moderadas** en ambos escenarios, pudiendo reducirse el número de individuos en el espacio y dando lugar a una pérdida de alto valor ecosistémico. **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera probable, que, cruzada con las consecuencias moderadas, resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Síntesis

De acuerdo con la información existente, el Mediterráneo será una de las zonas más afectadas por la subida de la temperatura superficial del mar, por lo que la **magnitud** se considera alta entre los 0 -25 m en ambos escenarios. La **probabilidad**, de acuerdo con el informe del IPCC (2019) sobre el aumento de temperatura, se considera casi segura. Un estudio realizado por Carbonne *et al.* (2022) afirma que el aumento de temperatura afecta a las primeras etapas de la vida de *Astroides calycularis*, actuando sobre el desarrollo larvario y dadas las predicciones climáticas para el futuro próximo, podrían producirse eventos de mortalidad masiva de esta especie, resultando ser moderadamente sensible en el RCP 4.5 y sensible en el RCP 8.5. La recuperación de las poblaciones depende del éxito de la reproducción sexual, el desarrollo larvario y el reclutamiento (Bahr *et al.*, 2020), se considera una especie poco resiliente en ambos escenarios, y dando lugar a una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios. El cruce de la magnitud de amenaza con la vulnerabilidad resulta en **consecuencias moderadas** que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo alto**.

Tabla 7. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 1.2.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	
CONSECUENCIAS	Moderadas	
RIESGO	Alto	

CASO 1.3. Laminariales

Se incluyen los bosques de laminariales situados entre los 25 y 50 m de profundidad (pudiendo alcanzar hasta unos 75 m en algunas franjas). Están formados por las especies *Laminaria ochroleuca* y *Saccorhiza polyschides*, indicadores de la influencia que la corriente atlántica tiene sobre este espacio.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

El personal experto recalca que los bosques de laminariales al estar más profundos pueden presentar un menor riesgo al aumento de temperatura y podrían desplazarse a zonas más profundas. En términos generales, se prevé el declive de los bosques de macroalgas atlánticos, por un aumento en la frecuencia de las mortandades asociadas al calentamiento en el Mediterráneo (Anadón *et al.*, 2014). Por ejemplo, varios estudios independientes realizados en España y Portugal han documentado la pérdida total o parcial del área de distribución de especies como *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccharina latissima* y *Saccorhiza polyschides* por el aumento de temperatura del mar (Smale, 2020). Por tanto, se consideran moderadamente sensibles en RCP 4.5 y sensibles en RCP 8.5.

Resiliencia

Wernberg *et al.* (2010) sugieren en su estudio que hay evidencias recientes de que la resiliencia de las laminariales a las perturbaciones externas está disminuyendo, aunque se trata de especies que podrían desplazarse a zonas más profundas, por lo que se consideran moderadamente resilientes en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que las comunidades de este hábitat frente al aumento de la temperatura presentan una **vulnerabilidad** media en el RCP 4.5 y alta en el RCP 8.5.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias del calentamiento del agua del mar resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en consecuencias menores en RCP 4.5 y moderadas en RCP 8.5. Además, de los efectos mencionados con anterioridad, estudios, expertos de la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía y del Servicio Provincial de Costas del MITECO e informes aseguran que la provisión de servicios ecosistémicos (producción primaria, absorción y almacenamiento de CO₂, estabilización del sedimento y fuente de biodiversidad) se verán alterados.

➤ **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca que resultaría en un riesgo moderado en RCP 4.5 y alto en RCP 8.5.

Síntesis

De acuerdo con la información existente, el Mediterráneo será una de las zonas más afectadas por la subida de la temperatura superficial del mar, por lo que la **magnitud** se considera media en el RCP 4.5 (aumento de casi 1°C para 2050) y alta en el RCP 8.5 (aumento de casi 2°C para 2050) según los escenarios obtenidos de bio-ORACLE. La **probabilidad**, de acuerdo con el informe del IPCC (2019) sobre el aumento de temperatura, se considera casi segura. Expertos de la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía y del Servicio Provincial de Costas del MITECO recalcan que los bosques de laminariales al estar más profundos pueden presentar un menor riesgo al aumento de temperatura y podrían desplazarse a zonas más profundas, varios estudios independientes realizados en España y Portugal han documentado la pérdida total o parcial del área de distribución de especies como *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccharina latissima* y *Saccorhiza polyschides* por el aumento de temperatura del mar (Smale, 2020). Por tanto, se consideran moderadamente sensibles en RCP 4.5 y sensibles en RCP 8.5. Wernberg *et al.* (2010) sugieren en su estudio que hay evidencias recientes de que la resiliencia de las laminariales a las perturbaciones externas está disminuyendo, aunque se trata de especies que podrían desplazarse a zonas más profundas, por lo que se consideran moderadamente resilientes en ambos escenarios, como resultado su **vulnerabilidad** media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5 (Wernberg *et al.*, 2010; Pena *et al.*, 2024). El cruce de la magnitud de amenaza con la vulnerabilidad resulta en **consecuencias** menores en RCP 4.5 y moderadas en RCP 8.5 que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo** moderado en RCP 4.5 y alto en RCP 8.5.

Tabla 8. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 1.3.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Media	Alta
CONSECUENCIAS	Menores	Moderadas
RIESGO	Moderado	Alto

Caso 1.4. Roca circalitoral con laminariales y circalitoral profunda con coralígeno

En el circalitoral (desde los 50 hasta los 200 m de profundidad) podemos encontrar otros corales como el coral rojo o el coral blanco (a una mayor profundidad, en el circalitoral profundo). Se trata de construcciones biógenas originadas principalmente por algas rojas calcáreas incrustantes o foliáceas, que constituyen el sustrato sobre el que se fijan muchas especies de invertebrados sésiles y filtradores con esqueletos de carbonato cálcico, como briozoos, braquiópodos, poliquetos serpúlidos, esponjas, moluscos bivalvos y antozoos, que contribuyen a la consolidación de la comunidad coralígena.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

El calentamiento del mar puede afectar a las formaciones coralígenas tanto directamente, provocando cambios metabólicos perjudiciales y estrés fisiológico, como indirectamente, reduciendo su resistencia a los patógenos. Recientes descubrimientos han demostrado que un aumento de entre 3 y 4 °C de la temperatura del agua del mar (como el registrado durante la ola de calor de 2003 en el Mediterráneo noroccidental) puede inducir una mortalidad masiva en algunas comunidades de gorgonias o esponjas (Di Carlo y Otero, 2012).

Hasta ahora, ya existen diversos estudios en el mediterráneo occidental que documentan episodios de mortalidad masiva de invertebrados epibentónicos sésiles, resaltando sobre todo las ocurridas en 1999 y 2003 (Cebrian *et al.*, 2011), la primera de ellas afectó a poblaciones de más de 30 especies de diferentes filos a lo largo de las costas francesas e italianas (Pérez *et al.*, 2000). La mayoría de los registros hacen referencia a especies de cnidarios y poríferos que presentan signos claros de necrosis reciente, por ejemplo, esqueletos desnudos en gorgonias y esponjas (Garrabou *et al.*, 2019). Como resultado de estos eventos, se han documentado graves impactos en los ecosistemas marinos en todo el mundo, incluida la extinción de la biodiversidad y la tropicalización de las comunidades marinas (Wernberg *et al.*, 2016), proliferación de algas tóxicas (Cavole *et al.* 2016) y blanqueamiento de corales (Hughes *et al.* 2017). Al situarse a una mayor profundidad podría considerarse que el aumento de temperatura afectará en menor medida a esta sección del hábitat (sin tener en cuenta los procesos de mezcla y los cambios de las corrientes que podrían inducir a que la capa profunda se hunda cada vez más caliente). Por tanto, se considera poco sensible en RCP 4.5 y moderadamente sensible en RCP 8.5 en ambos escenarios.

Resiliencia

El coralígeno forma hábitats muy diversos, pero presentan un crecimiento muy lento (Pena *et al.* 2014). Por tanto, esta unidad se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que las comunidades de este hábitat frente al aumento de la temperatura presentan una **vulnerabilidad media** en ambos escenarios.

➤ **Identificación y valoración de las consecuencias**

Las consecuencias del calentamiento del agua del mar resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en consecuencias insignificantes en RCP 4.5 y menores en RCP 4.8.

➤ **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca que resultaría en un riesgo bajo en RCP 4.5 y moderado en RCP 4.8.

Síntesis

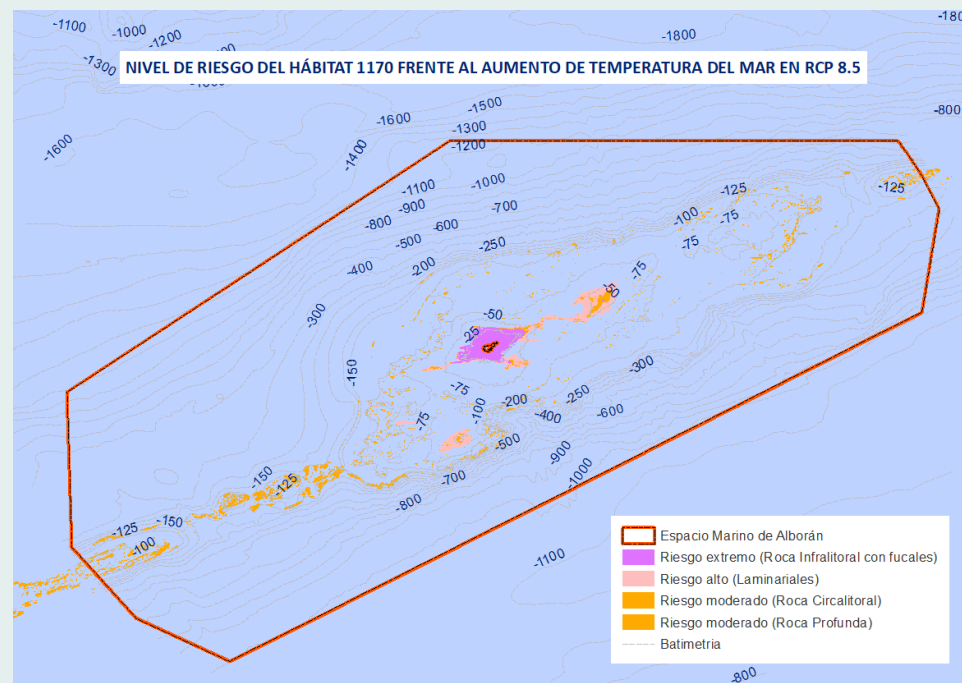
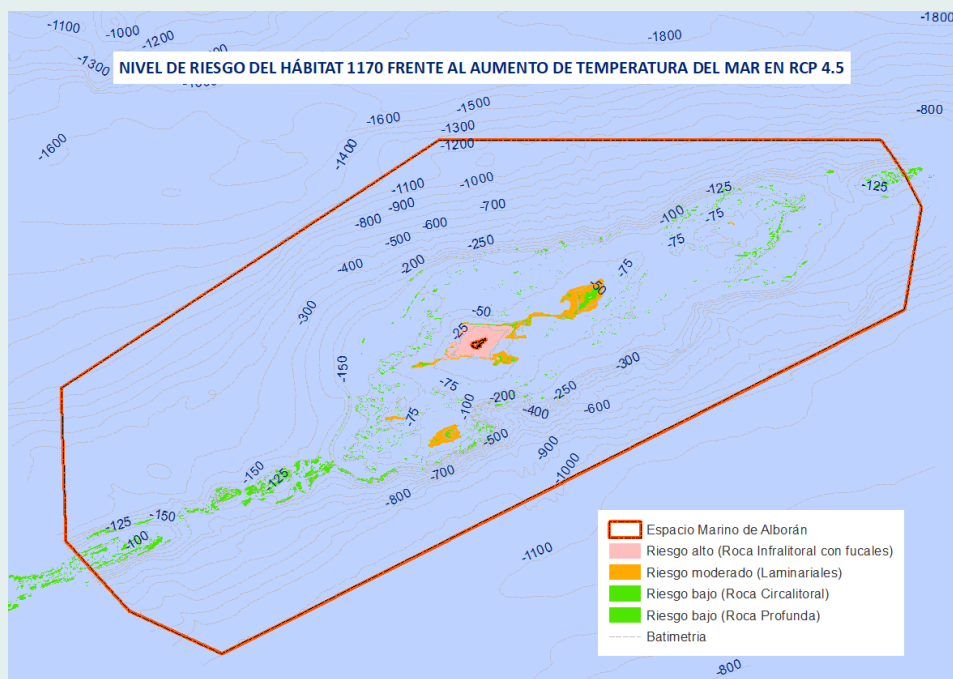
De acuerdo con la información existente, el Mediterráneo será una de las zonas más afectadas por el aumento de la temperatura superficial del mar, por lo que la **magnitud** se considera baja en las capas más profundas, según los escenarios obtenidos de bio-ORACLE. La **probabilidad**, de acuerdo con el informe del IPCC (2019) sobre el aumento de temperatura, se considera casi segura. En base a la información disponible, se podría considerar poco sensible en RCP 4.5 y moderadamente sensible en RCP 8.5, dado que la propensión de las comunidades, especies y servicios ecosistémicos presentes en este hábitat a sufrir efectos negativos en casos de aumento de la temperatura ha sido ya reportada en diferentes lugares de la costa mediterránea (Cebrian *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2000; Garrabou *et al.*, 2019). El hábitat se considera poco resiliente en ambos escenarios, dada la lentitud de crecimiento y capacidad de recuperación de determinadas especies, como resultado su **vulnerabilidad media** en ambos escenarios. El cruce de la magnitud de amenaza con la vulnerabilidad resulta en **consecuencias insignificantes** que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo bajo**.

Tabla 9. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 1.4.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Media	
CONSECUENCIAS	Insignificantes	Menores
RIESGO	Bajo	Moderado

Tabla 10. Nivel de riesgo y consecuencias del hábitat 1170 frente al aumento de temperatura del mar en función de la profundidad.

Batimetría (m)	Comunidad	Superficie (ha)	% Superficie	Temperatura media (°C)			Consecuencias	Nivel de riesgo	
				Actual	RCP 4.5	RCP 8.5		RCP 4.5	RCP 8.5
0 - 25	Roca infralitoral con fucales	388	12,78	19	20	20,2	+ de 1°C da lugar a cambios en procesos bioquímicos y fisiológicos	ALTO	EXTREMO
25 - 50	Laminariales	872	28,73	17,1	17,7 - 17,9	18,1 - 18,4	Aumento entre 2 y 4°C puede dar lugar a la pérdida total o parcial de superficie	MODERADO	ALTO
50 - 100	Roca circalitoral con Laminariales	528	17,40	13,03	13,3 - 13,5	13,3 - 13,6	Eventos de olas de calor entre 3-4 °C puede dar lugar a mortalidades masivas	BAJO	MODERADO
100 - 200	Roca circalitoral profunda con coralígeno	1247	41,09	13,04	13,3	13,3		BAJO	MODERADO



CASO 2. Evaluación del riesgo del hábitat arrecifes (1170) frente a la acidificación oceánica

Caso 2.1. Mesolitoral, infralitoral y circalitoral

Las especies de coralígeno o con esqueletos calcáreos pueden verse afectadas por el aumento de la acidificación del agua de mar, que reduce el crecimiento del esqueleto y tiende a causar la muerte (Di Carlo y Otero, 2012). En general, afectará a especies de todos los pisos, como *Dendropoma lebeche*, *Patella ferruginea*, *Astroides calycularis* y *Charonia lampas*, que presentan esqueletos o conchas calcáreas.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

La acidificación de los océanos está provocando una disminución del estado de saturación del carbonato cálcico que probablemente afecte a la capacidad de los individuos de las comunidades de coralígeno para formar su esqueleto o caparazón de carbonato mediante una disminución de las tasas de calcificación. Aunque la respuesta fisiológica en términos de calcificación es variable entre taxones y especies (Ries *et al.* 2009), la acidificación del agua de mar está relacionada con una reducción en las tasas de crecimiento bajo concentraciones CO₂ elevadas, según aseguran estudios como los realizados por Kroeker *et al.* (2010) y Harley *et al.* (2012). Por tanto, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5.

Resiliencia

Las comunidades de coralígeno de este hábitat presentan un crecimiento muy lento (Pena *et al.* 2014). Por tanto, esta unidad se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que los hábitats y especies de interés de los fondos blandos frente a la acidificación presentan una vulnerabilidad alta en ambos escenarios.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

- Las consecuencias de la acidificación sobre esta unidad ambiental resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en consecuencias moderadas, asociada principalmente a una pérdida de biodiversidad. **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera casi segura, que, cruzada con las consecuencias moderadas, resulta en un riesgo alto.

Síntesis

De acuerdo con la información existente, se prevé que el pH se vuelva más ácido a lo largo del siglo (Hoegh-Guldberg *et al.* 2007), por lo que la **magnitud** se considera media para el RCP 4.5 y alta para el RCP 8.5. La **probabilidad**, de acuerdo con el IPCC es probable. Se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5. En base a la información disponible, se podría considerar sensible, dado que la propensión de estas comunidades y especies a ser afectadas por la acidificación ha sido ya reportada en diferentes estudios, donde aseguran una disminución en la generación de los esqueletos de carbonato cálcico (Ries *et al.*, 2009; Kroeker *et al.*, 2010), y se considera poco resiliente dada la lentitud de crecimiento, como resultado su **vulnerabilidad** es alta (Pena *et al.* 2014). El cruce de la amenaza de magnitud alta con la vulnerabilidad alta resulta en **consecuencias moderadas** que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo alto**.

Tabla 11. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 2.1.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	
CONSECUENCIAS	Moderadas	
RIESGO	Alto	

Caso 2.2. *Astroides calycularis*

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Los corales templados parecen ser más tolerantes a la acidificación de los océanos que los corales tropicales, ya que su calcificación rara vez se ve afectada por un pH bajo (Rodolfo-Metalpa *et al.*, 2011). En ese sentido, un estudio realizado por Carbonne *et al.* (2022) asegura que, en la fase adulta, *A. calycularis* podría tolerar futuras condiciones de acidificación oceánica durante al menos 6 meses, pero este equilibrio puede verse alterado por la inclusión de cambios en otras variables ambientales. Además, sugieren que la acidificación afecta a las primeras etapas de la vida de *Astroides calycularis*, retrasando la metamorfosis y afectando a las propiedades esqueléticas. Otro estudio realizado en 2021 concluyó un efecto negativo del pH bajo sobre la reproducción sexual de *A. calycularis*. Por tanto, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5.

Resiliencia

La recuperación de las poblaciones depende no solo de la capacidad de recuperación de los adultos, sino también del éxito de la reproducción sexual, el desarrollo larvario y el reclutamiento (Bahr *et al.*, 2020). Como se ha mencionado anteriormente la temperatura puede afectar al desarrollo larvario por lo que se considera una especie poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que los hábitats y especies de interés de los fondos blandos frente a la acidificación presentan una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias de la acidificación sobre esta unidad ambiental resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en **consecuencias moderadas**.

➤ Evaluación del riesgo

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera probable, que, cruzada con las consecuencias moderadas, resultaría en un **riesgo alto**.

Síntesis

De acuerdo con la información existente, se prevé que el pH se vuelva más ácido a lo largo del siglo (Hoegh-Guldberg *et al.* 2007), por lo que la **magnitud** se considera media para el RCP 4.5 y alta para el RCP 8.5. La **probabilidad**, resulta probable en ambos escenarios. De acuerdo con el IPCC se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5 ya que la acidificación afecta a las primeras etapas de la vida de *Astroides calycularis*, retrasando la metamorfosis y afectando a las propiedades esqueléticas (Carbonne *et al.* 2021). La recuperación depende también del éxito de la reproducción sexual, el desarrollo larvario y el reclutamiento (Bahr *et al.*, 2020), por lo que se considera una especie poco resiliente en ambos escenarios. El cruce de la amenaza de magnitud alta con la vulnerabilidad alta resulta en **consecuencias moderadas** que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo alto**.

Tabla 12. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 2.2.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	
CONSECUENCIAS	Moderadas	
RIESGO	Alto	

CASO 3. Evaluación del riesgo del hábitat arrecifes (1170, mesolitoral) frente al aumento del nivel del mar

En el mesolitoral a lo largo de la plataforma de abrasión que rodea la isla encontramos especies como *Dendropoma lebeche* (especie bioindicadora del aumento del nivel del mar) y *Patella ferruginea*, entre otras.

Estas especies sufren diversas amenazas para su supervivencia, entre las que se encuentra la contaminación marina. Se desconoce el efecto del cambio climático en estas especies, pues se trata de una amenaza que no se ha considerado por falta de estudios previos, pero es probable que la elevación progresiva de la temperatura y del nivel del mar constituyan factores adicionales de amenaza. En cuanto a los factores bióticos, la competencia con otras especies puede condicionar su distribución, pues requiere de superficies donde el recubrimiento por parte de otros organismos, como algas, no sea elevado. En este caso, el aumento de temperatura que favorece la introducción de especies exóticas invasoras o los afloramientos (blooms) de determinadas especies algales podría afectar a las especies, pero no se dispone de suficientes datos al respecto como para evaluar el impacto de esta variable. Además, expertos en estas especies de la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía señalan que se están observando un incremento de fenómenos de episodios de 'calmas', en los que se combinan mareas bajas con periodos de altas temperaturas, estas condiciones son muy adversas para especies como la lapa. La acidificación oceánica podría afectar a la formación de los esqueletos calcáreos, tal y como se ha comentado y evaluado previamente (caso 2.1).

Según Guallart y Templado (2012) el escaso espacio disponible para la vida de estas especies en los sustratos rocosos se considera uno de los principales factores limitantes, pues habitan exclusivamente en una estrecha franja del mesolitoral. Por tanto, se procede a evaluar el posible impacto del aumento del nivel del mar asociado al cambio climático sobre estas especies intermareales.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Siguiendo las proyecciones del IPCC, los ecosistemas de las costas rocosas intermareales enfrentarán un riesgo muy alto conforme avance el siglo, sobre todo en un RCP 8.5 debido, entre otros factores, al aumento del nivel del mar. Actualmente, los acantilados de la isla están sufriendo un proceso de erosión debido a la acción del mar, lo que da lugar a que se encuentre en un proceso de retroceso continuo en el tiempo, provocando la aparición de una nueva plataforma de abrasión bordeándolos externamente.

Kersting *et al.* (2016) afirman que los arrecifes del vermético *Dendropoma lebeche*, que se encuentra junto a *Patella ferruginea* en las plataformas rocosas de Alborán, son muy vulnerables al aumento del nivel del mar, ya que puede provocar que queden sumergidos y cubiertos por las algas, causando su muerte total o parcial. Esta afirmación ofrece un enfoque holístico de lo que podría ocurrir con esta y otras especies intermareales. Se debe tener en cuenta que *Dendropoma lebeche* forma colonias sésiles al sustrato, al contrario que *Patella ferruginea*, que presenta cierta movilidad, por lo que *P. ferruginea* podría adaptarse mejor a amenazas como el aumento del nivel del mar y *D. lebeche*

sería un buen indicador del aumento del nivel del mar. No obstante, aunque la lapa puede moverse, hay zonas donde la presencia de paredones verticales limita su capacidad de adaptación a la subida del nivel del mar. Dicho esto, esta franja del espacio se podría considerar moderadamente sensible en el RCP 4.5 y sensible en el RCP 8.5.

Resiliencia

Se tratan de especies de crecimiento lento y mayormente sedentarias, con una tendencia a localizarse en un determinado punto de sustrato (Guallart y Templado, 2012). Teniendo en cuenta estas características podrían considerarse poco resiliente.

Cruzando estos valores se obtiene que presenta una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

El aumento del nivel del mar puede dar lugar a que la zona intermareal sometida a continuas emersiones/inmersiones pase a estar permanentemente sumergida, lo que podría ocasionar el desplazamiento o la pérdida de las especies intermareales adaptadas a las continuas fluctuaciones de emersión-inmersión, poniendo en peligro la presencia de esas especies en el espacio, ya que además presenta poblaciones estables e importantes de muchas especies. Por tanto, las consecuencias se consideran moderadas.

➤ Evaluación del riesgo

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera probable, que, cruzada con las consecuencias moderadas, resultaría en un **riesgo alto**. El aumento del nivel del mar podría alterar la distribución de especies intermareales de interés que, si bien no son objeto específico del plan de gestión, es interesante documentar el riesgo.

Síntesis

En el Mediterráneo el nivel del mar aumentará entre 2 y 5 mm año⁻¹ durante este siglo, asociándose las menores elevaciones al RCP 4.5, pero sobre todo a la contribución de la fusión de hielos, sobre la cual hay una gran incertidumbre (Kersting, 2016), por lo que la **magnitud** se considera media en el RCP 4.5 y alta en el RCP 8.5, siendo probable en ambos escenarios. No existen estudios ni datos concretos sobre cómo va a afectar el aumento del nivel del mar a esta especie. No obstante, siguiendo las proyecciones del IPCC, los ecosistemas de las costas rocosas intermareales enfrentarán un riesgo muy alto conforme avance el siglo debido, entre otros factores, al aumento del nivel del mar. Por tanto, la especie se podría considerar moderadamente sensible en el RCP 4.5 y sensible en el RCP 8.5. Se trata de una especie de crecimiento lento, baja capacidad de dispersión natural y relativamente sedentaria, con una tendencia a localizarse en un determinado punto de sustrato (Guallart y Templado, 2012), por lo que podría considerarse poco resiliente. Por tanto, se obtiene una **vulnerabilidad alta** que, cruzada con la magnitud, deriva en unas **consecuencias moderadas** pudiendo dar lugar a que la zona intermareal pase a estar permanentemente sumergida poniendo en peligro la presencia de esta especie en el espacio. A su vez, las consecuencias cruzadas con la probabilidad, resultaría en un **riesgo alto**.

Tabla 13. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 3.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	
CONSECUENCIAS	Moderadas	
RIESGO	Alto	

5.4.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL HÁBITAT BANCOS DE ARENA CUBIERTOS PERMANENTEMENTE POR AGUA MARINA POCO PROFUNDA (1110)

Los factores ambientales que controlan su supervivencia, distribución y rendimiento fisiológico son principalmente la temperatura y el pH del océano. Así pues, los cambios de estas variables asociados al cambio climático tendrán diversas consecuencias sobre la supervivencia y la aptitud de las especies presentes en este hábitat. La mayoría de los estudios revelan efectos adversos superiores como resultado de la combinación de la acidificación y el calentamiento de los océanos (Martin y Hall-Spencer, 2017).

CASO 4. Evaluación del riesgo del hábitat 1110 frente al aumento de temperatura del mar

➤ CASO 4.1. Fondos de Maërl

Las dos especies principales de algas calcáreas que forman el “maërl” en las aguas atlánticas y mediterráneas europeas son *Phymatolithon calcareum* y *Lithothamnion corallioides*, incluidas en el Anexo V de la Directiva de Hábitats. La composición de la comunidad asociada a los fondos de “maërl” de Alborán presenta notables variaciones en función de la profundidad. Se han identificado más de 300 especies de invertebrados asociadas al “maërl” (esponjas, cnidarios, nemertinos, poliquetos, crustáceos, moluscos, braquiópodos y equinodermos), la mayoría de pequeño tamaño.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Respecto a los fondos de Maërl, los datos disponibles hasta la fecha sugieren que este importante grupo de algas es especialmente vulnerable al calentamiento de los océanos. Los informes indican que ciertas algas carnosas y animales no calcificados pueden beneficiarse y superar a las coralinas y a los animales calcificados que caracterizan estos hábitats. Además, se tiene constancia de que, para las algas coralinas de estos fondos, un pequeño aumento de temperatura por encima de los experimentados en los hábitats naturales es perjudicial, disminuyendo el crecimiento, la fotosíntesis y la calcificación (Steller *et al.* 2007). Cada vez hay más pruebas de que el calentamiento de los océanos tendrá efectos negativos sobre el reclutamiento y el crecimiento de las primeras fases del ciclo biológico de las algas coralinas, como los realizados por Porzio *et al.*, o Bradassi *et al.*, en el año 2013. El aumento de temperatura también causará invasiones de especies y cambios en las áreas de distribución latitudinal de las especies (Doney *et al.*, 2012).

Además, es necesario incluir las sinergias con otros efectos locales, como la contaminación y la pesca de arrastre, palangre o cerco que daña el fondo marino para comprender y predecir las consecuencias del cambio climático sobre la supervivencia de las poblaciones. También se debe tener en cuenta la variabilidad de respuesta entre las especies al aumento de la temperatura, ya que algunas especies podrían persistir durante episodios de temperaturas inusualmente altas o podrían aclimatarse más fácilmente al aumento de temperatura mediante adaptaciones como las mencionadas con anterioridad. En definitiva, teniendo en cuenta la información recopilada de distintas fuentes bibliográficas y de consultas a expertos, se considera moderadamente sensible en el RCP 4.5 y sensible en el RCP 8.5.

Resiliencia

Estas especies forman hábitats muy diversos, pero presentan un crecimiento muy lento (Pena *et al.* 2014). Por tanto, esta unidad se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que las comunidades de este hábitat frente al aumento de la temperatura presentan una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias del calentamiento del agua del mar sobre el hábitat resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en **consecuencias moderadas** en ambos escenarios.

Esto implica que las alteraciones que el calentamiento del agua producirá este tipo de hábitat serán moderadas en el peor de los escenarios. Además, de los efectos mencionados con anterioridad, estudios, expertos e informes aseguran que la provisión de servicios ecosistémicos se verá alterada, afectando también al sector pesquero (concretamente a la pesca de gamba roja), la principal actividad económica del espacio.

➤ Evaluación del riesgo

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, que resultaría en un **riesgo alto**.

Síntesis

De acuerdo con la información existente, el Mediterráneo será una de las zonas más afectadas por la subida de la temperatura superficial del mar, por lo que la **magnitud** se considera media en el RCP 4.5 (aumento de casi 1°C para 2050) y alta en el RCP 8.5 (aumento de casi 2°C para 2050) según los escenarios obtenidos de bio-ORACLE. La **probabilidad**, de acuerdo con el informe del IPCC (2019) sobre el aumento de temperatura, se considera casi segura. En base a la información disponible, se podría considerar moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5, ya que se ha documentado en distintos estudios que frente a un aumento de temperatura se produce proliferación de enfermedades, mortalidades masivas, limitación en la capacidad de reproducción, invasiones de especies y cambios en las áreas de distribución latitudinal, que variará en función de las comunidades y especies. Se considera poco resiliente en ambos escenarios dada la lentitud de crecimiento y capacidad de recuperación de determinadas especies, como resultado su **vulnerabilidad** es alta en ambos escenarios (Pena *et al.*, 2024). El cruce de la magnitud de amenaza con la vulnerabilidad resulta en **consecuencias** moderadas que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo** alto en ambos escenarios.

Tabla 14. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 4.1.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	
CONSECUENCIAS	Moderadas	
RIESGO	Alto	

➤ CASO 4.2. Fondos de sustrato sedimentario de cascajo

Los fondos sedimentarios profundos de la periferia de la plataforma de la isla de Alborán, entre unos 100 y 200 metros, están formados mayoritariamente por cascajo de origen biógeno, mezclado con distintas proporciones de gravas y sedimentos más finos, según las zonas. Estos fondos son poco vistosos, pero presentan una rica e interesante fauna, en su mayoría de invertebrados; muchos de ellos viven enterrados en el sedimento, formando parte de la endofauna. En los fondos de cascajo destacan especies de esponjas, equinodermos, crustáceos.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Los octocorales templados de aguas poco profundas como la especie *Veretillum cynomorium* pueden ser capaces de resistir fisiológicamente condiciones futuras de aumento de la temperatura y acidificación. Un estudio realizado por Lopes *et al* (2018) señala que las condiciones más cálidas aumentaron la respuesta de choque térmico, un mecanismo de defensa que les permite tolerar temperaturas más altas, mientras que la respuesta antioxidante y el daño celular no se vieron afectados de forma significativa.

Por su parte, Carballo y Bell (2017) concluyen que el estrés térmico asociado al calentamiento oceánico será el que más influya en los conjuntos de esponjas a través de la propagación de enfermedades y mortalidad masiva de invertebrados, en particular bivalvos, corales y esponjas por una disminución de la eficacia de los mecanismos de defensa y el desarrollo de patógenos. El estrés térmico puede limitar la capacidad reproductiva y la dispersión de las esponjas, también puede afectar a la alimentación al aumentar o disminuir las tasas de filtración.

Durante el taller participativo se hizo hincapié en que al encontrarse a mayores profundidades y no ser hábitats cuya estructura depende de especies vivas, es la zona con menor afección directa debida al cambio climático. De forma indirecta se verá afectado por los impactos que se produzcan en otras zonas. Por tanto, se considera poco sensible en un RCP 4.5 y muy sensible en RCP 8.5.

Resiliencia

Estas especies forman hábitats muy diversos, pero presentan un crecimiento muy lento (Pena *et al*. 2014). Por tanto, esta unidad se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que las comunidades de este hábitat frente al aumento de la temperatura presentan una **vulnerabilidad** media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias del calentamiento del agua del mar sobre el hábitat resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en **consecuencias** insignificantes en RCP 4.5 y menores en RCP 8.5.

Esto implica que las alteraciones que el calentamiento del agua producirá este tipo de hábitat serán moderadas en el peor de los escenarios. Este hábitat está ligado a la pesca de gamba roja, la principal actividad económica dentro del espacio. Por el cambio climático, podría cambiar la estacionalidad de la especie, sobre todo en fases más juveniles. Además, la especie podría desplazarse a mayor profundidad asociado al cambio de temperatura, la estructura general del ecosistema podría cambiar, migrar especies o cambiar los ciclos, por lo que la flota tendría que cambiar su ubicación o aumentar su esfuerzo, incluso cambiar los caladeros a otros tipos de artes de pesca.

➤ Evaluación del riesgo

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, que resultaría en un **riesgo bajo** en RCP 4.5 y **moderado** en RCP 8.5.

Síntesis

De acuerdo con la información existente, el Mediterráneo será una de las zonas más afectadas por la subida de la temperatura superficial del mar, por lo que la **magnitud** se considera media en el RCP 4.5 (aumento de casi 1°C para 2050) y alta en el RCP 8.5 (aumento de casi 2°C para 2050) según los escenarios obtenidos de bio-ORACLE. La **probabilidad**, de acuerdo con el informe del IPCC (2019) sobre el aumento de temperatura, se considera casi segura. En base a la información disponible, se podría considerar poco sensible en RCP 4.5 y moderadamente sensible en RCP 8.5, ya que se ha documentado en distintos estudios que frente a un aumento de temperatura se produce proliferación de enfermedades, mortalidades masivas, limitación en la capacidad de reproducción, invasiones de especies y cambios en las áreas de distribución latitudinal, que variará en función de las comunidades y especies. Se considera poco resiliente en ambos escenarios dada la lentitud de crecimiento y capacidad de recuperación de determinadas especies, como resultado su **vulnerabilidad** es media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5. El cruce de la magnitud de amenaza con la vulnerabilidad resulta en **consecuencias insignificantes** en RCP 4.5 y **menores** en RCP 8.5 que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo bajo** en RCP 4.5 y **moderado** en RCP 8.5.

Tabla 15. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 4.2.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Media	Alta
CONSECUENCIAS	Insignificantes	Menores
RIESGO	Bajo	Moderado

CASO 5. Evaluación del riesgo del hábitat 1110 frente a la acidificación oceánica

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

La acidificación de los océanos está provocando una disminución del estado de saturación del carbonato cálcico que, probablemente, afecte a la capacidad de los individuos de esqueletos de carbonato cálcico de estos hábitats en su producción mediante una disminución de las tasas de calcificación. Estudios como los de Carballo y Bell (2017) señalan que la acidificación disminuye la diversidad, la biomasa y la complejidad trófica de las comunidades bentónicas (Kroeker *et al.* 2013).

Esta amenaza puede limitar la formación de rodolitos, aunque diferentes actores aseguran que de momento no parece que se esté produciendo este impacto. El grado de esta amenaza se considera similar al existente para el hábitat de arrecifes. Por tanto, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5.

Resiliencia

Las comunidades de este hábitat presentan un crecimiento muy lento (Pena *et al.* 2014). Por tanto, esta unidad se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Cruzando estos valores según se obtiene que los hábitats y especies de interés de los fondos blandos frente a la acidificación presentan una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

- Las consecuencias de la acidificación sobre esta unidad ambiental resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en **consecuencias moderadas** en ambos escenarios. Además, de los efectos mencionados con anterioridad, estudios, expertos e informes aseguran que la provisión de servicios ecosistémicos se verá alterada, afectando sobre todo al sector pesquero, la principal actividad económica del espacio. **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera probable, que, cruzada con las consecuencias moderadas, resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Síntesis

De acuerdo con la información existente, se prevé que el pH se vuelva más ácido a lo largo del siglo (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007), por lo que la **magnitud** se considera media para el RCP 4.5 y alta para el RCP 8.5. La **probabilidad**, de acuerdo con el IPCC se considera probable en ambos escenarios. En base a la información disponible, se podría considerar moderadamente sensible en el RCP 4.5 y sensible en el RCP 8.5, ya que estudios como los de Carballo y Bell (2017) señalan que la acidificación disminuye la diversidad, la biomasa, la producción de esqueletos de carbonato cálcico y la complejidad trófica de las comunidades bentónicas, y se considera poco resiliente dada la lentitud de crecimiento, como resultado su **vulnerabilidad** es alta en ambos escenarios. El cruce de la magnitud con la vulnerabilidad resulta en **consecuencias moderadas** que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Tabla 16. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 5.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	
CONSECUENCIAS	Moderadas	
RIESGO	Alto	

5.4.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL DELFÍN MULAR (*TURSIOPS TRUNCATUS*)

La mayoría de los grupos de esta especie se encuentran íntimamente relacionados con los afloramientos. La dieta de los cetáceos se basa generalmente en cefalópodos, peces pelágicos de rápido crecimiento y crustáceos. En estas zonas de contacto de masas de agua de distintas características pueden producirse afloramientos de aguas profundas ricas en nutrientes que propician una gran producción biológica, tanto directa como indirectamente. Estas condiciones generan una rica diversidad de cetáceos con poblaciones estables y otras migratorias. Por tanto, se puede deducir que la presencia/abundancia de cetáceos está íntimamente relacionada con los afloramientos, por medio de la alimentación (Alnitak, 2009).

La **amenaza climática** que mayormente va a condicionar la distribución/presencia de la especie en el EMP de Alborán será los **cambios en los patrones de afloramiento**, que va a condicionar la disponibilidad de alimento. El aumento de temperatura se considera que va a afectar también a la especie, así como el aumento de eventos climatológicos extremos como las olas de calor marinas. No obstante, se carece de información robusta en la actualidad como para analizar en detalle el impacto relacionado con estas variables ambientales. Otras variables como el aumento del nivel del mar o la acidificación oceánica no se consideran que tengan un impacto sobre esta especie.

Respecto a las presiones humanas, la navegación se puede considerar como una presión de intensidad baja, salvo en lo que se refiere al impacto asociado al ruido submarino, aunque constituye también una amenaza que puede llegar a tener una intensidad alta dado el importante tráfico de buques que navegan al norte del espacio y el potencial impacto derivado principalmente del riesgo de accidentes y contaminación asociada. De igual manera, la posible realización de maniobras con sónares de alta intensidad podría provocar graves alteraciones en las poblaciones de cetáceos de la zona. La actividad pesquera puede producir una disminución de recursos tróficos disponible. Además, puede provocar captura accidental de ejemplares, ingestión de plásticos o microplásticos y colisiones con hélices.

CASO 6. Evaluación del riesgo del delfín mular (*Tursiops truncatus*) frente a la modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Según Sousa *et al*, (2019) varios estudios han descrito impactos potenciales del cambio climático sobre los cetáceos, que están relacionados con cambios en los patrones de distribución debido principalmente a variaciones en la abundancia o distribución de las presas, que ya se han hecho evidentes en varias áreas no mediterráneas (Simmonds e Isaac, 2007) y pueden estar ocurriendo efectos similares en aguas mediterráneas (Cañadas y Vázquez, 2017).

Debido a su presencia en aguas costeras, está sujeto a una amplia variedad de amenazas por parte de las actividades humanas, como pueden ser las interacciones con las pesquerías y el tráfico marítimo o la contaminación marina (Cañadas, 2014). El informe del IPCC (2014) resalta que estos efectos del cambio climático, junto con las presiones humanas, constituye un estrés adicional para este tipo de especies, amplificando en gran medida su vulnerabilidad. Se considera una especie moderadamente sensible, ya que existen indicios, pero se carece de evidencias en la zona de estudio.

Resiliencia

La organización social, la dieta y el comportamiento oportunistas de los delfines mulares probablemente los hacen relativamente resistentes y capaces de adaptarse a condiciones ambientales cambiantes, puede ser capaz de sobrevivir en zonas con fuerte presión antropogénica mientras las presas sean abundantes (Bearzi *et al.*, 2009). Teniendo en cuenta la posible modificación en los patrones de afloramiento y la relación indirecta de los mismos con la dieta podría considerarse una especie moderadamente resiliente.

Cruzando estos valores según se obtiene que el delfín mular presenta una **vulnerabilidad media**.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Los efectos del cambio climático, relacionados con los cambios en los patrones de afloramiento, pueden dar lugar cambios en el comportamiento de especies debido a cambios en las corrientes o al aumento de temperatura, también se pueden producir cambios en la disponibilidad de recursos tróficos por cambios en los patrones de afloramiento, una tropicalización de la flora y fauna asociada a unas condiciones ambientales más favorables, cambios en los patrones de distribución de la especie, cambios en sus rutas migratorias pudiendo afectar a la presencia o a la disminución de la especie en este espacio. Las consecuencias se consideran menores.

➤ **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera posible, que, cruzada con las consecuencias moderadas, resultaría en un riesgo moderado.

Síntesis

Según Kersting (2016) estudios recientes han descrito efectos potenciales del cambio climático sobre la intensidad del afloramiento del noroeste de Alborán, fuertemente influenciado por el agua atlántica que entra por el estrecho y que podría verse afectado por una ralentización generalizada de la circulación termohalina lo que podría influir en la disponibilidad de alimento para esta especie, por lo que la **magnitud** se considera media. De acuerdo con Mote y Mantua (2002) la **probabilidad** de que este evento ocurra se considera posible. En base a la información disponible, se podría considerar moderadamente sensible, ya que varios estudios han descrito impactos potenciales del cambio climático sobre los cetáceos, que están relacionados con cambios en los patrones de distribución debido principalmente a variaciones en la abundancia o distribución de las presas (Sousa, 2019) y se considera moderadamente resiliente dada su organización social, la dieta y el comportamiento oportunista, que hacen que sea una especie relativamente resistentes y capaz de adaptarse a condiciones ambientales cambiantes (Bearzi *et al.*, 2009), dando como resultado una **vulnerabilidad** media. El cruce de la amenaza de magnitud media con la vulnerabilidad alta resulta en **consecuencias** menores que, a su vez, al ser cruzada con la probabilidad, establece un **riesgo** moderado.

Tabla 17. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 6.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Media	
CONSECUENCIAS	Menores	
RIESGO	Moderadas	

5.4.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA TORTUGA COMÚN (*CARETTA CARETTA*)

Las principales amenazas que van a afectar a la especie serán los cambios en las corrientes y el aumento de temperatura del mar. La actividad pesquera puede producir una disminución de recursos tróficos disponibles y puede provocar captura accidental de ejemplares, ingestión de plásticos o microplásticos y colisiones con hélices.

Las corrientes oceánicas influyen en la distribución de las tortugas, ya que modifican sus movimientos a través de la advección, las protegen de las aguas más frías y afectan la disponibilidad de presas (Bowen *et al.*, 2007). Las tortugas realizan grandes migraciones entre las áreas de cría y alimentación (Meylan & Meylan, 2000), utilizando las corrientes marinas y el campo magnético terrestre para orientarse (Lohmann, 2007). Los cambios en las corrientes se considera una amenaza impredecible, podría cambiar la velocidad de la corriente, lo que daría lugar a un mayor esfuerzo de los individuos en su migración. Además, esta amenaza está indirectamente relacionada con el aumento de temperatura.

Estudios genéticos, como el de Carreras *et al* (2006), ponen de manifiesto la influencia de los patrones de circulación oceánica en la dispersión de individuos a masas de agua particulares. Es probable que la distribución también esté definida por otros factores, especialmente la disponibilidad de alimento (Witt *et al.*, 2007) y que los ecosistemas sufran cambios significativos debido al cambio climático, lo que puede repercutir en las relaciones tróficas. Dadas las diferencias interespecíficas en la ecología de alimentación, éstas variarán entre especies (Bjorndal, 1997).

En cualquier caso, es necesario estudiar más en profundidad esta amenaza, teniendo en cuenta los distintos escenarios, horizontes temporales y la forma en la que repercute este descenso de la intensidad en los afloramientos en el aporte de nutrientes a la capa fótica, en la producción primaria de la zona y en el resto de la cadena trófica, siendo necesario un seguimiento es la intensidad de estos procesos a escalas regionales y locales.

Además, sería conveniente investigar si el aumento del nivel del mar, la erosión y/o el aumento de eventos climatológicos extremos afectará a los lugares de puesta y anidación de las poblaciones. En general, para que una playa sea óptima para la anidación debe cumplir varios requisitos, tales como la baja salinidad e inundabilidad, la alta humedad o la oceanografía de la costa, buscando la más adecuada para la dispersión de las crías, y debe existir espacio suficiente por encima de la línea de pleamar para que tenga lugar la anidación (Miller, 1997). En este sentido, las islas pequeñas y con menor altura se consideran especialmente vulnerables al aumento del nivel del mar y a los fenómenos meteorológicos extremos, mientras que las islas con mayor cantidad de sedimentos acumulados o abundante cobertura vegetal son más resistentes (Woodroffe, 2008).

Finalmente, se debe tener en cuenta que el sexo de las tortugas marinas está determinado por la temperatura del aire (Davenport, 1997), concretamente la temperatura de incubación de la primera mitad del desarrollo embrionario el sexo de los individuos. Existe una temperatura a la cual se produce una proporción sexual 1:1, es la denominada temperatura pivotal (Davenport, 1997), así como un pequeño intervalo alrededor de la temperatura pivotal en el que se producen ambos sexos, conocido como el intervalo térmico de transición. Al rebasar esos límites, las crías serán 100% hembras si las temperaturas son mayores que el límite superior y 100% machos si son menores que el límite inferior (Mrosovsky y Yntema, 1980). Concretamente, para la tortuga común es de 28,74°C (Ackerman, 1997). Por lo que, el aumento de temperatura en esos lugares de anidación podría afectar a la proporción de individuos macho y hembra, llevando a unas poblaciones altamente sesgadas en cuanto al sex ratio, siendo mayoritariamente en hembras.

CASO 7. Evaluación del riesgo de la tortuga común (*Caretta caretta*) frente al aumento de temperatura del mar

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Un estudio realizado por Almpnidou *et al.* (2019) afirma que, a lo largo del siglo, la temperatura del mar superará la actual en distintos corredores de esta especie en el Mediterráneo, aunque se mantendrá por debajo del límite térmico superior a escala mundial. Este estudio demostró que las tortugas bobas enfrentarán temperaturas cada vez más elevadas tanto en sus corredores como en sus alrededores.

Por otro lado, Witt *et al.* (2010), utilizando modelos que consideran las temperaturas medias mensuales históricas y las previstas de la superficie del mar en periodos sucesivos de 20 años hasta final de siglo, predicen un aumento del hábitat disponible a lo largo del tiempo, asociado al aumento de temperatura.

En relación a la disponibilidad de alimento, es poco probable que la limitación de recursos específicos afecte a la distribución de esta especie, a menos que ocurra una disminución general de la abundancia de alimentos potenciales, debido a su dieta generalista (Tomas *et al.*, 2001). Por tanto, los cambios en sus corredores migratorios y la disponibilidad de alimento asociados al aumento de temperatura podrían no ser significativos para la especie. No obstante, estos estudios señalan que pueden darse otros efectos relacionados con la eficacia de los posibles cambios fenológicos a lo largo de todo su ciclo vital que podrían influir en la especie y, en consecuencia, de su presencia en el espacio.

Una gran parte de los asistentes al taller participativo aseguraron que el aumento de temperatura podría dar lugar a un aumento de los nidos. Otro posible problema por monitorizar es un posible incremento de infecciones por patógenos que puedan proliferar en condiciones de temperaturas más altas. En consecuencia, la sensibilidad se considera moderadamente sensible en ambos escenarios.

Resiliencia

Teniendo en cuenta que las temperaturas favorables para las tortugas bobas adultas son superiores a los 15°C y que se trata de una especie con dieta generalista, tal y como se ha mencionado con anterioridad, la capacidad de recuperarse/adaptarse al aumento de temperatura se considera resiliente en ambos escenarios. No obstante, se deberá tener en cuenta la influencia de los efectos del cambio climático en los recursos alimentarios disponibles para la especie y el efecto del aumento de temperatura del aire fuera del espacio protegido, por ejemplo, en los lugares de anidación, así como el éxito reproductivo, el sex-ratio, etc. que podría condicionar de igual manera la presencia de la especie en este EMP.

Cruzando estos valores se obtiene que presenta una **vulnerabilidad baja**.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Los efectos del cambio climático, relacionados con el aumento de temperatura, podrían dar lugar a cambios en la disponibilidad de alimento y cambios en los patrones de distribución de la especie, cambios en sus rutas migratorias y el comportamiento de la especie, pudiendo afectar a la presencia o a la disminución de la especie en este espacio, aunque varios estudios realizados hasta el momento afirman que la especie se vería favorecida y que podría adaptarse al aumento de temperatura. Existen otros factores que se deben estudiar y tener en cuenta, así como otros impactos de origen antrópico que van a tener un impacto sobre la especie, principalmente derivados de la actividad pesquera que puede producir una disminución de recursos pesqueros disponibles para la tortuga o puede provocar atrapamiento de ejemplares, ingestión de plásticos o microplásticos, aunque no existen datos exactos del impacto de esta actividad en el espacio se considera que no es muy elevado. Por tanto, las consecuencias se consideran menores en ambos escenarios.

➤ Evaluación del riesgo

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca cruzada con las consecuencias, lo que resultaría en un riesgo moderado en ambos escenarios.

Síntesis

Según los datos obtenidos de Bio-ORACLE y los consultados en el informe del IPCC el aumento de temperatura respecto a los valores actuales se considera de una **magnitud media** y una **probabilidad** de ocurrencia **casi segura** en ambos escenarios, ya que el aumento de temperatura esperado es más o menos similar en torno a 1°C superior respecto a la temperatura media actual. Varios estudios afirman que los cambios en sus corredores migratorios y la disponibilidad de alimento asociados al aumento de temperatura podrían no ser significativos para la especie. No obstante, señalan que pueden darse otros efectos relacionados con la eficacia de los posibles cambios fenológicos sobre las tasas metabólicas, las respuestas fisiológicas, las limitaciones energéticas y el rendimiento general que podrían influir en la especie (Almpanidou *et al.*, 2019; Witt *et al.*, 2010) por tanto se considera **moderadamente sensible** y **resiliente**, teniendo en cuenta que las temperaturas favorables para las tortugas bobas adultas son superiores a los 15°C y que se trata de una especie con dieta generalista, resultando en una **vulnerabilidad baja**. Los efectos del cambio climático, relacionados con el aumento de temperatura, podrían dar lugar a cambios en la disponibilidad de alimento y cambios en los patrones de distribución de la especie, cambios en sus rutas migratorias y el comportamiento de la especie, aunque, según varios estudios realizados hasta el momento, la especie se ve favorecida y podría adaptarse al aumento de temperatura. No obstante, existen otros factores que se deben estudiar y tener en cuenta, las **consecuencias** se consideran **menores** y el **riesgo moderado**.

Tabla 18. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 7.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Baja	
CONSECUENCIAS	Menores	
RIESGO	Moderado	

5.4.5. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA GAVIOTA DE AUDOUIN (*ICHTHYAETUS AUDOUINI*)

El volumen de parejas y el éxito reproductor de esta gaviota en la isla dependen, tanto de la abundancia de la especie en su ámbito general de distribución, como de la presencia humana y abundancia de la gaviota patiamarilla. En general, muchas amenazas están alterando los hábitats de las aves marinas en el Mediterráneo, como la pérdida y degradación de hábitats, la contaminación, la sobrepesca y, recientemente, el cambio climático (Florentino y Vitale, 2021).

Un estudio realizado por Sarzo *et al.* en 2023 señala una posible sensibilidad a temperaturas más altas de las aves marinas, ya que se sugiere una relación negativa entre la biodiversidad de aves y el aumento de temperatura de la superficie del mar. No obstante, para estudiar el efecto del aumento de temperatura sobre la especie habría que disponer de datos actuales e históricos de distribución, además de los datos de aumento de temperatura y elaborar modelos según los distintos escenarios climáticos, dada la falta de información bibliográfica al respecto.

En definitiva, en relación con el cambio climático, se considera que la especie podría verse afectada por una disminución de la productividad asociada a los cambios en los patrones de afloramiento y consecuentemente una disminución del alimento disponible, así como por el aumento de eventos extremos que podría repercutir en la disponibilidad de presas y el éxito reproductor en la época de cría, por lo que se procede a analizar el riesgo asociado a estas variables climáticas a continuación.

CASO 8. Evaluación del riesgo de la gaviota de Audouin frente a la modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Las condiciones meteorológicas extremas, como los fuertes vientos y las lluvias torrenciales durante la época de cría, pueden enfriar los huevos y causar la muerte. Del mismo modo, las condiciones meteorológicas extremas en el mar pueden mermar la capacidad de algunas especies de aves marinas para buscar alimento y encontrarlo en cantidad suficiente, por ejemplo, en velocidades de viento altas donde el vuelo es más costoso (Mitchell *et al.*, 2020). Se desconoce con exactitud como va a afectar el aumento de eventos climatológicos a la especie en este EMP por lo que la sensibilidad se considera entre moderadamente sensible/sensible.

Resiliencia

Las aves marinas generalmente son longevas y de reproducción lenta. En este caso, se trata de una especie muy escasa y rara, con una fuerte presión de depredación de la gaviota patiamarilla. Además, la gaviota patiamarilla puede presentar mejor adaptación a los cambios (especie más generalista) aunque hay medidas de gestión dirigidas a limitar la competencia de esta especie con la gaviota de Audouin. Teniendo en cuenta estas características y la falta de datos sobre la ecología y biología de la especie podría considerarse una especie moderadamente resiliente.

Cruzando estos valores se obtiene que la gaviota presenta una **vulnerabilidad** media/alta.

➤ **Identificación y valoración de las consecuencias**

Los eventos extremos pueden dar lugar a cambios en la distribución de especies o afectar negativamente a las poblaciones de aves, especialmente al periodo reproductivo de la gaviota. Por tanto, las consecuencias se consideran moderadas.

➤ **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera posible, que, cruzada con las consecuencias moderadas, resultaría en un **riesgo moderado**.

Síntesis

En general, los modelos climáticos predicen un aumento de la gravedad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos si se siguen las tendencias de emisiones actuales, por lo que la **magnitud** se considerará alta en el peor de los casos. Los eventos extremos serán cada vez más frecuentes, en particular en escenarios de elevadas emisiones (RCP 8.5). No obstante, no existe información específica sobre la ocurrencia de estos en el espacio y alrededores. Por tanto, la **probabilidad** de ocurrencia se consideraría posible bajo el peor de los escenarios. Se desconoce con exactitud como va a afectar el aumento de eventos climatológicos a la especie en este EMP por lo que la sensibilidad se considera entre moderadamente sensible/sensible. Las aves marinas son longevas y de reproducción lenta. En este caso, se trata de una especie muy escasa y rara, con una fuerte presión de predación de la gaviota patiamarilla y podría considerarse una especie moderadamente resiliente, resultando en una **vulnerabilidad** media/alta. Los eventos extremos pueden dar lugar a cambios en la disponibilidad de alimento, cambios en el éxito reproductivo y cambios en comportamiento de la especie dando lugar a **consecuencias** moderadas y un **riesgo moderado**.

Tabla 19. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 8.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Media -	Alta
CONSECUENCIAS	Menores	
RIESGO	Moderado	

CASO 9. Evaluación del riesgo de la gaviota de Audouin frente a la modificación de las corrientes y cambios en los patrones de afloramiento

Sarzo *et al.*, 2023 encontraron en su estudio una asociación positiva entre la biodiversidad de aves marinas, la clorofila y la pendiente del fondo marino. Estos resultados pueden estar indirectamente relacionados con zonas alimentación asociadas a aguas frías, especialmente para las especies pelágicas.

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Estas aves se alimentan en la ZEPA de pequeños peces pelágicos durante el periodo reproductor y frecuentemente acuden a los descartes pesqueros de la flota que faena en la zona. Se ha comprobado, además, mediante el seguimiento de ejemplares por emisores vía satélite, que algunas aves se alimentan también en las costas africanas.

Muchos estudios específicos ya han puesto de manifiesto que se prevé que los sistemas costeros altamente productivos experimenten efectos sustanciales del cambio climático (Goyert *et al.*, 2018), lo que podría suponer una amenaza a más largo plazo para las aves marinas relacionado por la disponibilidad de presas clave (Carroll *et al.*, 2015). No obstante, se necesitan estudios más detallados para confirmar esta hipótesis. Otro mecanismo importante por el que el cambio climático puede afectar a las aves marinas es el desajuste temporal entre la disponibilidad de presas y los picos de demanda energética en la época de cría. Este "desajuste trófico" puede repercutir negativamente en el periodo reproductor (Mitchell *et al.*, 2020).

Adicionalmente, en la Isla de Alborán se produce un claro efecto negativo de la gaviota patiamarilla sobre el estatus reproductor de la gaviota de Audouin, hasta hacerla fracasar en la cría durante los momentos en los que invade el espacio disponible ya que, probablemente, depreda intensivamente sobre huevos y pollos de la especie amenazada y le resta tranquilidad y espacios adecuados para la ubicación de sus nidos. La gaviota patiamarilla presenta una enorme adaptabilidad tanto para alimentarse como para elegir hábitat, lo que podría dar lugar a una mejor adaptación a las futuras condiciones climáticas y, en consecuencia, a una mayor competencia entre especies.

Por tanto, teniendo en cuenta la falta de robustez de los datos y de información, la sensibilidad podría considerarse moderadamente sensible/sensible.

Resiliencia

Las aves marinas generalmente son longevas y de reproducción lenta. En este caso, se trata de una especie muy escasa y rara, con una fuerte presión de predación de la gaviota patiamarilla. Teniendo en cuenta estas características y la falta de datos sobre la ecología y biología de la especie podría considerarse una especie moderadamente resiliente.

Cruzando estos valores se obtiene una **vulnerabilidad** media/alta.

➤ **Identificación y valoración de las consecuencias**

Los cambios en los patrones de afloramientos podrían dar lugar a cambios en la disponibilidad de alimento, y podría aumentar la competición con la gaviota patiamarilla, favoreciendo a esta especie frente a la gaviota de Audouin. Por tanto, las consecuencias se consideran menores/moderadas.

➤ **Evaluación del riesgo**

Una vez definidas las consecuencias, el riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, tomando de referencia la información recopilada la probabilidad se considera posible, que, cruzada con las consecuencias menores/moderadas, resultaría en un **riesgo moderado**.

Síntesis

Estudios como los realizados por Macías *et al.*, (2012) han descrito efectos potenciales del cambio climático sobre la intensidad del afloramiento del noroeste de Alborán, por lo que la **magnitud** se considera media y la **probabilidad** de este evento se considera posible. Muchos estudios específicos ya han puesto de manifiesto que se prevé que los sistemas costeros altamente productivos experimenten efectos sustanciales del cambio climático (Goyert *et al.*, 2018). Por lo tanto, el cambio climático podría suponer una amenaza a más largo plazo para las aves marinas relacionado con la disponibilidad de presas clave (Carroll *et al.*, 2015), teniendo en cuenta la falta de robustez de los datos y de información, la sensibilidad podría considerarse moderadamente sensible/sensible. Las aves marinas generalmente son longevas y de reproducción lenta. En este caso, se trata de una especie muy escasa y rara, con una fuerte presión de predación de la gaviota patiamarilla, por lo que podría considerarse moderadamente resiliente, resultando en una **vulnerabilidad media/alta**. Los cambios en los patrones de afloramientos podrían dar lugar a cambios en la disponibilidad de alimento, cambios en el éxito reproductivo y una mayor favorabilidad a la colonia de gaviota patiamarilla, pudiendo afectar a la presencia o a la disminución de la especie en este espacio. Por tanto, las **consecuencias** se consideran menores/moderadas y el **riesgo moderado**.

Tabla 20. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 9.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Media -	Alta
CONSECUENCIAS	Menores -	Moderadas
RIESGO	Moderado	

6. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

En este apartado se recogen los resultados del análisis de riesgos para cada una de las especies y hábitats frente a las amenazas seleccionadas con las principales conclusiones obtenidas (véase Tabla 21).

Tabla 21. Resumen del riesgo por hábitats y especies frente a sus correspondientes amenazas.

ESPECIE/HÁBITAT		AMENAZA	RIESGO			
			BAJO	MODERADO	ALTO	EXTREMO
HÁBITAT 1170	Infralitoral con fucales	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>			RCP 4.5	RCP 8.5
	Laminariales			RCP 4.5	RCP 8.5	
	Circalitoral		RCP 4.5	RCP 8.5		
	Mesolitoral	<i>Aumento del nivel del mar</i>			Ambos escenarios	
	Todo el hábitat	<i>Acidificación oceánica</i>			Ambos escenarios	
	<i>Astroides calycularis</i>	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>			Ambos escenarios	
		<i>Acidificación oceánica</i>			Ambos escenarios	
HÁBITAT 1110	<i>Fondos de Maërl</i>	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>			Ambos escenarios	
	<i>Fondos de cascajo</i>		RCP 4-5	RCP 8.5		
	Todo el hábitat	<i>Acidificación oceánica</i>			Ambos escenarios	
Delfín mular (<i>Tursiops truncatus</i>)		<i>Modificación corrientes y cambios de afloramientos</i>		Ambos escenarios		
Tortuga común (<i>Caretta caretta</i>)		<i>Aumento de la temperatura del mar</i>		Ambos escenarios		
Gaviota de Audouin (<i>Larus audouinii</i>)		<i>Precipitaciones y eventos extremos</i>		Ambos escenarios		
		<i>Modificación corrientes y cambios de afloramientos</i>		Ambos escenarios		

Como conclusión del análisis de riesgos, se puede extraer que el principal hábitat afectado por el cambio climático será el **hábitat arrecifes (1170) frente al aumento de temperatura del mar**, con valores de riesgo entre bajo y extremo según el escenario de emisiones considerado, la profundidad y las comunidades asociadas. Este hábitat presenta una alta complejidad y diversidad que podrá verse afectada por el aumento de temperatura y la acidificación oceánica ocasionando blanqueamiento, necrosis, epibiosis, muertes masivas, cambios en la distribución de especies o en la productividad, así como condiciones más propicias para la introducción y asentamiento de especies invasoras, siendo superior el riesgo en un escenario RCP 8.5. Dentro del mismo, cabe resaltar el riesgo del **coral anaranjado (*Astroides calycularis*)**, especie endémica muy sensible a las presiones humanas y a los efectos del cambio climático, que ha obtenido un valor alto a partir de este análisis de riesgo.

Dentro de este hábitat, en la franja mesolitoral, es importante mencionar la presencia de especies como la lapa ferruginea (*Patella ferruginea*), o *Dendropoma lebeche*, que a pesar de no estar incluidas en el plan de gestión del espacio, son especies en peligro de extinción que presentan un alto riesgo asociado al aumento del nivel del mar, que podría dar lugar a la pérdida de algunas de las comunidades más importantes al quedar permanentemente sumergido el espacio ocupado en el piso mesolitoral, actualmente expuesto a periodos de inmersión-emersión. La acidificación oceánica podría afectar a la formación de los esqueletos calcáreos.

El **hábitat bancos de arena cubiertos por agua marina poco profunda (1110)** presenta un riesgo alto frente al aumento de temperatura (siendo menor en los fondos de sustrato sedimentario de cascajo) y la acidificación oceánica. Este hábitat está ligado a la pesca de gamba roja, la principal actividad económica dentro del espacio. Por los impactos del cambio climático la estructura general del ecosistema podría cambiar, podría cambiar la estacionalidad de la gamba roja o desplazarse a mayor profundidad, migrar especies o cambiar los ciclos, por lo que la flota tendría que cambiar su ubicación o aumentar su esfuerzo, incluso cambiar los caladeros a otros tipos de artes de pesca.

Para estos hábitats se han incluido las posibles sinergias con otros efectos locales, como la contaminación, así como los posibles efectos adversos superiores como resultado de la combinación de la acidificación y el calentamiento de los océanos.

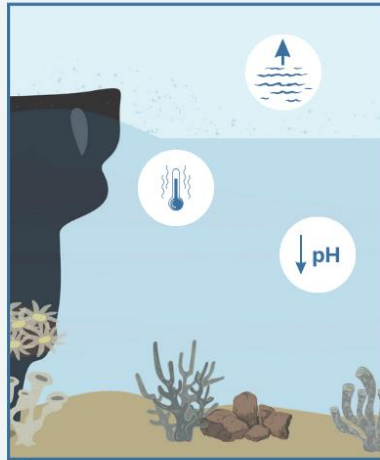
La **gaviota de Audouin** es una de las principales especies características del espacio al encontrarse una colonia de anidación muy importante, la cual presenta un riesgo moderado, principalmente por los cambios en los recursos tróficos disponibles, sobre todo en la época de reproducción, y por el aumento de eventos climatológicos extremos que podría afectar a su éxito reproductivo. Por otra parte, el **delfín mular** podrá verse afectado debido a los cambios en los patrones de corrientes y afloramientos que afectará de igual manera a la disponibilidad de presas, ocasionando cambios en las rutas migratorias o en el comportamiento de la especie. En cuanto a la **tortuga común** podrá experimentar cambios en la disponibilidad de alimento y en los patrones de distribución, cambios en sus rutas migratorias y en el comportamiento, pudiendo afectar a su presencia o favoreciendo la disminución de la especie en este espacio. En el caso de estas dos últimas especies, se debe tener en cuenta la influencia de actividades humanas como la pesca, el tráfico marítimo o la contaminación, que suponen un estrés adicional junto a los efectos del cambio climático para este tipo de especies, por captura accidental, colisiones, etc.

Desde el punto de vista de la aplicación de medidas de conservación y de cara a la posterior elaboración de medidas de adaptación se plantea poner el foco en estos hábitats y especies, al ser prioritarios a nivel ecosistémico y de capital natural, sin obviar al resto de especies presentes en el espacio no consideradas en el análisis.

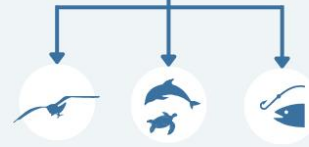
En general, es necesario reforzar la investigación y mejora del conocimiento, no solo de las amenazas, especies y hábitats analizados sino también de otras amenazas planteadas de las que se carece información en la actualidad y que son más complejas de evaluar dado su comportamiento dinámico e impredecible, como la modificación de las corrientes, los cambios en los patrones de afloramiento y la modificación de la termoclina. La infografía adjunta a continuación (Figura 20) ofrece de manera visual un resumen de las consecuencias del cambio climático en el EMP:

CONSECUENCIAS CAMBIO CLIMÁTICO

Mortalidades masivas, cambios en la distribución de especies o tropicalización y aumento de especies invasoras, cambios de artes de pesca y mayor esfuerzo pesquero.



Hábitats 1170 y 1110



Hábitats muy importantes para la presencia de muchas especies en el espacio, así como para la pesca, sobre todo de gamba roja, principal actividad económica del espacio.

Espacio Marino de Alborán

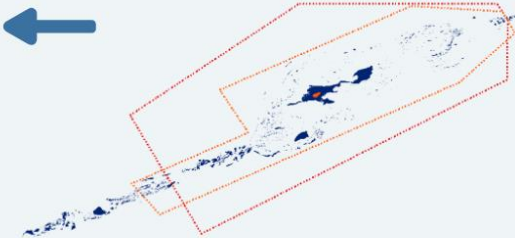


Figura 20. Infografía sobre las consecuencias del cambio climático en el Espacio Marino de Alborán. Fuente. elaboración propia.

7. VALORACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

7.1. METODOLOGÍA DE PARTIDA

Se ha tomado como base la metodología desarrollada por el IHCantabria en el marco del proyecto LIFE INTEMARES, donde el procedimiento metodológico se estructura en siete fases, de las cuales las seis primeras se han aplicado en esta fase del trabajo:

1. Definición de los objetivos específicos y el alcance de la evaluación
2. Caracterización de la exposición o selección de las unidades ambientales de interés
3. Análisis de la amenaza
4. Evaluación de la vulnerabilidad
5. Identificación y cuantificación de las consecuencias
6. Evaluación del riesgo
7. Definición de medidas de adaptación y seguimiento ambiental

Como primera conclusión, la metodología constituye una buena base de partida para guiar a los gestores en la puesta en marcha de procedimientos de evaluación del riesgo asociado al cambio climático de los espacios marinos protegidos, centrándose en hábitats, especies y servicios ecosistémicos.

Según la guía para la evaluación de riesgos asociados al cambio climático (Abajo *et al.*, 2023), la metodología sigue los principios del IPCC para el análisis de vulnerabilidad y riesgos climáticos, presentando algunas adaptaciones en la definición de algunos de los conceptos utilizados para la definición de la vulnerabilidad (consideración del concepto de resiliencia) y en la especificación de consecuencias en lugar de impactos.

Los conceptos se encuentran claramente definidos, lo que ha facilitado la aplicación de la metodología. El uso de la resiliencia en lugar del concepto de capacidad adaptativa se encuentra mejor alineado con el análisis de la vulnerabilidad de especies y ecosistemas. En otros marcos metodológicos, la capacidad adaptativa se liga a la capacidad de los sistemas socio-ecológicos (entendidos como el continuo de actividades socioeconómicas en el marco biofísico y que dependen o condicionan la provisión de servicios ecosistémicos) para adaptarse a las amenazas climáticas. La resiliencia refleja de manera más precisa la capacidad de especies y ecosistemas para recuperarse de alteraciones severas, ya que la capacidad adaptativa se refiere de forma habitual a capacidades, recursos e instituciones que pueden ayudar a una mejor adaptación de sectores socioeconómicos.

7.2. PRINCIPALES BARRERAS DE APLICACIÓN

Para la evaluación de la vulnerabilidad se ha consultado la mejor información disponible sobre la ecología y respuesta de las especies y hábitats frente a las distintas amenazas climáticas. Sin embargo, los siguientes factores han limitado la aplicación de la metodología:

- la falta de datos precisos sobre la exposición de especies y hábitats.
- la falta de información y conocimiento de detalle acerca de cómo las variables climáticas afectan al estado de conservación de especies y hábitats.
- la dificultad de analizar los impactos sinérgicos de numerosas variables climáticas, así como de integrar impactos climáticos con los impactos antrópicos.
- la necesidad de definir criterios claros para realizar un análisis cualitativo comparable entre diferentes especies y hábitats, y que pueda ser además comparable a análisis similares realizados en otros espacios naturales.
- la dificultad de elaborar análisis de tipo cuantitativo que requieren del uso de modelos y procesos complejos y que generalmente se pueden ver limitados por la disponibilidad de datos de entrada.

Para la aplicación de la metodología, hemos profundizado en un análisis del estado del arte, basándonos en el conocimiento científico existente. Se han identificado y documentado aquellos procesos de análisis entre “amenazas-elemento expuesto” para los que no se ha encontrado suficiente conocimiento o evidencias científicas para poder tomar conclusiones sólidas en la valoración de vulnerabilidad o riesgos (“gaps” de información).

Las variables climáticas se encuentran en general bien caracterizadas, si bien las actualizaciones que se vienen produciendo en el análisis y “downscaling” de los modelos climáticos (p.e., uso de AR6 y de las trayectorias SSP en lugar de las RCP) pueden aportar proyecciones más fiables, que pueden utilizarse para actualizar el presente análisis.

7.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS: ESCALAS Y ELEMENTOS DE ANÁLISIS

A partir de la información recopilada, se han elaborado **escalas cualitativas** para la evaluación de los riesgos. Para la evaluación de los conceptos de sensibilidad y resiliencia, se ha construido la escala mediante la caracterización de la información científica según el siguiente esquema:

- i) Caracterizamos ejemplos para los valores intermedios (por ejemplo, valores de “poco sensible” y “sensible” para el análisis de sensibilidad). Esta caracterización requiere fijar casos que determinan qué entendemos de forma concreta por estos valores. Por ejemplo, cuando la literatura indica que por encima de un cierto umbral de aumento de temperatura pueden producirse algunos efectos que pueden afectar de forma leve a la funcionalidad de algunos hábitats, hemos considerado el valor de “poco sensible”. Cuando los efectos pueden potencialmente llevar a la mortalidad o desplazamiento de especies o limitar de forma significativa la funcionalidad de hábitats, hemos otorgado el valor de “sensible”.
- ii) Caracterizamos el resto de valores, tomando como referencias los valores intermedios. Por ejemplo, cuando hemos encontrado estudios que indican mortalidades masivas de especies claves en un hábitat en condiciones de aumento drástico de temperatura y en un contexto similar a la zona de estudio (zona biogeográfica mediterránea), hemos asignado el valor de “muy sensible”, ya que se trata de un escalón diferenciado frente a la caracterización previa de “sensible”. Como ejemplo, en algún caso hemos encontrado casos documentados de mortalidad masiva y blanqueamiento de corales en condiciones que se han dado en el Mediterráneo Oriental, y que como consecuencia del cambio climático muy posiblemente se producirán en el Mediterráneo Occidental. Los valores de máxima sensibilidad y mínima resiliencia se han asignado, como regla general, cuando hemos encontrado evidencias claras de impactos ante variables climáticas.

De esta manera, la **sensibilidad** se ha puntuado en función de indicios – evidencias (menor valor si solo se han encontrado indicios; mayor valor si hay evidencias de mortalidades masivas) ya fuese en este o espacios similares. La **resiliencia** se ha valorado en función de la capacidad de respuesta y adaptación a la amenaza en cuestión. En todo momento, se ha integrado en la valoración el efecto sinérgico de cada amenaza con las presiones humanas presentes en el espacio para cada una de las especies/hábitats, ya que podrían presentar una mayor capacidad de recuperación o un menor impacto sin la incidencia de presiones humanas, y viceversa.

Las **consecuencias** han resultado ser la característica más compleja de valorar, dada la falta de datos cuantitativos en el espacio en cuestión. La participación social, tanto previa como posterior al análisis, ha permitido la identificación en detalle de las consecuencias a distintos niveles (ambiental, económico, social...) de cada una de las amenazas. Se recomienda la realización de estudios de detalle, mediante la aplicación de modelos que trabajen con datos actualizados para llegar a un análisis cuantitativo de las consecuencias, que pueda respaldar con un rango de cifras las posibles consecuencias sobre especies, hábitats y actividades socioeconómicas.

7.4. PUNTOS DE MEJORA

Consideramos que valorar solamente el riesgo de hábitats y especies de interés comunitario o amenazadas resulta en una obtención de valores del riesgo limitada, dada la elevada biodiversidad del espacio y la conectividad de unas comunidades con otras. Para la valoración del riesgo es importante **integrar la segmentación de los hábitats para variables climáticas concretas**, ya sea en función de las comunidades presentes, profundidad u otra característica ambiental definitoria, como es el caso del hábitat 1170 presente en el EMP de Alborán, donde el nivel de riesgo frente al aumento de temperatura del mar disminuye con la profundidad, asociado a que el aumento de temperatura presenta un gradiente en profundidad.

De manera adicional al análisis detallado por amenaza, para buscar medidas de adaptación adecuadas para las diferentes especies/hábitats, se hace necesaria una mejora de la metodología que permita estudiar la **retroalimentación y dependencia existente entre amenazas y de los diferentes riesgos generados** en los hábitats y especies bajo estudio. A la hora de aplicar las medidas de adaptación, habrá que tener en cuenta que hay medidas que pueden reducir el riesgo de varias amenazas al mismo tiempo. También es importante considerar el riesgo de “maladaptación” que puede ocurrir si no se evalúan adecuadamente los efectos negativos de estas medidas.

Resaltar además el valor añadido que ha aportado al análisis la **inclusión de procesos participativos** durante la aplicación de la metodología, resaltando una vez más la importancia de no tratar problemáticas tan transversales como el cambio climático de manera aislada. Las visiones y conocimientos aportados por los actores implicados han sido de gran valor para la identificación de las amenazas climáticas en el espacio, las especies afectadas por tales amenazas y las consecuencias esperadas.

8. PROPUESTA DE APLICACIÓN Y TRANSFERIBILIDAD DE LOS RESULTADOS A OTRAS ÁREAS

La metodología puede ser aplicada en espacios marinos protegidos de diferentes características dada su versatilidad de aplicación en gran variedad de especies, hábitats, constituyendo una guía metodológica para los gestores de dichos espacios. Como propuesta de aplicación y transferibilidad de los resultados de este análisis a otras áreas, teniendo en cuenta los criterios adicionales añadidos, se considera que los resultados obtenidos podrían servir de base para otros espacios marinos protegidos de características similares o en aquellos espacios situados en el Mar de Alborán, con la presencia de algunos de los hábitats de interés comunitario o especies similares, dada su elevada conectividad ecológica. Tener una visión global integrando todos estos espacios podría ofrecer mayores esfuerzos de conservación y medidas de adaptación integrales, donde no solo se tiene en cuenta el EMP en cuestión, sino toda una red de espacios marinos protegidos en común e interconectados, de los que se podría obtener una recopilación de datos del estado y respuesta de los ecosistemas marinos frente al cambio climático en mares y océanos con mayor o menor influencia atlántica o mediterránea, dando lugar a una comparativa entre espacios e integrando la conectividad de unos con otros, en cuanto a corrientes, corredores migratorios, desplazamientos de especies, afloramientos y zonas de alimento.

Para un mayor éxito en la aplicación y transferibilidad de resultados a estas áreas consideramos que debería tenerse en cuenta las siguientes observaciones:

- i) La metodología puede ser aplicada no solo en especies y hábitats amenazados o de interés comunitario. Hasta la fecha, casi todos los estudios que consideran la adaptación al cambio climático se han centrado en hábitats y especies de interés comunitario al estar incluidos en los planes de gestión, dedicando menos esfuerzo el resto de los ecosistemas presentes, por lo que el trabajo futuro también debería centrarse en evaluar el riesgo de otras comunidades y especies formadoras de hábitats.
- ii) En general, los espacios marinos protegidos ofrecen una solución basada en la naturaleza para apoyar los esfuerzos globales hacia la adaptación y mitigación del cambio climático, albergando todo tipo de hábitats prioritarios como arrecifes de coral, bosques de laminariales, praderas marinas, etc. Estos hábitats contienen una gran biodiversidad y actúan como barrera protectora contra tormentas, otros fenómenos meteorológicos extremos y la erosión costera, entre otros. Al mismo tiempo, actúan como sumideros de carbono (como es el caso del hábitat 1110 constituido mayormente por praderas de fanerógamas marinas como *Cymodocea nodosa*). Los sumideros de carbono son depósitos de carbono, es decir, espacios que absorben más carbono del que expulsan y que por lo tanto reducen la cantidad de carbono de la atmósfera. Por esta razón, los ecosistemas son muy importantes a la hora de plantear acciones de mitigación y adaptación al cambio climático y, por ende, debería priorizarse evaluar el nivel de riesgo frente al cambio climático respecto al de las especies, sin su exclusión. Además, proporcionan una gran variedad de servicios ecosistémicos y sustentan las actividades económicas ligadas al medio marino.

- iii) A pesar de tratarse de áreas marinas y excluirse la franja litoral de la figura de protección, se considera importante su inclusión a la hora de realizar los análisis de riesgos, ya que se encuentran prácticamente ligadas e influenciadas, dicho de otro modo, lo que ocurra en la parte terrestre repercute o condiciona de alguna manera a la parte marina y viceversa.
- iv) Incluir el efecto combinado de las amenazas y de las presiones, debido a que una amenaza en concreto interactuará con otros factores climáticos y no climáticos, lo que podría generar impactos sinérgicos.
- v) Incluir procesos participativos a lo largo del desarrollo del análisis de riesgos y diseño de medidas de adaptación que ayuden a la identificación de amenazas, especies, hábitats y consecuencias.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abajo B., Navarro D., García G., Zorita S. y Feliu E. (Tecnalia Research & Innovation); Klett P., Sánchez M., y Heras F. (Oficina Española de Cambio Climático) (2023). Guía para la evaluación de riesgos asociados al cambio climático.
- Allen, M., Antwi-Agyei, P., Aragon-Durand, F., Babiker, M., Bertoldi, P., Bind, M., ... & Zickfeld, K. (2019). Technical Summary: 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.
- Almpanidou, V., Markantonatou, V., & Mazaris, A. D. (2019). Thermal heterogeneity along the migration corridors of sea turtles: implications for climate change ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 520, 151223.
- Alnitak, UICN, Ecologistas en Acción. (2009). Informe biodiversidad y varamientos en el mar de Alborán. Propuesta de protección. Santuario del Mar de Alborán.
- Álvarez M, Sanleon-Bartolome H, Tanhua T, Mintrop L, Luchetta A, Cantoni C *et al.* (2014) The CO₂ system in the Mediterranean Sea: a basin wide perspective. *Ocean Science* 10:69 - 92.
- Anadón R, Afonso-Carrillo J, Araujo R, Arenas F, Arrontes J, Bárbara I *et al.* (2014) Cambios recientes en la distribución y abundancia de macroalgas marinas en el norte de la Península Ibérica y Canarias en respuesta al cambio climático. XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina, Gijón.
- Assis, J., Tyberghein, L., Bosh, S., Verbruggen, H., Serrão, E. A., & De Clerck, O. (2017). Bio-ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. *Global Ecology and Biogeography*.
- Bahr, K. D., Tran, T., Jury, C. P., & Toonen, R. J. (2020). Abundance, size, and survival of recruits of the reef coral *Pocillopora acuta* under ocean warming and acidification. *PLoS One*, 15(1), e0228168. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228168>
- Barca, C. A. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS TORTUGAS MARINAS.
- Bjorndal, K. A. (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In *The Biology of Sea Turtles*, vol. II (eds P. L. Lutz, J. A. Musick and J. Wyneken), pp. 199-231. Boca Raton: CRC Press.
- Bowen, B. W., Grant, W. S., Hillis-Starr, Z., Shaver, D. J., Bjorndal, A., Bolten, A. B., & Bass, A. L. (2007). Mixed-stock analysis reveals migrations of juvenile hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in the Caribbean Sea. *Molecular Ecology*, 16:49-60.
- Calvo E, Simó R, Coma R, Ribes M, Pascual J, Sabatés A *et al.* (2011) Effects of climate change on Mediterranean marine ecosystems: the case of the Catalan Sea. *Climate Research* 50:1 - 29.
- Cañadas A., (2014). Delfín mular en el mar de Alborán.

- Cañadas, A., & Vázquez, J. A. (2017). Common dolphins in the Alboran Sea: Facing a reduction in their suitable habitat due to an increase in sea surface temperature. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 141, 306–318. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.03.006>
- Carballo, J. L., & Bell, J. J. (2017). Climate change, ocean acidification and sponges. *Cham: Springer*.
- Carreras, C., Pont, S., Maffucci, F., Pascual, M., Barceló, A., Bentivegna, F., *et al.* (2006). Genetic structuring of immature loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea reflects water circulation patterns. *Marine Biology*, 149:1269-1279.
- Cavole LM, Demko AM, Diner RE, Giddings A, Koester I, Pagniello CM, Paulsen ML, Ramirez-Valdez A, Schwenck SM, Yen NK (2016). Biological impacts of the 2013–2015 Warm-water Anomaly in the Northeast Pacific: winners, losers, and the future. *Oceanography* 29(2):273–285.
- Cebrián, E., Uriz, M. J., Garrabou, J., & Ballesteros, E. (2011). Sponge mass mortalities in a warming Mediterranean Sea: are cyanobacteria-harboring species worse off?. *PLoS One*, 6(6), e20211.
- Carbonne, C., Teixidó, N., Moore, B., Mirasole, A., Guttierrez, T., Gattuso, J. P., & Comeau, S. (2021). Two temperate corals are tolerant to low pH regardless of previous exposure to natural CO₂ vents. *Limnology and Oceanography*, 66(11), 4046-4061.
- Cornwall, C. E., Comeau, S., Kornder, N. A., Perry, C. T., van Hooijdonk, R., DeCarlo, T. M., ... & Lowe, R. J. (2021). Global declines in coral reef calcium carbonate production under ocean acidification and warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21), e2015265118.
- Di Carlo, G., & Otero, M. (2012). A changing Mediterranean coastal marine environment under predicted climate-change scenarios. A manager's guide to understanding and addressing climate change impacts in marine protected areas. Med PAN Collection.
- Doney, S. C., Ruckelshaus, M., Emmett Duffy, J., Barry, J. P., Chan, F., English, C. A., ... & Talley, L. D. (2012). Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual review of marine science*, 4(1), 11-37.
- 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.
- Fiorentino, F., & Vitale, S. (2021). How can we reduce the overexploitation of the Mediterranean resources?. *Frontiers in Marine Science*, 8, 674633.
- Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Ledoux, J. B., Linares, C., Bensoussan, N., López-Sendino, P. & Harmelin, J.G. (2019). Collaborative database to track mass mortality events in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 6, 478167.
- Gofas *et al.* (2014). EUSeaMap2: A physical habitat map for European Seas.
- Gofas, S., Goutayer, J., Luque, Á. A. y Salas C. (coordinadores) y equipo investigador INDEMARES.
- Gomis, D., Marcos, M., Jordà, G., Calafat, F. M., Martínez-Asensio, A., Llasses, J., ... & Tsimplis, M. N. (2012). Escenarios climáticos marinos en el entorno de la Península Ibérica. *Revista Española de Física*, 26(2), 347-354.
- Guellart, J., & Templado, J. (2012). Bases ecológicas preliminares

para la conservación de las especies de interés comunitario en España: Invertebrados. VVAA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Gualart, J., & Templado, J. (2012). *Patella ferruginea*.

Harley CDG, Anderson KM, Demes KW, Jorve JP, Kordas RL, Coyle TA, Graham MH (2012) Effects of climate change on global seaweed communities. *Journal of Phycology* 48: 1064-1078.

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., ... & Wilson, S. K. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543(7645), 373-377. Instituto Español de Oceanografía. (2012). *Estrategia marina demarcación marina del Estrecho y Alborán parte I. Marco general evaluación inicial y buen estado ambiental*. IPCC (2019). Informe especial del IPCC sobre cambio climático, océanos y criosfera, guía resumida.

IPCC, (2014). Summary for Policymakers, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Junta de Andalucía. (2015). *Anexo I. Plan de Gestión de la ZEC Alborán (ES6110015) (Anulado por Sentencia)*. En Decreto 369/2015, de 4 de agosto, por el que se declaran Zonas Especiales de Conservación (ZEC) del litoral andaluz. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 153, 7 de agosto de 2015.

Kersting, D. (2016). Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Centro de Publicaciones.

Koch M, Bowes G, Ross C, Zhang XH (2012). Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae. *Global Change Biology* 19: 103-132.

Kornder, N. A., Riegl, B. M., & Figueiredo, J. (2018). Thresholds and drivers of coral calcification responses to climate change. *Global change biology*, 24(11), 5084-5095. Kroeker KJ, Micheli F, Gambi MC (2013) Ocean acidification causes ecosystem shifts via altered competitive interactions. *Nature Climate Change* 3:156-159.

LIFE-INDEMARES (2012). Informe final del área de estudio Alborán. Proyecto LIFE+ INDEMARES. Informe remitido a la Fundación Biodiversidad, Madrid; 276 pp., + anexos y mapas.

Lohmann, K. J., Lohmann, C. M., Brothers, J. R., & Putman, N. F. (2013). Natal homing and imprinting in sea turtles (pp. 59-77). En: Lutz, P. L., & Musick, J. A. (Eds.). *The biology of sea turtles III* (pp. 59-77). Boca Raton: CRC Press.

Lopes, A. R., Faleiro, F., Rosa, I. C., Pimentel, M. S., Trubenbach, K., Repolho, T., ... & Rosa, R. (2018). Physiological resilience of a temperate soft coral to ocean warming and acidification. *Cell Stress and Chaperones*, 23, 1093-1100.

Lüning, K., (1990). *Seaweeds: their environment, biogeography, and ecophysiology*. Wiley, Chichester.

- Macias, D., Landry, M. R., Gershunov, A., Miller, A. J., & Franks, P. J. (2012). Climatic control of upwelling variability along the western North-American coast. *PLoS one*, 7(1), e30436.
- Martin, S., & Hall-Spencer, J. M. (2017). Effects of ocean warming and acidification on rhodolith/maërl beds. *Rhodolith/maërl beds: A global perspective*, 55-85.
- Meylan, A. B., & Meylan, P. A. (2000). Introducción a la Evolución, Historias de Vida y Biología de las Tortugas Marinas. En: Eckert, K. L., Bjørndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (Eds). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas* (pp. 3-6). Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE 4.
- Mitchell, I., Daunt, F., Frederiksen, M., & Wade, K. (2020). Impacts of climate change on seabirds, relevant to the coastal and marine environment around the UK.
- Mantua, N. J., & Mote, P. W. (2002). Uncertainty in scenarios of human-caused climate change. In *American Fisheries Society Symposium* (Vol. 32, pp. 263-272).
- Palmieri J, Orr JC, Dutay JC, Beranger K, Schneider A, Beuvier J *et al.* (2015) Simulated anthropogenic CO₂ storage and acidification of the Mediterranean Sea. *Biogeosciences* 12:781 - 802.
- Perez, T., Garrabou, J., Sartoretto, S., Harmelin, J. G., Francour, P., and Vacelet, J. (2000). Mass mortality of marine invertebrates: an unprecedented event in the North Occidental Mediterranean. *C. R. Acad. Sci. Paris* 323, 853–865. doi: 10.1016/S0764-4469(00)01237-3.
- Ries JB, Cohen AL, McCorkle DC (2009) Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO₂-induced ocean acidification. *Geology* 37: 1131-1134.
- Rodolfo-Metalpa, R., Houlbrèque, F., Tambutté, É., Boisson, F., Baggini, C., Patti, F. P., ... & Hall-Spencer, J. M. (2011). Coral and mollusc resistance to ocean acidification adversely affected by warming. *Nature Climate Change*, 1(6), 308-312.
- Salat J., y Pascual J. (2006) Principales tendencias climatológicas en el mediterráneo noroccidental, a partir de más de 30 años de observaciones oceanográficas y meteorológicas en la costa catalana. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC) Serie A(5).
- Sarzo, B., Martínez-Minaya, J., Pennino, M. G., Conesa, D., & Coll, M. (2023). Modelling seabirds biodiversity through Bayesian Spatial Beta regression models: A proxy to inform marine protected areas in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*, 185, 105860.
- Satar, M. N., Akhir, M. F., Zainol, Z., & Chung, J. X. (2023). Upwelling in Marginal Seas and Its Association with Climate Change Scenario—A Comparative Review. *Climate*, 11(7), 151.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2009). *Scientific Synthesis of the Impacts of Ocean Acidification on Marine Biodiversity*. Montreal, Technical Series No. 46, 61 pages.
- Simmonds, M. P., & Isaac, S. J. (2007). The impacts of climate change on marine mammals: early signs of significant problems. *Oryx*, 41(1), 19-26.
- Smale, D. A. (2020). Impacts of ocean warming on kelp forest ecosystems. *New Phytologist*, 225(4), 1447-1454.
- Sousa, A., Alves, F., Dinis, A., Bentz, J., Cruz, M. J., & Nunes, J. P. (2019). How vulnerable are cetaceans to climate change? Developing and testing a new index. *Ecological indicators*, 98, 9-18.

- Steller, D. L., Riosmena-Rodríguez, R., Foster, M. S., & Roberts, C. A. (2003). Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: The importance of rhodolith structure and consequences of anthropogenic disturbances. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13, S5–S20.
- Touratier F, Goyet C (2011) Impact of the Eastern Mediterranean Transient on the distribution of anthropogenic CO₂ and first estimate of acidification for the Mediterranean Sea. *Deep - Sea Research. Part I* 58:1 - 15.
- Tyberghein L, Verbruggen H, Pauly K, Troupin C, Mineur F, De Clerck O (2012) Bio-ORACLE: A global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 272-281.
- Vargas-Yáñez, M., García-Martínez, M. D. C., Moya-Ruiz, F., Tel, E., Parrilla-Barrera, G., Plaza-Jorge, F., ... & Fraile-Nuez, E. (2007). *Cambio climático en el Mediterráneo español*. Instituto Español de Oceanografía.
- Wernberg T., Bennett S., Babcock R.C., de Bettignies T., Cure K., Depczynski M., Dufois F., Fromont J., Fulton C.J., Hovey R.K. (2016) Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science* 353 (6295):169–172.
- Wernberg, T., Thomsen, M. S., Tuya, F., Kendrick, G. A., Staehr, P. A., & Toohy, B. D. (2010). Decreasing resilience of kelp beds along a latitudinal temperature gradient: potential implications for a warmer future. *Ecology letters*, 13(6), 685-694.
- Witt, M. J., Broderick, A. C., Johns, D. J., Martin, C., Penrose, R., Hoogmoed, M. S. and Godley, B. J. (2007). Prey landscapes help identify potential foraging habitats for leatherback turtles in the northeast Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 337, 231-244.
- Witt, M. J., Hawkes, L. A., Godfrey, M. H., Godley, B. J., & Broderick, A. C. (2010). Predicting the impacts of climate change on a globally distributed species: the case of the loggerhead turtle. *Journal of Experimental Biology*, 213(6), 901-911.

10. ANEXOS

ANEXO I. MATRIZ DE VULNERABILIDAD, CONSECUENCIAS Y RIESGO

Tabla 22. Matriz para la valoración 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

Tabla 23. Matriz para la valoración 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


Tabla 24. Matriz para la valoración del riesgo.

PROBABILIDAD 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	
Casi segura	Bajo	Moderado	Alto	Extremo	Extremo	





ANEXO 2. FICHAS RESUMEN ANÁLISIS DE RIESGOS


ESPACIO		ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) y LIC Espacio Marino de Alborán (ES6110015)								
HÁBITAT 1170 ARRECIFES		Comienza en ambiente batido que llega hasta la roca circalitoral profunda hasta unos 150 metros de profundidad. Incluye distintas especies intermareales como <i>Patella ferruginea</i> o <i>Dendropoma lebeche</i> , algas del género <i>Cystoseira</i> , bosques de laminariales, coralígeno y la roca circalitoral profunda, el coral anaranjado (<i>Astroides calycularis</i>) y el coral rojo (<i>Corallium rubrum</i>).								
HORIZONTE TEMPORAL		2040 – 2050								
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)			CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)			RIESGO (consecuencias x probabilidad)		
AMENAZAS		Infralitoral con fucales	Laminariales	Circalitoral	Infralitoral con fucales	Laminariales	Circalitoral	Infralitoral con fucales	Laminariales	Circalitoral
Aumento de la temperatura del mar	RCP 4.5	ALTA	MEDIA	MEDIA	MODERADAS	MENORES	INSIGNIFICANTES	ALTO	MODERADO	BAJO
	RCP 8.5	MUY ALTA	ALTA	ALTA	MUY GRAVES	MODERADAS	MENORES	EXTREMO	ALTO	MODERADO
Acidificación oceánica	RCP 4.5	ALTA			MODERADAS			ALTO		
	RCP 8.5	ALTA			MODERADAS			ALTO		
CONSECUENCIAS		Blanqueamiento, necrosis, epibiosis, muertes masivas, cambios en la distribución de especies o en la productividad, aumento de especies invasoras, alteración de servicios ecosistémicos, etc.								
OTRAS OBSERVACIONES		Efectos adversos superiores por la combinación de la acidificación y el calentamiento de los océanos. Existen otras amenazas como cambios en la termoclina que podría condicionar la disponibilidad de alimento en la capa fótica y la modificación de las corrientes o cambios en los patrones de afloramiento que podría afectar a especies como los corales que se alimentan de partículas en suspensión arrastradas por estas corrientes.								


ESPACIO		ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) y LIC Espacio Marino de Alborán (ES6110015)		
HÁBITAT 1170 ARRECIFES <i>(Astroides calycularis)</i>		Se encuentra dentro del hábitat, junto a la comunidad de algas rojas esciáfilas infralitorales en aguas calmadas o batidas con luz moderada.		
HORIZONTE TEMPORAL		2040 – 2050		
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)	CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)	RIESGO (consecuencias x probabilidad)
AMENAZAS				
Aumento de la temperatura del mar	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
Acidificación oceánica	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
PRESIONES HUMANAS		Contaminación.		
CONSECUENCIAS		Eventos de mortalidad masiva por el aumento de temperatura, puede afectar en la reproducción o a las primeras etapas del desarrollo larvario,		
OTRAS OBSERVACIONES		Cornwall <i>et al.</i> (2021) aseguran que el calentamiento y la acidificación tendrán un efecto aditivo (mayor que los efectos individuales) sobre las tasas de calcificación bajo RCP 4.5 y un efecto sinérgico (mayor que la suma de los efectos individuales) bajo RCP 8.5 para finales de siglo.		

ESPACIO		ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) y LIC Espacio Marino de Alborán (ES6110015)		
HÁBITAT 1170 ARRECIFES (mesolitoral)		En el mesolitoral a lo largo de la plataforma de abrasión que rodea la isla encontramos especies en peligro de extinción como <i>Dendropoma lebeche</i> (especie bioindicadora del aumento del nivel del mar) y <i>Patella ferruginea</i> , entre otras.		
HORIZONTE TEMPORAL		2040 – 2050		
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)	CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)	RIESGO (consecuencias x probabilidad)
AMENAZAS				
Aumento del nivel del mar	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
Acidificación oceánica	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
PRESIONES HUMANAS		Contaminación.		
CONSECUENCIAS		La zona intermareal pasaría a estar permanentemente sumergida, poniendo en peligro la presencia de esta especie en el espacio. La acidificación oceánica podría afectar a la formación de los esqueletos calcáreos.		
OTRAS OBSERVACIONES		El aumento de temperatura de los escenarios futuros podría afectar a la especie. Es importante tener en cuenta también el efecto combinado con otras variables ambientales.		

ESPACIO		ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) y LIC Espacio Marino de Alborán (ES6110015)					
HÁBITAT 1110 BANCOS DE ARENA		Se asocian a tres comunidades: los fondos de maërl/rodolitos sobre los que pueden aparecer algas, esponjas, briozoos y ascidias, los fondos detríticos biógenos infralitorales y circalitorales y los fondos detríticos batiales, que presentan una rica e interesante fauna de esponjas.					
HORIZONTE TEMPORAL		2040 – 2050					
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)		CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)		RIESGO (consecuencias x probabilidad)	
AMENAZAS		Fondos de Maërl	Fondos de sustrato sedimentario de cascajo	Fondos de Maërl	Fondos de sustrato sedimentario de cascajo	Fondos de Maërl	Fondos de sustrato sedimentario de cascajo
Aumento de la temperatura del mar	RCP 4.5	ALTA	MEDIA	MODERADAS	INSIGNIFICANTES	ALTO	BAJO
	RCP 8.5	ALTA	ALTA	MODERADAS	MENORES	ALTO	MODERADO
Acidificación oceánica	RCP 4.5	ALTA		MODERADAS		ALTO	
	RCP 8.5	ALTA		MODERADAS		ALTO	
PRESIONES HUMANAS		Artes de pesca que afectan directamente a estas comunidades arrancándolas o dañándolas (como la pesca de arrastre).					
CONSECUENCIAS		Este hábitat está ligado a la pesca de gamba roja, la principal actividad económica dentro del espacio. Podría cambiar la estacionalidad de la especie o desplazarse a mayor profundidad. La flota tendría que cambiar su ubicación, aumentar esfuerzos o, cambiar los caladeros.					
OTRAS OBSERVACIONES		Efectos adversos superiores como resultado de la combinación de la acidificación y el calentamiento de los océanos.					

ESPACIO		ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) y LIC Espacio Marino de Alborán (ES6110015)		
DELFIN MULAR (TURSIOPS TRUNCATUS)		Según las campañas realizadas en INDEMARES, las aguas del espacio cuentan con la presencia del delfín mular (<i>Tursiops truncatus</i>), especie de interés comunitario de forma habitual y permanente, constituyendo una zona de alimentación muy frecuentada por la especie.		
HORIZONTE TEMPORAL		2040 – 2050		
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)	CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)	RIESGO (consecuencias x probabilidad)
AMENAZAS				
Cambios en las corrientes y patrones de afloramiento	RCP 4.5	MEDIA	MENORES	MODERADO
	RCP 8.5	MEDIA	MENORES	MODERADO
PRESIONES HUMANAS		Captura involuntaria en redes de deriva de pesca, ingesta de plásticos, colisiones, etc.		
CONSECUENCIAS		Cambios en los patrones de distribución debido principalmente a variaciones en la abundancia o distribución de las presas, cambios en las rutas migratorias y cambios en el comportamiento de la especie (Sousa <i>et al.</i> , 2019).		
OTRAS OBSERVACIONES		El aumento de temperatura se considera que va a afectar también a la especie, así como el aumento de eventos climatológicos extremos como las olas de calor marinas.		

ESPACIO	ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) y LIC Espacio Marino de Alborán (ES6110015)			
TORTUGA COMÚN (CARETTA CARETTA)	El espacio marino de Alborán constituye una zona de alimentación y migración de gran relevancia para la tortuga boba (<i>Caretta caretta</i>) en el Mediterráneo occidental. En el espacio aparecen juveniles y adultos de esta especie en fase oceánica, procedentes, en su mayoría, de poblaciones de origen Atlántico. La densidad de tortugas estimada en las aguas del Mar de Alborán es de 0,26 tortugas/km ² .			
HORIZONTE TEMPORAL	2040 – 2050			
	VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)	CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)	RIESGO (consecuencias x probabilidad)	
AMENAZAS				
Aumento de la temperatura del mar	RCP 4.5	BAJA	MENORES	MODERADO
	RCP 8.5	BAJA	MENORES	MODERADO
PRESIONES HUMANAS	Principalmente actividad pesquera: disminución de recursos pesqueros disponibles para la tortuga, atrapamiento de ejemplares, ingestión de plásticos o microplásticos. Aunque no existen datos exactos del impacto de esta actividad en el espacio, se considera que no es muy elevado.			
CONSECUENCIAS	Cambios en la disponibilidad de alimento y cambios en los patrones de distribución de la especie, cambios en sus rutas migratorias y el comportamiento de la especie, pudiendo afectar a la presencia o a la disminución de la especie en este espacio.			
OTRAS OBSERVACIONES	Sería conveniente investigar si el aumento del nivel del mar, la erosión y/o el aumento de eventos climatológicos extremos afectará a los lugares de puesta y anidación de las poblaciones, fuera del EMP.			

ESPACIO		ZEPA Espacio Marino de la Isla de Alborán (ES0000505) y LIC Espacio Marino de Alborán (ES6110015)				
GAVIOTA DE AUDOUIN (<i>ICHTHYAETUS AUDOUINI</i>)		La isla de Alborán ha sido designada como ZEPA debido a la presencia de la gaviota de Audouin (<i>Ichthyæetus audouinii</i>). En la isla aparecen otras especies de interés como la pardela cenicienta y una colonia de unas 200 parejas de gaviota patiamarilla. La especie está presente todo el año en las aguas de la ZEPA, siendo especialmente abundante entre marzo y octubre, comprendiendo su periodo reproductor (abril-julio).				
HORIZONTE TEMPORAL		2040 – 2050				
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)		CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)		RIESGO (consecuencias x probabilidad)
AMENAZAS						
Aumento de eventos extremos	RCP 4.5	MEDIA	ALTA	MODERADAS		MODERADO
	RCP 8.5	MEDIA	ALTA	MODERADAS		MODERADO
Cambios en los patrones de afloramiento	RCP 4.5	MEDIA	ALTA	MENORES	MODERADAS	MODERADO
	RCP 8.5	MEDIA	ALTA	MENORES	MODERADAS	MODERADO
PRESIONES HUMANAS		La pesca es una actividad favorable ya que se alimenta de los descartes asociados y se trata de una especie adaptada a lugares antropizados.				
CONSECUENCIAS		Cambios en la disponibilidad de alimento, cambios en el éxito reproductivo, cambios en comportamiento de la especie y posible aumento de la competencia y presión por parte de la gaviota patiamarilla.				
OTRAS OBSERVACIONES		La combinación de estos estresores climáticos, junto con otros como el aumento de temperatura puede dar lugar a otros efectos e impactos sobre la especie. Eventos extremos y cambios en los patrones de afloramiento serán menos severos o probables en RCP 4.5.				