

Análisis de riesgos frente al cambio climático en la ZEC Playa de Sotavento de Jandía

Enero 2024

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 , Manuel Bea Martínez y Gloria Salmoral Portillo.



Coordinación y revisión:

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

Edita:

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.



Fecha de edición

21/06/2024

LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

C.1.6 Proyectos demostrativos para la adaptación al cambio climático

ÍNDICE

1.	RESUMEN EJECUTIVO	5
2.	ANTECEDENTES.....	7
3.	OBJETIVOS	8
4.	METODOLOGÍA.....	9
4.1.	PROCESO PARTICIPATIVO.....	9
4.2.	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS	11
4.2.1.	FASES Y TIPO DE METODOLOGÍA.....	11
4.2.2.	ELEMENTOS DE ANÁLISIS	14
5.	ANÁLISIS DE RIESGOS	17
5.1.	OBJETIVOS Y ALCANCE	17
5.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	17
5.2.1.	HÁBITATS.....	17
5.2.2.	ESPECIES	20
5.3.	ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS.....	25
5.4.	EVALUACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD, CONSECUENCIAS Y RIESGO	31
5.4.1.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL HÁBITAT ARRECIFES (1170).....	34
5.4.2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL HÁBITAT BANCOS DE ARENA CUBIERTOS PERMANENTEMENTE POR AGUA MARINA POCO PROFUNDA (1110)	39
5.4.3.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE PLAYAS	45
5.4.4.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SALADARES (1420).....	50
5.4.5.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DUNAS GRISES.....	54
5.4.6.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL DELFÍN MULAR (<i>TURSIOPS TRUNCATUS</i>).....	58
5.4.7.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA TORTUGA COMÚN (<i>CARETTA CARETTA</i>).....	61
5.4.8.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA TORTUGA VERDE (<i>CHELONIA MYDAS</i>).....	64
5.4.9.	EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ANGELOTE (<i>SQUATINA SQUATINA</i>).....	67
6.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	70
7.	VALORACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	74
7.1.	METODOLOGÍA DE PARTIDA.....	74

7.2.	PRINCIPALES BARRERAS DE APLICACIÓN	75
7.3.	EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS: ESCALAS Y ELEMENTOS DE ANÁLISIS	76
7.4.	PUNTOS DE MEJORA	77
8.	PROPUESTA DE APLICACIÓN Y TRANSFERIBILIDAD DE LOS RESULTADOS A OTRAS ÁREAS	78
9.	BIBLIOGRAFÍA	80
10.	ANEXOS.....	84
	ANEXO 1. MATRIZ DE VULNERABILIDAD, CONSECUENCIAS Y RIESGO.....	84
	ANEXO 2. FICHAS RESUMEN ANÁLISIS DE RIESGOS	87

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 Zonas de Especial Conservación (ZEC) Playa de Sotavento de Jandía. 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 12 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 hábitats y especies identificados en la ZEC Playa de Sotavento de Jandía son:

- **Hábitat 1170:** formaciones rocosas cubiertas por cobertura algal y especies animales sésiles, como numerosas esponjas, algas rojas calcáreas y erizos.
- **Hábitat 1110:** cabe destacar la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (sebadales), que crece entremezclada con *Caulerpa prolifera* sobre los 10-15 metros de profundidad.
- **Saladares - Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (1420):** sedimentos finos (arenas y fangos) cubiertos por vegetación halófila, inundada periódicamente por las aguas del mar como resultado del flujo de las mareas.
- **Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (2130* dunas grises):** ecosistemas dunares desde grandes dunas a rellenos pedregosos, ramblas de arenas y formas asociadas.

- **Playas:** conjunto de playas presentes en el espacio.
- **Delfín mular** (*Tursiops truncatus*).
- **Tortuga común** (*Caretta caretta*).
- **Tortuga verde** (*Chelonia mydas*)
- **Angelote** (*squatina squatina*)

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 los patrones de vientos, corrientes y afloramientos.**

El análisis de riesgos se aplica a un total de 12 casos de estudio de la combinación existente de hábitat o especie por amenaza climática identificada, del que se concluye que:

- i. El **hábitat 1170** presenta un riesgo extremo (RCP 8.5) y alto (RCP 4.5) frente al **aumento de temperatura del mar**, mientras que el **hábitat 1110** presenta un riesgo extremo en ambos escenarios.
- ii. El **hábitat 1170** presenta un riesgo alto en ambos escenarios frente a la **acidificación oceánica**.
- iii. El **hábitat 1110** presenta un riesgo alto en ambos escenarios frente a la **modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos**.
- iv. Los **saladares (1420)** y las **playas** presentan un riesgo extremo (RCP 8.5) y alto (RCP 4.5) frente al **aumento del nivel del mar**.
- v. Las **dunas grises (2130*)** presentan un riesgo alto en ambos escenarios frente a la **modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos** y la **modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos**.
- vi. El **delfín mular** presenta un riesgo alto en RCP 8.5 y moderado en RCP 4.5 frente al aumento de temperatura del mar
- vii. La **tortuga común**, la **tortuga verde** y el **angelote** presentan un riesgo moderado en ambos escenarios frente al **aumento de temperatura del mar**.

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).

En este contexto de cambio climático, los archipiélagos constituyen territorios especialmente sensibles o vulnerables, por lo que es clave analizar el riesgo para implementar medidas de adaptación. Canarias, por su situación geográfica (proximidad al continente africano), sus características físicas (insularidad) y su biodiversidad (al igual que el resto de los archipiélagos macaronésicos, posee índices elevados de biodiversidad y de singularidad ecológica) representa un territorio especialmente vulnerable a los impactos del cambio climático, que pueden afectar con mayor intensidad a una estructura de hábitats fragmentada y suponer una merma de la riqueza de especies autóctonas y endémicas de alto valor ecológico.

El espacio denominado **Zonas de Especial Conservación (ZEC) Playa de Sotavento de Jandía** está situado al sureste de la isla de Fuerteventura, abarca 5.461,11 hectáreas y se extiende por los municipios de Tuineje y Pájara. No son más que un tramo de todo un conjunto de playas mucho más amplio, compuesto por arenas costeras que se forman en la costa de barlovento y por la dinámica eólica se depositan en el litoral de la Pared.

Este espacio se encuentra declarado desde septiembre de 2011 como ZEC, figura contenida en la Red Natura 2000, cuya finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los hábitats más amenazados de Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad ocasionada por el impacto adverso de las actividades humanas. Su declaración se debe a la presencia del hábitat bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (1110) y a las especies de interés comunitario *Caretta caretta* (tortuga común) y *Tursiops truncatus* (delfín mular). También se han encontrado referencias sobre la presencia del hábitat arrecifes (1170) incluido en el Anexo I de la Ley 42/2007, así como sobre la aparición en el lugar de la tortuga verde (*Chelonia mydas*, Anexo II de la Ley/42/2007). En cuanto a peces cartilagíneos se ha constatado la existencia de *Squatina squatina* (angelote), especie amenazada.

La ZEC está gestionada para asegurar la protección y conservación de los hábitats y especies de interés comunitario presentes, adoptando medidas de conservación que permitan un equilibrio sostenible entre el desarrollo de actividades en la zona y la preservación de sus valores naturales. Este documento recoge la realización de un análisis de riesgos frente al cambio climático del EMP en cuestión.

3. OBJETIVOS

El presente estudio realiza el análisis de riesgos frente al cambio climático en ZEC Playa de Sotavento de Jandía. 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 1170 frente al aumento de la temperatura del mar y la acidificación oceánica.
2. Analizar el riesgo del hábitat 1110 frente al aumento de la temperatura del mar y la modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos.
3. Analizar el riesgo de las playas y de los saladares (1420) frente al aumento del nivel del mar.
4. Analizar el riesgo de las dunas grises (2130*) frente a la modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos y en la modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos.
5. Analizar el riesgo de las especies (delfín mular, tortuga común, tortuga verde y angelote) frente al aumento de la temperatura del mar.

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 33 agentes identificados en el mapeo de actores (sectores y agentes relacionados con el EMP), 8 fueron entrevistados, pertenecientes al sector científico, de la administración 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 14 actores clave. Las aportaciones fueron incorporadas al análisis de riesgos, sobre todo en la identificación de consecuencias.

La información relacionada con el **focus group para la priorización de medidas de adaptación** se encuentran disponibles en el informe divulgativo *“Focus group para la priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático en Espacios Marinos Protegidos de la Red Natura 2000”*.



Figura 1. Fases del proceso participativo desarrollado para el análisis de riesgo y diseño de medidas de adaptación en la ZEC Playa Sotavento de Jandía.

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.

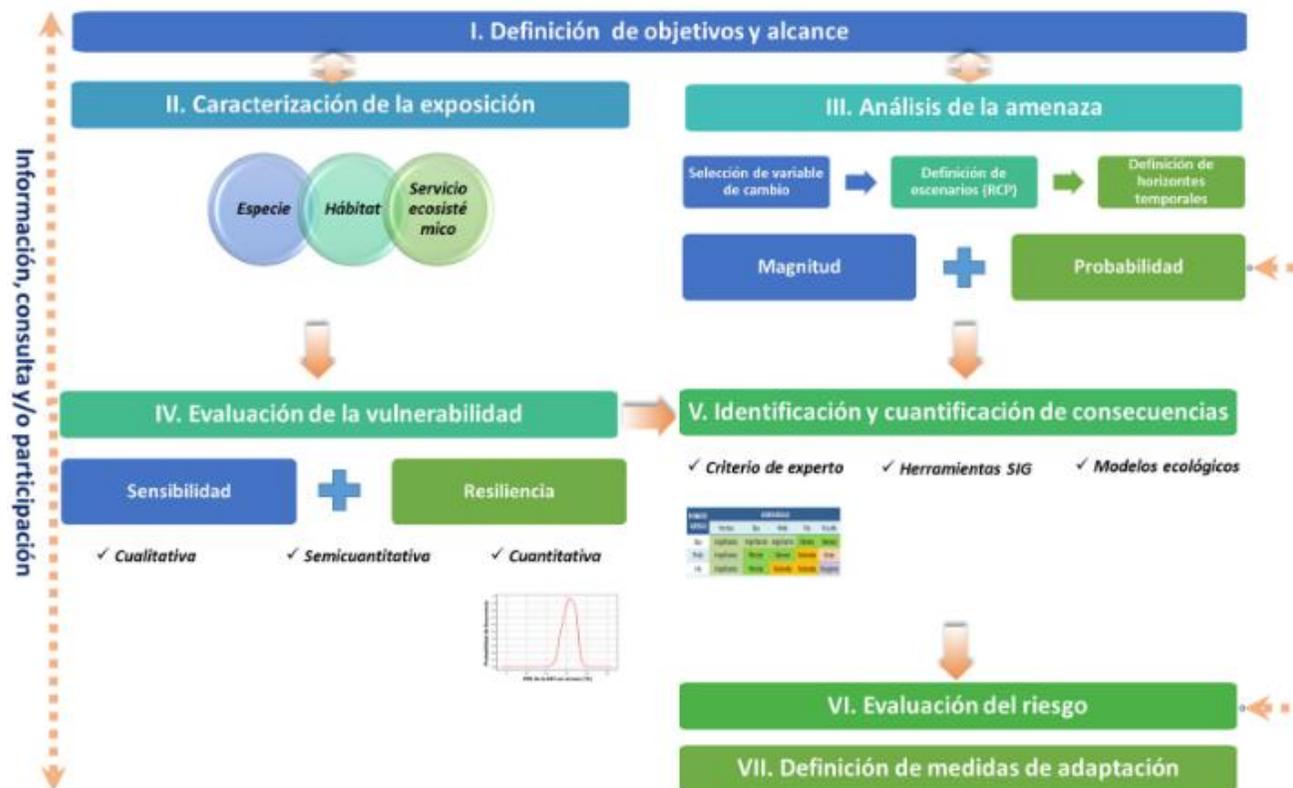


Figura 2. Esquema del procedimiento metodológico. Fuente: Metodología de análisis del riesgo de los EMPs de la Red Natura 2000 frente al cambio climático (LIFE IP INTEMARES, 2021).

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.

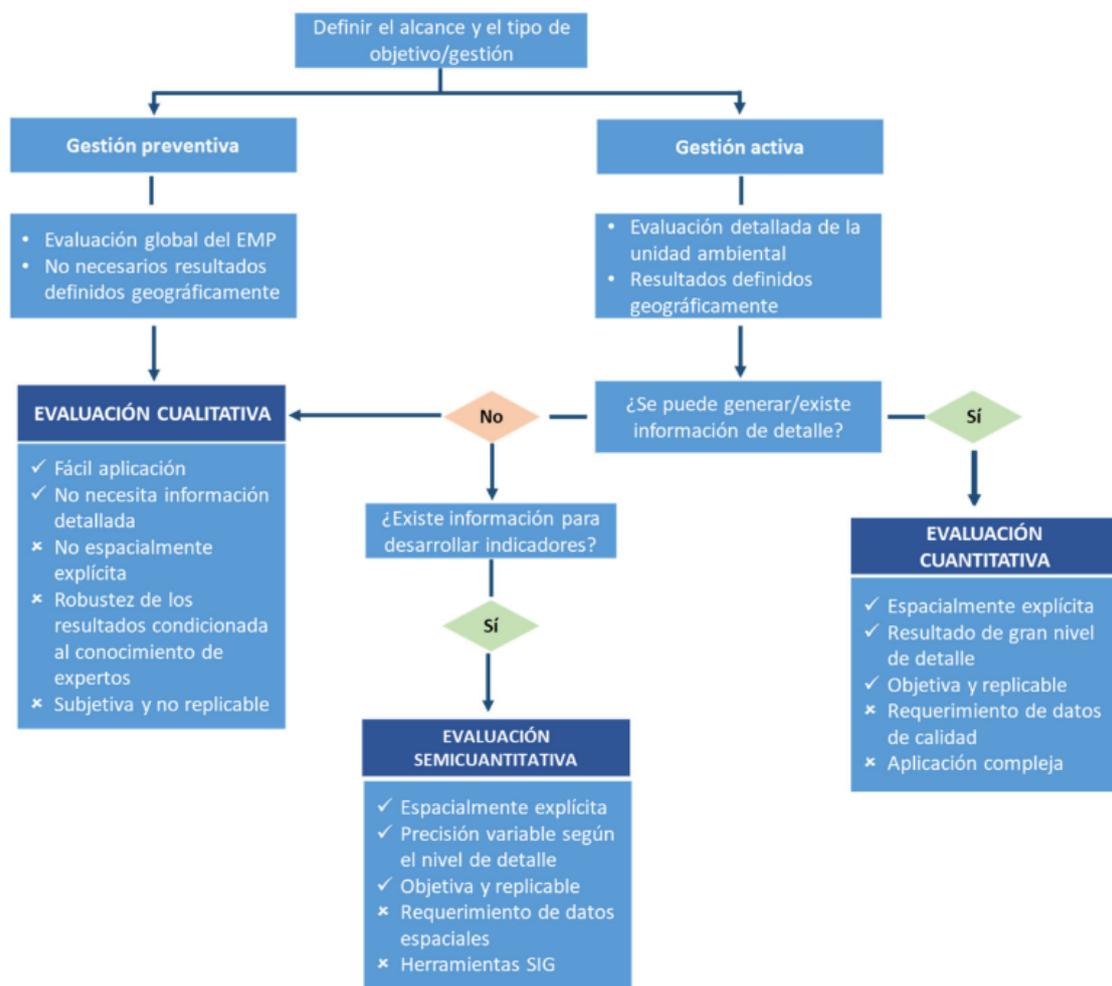


Figura 3. Árbol de decisión para la selección de la metodología. Junto a cada metodología se presenta un cuadro con sus principales ventajas y desventajas. Fuente: Metodología de análisis del riesgo de los EMPs de la Red Natura 2000 frente al cambio climático (LIFE IP INTEMARES, 2021).

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 1.

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 la **ZEC Playa de Sotavento de Jandía** 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

Se seleccionaron los hábitats incluidos en el anexo I de la Directiva Hábitats como hábitats de interés comunitario.

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)
Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (2130* dunas grises)
Saladares - Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (1420, Sarcocornetea fruticosae) -

a) Hábitat arrecifes (1170)

Según la Directiva Hábitats (*Directiva 92/43/CEE, 1992*) los arrecifes son sustratos compactos y duros de origen biogénico o geológico que se extienden desde la línea de costa hasta los fondos profundos. Por su origen volcánico, en el archipiélago canario predominan los fondos rocosos abruptos y accidentados donde existen multitud de cañones y valles submarinos. Este tipo de hábitat puede albergar toda una zonación de comunidades bentónicas de especies de animales y algas, distribuidas en función de la batimetría, así como de otros factores abióticos. Según el Anexo II del Borrador del Plan de Gestión (Plan de Gestión ZEC ES7010035), este hábitat está representado dentro de la ZEC por formaciones rocosas cubiertas de forma general por cobertura algal y especies animales sésiles en algunas zonas, destacando la zona del veril de Morro Jable.

Los datos más actuales que se disponen de este hábitat corresponden al estudio de investigación (Oceana, 2009), cuyos resultados señalan que la representatividad de este hábitat en la ZEC es poco significativa. El arrecife está situado frente a Morro Jable, al oeste de Punta del Viento. Las algas suelen dominar las áreas bien iluminadas, siendo los géneros *Cystoseira* o *Sargassum* los más característicos de la zona macaronésica. Los fondos arenosos se intercalan con fondos rocosos hasta llegar a un veril de cierta pendiente que discurre paralelo a la costa, en la zona circalitoral inferior. En los fondos rocosos podemos encontrar numerosas esponjas, algas rojas calcáreas y erizos (como *Diadema antillarum*). A partir de los -60 metros, se encuentran los campos de coral negro (*Stichopathes sp.*). A partir de los 250 m se suceden barrancos rocosos con zonas cubiertas por abundante sedimento y fango, ocupados por diferentes comunidades bentónicas como esponjas.

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

El grado de representatividad del tipo de hábitat natural de interés comunitario bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda en relación con el lugar es bueno.

Respecto a las especies asociadas al hábitat cabe destacar la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* (seba). A medida que aumenta la profundidad, sobre los 10-15 metros, las especies *Cymodocea nodosa* y *Caulerpa prolifera* crecen entremezcladas, pasando a dominar el alga verde. Según el Anexo II del Borrador del Plan de Gestión (Plan de Gestión ZEC ES7010035), los últimos estudios realizados sobre el estado de conservación de las praderas de *Cymodocea* del hábitat 1110 en las ZECs de Canarias reflejaron que la superficie de esta pradera está en regresión desde el 2005. De los 5 puntos muestreados por ECOS en 2018 dentro de la ZEC en dos de ellos no se encontró pradera y en los otros tres los resultados de superficie de la pradera eran menores que la cartografía de referencia, es decir, reducida.

La cartografía de las especies representativas de este hábitat se ha obtenido de las Ecocartografías de Fuerteventura correspondientes al año 2006.

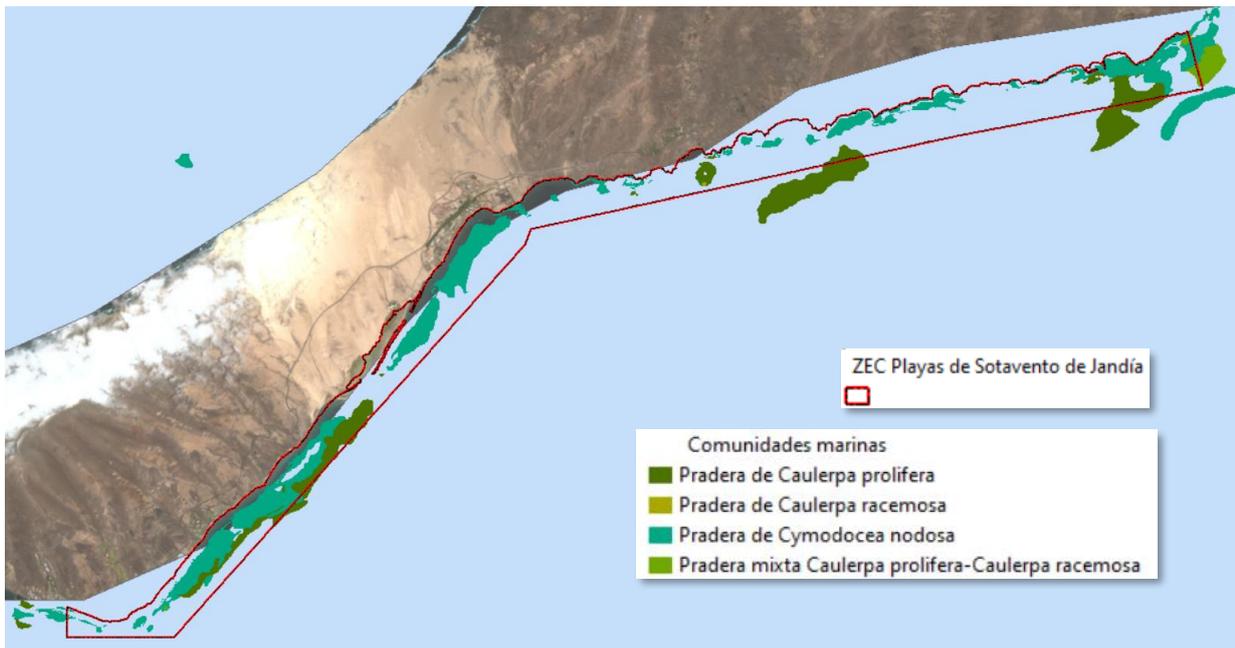


Figura 4. Comunidades pertenecientes al hábitat 1110 obtenidas de las ecocartografías de Fuerteventura correspondientes al año 2006.

c) Dunas costeras fijas con vegetación herbácea (2130*, dunas grises)

En zonas donde la intensidad del viento disminuye y permite la estabilización del sustrato y la acumulación de materia orgánica se dan lo que se conocen como dunas grises. Se trata de dunas de escasa movilidad y volumen relativo donde se produce una incipiente acumulación de materia orgánica y la vegetación contribuye a su fijación. La pobreza de estos suelos incipientes y la influencia fuerte del viento, con sus efectos mecánicos y su aporte de aerosoles salinos, impide la evolución hacia una vegetación más madura. Estas dunas están representadas por *Traganum moquinii* o *Zygophyllum fontanessii*, acompañadas por otras especies canarias: *Lottus lancerottensis*, *Androcymbium psammophilum* y *Convolvulus caput-medusae*.

d) Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (1420, *Sarcocornetea fruticosae*) - Saladares

Se trata de formaciones que, en marismas y bahías, reciben ligeramente la inundación de la pleamar o quedan fuera de ella, viviendo sobre suelos húmedos o muy húmedos y marcadamente salinos, sin mezcla de agua dulce. Están compuestas de vegetación perenne desarrollada sobre fangos salinos, tanto costeros como estuarinos, principalmente compuesta por matas arbustivas perennes, con distribución mediterráneo-atlántica, perteneciente a la clase *Sarcocornetea fruticosae*. también se encuentra habitualmente el arbusto *Zygophyllum fontanessii*.

e) Playas

Dado que la ZEC Playa de Sotavento de Jandía incluye una franja litoral que colinda con la parte terrestre, se sugirió durante el proceso participativo que esta zona también sea valorada e incluida en el análisis de riesgos.

Esta unidad ambiental¹ se refiere al conjunto de playas presentes en el espacio denominado Playa de Sotavento de Jandía. Su base la componen lavas basálticas que se encuentran recubiertas de formaciones eólicas de jable relativamente cementadas, es decir, arenas eólicas depositadas por los vientos alisios. Son playas estrechas durante la pleamar y alcanzan hasta los 800 metros en bajamar. Están compuestas por arenas procedentes del país costero, que se forman en la costa de barlovento y por la dinámica eólica se depositan en el Itsmo de la Pared.

5.2.2. ESPECIES

Se seleccionaron para el análisis las especies que se encuentran incluidas como especies de interés comunitario en anexo II de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. También se han incluido especies amenazadas como en angelote, recientemente incorporada en el Catálogo Español de Especies Amenazadas en la categoría de peligro de extinción (ver tabla 1)

Tabla 2. Especies objeto de estudio 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
Tortuga verde (<i>Chelonia mydas</i>)	De interés comunitario	-
Angelote (<i>Squatina squatina</i>)	-	En peligro de extinción

¹ La determinación de las unidades ambientales es una herramienta para clasificar el territorio en unidades funcionales que presentan cierta homogeneidad, basada en su fisiografía, hábitats predominantes y principales características ambientales. Se define como unidad ambiental cada área relativamente extensa que exhibe una homogeneidad significativa en sus condiciones ambientales dentro de un espacio natural determinado.

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

a) Tortuga común (*Caretta caretta*)

Reptil marino de tamaño medio, con caparazón ligeramente ovalado y con los bordes más o menos aserrados, de coloración pardo-rojiza por el espaldar y más clara por la zona ventral, tirando hacia amarillo o crema. Especie cosmopolita de aguas tropicales y subtropicales. Se caracteriza por sus costumbres solitarias y su alimentación omnívora, incluyendo en su dieta crustáceos, peces, moluscos, fanerógamas marinas y medusas. El archipiélago canario constituye un área de alimentación y desarrollo importante para los ejemplares juveniles de esta especie, procedentes de diferentes poblaciones americanas y caboverdianas.

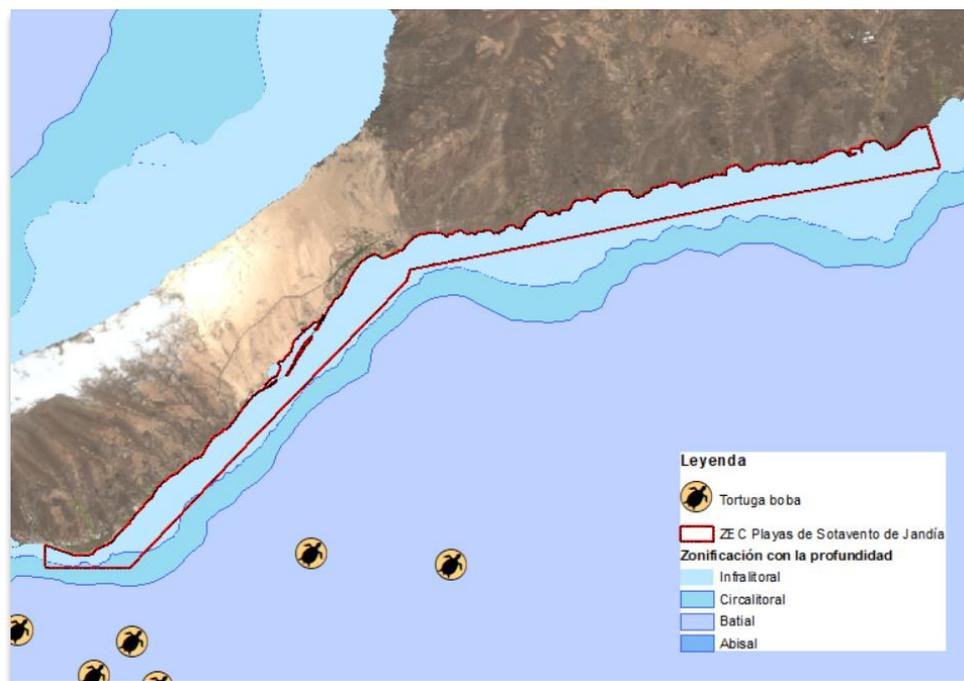


FIGURA 5. Avistamientos de tortuga común en los alrededores de la ZEC Playa de Sotavento de Jandía. Fuente: elaboración propia de a partir de datos de SIGMACAN.

b) Tortuga verde (*Chelonia mydas*)

Se trata de un reptil marino de mediano a gran tamaño, con caparazón en forma de corazón, de coloración verdosa o parduzca por el espaldar, pudiendo estar recorrido por dibujos más claros de varias tonalidades pardas. Parte ventral del caparazón blanquecina, tendiendo a amarillarse con la edad. Especie cosmopolita de aguas tropicales y subtropicales. Las islas Canarias albergan juveniles de tortuga verde, procedentes de varias poblaciones nidificantes, posiblemente americanas y africanas.

Se encuentran ligadas a ambientes costeros (menos de 50 m de profundidad) con presencia de algas y fanerógamas marinas de las que se alimentan, por lo que su presencia en el archipiélago está relacionada con la existencia de sebadales bien desarrollados.

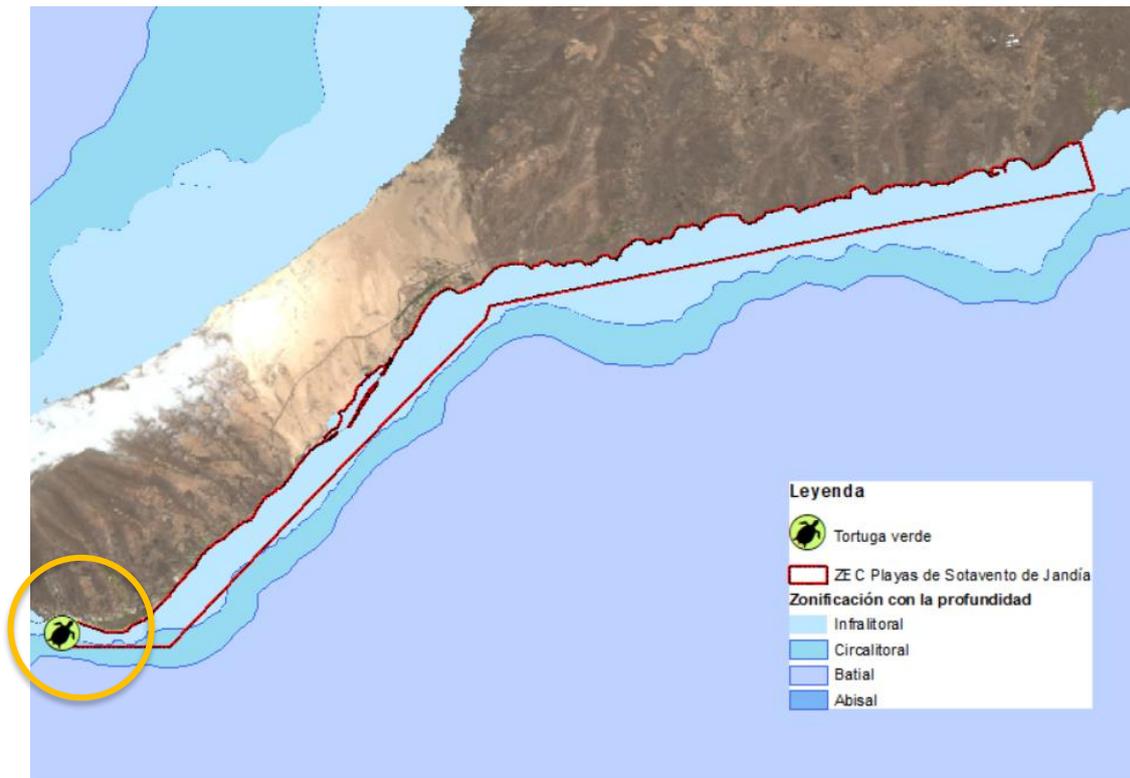


Figura 6. Zona importante de refugio para la tortuga verde en Morro Jable. Fuente: taller participativo para el análisis de riesgos de la ZEC Playa de Sotavento de Jandía.

c) Delfín mular (*Tursiops truncatus*)

El delfín mular (*Tursiops truncatus*) reside en las aguas del archipiélago canario durante todo el año, encontrándose en las aguas de la ZEC y sus inmediaciones junto a otros cetáceos comunes en la zona como *Stenella frontalis* (delfín moteado del Atlántico), *Delphinus delphis* (delfín común), *Stenella coeruleoalba* (delfín listado), *Balaenoptera physalus* (rorcual común), *Stenella bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y *Grampus griseus* (calderón gris), incluidos todos ellos en el Anexo V de la Ley 42/2007). Debido a la falta de datos y estudios sobre este amplio grupo de mamíferos en la ZEC, y a que la mayoría de los cetáceos identificados en el espacio pertenecen a la misma familia de los delfines, se tiene en cuenta solamente el delfín *Tursiops truncatus*, identificado además como una especie de interés comunitario.

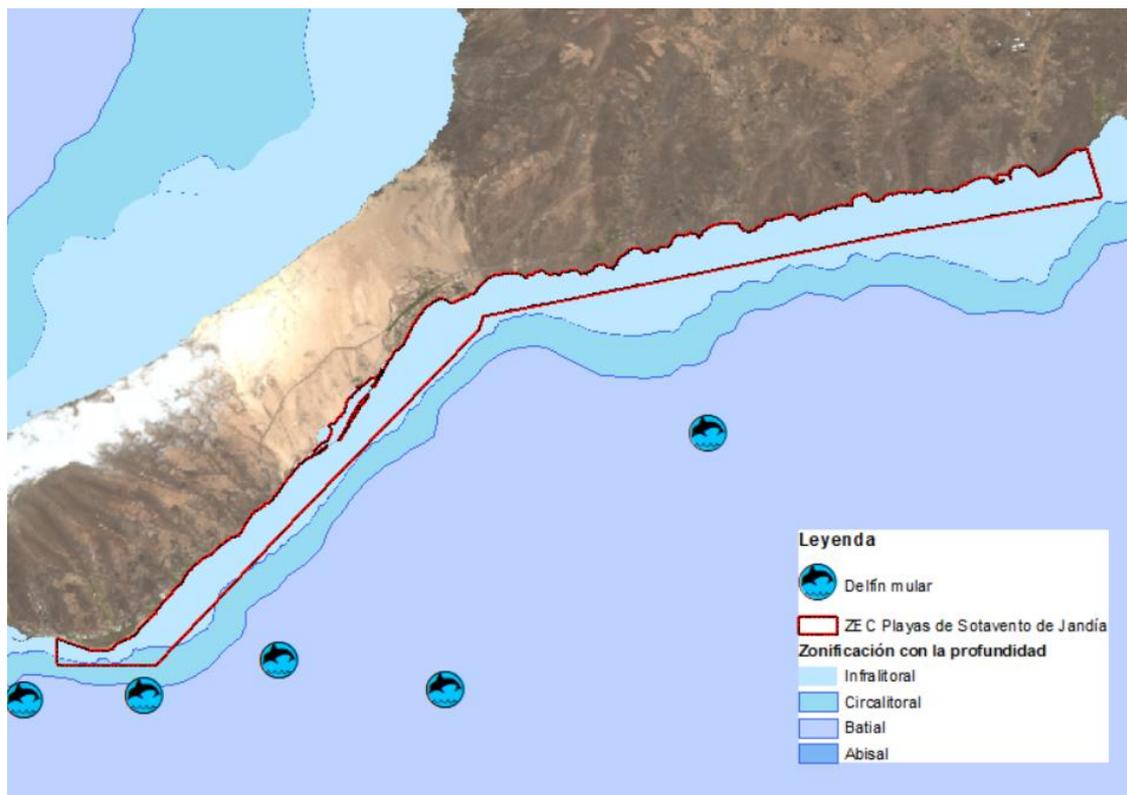


Figura 7. Avistamientos de delfín mular en los alrededores de la ZEC Playa de Sotavento de Jandía. Fuente: elaboración propia a partir de datos de SIGMACAN.

El delfín mular es un mamífero marino de coloración gris oscura en el dorso que se va degradando hacia las zonas inferiores, siendo la región ventral blanquecina o rosada y pudiendo aparecer pequeñas manchas oscuras salpicadas por el cuerpo. Cuenta con una aleta dorsal curvada, en el centro de la espalda, y con aletas pectorales proporcionadas. Se trata de una especie cosmopolita típica de regiones tropicales y templadas, aunque puede vivir también en aguas relativamente frías. Se caracteriza por vivir en grupos reducidos, posee una dieta muy variada que va desde merluzas, besugos, caballas, pulpos, calamares hasta gambas, entre otros animales marinos. Se trata de una especie de interés comunitario incluida en el Anexo I de la Directiva Hábitats (1349).

d) Angelote (*Squatina squatina*)

El angelote o *pez ángel*, es una especie de tiburón perteneciente a la familia *Squatinaidae*. Puede alcanzar los 2,5 metros, donde destaca su forma plana con un cuerpo ancho y grueso. Su coloración es marrón grisáceo con marcas pequeñas y muy numerosas más oscuras. Durante el día utiliza el fondo para camuflarse, sobre todo, en la arena, el barro o, incluso, en praderas marinas. La profundidad en la que se mueve se encuentra entre los 15 y 150 metros. Es una especie solitaria y carnívora que basa su alimentación en peces planos y otras especies benthicas, llegando a cazar, incluso, mantas raya, crustáceos y moluscos.

Recientemente incluido en el Catálogo Español de Especies Amenazadas en la categoría de peligro de extinción. De ahí que no aparezca recogido en el anterior plan de gestión (Orden ARM/2417/2011, de 30 de agosto, por la que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica Macaronésica de la Red Natura 2000 y se aprueban sus correspondientes medidas de conservación). En el EMP de Jandía hay registros de individuos de angelote, desde la costa hasta bastantes metros de profundidad, principalmente en la zona de Morro Jable y Gran Tarajal.

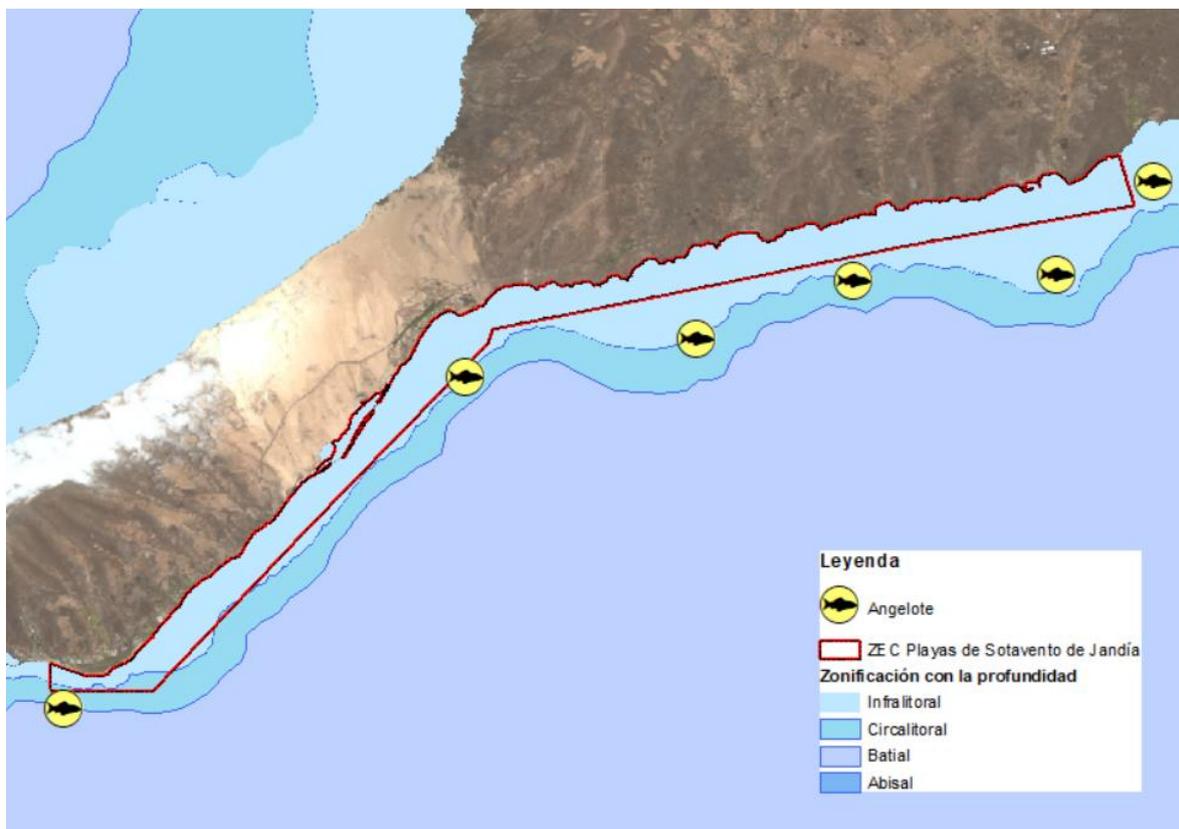


Figura 8. Avistamientos de angelote en los alrededores de la ZEC Playa de Sotavento de Jandía. Fuente: elaboración propia de a partir de datos de SIGMACAN.

5.3. ANÁLISIS DE LAS AMENAZAS

Las principales amenazas que se han contemplado en este EMP son:

- a) Aumento de la temperatura del mar.
- b) Acidificación oceánica.
- c) Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos.
- d) Aumento del nivel del mar.
- e) Modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos.

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 y una exhaustiva revisión bibliográfica, consulta de modelos climáticos y de artículos científicos.

a) Aumento de temperatura del agua

Magnitud

La temperatura del agua en la capa más superficial, hasta los 600 m, ha aumentado en las islas Canarias a un ritmo de $0,25^{\circ}\text{C}$ década⁻¹ en el periodo 1982 - 2013. También se ha detectado un claro aumento en el número de días con temperaturas extremas en el agua superficial, que han pasado de menos de 5 a 19 días década⁻¹ entre 1982 y 2012 (de Castro *et al.* 2014).

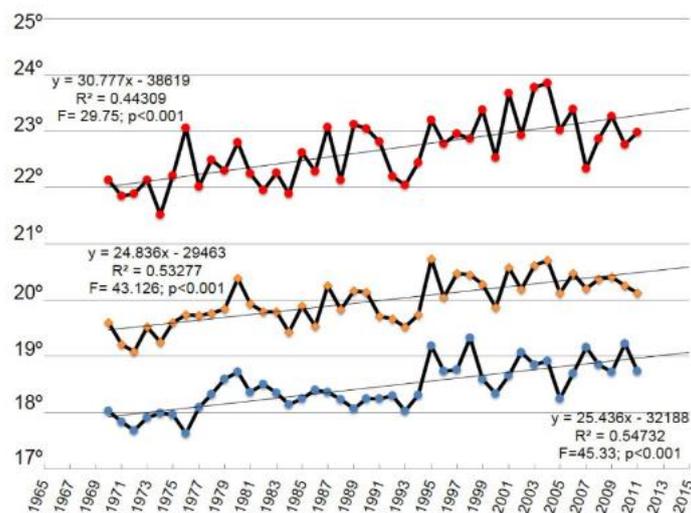


Figura 9. Tendencia de temperatura de las aguas superficiales en el área de Canarias desde 1970. Medias anuales (círculos naranjas), medias de los meses más cálidos (Agosto - Septiembre, círculos rojos) y de los más fríos (Enero - Febrero, círculos azules). Las temperaturas medias han sido obtenidas mediante el método descrito por Kalnay *et al.* (1996). Fuente: J. C. Hernández.

No se han detectado tendencias significativas en las aguas intermedias ni en la parte superior de las aguas profundas (Vélez-Belchí *et al.* 2015).

Zona	Periodo	Tasa media (°C año ⁻¹)	Referencia
Atlántico	1980 - 2010	0,023	González-Pola et al. (2012)
Atlántico	1982 - 2014	0,026	Costoya et al. (2015)
Atlántico	1985 - 2005	0,04 - 0,05	Gómez-Gesteira et al. (2008)
Atlántico	1993 - 2006	0,055 - 0,075	Llope y Anadón (2007)
Atlántico	1974 - 2007	0,02	Castro et al. (2009)
Atlántico	1972 - 1993	0,064	Koutsikopoulos et al. (1998)
Atlántico	1974 - 2007	0,02	de Casto et al. (2008)
Atlántico	1977 - 2007	0,026	González et al. (2008)
Atlántico	1986 - 2008	0,01	Revilla et al. (2010)
Atlántico	1992 - 2003	0,02 - 0,03	González-Pola et al. (2005)
Atlántico	1985 - 2006	0,015 (costa); 0,024 (mar abierto)	Gómez-Gesteira et al. (2011)
Atlántico	1977 - 2007	0,026	Goikoetxea e al. (2009)
Mediterráneo	1973 - 2006	0,03	Pascual et al. (1995); Salat y Pascual (2002, 2006)
Mediterráneo	1992 - 2001	0,02	Vargas-Yáñez et al. (2002, 2005, 2008)
Mediterráneo	1991 - 2012	0,04	Kersting et al. (2013)
Mediterráneo	1985 - 2008	0,026	Skliris et al. (2012)
Mediterráneo	1985 - 2011	0,025 (media); 0,04 (verano)	Marbà et al. (2015)
Canarias	1982 - 2013	0,025	Vélez-Belchi et al. (2015)

Figura 10. Tasas de cambio de la temperatura del agua superficial en las regiones atlántica peninsular, mediterránea y de Canarias según la bibliografía. Fuente: Kersting (2016).

Según diferentes estudios, la región macaronésica, de la que forman parte las islas Canarias, han mostrado un incremento histórico de temperatura situado en torno a la media global (0.5-1.0°C) en el periodo 1901-2012.

En base a los datos disponibles del visor C3E, en el que está contenido gran parte de los resultados obtenidos en el proyecto “Cambio Climático en la Costa Española”, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en el marco de la Acción Estratégica de Energía y Cambio Climático, Plan Nacional, la temperatura superficial del mar del clima actual (1985 – 2005). en las Playa de Sotavento de Jandía ronda alrededor de los 20°C .

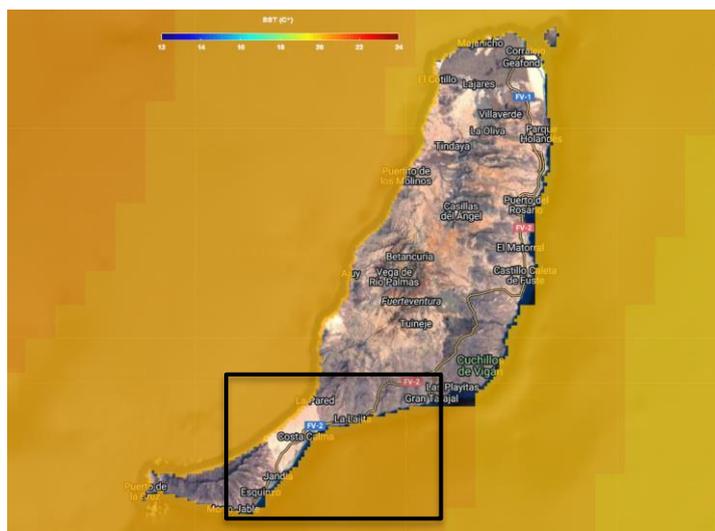


Figura 11. Clima actual valor medio de temperatura superficial del mar (1985 – 2005). Fuente: Visor C3E Cantabria.

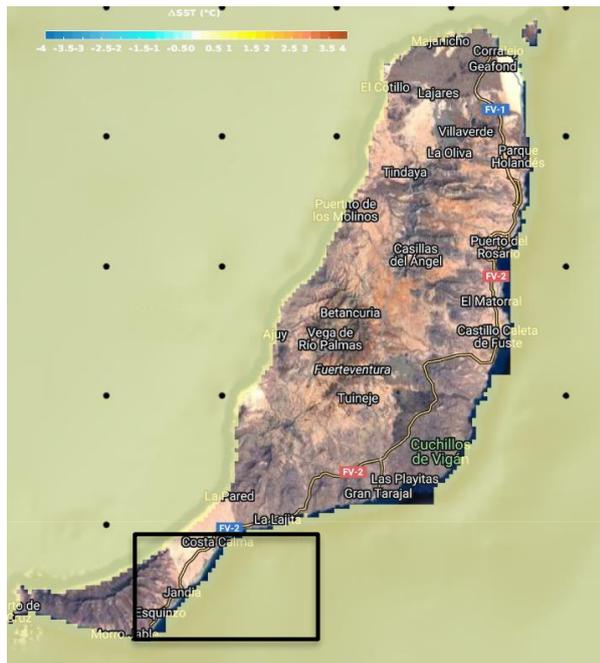


Figura 12. Aumento de temperatura superficial del mar para 2050 en RCP 4.5. Fuente: Visor C3E Cantabria.

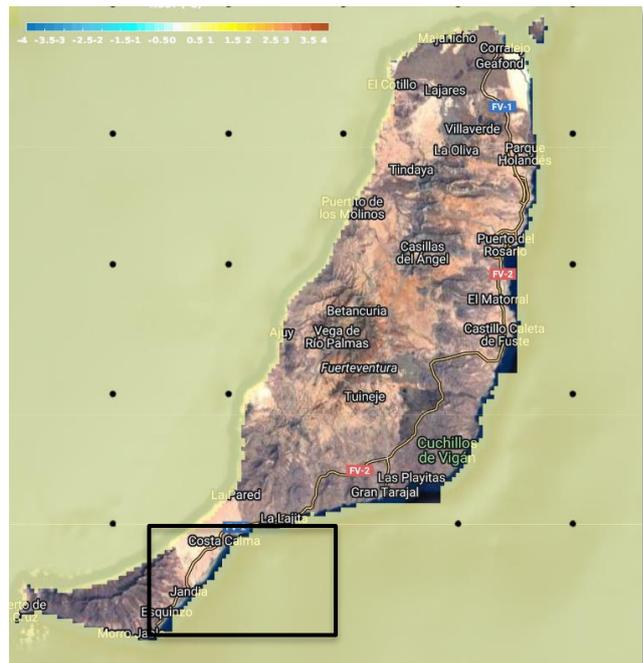


Figura 13. Aumento de temperatura superficial del mar para 2050 en RCP 8.5. Fuente: Visor C3E Cantabria.

Según las proyecciones, para 2050, el aumento de temperatura superficial en las áreas costeras y archipelágicas de la región podría aumentar entre 0,5-1°C. Hacia 2100, el aumento de temperatura superficial en las áreas costeras y archipelágicas de la región podría oscilar entre 1-1,5°C (RCP 4.5) y 2-3°C (RCP 8.5). Los primeros 75 m de la columna de agua ya se han calentado 0.11°C [0.09 a 0.13] por década entre 1971 y 2010, y las mejores estimaciones indican que, al final del siglo XXI, el calentamiento del océano en los primeros 100 metros de profundidad será de entre 0,6°C (RCP 4.5) y 2,0°C (RCP8,5), siendo a medio plazo los cambios más sutiles. Por tanto, la magnitud se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5.

Probabilidad

De acuerdo con el informe del IPCC (2019), el aumento proyectado de la subida de la temperatura 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

Magnitud

Las emisiones antropogénicas han aumentado la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂) 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 CO₂ se disuelven en el océano, aumentando la concentración de CO₂ en el agua superficial y alterando la química de los carbonatos al reaccionar con el agua de mar (Canadell *et al.* 2007). En Canarias, el pH ha sufrido una disminución en las capas superficiales de entre 0,013 y 0,025 unidades de pH/década, lo que se traduce en la acidificación de las aguas.

Santana-Casiano *et al.* (2007) y Gil-Díaz *et al.* (2014) aportan datos sobre la acidificación en aguas al norte de Gran Canaria a partir de mediciones realizadas a 1,5 m de profundidad en la estación ESTOC (red EuroSITES y OceanSites; www.eurosites.info), 100 km al norte de la isla. El descenso medio de pH registrado en 1995 - 2009 fue de 0,015 unidades década⁻¹. Tendencias similares, entre -0,0013 y -0,0025 unidades año⁻¹, se muestran en el trabajo realizado por Santana-Casiano y González-Dávila (2015).

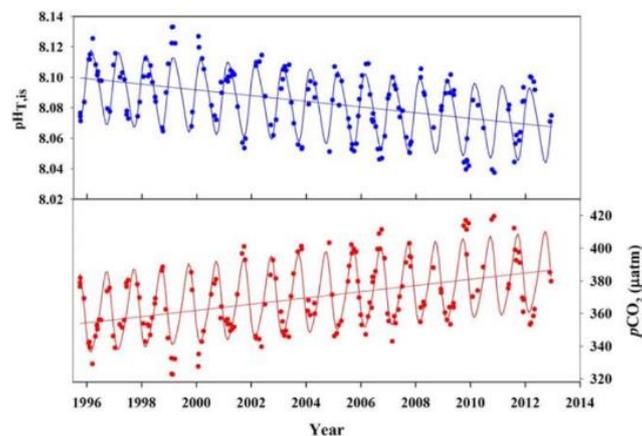


Figura 14. Evolución temporal de pH (arriba) y pCO₂ (abajo) en la estación ESTOC (European station for Time series in the Ocean, Canarias). Fuente: Santana-Casiano y González-Dávila (2015).

La magnitud se considera alta en ambos escenarios.

Probabilidad

De acuerdo con la información consultada y en comparación con los datos históricos, la probabilidad de que se siga acidificando las aguas se considera casi segura en ambos escenarios.

c) Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos

Según el informe del IPCC sobre el océano y la criosfera (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2019), el incremento de la frecuencia o la intensidad de los fenómenos extremos aumentarán considerablemente durante este siglo en todos los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. Los peligros costeros se verán agravados por un aumento de la intensidad media, la magnitud de las mareas meteorológicas y las tasas de precipitación de los ciclones tropicales. La **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5, ya que se prevén mayores incrementos que en RCP 4.5 aproximadamente desde mediados de siglo hasta 2100. La **probabilidad** de ocurrencia de estos fenómenos se considera probable.

d) Aumento del nivel del mar

La estación de Tenerife muestra una tasa de aumento del nivel del mar de unos 2 mm año⁻¹ entre 1927 y 2012 (Marcos *et al.* 2013). Otras estaciones en Canarias que cuentan con series históricas de nivel del mar desde la década de 1940 muestran tendencias menores, por debajo de 1 mm año⁻¹ (Pérez - Gómez *et al.* 2015).

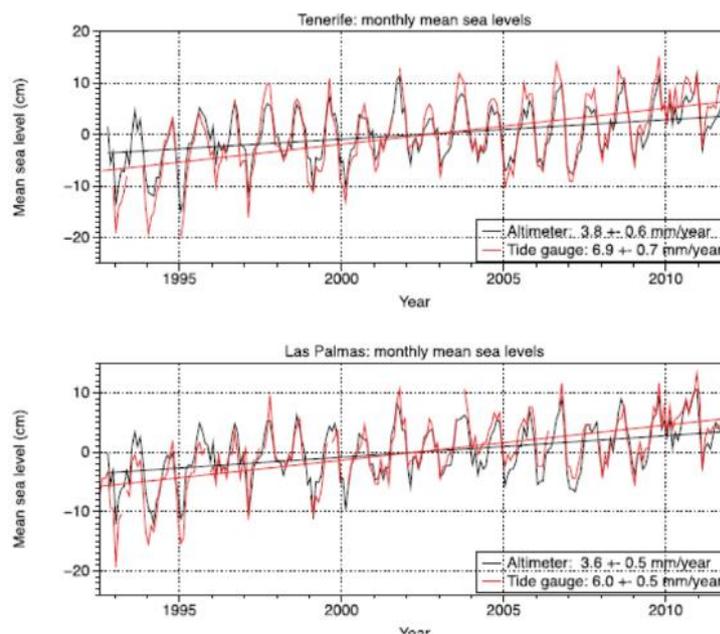


Figura 15. Evolución del nivel del mar en las islas Canarias (Tenerife y Las Palmas) en base a datos de mareógrafo (línea roja) y altímetro (línea negra). Fuente: Pérez-Gómez *et al.* (2015).

La tasa de aumento del nivel del mar, recogida con mareógrafos y altímetros satelitales desde mediados del siglo XIX, ha sido mayor que la tasa media durante los dos milenios anteriores. Esta fue de 1.7 [1.5 a 1.9] mm/año entre 1901 y 2010, de 2.0 [1.7 a 2.3] mm/año entre 1971 y 2010, y de 3.2 [2.8 a 3.6] mm/año entre 1993 y 2010. En suma, el nivel medio global del mar ha aumentado en 0.19 m [0.17 a 0.21] durante el siglo XX, y seguirá aumentando durante el siglo XXI. Es muy probable que la tasa de elevación del nivel del mar sea mayor en todos los escenarios que la tasa observada durante 1971-2010, con una tasa de elevación de **magnitud alta** en ambos escenarios, rondando alrededor de 8 a 16 mm/año durante 2081-2100. La **probabilidad** se considera casi segura en ambos escenarios.

e) Modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos

Del taller participativo celebrado en Fuerteventura se extrajo esta variable para tenerla en cuenta también en el análisis de riesgos. Se comentó que el nivel y la dinámica de los vientos ha experimentado un fuerte cambio en Fuerteventura, asociado a la disminución de la intensidad del anticiclón de las Azores, circunstancia que influirá directamente en el motor del oleaje y en las corrientes marinas.

El anticiclón de las Azores ejerce como el eje que hace girar las corrientes marinas y los vientos en el sentido de las agujas del reloj, barriendo Canarias y el Sahara occidental de norte a sur con los vientos alisios frescos y húmedos. Vientos que al sur de Cabo Verde giran para atravesar el Océano Atlántico hasta el continente americano. Este cambio de rumbo de los vientos alisios es conocido como el giro o vuelco de la circulación del Atlántico meridional, el AMOC en sus siglas en inglés. El agotamiento del anticiclón de las Azores, los vientos alisios y el AMOC puede llegar a invertir la trayectoria del polvo sahariano en dirección norte, afectando a Canarias (Armstrong McKay *et al.*, 2022).

Investigadores del Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) han advertido ya del aumento de las temperaturas, la calima y otros efectos en el clima en Canarias debido a los cambios en los patrones de las grandes corrientes marinas y cambios en los patrones de vientos. Es posible que el incremento de calimas en Canarias se deba a periodos de retirada de los vientos alisios hacia el interior del océano Atlántico dejando al archipiélago más expuesto al clima centro sahariano, por lo que la **probabilidad** se considera probable en ambos escenarios, con una **magnitud alta**, ya que es un evento que está dándose en la actualidad.

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

A la hora de tratar 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 potenciando los efectos sobre los ecosistemas y organismos (efecto sinérgico). La interacción y combinación de distintas amenazas climáticas va a tener un efecto mayor que la interacción de una amenaza por separado.

A partir de los resultados del taller participativo de validación de resultados del análisis de riesgos se extrajo la siguiente información:

- El 50% de los participantes piensa que las amenazas de conservación del espacio y el mantenimiento de las actividades económicas están relacionadas con problemas de gestión y el cambio climático.
- Un 33% piensa que las amenazas de conservación del espacio y el mantenimiento de las actividades económicas están más relacionadas con problemas de gestión.
- Un 17% piensa que las amenazas de conservación del espacio y el mantenimiento de las actividades económicas están más relacionadas con el cambio climático.

Esta información pone de manifiesto la importancia de incorporar el efecto combinado de ambos factores en el análisis, y no solo 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 a partir de la información extraída del taller para la validación del análisis de riesgos. En base a esta información, se ha realizado una priorización y selección de amenazas para cada especie/hábitat, según la relevancia e importancia para cada caso concreto. Es por ello por lo que no se analizan todas las amenazas para cada especie/hábitat.

En la tabla 3 se resume la relación entre amenazas climáticas y su posible afección sobre los hábitats y especies objeto de estudio en este trabajo.

Tabla 3. Selección de las amenazas climáticas y relación con los hábitats y especies.

AMENAZAS	ESPECIES Y HÁBITATS									
	HÁBITAT 1170	HÁBITAT 1110	Delfín mular	Tortuga común	Tortuga verde	Angelote	Playa	Saladares	Dunas	Aguas circundantes
Aumento de la temperatura del mar	X	X	X	X	X	X				
Acidificación oceánica	X									
Modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos		X							X	
Aumento del nivel del mar							X	X	X	
Modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos									X	X

En la tabla 4 se pueden observar las diferentes combinaciones de amenazas y especie/hábitat analizadas en este estudio.

Tabla 4. Casos de estudio analizados por especie/hábitat y amenaza climática.

HÁBITAT/ESPECIE	AMENAZAS	Caso de estudio
HÁBITAT 1170	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	1
	<i>Acidificación oceánica</i>	2
HÁBITAT 1110	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	3
	<i>Modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos</i>	4
Playas	<i>Aumento del nivel del mar</i>	5
Saladares (1420)	<i>Aumento del nivel del mar</i>	6
Dunas grises (2130*)	<i>Modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos</i>	7
	<i>Modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos</i>	8
Delfín mular	<i>Aumento de la temperatura de mar</i>	9
Tortuga común	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	10
Tortuga verde	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	11
Angelote	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>	12

En el Anexo 2 pueden consultarse unas fichas resumen del análisis de riesgos correspondiente a cada caso de estudio.

5.4.1. EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL HÁBITAT ARRECIFES (1170)

Las predicciones indican que las zonas infralitorales y circalitorales sufrirán alteraciones que implican variaciones en los hábitats de muchas especies de algas con el aumento de la temperatura del 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. No solo la temperatura puede afectar a la distribución, la acidificación oceánica derivada de la absorción de CO₂ atmosférico en el océano puede dar lugar eventos de mortalidad masiva de especies de carbonato cálcico como corales, gorgonias o algas coralinas, entre otros efectos. En este análisis se evalúa principalmente el efecto que podría tener el aumento de temperatura y la acidificación oceánica sobre este hábitat.

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

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Las praderas submareales de *Cystoseira* constituyen las comunidades bentónicas más representativas de los fondos rocosos del archipiélago canario. Estudios realizados sobre estas comunidades en diferentes localidades de Canarias durante 30 años han evidenciado un proceso regresivo, con una disminución progresiva de la biomasa y cobertura algal que en algunos casos han sido sustituidos por otras algas pardas o por blanquizal, formado principalmente por el erizo *Diadema antillarum*, que se ha visto enormemente favorecido por el calentamiento, ya que se encuentra cómodo en aguas cálidas, como las del Caribe, aumentando su asentamiento de forma exponencial al superarse el límite de 23°C y favoreciendo su éxito reproductivo, ya que la supervivencia de las larvas aumenta exponencialmente en los años con veranos de temperaturas muy altas (Hernández, 2006). Es importante destacar que el aumento de la temperatura también ha propiciado la aparición de una epidemia de origen bacteriano desembocando en una enorme mortandad de estos erizos (Clemente *et al.*, 2014).

Por el contrario, en general, muchas de las especies algales, principalmente rojas, que se dan en estos ambientes son altamente sensibles a cambios ambientales y en particular a la temperatura del agua de mar. Existe información concluyente de la regresión de especies de macroalgas en la zona litoral debido al incremento de temperatura (Kresting, 2016). De hecho, en Canarias existen estudios importantes sobre esta materia (Martín-García *et al.*, 2014; Sangil *et al.*, 2010; Sansón *et al.*, 2013; 2017; Valdazo *et al.*, 2017). De ellos, se ha concluido que diferentes especies algales han sufrido una regresión superior al 90% en los últimos 30 años. También es importante resaltar los eventos de mortalidad masiva durante las olas de calor de gorgonias, esponjas, corales, etc.

Dado que existen suficientes evidencias de los efectos del cambio climático sobre las especies y comunidades de este hábitat, se considera sensible en RCP 4.5 y muy sensible en RCP 8.5.

Resiliencia

Algunas especies de algas presentan un crecimiento muy lento (Peña *et al.* 2014). Estas presentan unos óptimos de fotosíntesis, crecimiento y reproducción dentro de unos rangos de temperatura superficial del mar muy definidos, por lo que cualquier alteración relacionada con un aumento de temperatura superior puede afectar a la capacidad de recuperación. Por tanto, esta unidad se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Se obtiene una **vulnerabilidad** alta en RCP 4.5 y muy 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. Tal y como se ha comentado previamente, el cambio climático puede dar lugar a mortalidades masivas, favorecer la introducción de especies invasoras o cambiar la extensión de las especies y comunidades ya existentes, disminuyendo o expandiendo su rango. A estos efectos se suma las presiones antrópicas ya existentes en la ZEC como la contaminación del agua que, generada por todo tipo de vertidos, influye en la calidad del agua que es de vital importancia para estas comunidades formadas especialmente por esponjas, cnidarios y corales, todos suspensívoros muy vulnerables a la contaminación marina. Resultando, por tanto, en **consecuencias** moderadas en RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5.

➤ 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 en RCP 4.5 y extremo en RCP 8.5.

Síntesis

Según las proyecciones de cambio climático, el calentamiento del océano en las capas superiores será aproximadamente de entre 0.6 °C y 2°C al final del siglo XXI (IPCC, 2013). Por tanto, la **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5 en ambos escenarios. De acuerdo con el informe del IPCC (2019), el aumento proyectado de la subida de la temperatura tiene una **probabilidad** de cumplirse entre el 90% y el 100%, por lo que la probabilidad de ocurrencia es casi segura en ambos escenarios. Estudios realizados sobre estas comunidades en diferentes localidades de Canarias durante 30 años han evidenciado un proceso regresivo, con una disminución progresiva de la biomasa y cobertura algal que algunos casos han sido sustituidos por otras algas pardas o por blanquiazal, existen estudios importantes sobre esta materia (Martín-García *et al.*, 2014; Sangil *et al.*, 2010; Sansón *et al.*, 2013; Valdazo *et al.*, 2017). Por tanto, se considera sensible en RCP 4.5 y muy sensible en RCP 8.5 y poco resiliente en ambos escenarios, resultando en **vulnerabilidad** alta en RCP 4.5 y muy alta en RCP 8.5. 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 RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5. El riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, que resultaría en un **riesgo** alto en RCP 4.5 y extremo en RCP 8.5.

Tabla 5. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 1.

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

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

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Se espera una disminución en la distribución de los hábitats poblados por los corales blandos, como son los gorgonáceos del género *Leptogorgia* (Hall-Spencer *et al.*, 2008). Las especies coralináceas pueden verse afectadas por la acidificación oceánica derivada de la absorción de CO₂ atmosférico en el océano. De hecho, en otras áreas del Mediterráneo se han certificado eventos de mortalidad masiva de especies diversas como *Eunicella singularis* y *Paramuricea clavata* (Coma *et al.*, 2009). De hecho, a pesar de que la acidificación se considera la principal amenaza para este hábitat, expertos de WWF y del Cabildo de Fuerteventura aseguran que de momento los cambios en pH no están causando problemas en la formación de esqueletos calcáreos. Dado que existen evidencias, pero no se ha encontrado suficiente información en relación con las especies de carbonato cálcico presentes en este hábitat, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5.

Resiliencia

Algunas especies presentan un crecimiento muy lento (Pena *et al.* 2014), por lo que se considera poco resiliente en ambos escenarios.

Se obtiene una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias de la acidificación sobre el hábitat resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza resultando en **consecuencias moderadas** 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, que resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Síntesis

En Canarias, el pH ha sufrido una disminución en las capas superficiales de entre 0,013 y 0,025 unidades de pH/década, lo que se traduce en la acidificación de las aguas. Por tanto, la **magnitud** se considera alta en ambos escenarios. De acuerdo con la información consultada y en comparación con los datos históricos, la **probabilidad** de que se siga acidificando las aguas se considera casi segura en ambos escenarios. Se espera una disminución en la distribución de los hábitats poblados por los corales (Hall-Spencer *et al.*, 2008). De hecho, en el Mediterráneo se han certificado eventos de mortalidad masiva de especies diversas (Coma *et al.*, 2009). Por tanto, dado que existen evidencias, pero no se ha encontrado suficiente información en relación con las especies de carbonato cálcico presentes en este hábitat, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5, siendo poco resiliente en ambos escenarios y resultando en **vulnerabilidad alta**. Las consecuencias resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en **consecuencias moderadas** en ambos escenarios. El riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, que resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Tabla 6. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 2.

	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)

Las praderas de angiospermas marinas se encuentran sometidas al impacto global del cambio climático. En las últimas cinco décadas, la temperatura media de las aguas de Canarias se ha ido incrementando (Hernández, 2006), lo que ha ido acompañado de la aparición de especies de mayor afinidad tropical en todo el archipiélago (Brito, 2008). A escala global principalmente el aumento de la temperatura del mar y el aumento de los eventos extremos representan una amenaza decisiva para las especies formadoras de hábitats, como las angiospermas marinas (Short y Neckles, 1999), es por ello que se evalúa el riesgo asociado a esas amenazas climáticas.

CASO 3. Evaluación del riesgo del hábitat 1110 frente al aumento de temperatura del mar

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Un estudio realizado por Peaguda (2019) pone de manifiesto el efecto del aumento de temperatura sobre *Cymodocea nodosa* de la región de Canarias, donde parece tener una menor resistencia a las altas temperaturas limitando la producción primaria, sumado a la baja variabilidad genética que presentan las praderas en la región (Alberto *et al.*, 2008). Básicamente, el aumento de temperatura aumenta el estrés fisiológico por la ruptura de la función del fotosistema II, debilitando paulatinamente a la planta.

Otro de los riesgos que conlleva el cambio climático es la situación favorable para el desarrollo de especies exóticas invasoras de origen tropical. Las tasas de crecimiento de especies del género *Caulerpa* están correlacionadas con la temperatura, ya que presentan una alta capacidad de aclimatación a la variación térmica (Ruitton *et al.*, 2005). Este es el caso de la variedad (*var. cylindracea*) del alga verde *Caulerpa racemosa*, que ya está presente en los fondos costeros arenosos de Canarias (Verlaque *et al.*, 2004) y en franca expansión, detectándose crecimientos masivos de la misma en las zonas infralitorales que están sufriendo un aumento de la sedimentación y en seadales. Por otro lado, *Caulerpa prolifera* es una especie nativa que está ampliamente distribuida por todo el archipiélago canario y forma parte de este HIC junto con *C. nodosa*, donde en algunas ocasiones puede tener un comportamiento invasivo, ya que tiene su máximo de crecimiento hasta los 30°C, por lo que un aumento en la temperatura del agua de mar puede resultarle beneficioso frente a otras especies. En esta línea, la relación negativa entre *C. prolifera* y *C. nodosa* mostrada por diversos estudios sugiere que existe una competencia entre las dos especies.

Adicionalmente, se tiene ya constancia de que dentro del EMP Playa de Sotavento de Jandía el área potencial de distribución de *Cymodocea nodosa* ha sufrido una regresión a lo largo de los últimos años, causada en gran parte por episodios de blooms de la microalga *Lyngbia majuscula*. Posiblemente, determinados cambios ambientales y la sinergia de algunos factores junto con la mayor productividad de las aguas de las islas más orientales han permitido floraciones masivas de esta cianobacteria (Ruiz *et al.*, 2015). En el proceso participativo se hizo especial hincapié en que el sebadal está prácticamente empobrecido por el cambio climático y/o la densidad de sebadal es cada vez menor, encontrándose ahora otras especies de algas tapizantes y microalgas, algunas tóxicas, que llegan a cubrir rocas en su totalidad. Se comentó que se ha actualizado la cartografía de sebadal a principios de 2024 donde muchas manchas ya han desaparecido respecto a la distribución obtenida de las ecocartografías de Fuerteventura en 2006.

En cuanto a la diferenciación por escenarios, diversos estudios afirman que las comunidades no sufrirán tendencias diferenciadas entre los escenarios medio y extremo (RCP 4.5 y RCP 8.5) de 2050, mientras que sí podrán observarse tendencias diferenciadas en las comunidades entre estos mismos escenarios, esperando un aumento de estos episodios de proliferación a largo plazo (RCP 4.5 y RCP 8.5) en 2100 (Peaguda, 2019). En definitiva, se tiene ya constancia de que el calentamiento de las aguas está causando un aumento en la proliferación de especies marinas nocivas o tóxicas y de especies introducidas, así como la tropicalización de la fauna y flora marina, que podría afectar de manera negativa a este hábitat. Teniendo en cuenta la información recopilada de distintas fuentes bibliográficas y de consultas a expertos, esta unidad ambiental se considera muy sensible en ambos escenarios.

Resiliencia

Las especies de este hábitat presentan una alta plasticidad y capacidad de recuperación cuando las condiciones son favorables. Por tanto, este hábitat se considera poco resiliente en un escenario de cambio climático.

Cruzando estos valores se obtiene que las comunidades de este hábitat frente al aumento de la temperatura presentan una **vulnerabilidad** muy 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.

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, una de las principales actividades económicas del espacio. Se trata de un ecosistema clave que proporciona diversos servicios ecosistémicos desde actuar como refugio y fuente de alimento para otras especies hasta actuar como sumidero de CO₂ y estabilizar el sedimento, disminuyendo la erosión costera y el retroceso de la línea de costa.

Las comunidades de este hábitat proporcionan áreas clave de refugio, cría y alimentación a muchos invertebrados y peces, por lo que su disminución/desaparición podría dar lugar a la pérdida de otras especies que se benefician de este hábitat, por ejemplo, la presencia de la tortuga verde en el archipiélago canario está muy ligada a la existencia de seadales bien desarrollados, por lo que también podría perjudicar a esta especie prioritaria y en peligro de desaparición en Europa. Se cree que podría afectar a la pérdida de algunas especies concretas que son objeto de pesca, pero ello no supondría un impacto muy grande ya que hay otras que podrían adaptarse a las nuevas circunstancias (menor superficie o ausencia de praderas) e incluso aparecer especies nuevas.

La introducción de especies exóticas invasoras dará lugar a cambios en la distribución de especies, desplazando y colonizando el espacio ocupado por especies autóctonas que toleran peor las temperaturas superiores, impactando además sobre toda la cadena trófica.

- Como resultado, se esperan **consecuencias graves** en RCP 4.5 y **muy graves** en RCP 8.5. **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** RCP 4.5 y **extremo** en RCP 8.5.

Las artes de pesca en general no afectan al fondo marino dado que en Fuerteventura se ha consensado un acuerdo con los pescadores para restringir cualquier tipo de pesca que afecte al fondo, y por ende, al sebadal, otras especies y hábitats, por lo que no existirá un efecto sinérgico de esta actividad humana con las amenazas climáticas, disminuyendo notablemente el riesgo esperado.

Síntesis

En Canarias, se aprecia una anomalía constante de aproximadamente un grado por encima de la temperatura media del agua del periodo 1971-2000, por lo que la **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5 y la tendencia es clara al aumento, si bien el proceso no es uniforme y se producen ciertas alternancias de años más fríos y cálidos, por lo que la **probabilidad** de ocurrencia es casi segura en ambos escenarios. Se tiene ya constancia de que el calentamiento de las aguas está causando un aumento en la proliferación de especies marinas nocivas o tóxicas y de especies introducidas, así como la tropicalización de la fauna y flora marina que podría dar lugar a una limitación en la producción primaria de las especies de este hábitat (Verlaque *et al.*, 2004; Ruiz *et al.*, 2015; Peaguda, 2019), resultando ser muy sensible en ambos escenarios. En cuanto a la **resiliencia**, este hábitat se considera poco resiliente en un escenario de cambio climático resultando en una **vulnerabilidad** muy alta en ambos escenarios. 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, siendo graves en RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5. El **riesgo** se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, siendo extremo en ambos escenarios.

Tabla 7. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 3.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Muy alta	
CONSECUENCIAS	Graves	Muy graves
RIESGO	Extremo	

CASO 4. Evaluación del riesgo del hábitat 1110 frente a la modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos

Sensibilidad

Los temporales, a través del fuerte oleaje asociado, dan lugar a movimientos masivos de sedimentos, causando el afloramiento de rizomas y raíces. Tras los temporales es frecuente observar amplias superficies o parches enteros desenraizados del sustrato. En los casos más extremos pueden aparecer porciones de la pradera en posición vertical, otras partes de la pradera pueden ser arrancadas y desplazadas hasta la orilla en forma de arribazones. Este tipo de impacto está muy localizado en el tiempo, ocurriendo a intervalos irregulares y generalmente en tramos costeros concretos. De alguna manera, los sebadales tienen la capacidad de volver a recolonizar y desarrollarse en su hábitat potencial cuando los sedimentos vuelven a estabilizarse. En Canarias, se desconoce la respuesta de los sebadales ante este fenómeno natural, aunque es muy probable que los temporales faciliten la dispersión a media-larga distancia de rizomas enraizantes, y, por tanto, sean un vector que favorezca la colonización de nuevos sebadales en tramos costeros más o menos distantes (Espino *et al.*, 2008).

Otro tipo de impacto natural que afecta los sebadales son las lluvias intensas, de tipo torrencial, que trasladan al mar grandes cantidades de sedimentos y nutrientes. Estas riadas se extienden varios kilómetros al llegar al mar, pudiendo producir una gran turbidez y una reducción de la claridad de las aguas. En estos casos, la turbidez y falta de penetración de la luz puede causar alteraciones en la actividad fotosintética de las plantas marinas, reduciendo su vitalidad y haciéndolas más vulnerables a otras presiones (Espino *et al.*, 2008).

Finalmente, en cuanto a una mayor intensidad del oleaje como otro episodio extremo, se tiene constancia de que la intensidad del oleaje ha disminuido ligeramente en el sur de Canarias, por lo que no va a influir de manera significativa sobre este hábitat (Kersting, 2016).

Dado que el impacto que pueda tener una mayor ocurrencia de eventos extremos sobre este hábitat se considera muy localizado y se carece de información en detalle al respecto, se considera moderadamente sensible en ambos escenarios al ser un valor intermedio entre poco sensible y sensible, pudiendo variar por factores no incluidos en el análisis.

Resiliencia

Las especies de este hábitat presentan una alta plasticidad y capacidad de recuperación cuando las condiciones son favorables. Por tanto, este hábitat se considera poco resiliente en un escenario de cambio climático.

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

➤ **Identificación y valoración de las consecuencias**

Las consecuencias resultarán de la integración de la vulnerabilidad y de la magnitud de la amenaza, resultando en **consecuencias moderadas** en ambos escenarios, que podrían resumirse en la disminución de la superficie ocupada del hábitat, servicios ecosistémicos y especies asociadas.

➤ **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** en ambos escenarios.

Síntesis

Según el informe del IPCC sobre el océano y la criosfera (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2019), el incremento de la frecuencia o la intensidad de los fenómenos extremos aumentarán considerablemente durante este siglo. La **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en ambos escenarios, ya que se prevén mayores incrementos que en RCP 4.5 aproximadamente desde mediados de siglo hasta 2100. La **probabilidad** de ocurrencia de estos fenómenos se considera probable. Dado que el impacto que pueda ocurrir se considera muy localizado y se carece de información en detalle al respecto se considera moderadamente sensible en ambos escenarios. Las especies de este hábitat presentan una alta plasticidad y capacidad de recuperación cuando las condiciones son favorables, siendo poco resiliente en un escenario de cambio climático. En consecuencia, la **vulnerabilidad** se considera alta en ambos escenarios. 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. El riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, que resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Tabla 8. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 4.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Muy alta	
CONSECUENCIAS	Graves	Muy graves
RIESGO	Extremo	

5.4.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE PLAYAS

El conjunto de playas conocido como Playa de Sotavento, en Fuerteventura, están sometidas a un proceso erosivo que se ha constatado en las últimas décadas. Han sido muchos los estudios realizados sobre esta problemática, entre los que destaca el denominado estudio del estado actual de los sistemas dunares de Corralejo y Jandía realizado en 2006 para Dirección General de Costas, que abarcaba la zona de playa comprendida entre playa Barca y la desembocadura del barranco del Salmo, donde se localizan las dos grandes dunas de caída. En él se hizo un análisis de evolución de la línea de costa entre 1963 y 2002, que ha mostrado una clara tendencia erosiva.

Un estudio técnico sobre la situación actual de erosión en las playas de Sotavento y propuestas de gestión realizado en diciembre de 2020 por el Instituto Universitario de Oceanografía y Cambio Global, junto con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, que abarca el conjunto de playas entre punta Molinillos y playa del Matorral, deduce que nos encontramos con un tramo de costa en regresión donde se han perdido unos 800.000 m² de superficie de playa en los últimos 60 años.



Figura 16. Esquema del funcionamiento básico de la dinámica sedimentaria (eólico y marina) que ha permitido la formación de todo el conjunto de Playa de Sotavento de Jandía.

En líneas generales, la reducción de aportes de arena a la playa de Sotavento responde (en los aspectos que conciernen a los usos humanos) a tres factores: el abandono de los usos tradicionales que explotaban la vegetación para su uso como combustible y el pastoreo, la construcción de barreras al transporte con las urbanizaciones de Costa Calma y la reducción del sedimento susceptible de ser transportado debido a su extracción para la construcción. En lo que concierne al cambio climático, este proceso de reducción de la línea de costa podría verse potenciado por los procesos erosivos y los episodios de inundación asociados al aumento del nivel del mar.

CASO 5. Evaluación del riesgo de las playas de Sotavento de Jandía frente al aumento del nivel del mar

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Existe un retroceso de la línea de costa asociado al aumento del nivel del mar, así como a otros factores de origen antrópico que está afectando a la llegada de arena desde la zona de barlovento de la isla, asociado a barreras vegetales, la construcción de la carretera, la disminución del pastoreo asociado al ganado estabulado, etc.

El informe de la evaluación del riesgo frente al cambio climático en las costas de Canarias (PIMA ADAPTA COSTAS) recoge las Zonas de Alto Riesgo Acumulado (HOTSPOTS) dentro de la ZEC Playa de Sotavento:

- Tramo de costa de aproximadamente 4 km en la Playa del Matorral (sur de Fuerteventura).
- Tramo de costa de aproximadamente 6 km Playa de Sotavento de Jandía (sur de Fuerteventura).
- Tramo de costa de aproximadamente 3 km en la Urbanización Costa Calma (sureste de Fuerteventura).
- Tramo de costa de aproximadamente 1,1 km en la localidad de Tarajalejo (sureste de Fuerteventura).
- Tramo de costa de aproximadamente 550 m en la localidad de Giniginamar (sureste de Fuerteventura).
- Tramo de costa de aproximadamente 950 m en la localidad de Gran Tarajal sureste de Fuerteventura).

En la siguiente tabla elaborada con los datos del visor de PIMA ADAPTA COSTAS, se muestra la previsión de pérdida permanente de superficie de playa (%) para una subida del nivel medio del mar en ambos escenarios a mitad de siglo como consecuencia del riesgo de erosión e inundación:

Tabla 9. Riesgo de pérdida de playa (% superficie) en RCP 4.5 y RCP 8.5. Fuente: elaboración propia a partir de datos del visor de PIMA ADAPTA COSTAS.

PLAYA	RIESGO DE PÉRDIDA DE PLAYA (% SUPERFICIE) RCP 4.5	RIESGO DE PÉRDIDA DE PLAYA (% SUPERFICIE) RCP 8.5
Playa de Morrojable	11,63	15,29
Playa del Matorral	2,39 - 6,84	3 - 8,86
Playa Piedras Caídas	37,24	51,67
Playa de Butihondo	10,80	14,76
Playa de Esquinzo	24,15	32,95
Playa Los Canarias	8,28	11,40
Playa Risco del Paso	44,73	55
Playa de Puerto Rico	5,24	6
Playa de la Lajita	5,41	6
Playa Laja del Corral	6,33	12
Playa Tarajalejo	12,37	16,33
Playa del Aceituno	16,07	21
Playa Gran Tarajal	1,87	3

Por tanto, teniendo en cuenta estos datos se consideran sensible en un RCP 4.5 y muy sensible en un RCP 8.5.

Resiliencia

Teniendo en cuenta la existente pérdida de aportes naturales de arena asociada a causas humanas y al cambio en el patrón y la dinámica del viento y de las corrientes, que da lugar al déficit anual actual del sistema, se considera poco resiliente.

Cruzando estos valores se obtiene una **vulnerabilidad** alta RCP 4.5 y muy alta en RCP 8.5.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias del aumento del nivel del mar y el riesgo asociado de erosión e inundación sobre las playas de Sotavento de Jandía según el PIMA ADAPTA COSTAS serán sobre los servicios ecosistémicos de las playas, asociados principalmente a servicios de uso turístico de alto valor económico, a los ecosistemas marinos presentes, la laguna de Jandía, dunas y saladares de alto valor ambiental y económico. Existen especies de aves, muchas migratorias, que se encuentran protegidas y nidifican en las playas de la ZEC y la actividad económica se encuentra principalmente ligada al litoral. El aumento del nivel del mar con la consecuente erosión de playas y episodios de inundación podría dar lugar a consecuencias muy graves a nivel económico y biológico (por ejemplo, por la pérdida de zonas de nidificación o la imposibilidad de desarrollo de las actividades económicas), resultando en unas consecuencias moderadas en RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5.

➤ 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 RCP 4.5 y extremo en RCP 8.5.

Síntesis

Es muy probable que la tasa de elevación del nivel del mar sea mayor en todos los escenarios RCP que la tasa observada durante 1971-2010, con una tasa de elevación de **magnitud alta** en ambos escenarios, de 8 a 16 mm/año durante 2081-2100 y la **probabilidad** se considera casi segura. El informe de la evaluación del riesgo frente al cambio climático en las costas de Canarias (PIMA ADAPTA COSTAS) recoge 6 Zonas de Alto Riesgo Acumulado (HOTSPOTS) dentro de la ZEC Playa de Sotavento, teniendo en cuenta esos datos se consideran sensible en un RCP 4.5 y muy sensible en un RCP 8.5. En base a la existente pérdida de aportes naturales de arena asociada a causas humanas que da lugar al déficit anual actual del sistema se considera poco resiliente. Cruzando estos valores se obtiene una **vulnerabilidad alta** RCP 4.5 y muy alta en RCP 8.5. Las consecuencias serán sobre los servicios ecosistémicos de las Playa, asociados principalmente al uso turístico de alto valor económico, a los ecosistemas marinos presentes, la laguna de Jandía, dunas y saladares de alto valor ambiental y económico, resultando en unas **consecuencias moderadas** en RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5. 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** RCP 4.5 y extremo en RCP 8.5.

Tabla 10. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 5.

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

5.4.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SALADARES (1420)

CASO 6. Evaluación del riesgo del saladar al aumento del nivel del mar

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Según Martín *et al.* (2015) las previsiones del IPCC de ascenso de un metro del nivel del mar de aquí a finales de siglo, pueden afectar considerablemente a los saladares costeros sumergidos parcialmente por las mareas en algunos puntos del archipiélago, como los existentes en la Isla de Fuerteventura, amenazados por la subida del nivel del mar, tal y como puede observarse en los mapas adjuntos a continuación.

Tomando como referencia el riesgo de inundación y subida nivel del mar de PIMA Adapta Costa Canarias en ambos escenarios, esta unidad se considera sensible en RCP 4.5 y muy sensible en RCP 8.5. De hecho, existe constancia de que la vegetación característica de bancos de arena y marismas ha disminuido en la isla de Fuerteventura (Schmitz *et al.*, 2018).



Figura 17. Riesgo de Inundación para mitad de siglo RCP 4.5 en Saladar Playa del Matorral (saladar: azul; subida del nivel del mar: azul claro).



Figura 18. Riesgo de Inundación para mitad de siglo RCP 8.5 en Saladar Playa del Matorral (saladar: azul; subida del nivel del mar; azul claro).

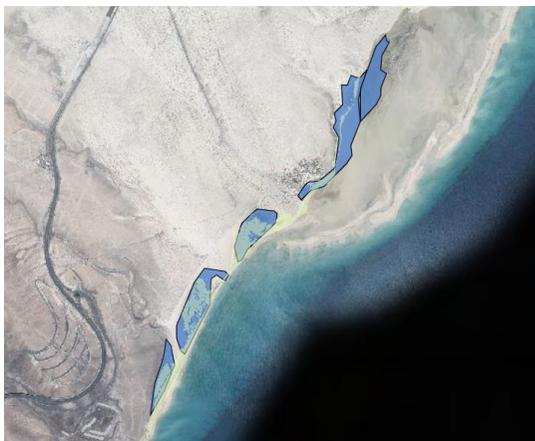


Figura 19. Riesgo de Inundación para mitad de siglo RCP 4.5 en Saladar de Jandía (saladar: azul; subida del nivel del mar: azul claro).



Figura 20. Riesgo de Inundación para mitad de siglo RCP 8.5 en Saladar de Jandía (saladar: azul; subida del nivel del mar; azul claro).



Resiliencia

La mayoría de estos sistemas responden de forma natural al aumento del nivel del mar migrando hacia tierra a lo largo de costas no urbanizadas con pendientes suaves (Hayes, 2005). Los litorales urbanizados impiden esta migración natural y aumentan la vulnerabilidad de estos saladares a las inundaciones (Titus, 1998). Teniendo en cuenta que se trata de playas urbanizadas de uso turístico, los saladares se consideran poco resilientes en ambos escenarios.

Cruzando estos valores se obtiene una **vulnerabilidad alta** RCP 4.5 y **muy alta** en RCP 8.5.

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias del aumento del nivel del mar suponen la regresión de un gran porcentaje de los saladares de alto valor singular a nivel ambiental, económico y social, lo que resultaría en unas consecuencias moderadas en RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5. Las especies y comunidades presentes en los saladares, desde el punto de vista climatológico, podrían verse afectadas por el aumento del nivel del mar que podría dar lugar a un cambio en las condiciones fisicoquímicas asociada a la intrusión marina o a la pérdida total de esta zona de transición. Algunos entrevistados señalan que se están dando cambios físico-químicos en la parte del saladar y se está perdiendo. En su lugar, están apareciendo otro tipo de hábitats con estas condiciones que se están creando.

➤ 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** RCP 4.5 y **extremo** en RCP 8.5.

Síntesis

Es muy probable que la tasa de elevación del nivel del mar sea mayor en todos los escenarios RCP que la tasa observada durante 1971-2010, con una tasa de elevación de **magnitud media** en el RCP 4.5 y **alta** en el escenario RCP 8.5, de 8 a 16 mm/año durante 2081-2100. La **probabilidad** se considera **probable** en RCP 4.5 y **casi segura** en RCP 8.5 en ambos escenarios. Según Martín *et al.* (2015) las previsiones del IPCC de ascenso de un metro del nivel del mar pueden afectar considerablemente a los saladares costeros sumergidos parcialmente por las mareas. Tomando como referencia el riesgo de inundación y subida nivel del mar de PIMA Adapta Costa Canarias en ambos escenarios, esta unidad se considera **sensible** en RCP 4.5 y **muy sensible** en RCP 8.5. Cruzando estos valores se obtiene una **vulnerabilidad alta** RCP 4.5 y **muy alta** en RCP 8.5. Las consecuencias del aumento del nivel del mar suponen la regresión de un gran porcentaje de los saladares de alto valor singular a nivel ambiental, económico y social, lo que resultaría en unas **consecuencias moderadas** en RCP 4.5 y **muy graves** en RCP 8.5. 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** RCP 4.5 y **extremo** en RCP 8.5.

Tabla 11. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 6.

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

5.4.5. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DUNAS GRISES

Es importante estudiar cómo el cambio climático puede afectar a las geoformas (dunas) presentes en el relieve insular. Este fenómeno trae consigo lluvias torrenciales o el aumento de temperatura y periodos de sequía que provocarían la erosión de las formaciones. Estos fenómenos, entre otros, hacen que los elementos generadores del relieve sean potencialmente susceptibles de ser alterados por los efectos del cambio climático.

CASO 7. Evaluación del riesgo de las dunas frente a la modificación del régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Los eventos extremos hacen que los elementos generadores del relieve sean potencialmente susceptibles a ser alterados por los efectos del cambio climático.

Las dunas son sensibles a modificaciones en los parámetros atmosféricos, tales como intensidad y dirección del viento y cambios en la precipitación, que afectan a la evapotranspiración, la humedad del suelo, porcentaje de vegetación y a la movilidad de las partículas. Por tanto, un aumento de eventos extremos como lluvias torrenciales, temporales, intensidad del viento, etc. puede impactar negativamente en esta unidad ambiental. Por ejemplo, expertos en cambio climático y su impacto en las islas del Cabildo de Fuerteventura y del MITECO señalan que las dunas de la Playa de Corralejo, también en Fuerteventura, están llamadas a desaparecer a causa de los temporales antes de final de siglo.

Dado que no existen evidencias, pero hay indicios de que puedan desaparecer esta unidad ambiental, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8,5.

Resiliencia

Teniendo en cuenta la existente pérdida de aportes naturales de arena asociada a causas humanas que da lugar al déficit anual actual del sistema, se considera poco resiliente.

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

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias del aumento de eventos extremos supondrían la regresión o la pérdida de un gran porcentaje de la superficie ocupada por dunas, lo que resultaría en unas consecuencias moderadas 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, que resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Síntesis

Según el informe del IPCC sobre el océano y la criosfera (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2019), la frecuencia o la intensidad de los fenómenos extremos aumentarán considerablemente durante este siglo en todos los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. La **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5, ya que se prevén mayores incrementos que en RCP 4.5 aproximadamente desde mediados de siglo hasta 2100. La **probabilidad** de ocurrencia de estos fenómenos se considera probable. Las dunas son sensibles a modificaciones en los parámetros atmosféricos, tales como intensidad y dirección del viento y cambios en la precipitación, que afectan a la evapotranspiración, la humedad del suelo, porcentaje de vegetación y a la movilidad de las partículas. Expertos señalan que las dunas de la Playa de Corralejo, también en Fuerteventura, están llamadas a desaparecer a causa de los temporales antes de final de siglo. Dado que no existen evidencias, pero hay indicios de que puedan desaparecer esta unidad ambiental, se considera moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5. Teniendo en cuenta la existente pérdida de aportes naturales de arena asociada a causas humanas que da lugar al déficit anual actual del sistema, se considera poco resiliente, resultando en una **vulnerabilidad alta**. Las consecuencias del aumento de eventos extremos supondrían la regresión o la pérdida de un gran porcentaje de la superficie ocupada por dunas, lo que resultaría en unas **consecuencias moderadas**. El riesgo se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, que resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Tabla 12. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 7.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Alta	
CONSECUENCIAS	Moderadas	
RIESGO	Alto	

CASO 8. Evaluación del riesgo de las dunas frente a la modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

Expertos consultados en el proceso participativo de diferentes entidades como la Reserva de la Biosfera, el Cabildo o de Fuerteventura Buceo, destacan que el nivel y la dinámica de los vientos ha experimentado un fuerte cambio en Fuerteventura, asociado a la disminución de la intensidad del anticiclón de las Azores y como consecuencia el aporte de arena es menor y algunas dunas (como las dunas de Esquinzo) están desapareciendo. Las dunas se acercan a una inestabilidad sedimentaria muy acusada, en la que cobra un protagonismo cada vez mayor la disminución, cuando no cese, de los aportes eólicos (Alonso *et al.*, 2006). En ese sentido, se considera una unidad sensible a la amenaza. No obstante, habría que documentar más en profundidad estos cambios de cara al futuro para ver cómo evoluciona la dinámica eólica y el transporte sedimentario.

Resiliencia

Teniendo en cuenta la existente pérdida de aportes naturales de arena asociada a causas humanas que da lugar al déficit anual actual del sistema, se considera poco resiliente.

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

➤ Identificación y valoración de las consecuencias

Las consecuencias supondrían la regresión o la pérdida de un gran porcentaje de la superficie ocupada por dunas, lo que resultaría en unas consecuencias moderadas 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, que resultaría en un **riesgo alto** en ambos escenarios.

Síntesis

Expertos consultados en el proceso participativo destacan que el nivel y la dinámica de los vientos ha experimentado un fuerte cambio en Fuerteventura, asociado a la disminución de la intensidad del anticiclón de las Azores. La **probabilidad** se considera probable en ambos escenarios, con una **magnitud alta**, ya que es un evento que está dándose en la actualidad. Como consecuencia el aporte de arena es menor y algunas dunas (como las dunas de Esquinzo) están desapareciendo. En ese sentido, se considera una unidad sensible a la amenaza. Teniendo en cuenta la existente pérdida de aportes naturales de arena asociada a causas humanas que da lugar al déficit anual actual del sistema, se considera poco resiliente. Cruzando estos valores se obtiene una **vulnerabilidad alta** en ambos escenarios. Las **consecuencias** supondrían la regresión o la pérdida de un gran porcentaje de la superficie ocupada por dunas, lo que resultaría en unas consecuencias moderadas en RCP 4.5 y muy graves en RCP 8.5. 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**.

Tabla 13. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 8.

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

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

Bearzi *et al.* (2003) sostienen que los cambios en el área de distribución de los delfines son principalmente una respuesta a la disponibilidad de presas, indirectamente relacionado con el calentamiento de la temperatura del agua. Hay muchos más factores que se deben tener en cuenta pero que son difíciles de predecir y/o cuantificar.

CASO 9. Evaluación del riesgo del delfín mular (*Tursiops truncatus*) frente al aumento de temperatura del mar

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

La sensibilidad del delfín mular está relacionada con su distribución, que está directa o indirectamente vinculada al hábitat que ocupa y a la disponibilidad y distribución de presas.

En la actualidad, se dispone de escasa información sobre el efecto del cambio climático en los cetáceos de las Islas Canarias, y más concretamente, en Fuerteventura. Esto es debido a las lagunas en el conocimiento de la distribución geográfica, patrones migratorios y dietas en la subregión biogeográfica macaronésica (Herrera *et al.*, 2021). No obstante, existe constancia de un episodio de mortalidad masiva en Gran Canaria de otra especie de cetáceo (*Steno bredanensis*) en 2018 por la presencia de “brevetoxinas”, que son emitidas por las microalgas debido al calentamiento del agua acabando en los estómagos de los peces que son, a su vez, devorados por los delfines, lo que causa una intoxicación y, posteriormente, una muerte aguda (Fernández *et al.*, 2022). Además, los posibles efectos del cambio climático sobre los cetáceos que se han descrito en otras zonas están relacionados con cambios en sus patrones de distribución, principalmente debido a variaciones en la abundancia o distribución de las presas (Learmonth *et al.*, 2006; Simmonds, 2016), en la duración y el momento de la migración o en las tasas de éxito reproductivo (Leaper *et al.*, 2006; Ramp *et al.*, 2015).

Respecto a las actividades socioeconómicas, actores del taller participativo de la Asociación Calderones Grises y de TRAGSATEC, señalan que no existe demasiada presión antropogénica sobre el delfín, siendo superior en otras islas. La principal afección procede de las empresas de avistamientos de cetáceos, viéndose también afectados por el ruido de las motos acuáticas y el tráfico marítimo. El efecto negativo de esta actividad unido a los efectos del aumento de temperatura puede ocasionar un impacto mayor sobre la especie. Por ejemplo, en calderones se ha medido la hormona del cortisol y se ha demostrado que especies expuestas a actividades humanas presentan un mayor estrés.

Dada la falta de datos en esta zona concreta, considerándose principalmente indicios, la especie se cataloga como moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5.

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, siendo capaces de sobrevivir en zonas con fuerte presión antropogénica mientras las presas sean abundantes (Bearzi *et al.*, 2009). Teniendo en cuenta el aumento de temperatura y la relación con la disponibilidad de presas podría considerarse una especie moderadamente resiliente.

Se obtiene 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 la especie 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. Los efectos del cambio climático posiblemente incluyan cambios en la migración, el éxito reproductivo y cambios en la distribución, asociado a la abundancia de presas, afectando consecuentemente a sus patrones de distribución, hábitos, dietas y comportamientos e incluso podrían darse eventos de mortalidad masiva como el documentado en Gran Canaria en 2008. De hecho, algunos expertos consultados de diferentes modalidades de pesca ya indicaron en las entrevistas cambios en las especies objeto 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 moderado** en RCP 4.5 y **alto** en RCP 8.5 en ambos escenarios.

Síntesis

En Canarias, se aprecia una anomalía constante de aproximadamente un grado por encima de la temperatura media del periodo 1971-2000, por lo que la **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5, siguiendo una tendencia clara al aumento, por lo que la **probabilidad** de ocurrencia es casi segura en ambos escenarios. La sensibilidad del delfín mular está relacionada con su distribución, que está directa o indirectamente vinculada al hábitat que ocupa, y con la disponibilidad y distribución de presas. Existe constancia de un episodio de mortalidad masiva en Gran Canaria de otra especie de cetáceo (*Steno bredanensis*) en 2018 por la presencia de “brevetoxinas”, que son emitidas por las microalgas debido al calentamiento del agua acabando en los estómagos de los peces que son a su vez, devorados por los delfines, lo que causa una intoxicación y una muerte aguda (Fernández *et al.*, 2022). En otras zonas los cambios están relacionados con cambios en sus patrones de distribución debido a variaciones en la abundancia o distribución de las presas (Learmonth *et al.*, 2006; Simmonds, 2016), en la duración y el momento de la migración o en las tasas de éxito reproductivo (Leaper *et al.*, 2006; Ramp *et al.*, 2015), la especie se cataloga como moderadamente sensible en RCP 4.5 y sensible en RCP 8.5. Esta especie puede ser capaz de sobrevivir en zonas con fuerte presión antropogénica mientras las presas sean abundantes (Bearzi *et al.*, 2009) podría considerarse una especie moderadamente resiliente. 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, siendo menores en RCP 4.5 y moderadas en RCP 8.5. El **riesgo** se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, siendo moderado en RCP 4.5 y alto en RCP 8.5.

Tabla 14. 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	Alto

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

Las Islas Canarias, y en concreto, la ZEC Playa de Sotavento de Jandía, albergan juveniles de tortuga común (*Caretta Caretta*) procedentes de diferentes poblaciones americanas y africanas, principalmente caboverdianas.

En el contexto del cambio climático, los patrones migratorios, el uso del hábitat, la proporción de sexos y el desarrollo embrionario de las tortugas marinas podrían verse influidos por los efectos del aumento de la temperatura (Pietrolungo *et al.*, 2023). Por tanto, aunque se analice el impacto del cambio climático de la especie en la ZEC se debe tener en cuenta los efectos del cambio climático en las áreas de reproducción y anidación. En ese sentido, sería conveniente investigar si el aumento del nivel del mar, la erosión y/o el aumento de eventos climatológicos extremos afectará a estos lugares de puesta y anidación. 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). 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).

Por otro lado, se debe tener en cuenta que el sexo de las tortugas marinas está determinado por la temperatura ya que no poseen cromosomas sexuales identificables (Davenport, 1997), determinando 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). 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.

Concretamente, para la tortuga común es de 28,74°C (Ackerman, 1997). Existen diversos estudios, como los realizados por Mcniell *et al.* (2016) de poblaciones en aguas americanas, así como otro estudio realizado por Pérez *et al.* (2016) en otras poblaciones de Cabo Verde, siguiendo un escenario conservador de cambio climático, que aseguran no encontrar cambios significativos en la proporción de sexos, poniendo de manifiesto la posible resistencia o adaptación de estas poblaciones al cambio climático. De hecho, en Cabo Verde, el aumento de temperaturas está contribuyendo al aumento del número de nidos, y la tendencia de aumento de la temperatura puede ayudar a que la especie empiece a nidificar en Canarias, siendo Jandía una zona probable. En definitiva, las aguas de la ZEC Playa de Sotavento de Jandía son áreas importantes para la alimentación y desarrollo de juveniles de esta especie, por lo que el análisis del riesgo se centra principalmente en esos dos aspectos.

CASO 10. Evaluación del riesgo de la tortuga común frente al aumento de temperatura del mar

➤ Vulnerabilidad

Sensibilidad

El aumento de temperatura podría repercutir en las relaciones tróficas, asociado a variaciones en la disponibilidad de alimento (Witt *et al.*, 2007). Según afirman Tomas *et al.* (2001) es poco probable que la limitación de alimentos específicos afecte a la distribución de esta especie a menos que haya una baja abundancia general de alimentos potenciales al tener una amplia dieta generalista. Tras el aumento de temperatura, podrían disponer de un mayor número de presas debido a la relación directa existente entre la abundancia de las medusas y la temperatura del mar (Richardson *et al.*, 2009).

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 juveniles y la fidelidad a masas de agua particulares. Por ello, la variación de las corrientes debido a cambios en la temperatura oceánica podría provocar un gran impacto si estos cambios superan la capacidad de adaptación de las tortugas. También se debe tener en cuenta el efecto sinérgico con otros impactos de origen antrópico, como puede ser la pesca o la ingesta de plásticos. Por tanto, esta especie se considera poco sensible en ambos escenarios.

Resiliencia

Las temperaturas favorables para las tortugas comunes adultas son superiores a los 15°C, se trata de una especie con dieta generalista y el incremento de temperatura puede ampliar las áreas de anidación, haciendo propicias playas como las de Jandía. De manera que las tortugas podrían realizar posibles adaptaciones al aumento de temperatura, considerándose una especie resiliente.

Por tanto, se obtiene una **vulnerabilidad baja** en ambos escenarios. La vulnerabilidad de las poblaciones es mayor para las especies con un área de distribución más restringida, por lo que en un escenario de cambio climático esta especie se verá menos afectada.

➤ 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 menores** en ambos escenarios. No se sabe con exactitud si las tortugas seguirán las mismas rutas migratorias realizadas hasta ahora o se verán alteradas, ocasionando que no frecuenten las aguas del espacio o si habrá una alteración del sex-ratio.

➤ **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 ambos escenarios.

Síntesis

En Canarias, se aprecia una anomalía constante de aproximadamente un grado por encima de la temperatura media del periodo 1971-2000, por lo que la **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5, con una tendencia clara al aumento, si bien el proceso no es uniforme y se producen ciertas alternancias de años más fríos y cálidos, por lo que la **probabilidad** de ocurrencia es casi segura en ambos escenarios. El aumento de temperatura podría repercutir en las relaciones tróficas, asociado a variaciones en la disponibilidad de alimento (Witt *et al.*, 2007), la variación de las corrientes debido a cambios en la temperatura oceánica podría provocar un gran impacto si estos cambios superan la capacidad de adaptación de las tortugas, por tanto, se considera moderadamente sensible. Las tortugas podrían realizar posibles adaptaciones al aumento de temperatura, considerándose una especie resiliente. La vulnerabilidad se considera baja. 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, siendo menores en ambos escenarios. El **riesgo** se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, siendo moderado en ambos escenarios.

Tabla 15. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 10.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Baja	
CONSECUENCIAS	Menores	
RIESGO	Moderado	

5.4.8. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA TORTUGA VERDE (*CHELONIA MYDAS*)

La ZEC Playa de Sotavento de Jandía también alberga juveniles de tortuga verde (*Chelonia mydas*) procedentes de diferentes poblaciones americanas y africanas, principalmente caboverdianas.

En este caso, también se deben tener en cuenta los efectos del cambio climático en las áreas de reproducción y anidación, como el aumento del nivel del mar, la erosión, el aumento de eventos climatológicos extremos y el aumento de temperatura en los lugares de anidación que 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. No se sabe con exactitud si las tortugas seguirán las mismas rutas migratorias o se verán alteradas, ocasionando que dejen de frecuentar las aguas del espacio, así como el efecto del aumento de temperatura en el sex-ratio. Para esta especie, la temperatura pivotal se encuentra en torno a los 28,6°C.

En este caso, el análisis del riesgo se centra en los posibles efectos en la alimentación y desarrollo de juveniles.

CASO 11. Evaluación del riesgo de la tortuga verde frente al aumento de temperatura del mar

➤ Evaluación de la vulnerabilidad

Sensibilidad

El aumento de temperatura podría repercutir en las relaciones tróficas, asociado a variaciones en la disponibilidad de alimento (Witt *et al.*, 2007). Tal y como se mencionó con anterioridad, se tiene ya constancia de que dentro del EMP Playa de Sotavento de Jandía el área potencial de distribución de *Cymodocea nodosa* ha sufrido una regresión a lo largo de los últimos años, pudiendo disminuir la disponibilidad de alimento de esta especie, altamente ligada a los sebadales.

Actores implicados apuntan que existen vertidos en la zona de Morro Jable que llegan directamente a una de las zonas refugio más importantes para la tortuga, por lo que el aumento de temperatura sumado a la llegada de vertidos puede dar lugar a episodios de eutrofización por la proliferación y crecimiento masivo de fitoplancton, disminuyendo la incidencia de luz en la columna de agua y alterando el ciclo de nutrientes.

Al tratarse de una especie típica de aguas más cálidas, desde la Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina del MITECO señalan que se ha observado un aumento de esta especie en las aguas en los últimos años, razón por la cual ha sido recientemente incluida en el plan de gestión. También se debe tener en cuenta el efecto sinérgico con otros impactos de origen antrópico, como puede ser la ingesta de plásticos. Por tanto, esta especie se considera moderadamente sensible.

Resiliencia

Las tortugas podrían realizar posibles adaptaciones al aumento de temperatura, y más tratándose de una especie típica de aguas cálidas. Las temperaturas más cálidas prolongan las temporadas de anidación y el tiempo de incubación se acorta debido al aumento de las tasas metabólicas, siempre que el resto de las condiciones ambientales sean favorables. También, el incremento de temperatura puede ampliar las áreas de anidación, haciendo propicias aquellas playas que se encuentran actualmente en latitudes altas (Poloczanska *et al.*, 2009), considerándose la especie resiliente.

Por tanto, se obtiene una **vulnerabilidad baja** en ambos escenarios. La vulnerabilidad de las poblaciones es mayor para las especies con un área de distribución más restringida, por lo que en un escenario de cambio climático esta especie se verá menos afectada.

➤ 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 menores** en ambos escenarios.

Los efectos del aumento de temperatura podrían dar lugar a cambios en las rutas migratorias o en el sex-ratio fuera de las aguas de la ZEC, que podría repercutir en la presencia de la especie dentro 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 moderado** en ambos escenarios.

Síntesis

En Canarias, se aprecia una anomalía constante de aproximadamente un grado por encima de la temperatura media del periodo 1971-2000, por lo que la **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5, siendo la tendencia clara al aumento, si bien el proceso no es uniforme y se producen ciertas alternancias de años más fríos y cálidos, por lo que la **probabilidad** de ocurrencia es casi segura en ambos escenarios. El aumento de temperatura podría repercutir en la disponibilidad de alimento, relacionada con la regresión de los sebadales, por tanto, se considera moderadamente sensible. Las tortugas podrían realizar posibles adaptaciones al aumento de temperatura, considerándose una especie resiliente. La vulnerabilidad se considera media. 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, siendo menores. El **riesgo** se determinará en función de la probabilidad de que la amenaza se produzca, siendo moderado en ambos escenarios.

Tabla 16. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 11.

	RCP 4.5	RCP 8.5
VULNERABILIDAD	Media	
CONSECUENCIAS	Menores	
RIESGO	Moderado	

5.4.9. EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ANGELOTE (*SQUATINA SQUATINA*)

En el sistema marino, factores abióticos como la temperatura del agua, la salinidad y la concentración de nutrientes pueden estar interrelacionados y no actuar de forma aislada, por lo que determinar los principales impulsores de la distribución puede ser más complejo y requiere una cuidadosa consideración de factores bióticos y abióticos. En concreto, los angelotes muestran segregación espacial (vertical y horizontal) y temporal por tamaño y sexo. Lo que quiere decir que la distribución del angelote está influenciada por una combinación de factores, entre los que se incluyen las variaciones geográficas/geológicas en el archipiélago, así como factores bióticos como el comportamiento reproductivo, la abundancia de presas y la evitación de depredadores. La temperatura del mar, entre otros factores abióticos, se ha utilizado en muchos estudios para predecir la presencia y el movimiento de muchos tiburones y rayas (Sequeira *et al.*, 2014). Por otra parte, el aumento de dicha variable ha sido la amenaza más mencionada para esta especie durante el proceso participativo, es por ello que dicho análisis se centra en el aumento de la misma.

CASO 12. Evaluación del riesgo del angelote frente al aumento de temperatura del mar

Sensibilidad

Un estudio realizado por Miller *et al.* (2017) sobre la población, distribución y hábitat de la especie asegura que las islas más orientales, como Fuerteventura, reciben regularmente la influencia de aguas marinas más frías con mayor productividad primaria, mientras que las islas más occidentales suelen tener una temperatura superficial más alta (unos 2°C más). Este gradiente oceanográfico parece ser importante para explicar los patrones de distribución entre las islas y el número contrastado de avistamientos, ya que hubo menos encuentros en las islas occidentales que en las orientales, reflejando la preferencia hacia aguas más frías. Del mismo modo, Narváez (2013) encontró una varianza estacional, posiblemente relacionada con la temperatura del mar, para el número de observaciones de angelote en un punto de buceo ('El Cabrón') en Gran Canaria. Estos resultados revelaron más avistamientos durante el invierno y la primavera, correspondientes a una temperatura del mar entre 17°C y 21°C. Según bases de datos (Miller *et al.*, 2017) el angelote se encuentra presente a temperaturas entre 18°C y 22°C y, como se ha comentado previamente, la temperatura superficial en las áreas costeras y archipelágicas de la región podría aumentar entre 0,5-1°C para 2050, pudiendo sobrepasar el límite térmico de distribución de la especie.

Investigadores señalan que durante el año 2023 hubo temperaturas bastantes altas, y no hubo concentraciones de angelotes típicas por esas fechas. No obstante, se desconoce si es seguro que sea causado por las temperaturas, aunque se sabe que las hembras si están condicionadas por ella en el momento de la ovulación y en la temporada de apareamiento (temporada de concentración). Además, los angelotes son muy vulnerables a la captura accidental dado que gran parte del tiempo permanecen ocultos y camuflados en el fondo marino para acechar a sus presas cuando pasan cerca de su boca. A esto hay que sumar el fondeo de embarcaciones, las molestias causadas por el buceo o la captura ilegal, presiones que han ido en aumento en los últimos años.

En general, los actores implicados consideran que ahora mismo hay otros factores de presión y amenaza para la especie más importantes que el cambio climático. Por tanto, se considera moderadamente sensible.

Resiliencia

A pesar de su presencia principalmente en aguas templadas, la tolerancia térmica y las adaptaciones ecológicas relacionadas de *S. squatina* no se han estudiado en detalle. Un estudio realizado sobre el impacto del cambio climático en las especies amenazadas (incluida *S. squatina*) en aguas del Reino Unido utilizando un conjunto de variables ambientales (entre ellas, la temperatura) reveló que la distribución potencial de *S. squatina* en el Mar del Norte no se vería gravemente afectada por el cambio climático (Jones *et al.*, 2013). Por lo tanto, esto puede indicar que los angelotes son capaces de tolerar las fluctuaciones de temperatura y, más probablemente, también hacer frente a otros factores ambientales, considerándose una especie resiliente.

Como resultado, la vulnerabilidad se considera media 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 menores** en ambos escenarios. Podría darse una variación en la presencia de la especie según la estación del año y una disminución de la superficie de hábitat idónea para la especie.

➤ 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 ambos escenarios.

Síntesis

En Canarias, se aprecia una anomalía constante de aproximadamente un grado por encima de la temperatura media del periodo 1971-2000, por lo que la **magnitud** se considera media en RCP 4.5 y alta en RCP 8.5, siendo la tendencia clara al aumento, si bien el proceso no es uniforme y se producen ciertas alternancias de años más fríos y cálidos, por lo que la **probabilidad** de ocurrencia es casi segura en ambos escenarios. Hay menos encuentros en las islas occidentales que en las orientales, reflejando la preferencia hacia aguas más frías. Del mismo modo, Narváez (2013) encontró una varianza estacional, posiblemente relacionada con la temperatura del mar, para el número de observaciones de angelote en un punto de buceo ('El Cabrón') en Gran Canaria, por tanto, se considera una especie sensible. Los angelotes son capaces de tolerar las fluctuaciones de temperatura y, más probablemente, también hacer frente a otros factores ambientales, considerándose una especie resiliente. Como resultado, la **vulnerabilidad** es media. 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** menores en RCP 4.5 y moderadas en RCP 8.5. 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.

Tabla 17. Resumen de vulnerabilidad, consecuencias y riesgo para el caso de estudio 12.

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

6. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

El riesgo obtenido frente a las diferentes amenazas de cada una de las especies y hábitats se encuentra recopilado en la tabla adjunta a continuación:

Tabla 18. Tabla resumen de los diferentes hábitats y especies y su riesgo frente a las diferentes amenazas.

ESPECIE/ HÁBITAT/ UNIDAD AMBIENTAL	AMENAZAS	RIESGO			
		Bajo	Moderado	Alto	Extremo
HÁBITAT 1170	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>			RCP 4.5	RCP 8.5
	<i>Acidificación oceánica</i>			Ambos escenarios	
HÁBITAT 1110	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>				Ambos escenarios
	<i>Modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos</i>			Ambos escenarios	
Playas	<i>Aumento del nivel del mar</i>			RCP 4.5	RCP 8.5
Saladares (1420)	<i>Aumento del nivel del mar</i>			RCP 4.5	RCP 8.5
Dunas grises (2130*)	<i>Modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos</i>			Ambos escenarios	
	<i>Modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos</i>			Ambos escenarios	
Delfín mular	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>		RCP 4.5	RCP 8.5	
Tortuga común	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>		Ambos escenarios		
Tortuga verde	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>		Ambos escenarios		
Angelote	<i>Aumento de la temperatura del mar</i>		Ambos escenarios		

Como conclusión del análisis de riesgos, se puede extraer que el principal hábitat afectado por el cambio climático será el **hábitat 1110 bancos de arena cubiertos por agua marina poco profunda** asociado al aumento de temperatura (con un riesgo extremo) y los cambios en eventos climatológicos extremos (con un riesgo alto). Se tiene constancia de que el calentamiento de las aguas está causando un aumento en la proliferación de especies marinas nocivas o tóxicas y de especies introducidas, así como la tropicalización de la fauna y flora marina, que podría dar lugar a una limitación en la producción primaria de las especies de este hábitat (*Cymodocea nodosa*), que ha sufrido una regresión a lo largo de los últimos años, causada en gran parte por episodios de blooms de microalga *Lyngbia majuscula*.

El **hábitat 1170 arrecifes** presenta un riesgo alto en RCP 4.5 y extremo en RCP 8.5, derivando en una disminución progresiva de la biomasa y cobertura algal que algunos casos serán sustituidos por otras algas pardas o por blanquiazal. Frente a la acidificación oceánica presentan un riesgo alto a episodios de mortalidades masivas. Es importante resaltar que se ha comenzado a medir y monitorizar la acidificación mediante boyas y sensores en barcos, por lo que en los próximos años se dispondrá seguramente de información más concreta para valorar más detalladamente la vulnerabilidad de las comunidades de este hábitat a la acidificación oceánica.

Las **playas, dunas grises (2130*)** y los **saladares (1420)** a pesar de pertenecer a la parte terrestre, se consideran de especial relevancia en el espacio, viéndose afectados principalmente por el aumento del nivel del mar que podría dar lugar a una regresión de un gran porcentaje de superficie. La modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos afectaría al aporte de arena a las dunas. En este sentido, es importante mencionar la relevancia del **hábitat 1110** formado principalmente por praderas de *Cymodocea nodosa*, dado su papel en la estabilización del sedimento y la consecuente disminución de la erosión costera.

Especies como el **delfín mular** podrían variar sus patrones de distribución, principalmente debido a variaciones en la abundancia o distribución de las presas, en la duración y el momento de la migración, así como en las tasas de éxito reproductivo o podrían producirse mortalidades masivas. La **tortuga común** podría sufrir variaciones en la disponibilidad de alimento o cambios en los corredores migratorios. Por su parte, la **tortuga verde** asociada a aguas más cálidas podría verse afectada indirectamente por la regresión de los sebadales (Hábitat 1110) ya que constituye su principal fuente de alimento. El **angelote**, especie en peligro de extinción, podría enfrentarse a una variación estacional y a una disminución en la idoneidad del hábitat, aunque es importante recabar más información sobre la biología y patrones de comportamiento de la especie para conocer como las amenazas climáticas o la tropicalización de especies pueden afectarles, dada la limitación de información en la actualidad (que haya varianza estacional y una distribución diferencial entre islas no es suficiente para determinar su vulnerabilidad frente el aumento de temperaturas).

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 las especies y hábitats. No obstante, tal y como se ha comentado con anterioridad, dicho impacto se encuentra bastante limitado ya que en Fuerteventura se ha consensuado un acuerdo con los pescadores para restringir cualquier tipo de pesca que afecte al fondo, y por ende, al sebadal y otras especies o hábitats, por lo que no existirá un efecto sinérgico de esta actividad humana con las amenazas climáticas, disminuyendo notablemente el riesgo esperado para las especies y hábitats.

En conclusión, el hábitat que presenta un riesgo más elevado es el **hábitat 1110**, presentando un riesgo extremo al aumento de temperatura, y un riesgo alto frente al aumento de eventos extremos, por lo que su desaparición podría acelerar el proceso erosivo en el espacio. Además, este hábitat aporta alimentación, refugio y otros servicios ecosistémicos a las especies y comunidades presentes en el espacio. 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 el cambio en la calidad del agua asociado a los cambios en el patrón de vientos y corrientes.

En línea con lo anterior, sería interesante evaluar el riesgo de las especies y hábitats de aguas circundantes frente al cambio en el patrón de vientos y corrientes. Actores implicados en el proceso participativo procedentes del Cabildo de Fuerteventura han recalcado que el cambio en el régimen de vientos, de procedencia del este, está dando lugar a cambios en la calidad del agua, tipo de agua, sustrato, etc. ya que aprecian que el agua se encuentra cada vez más sucia y en peor estado. Este cambio está dando lugar a cambios en la calidad y propiedades del agua, sustrato, etc. que, combinado con otros factores, puede dar lugar a un enriquecimiento de nutrientes, crecimiento masivo de organismos fotosintéticos y a procesos de eutrofización, limitando la incidencia de luz en la columna de agua y la disponibilidad de oxígeno, dando lugar a mortalidades masivas de organismos marinos. Estos cambios podrían afectar de manera negativa al desarrollo de actividades científicas, recreativas y deportivas, como el buceo. Se carece de información al respecto sobre la modificación de esta variable y su efecto en las especies y hábitats como para haber poder realizar un análisis en detalle en este estudio, siendo necesario su investigación y seguimiento de cara a futuros escenarios.

La infografía adjunta a continuación (Figura 21) ofrece de manera visual un resumen de las consecuencias del cambio climático en el EMP.



Figura 21. Consecuencias del cambio climático en la ZEC Playa de Sotavento de Jandía con especial hincapié en el Hábitat 1110 Bancos de arena cubiertos por agua marina poco profunda. 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 EMPs, 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.

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.

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. Sin embargo, se ha desarrollado una actualización de los escenarios climáticos en el sexto informe del IPCC (IPCC AR6), que se conocen por los "Shared Socioeconomic Pathways" (SSP). El uso de los SSP (en lugar de los RCP de informes anteriores) junto con la aplicación de la técnica de “downscaling” para generar escenarios climáticos a nivel regional y local, 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”. 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.

De manera adicional al análisis detallado por amenaza, para buscar medidas de adaptación adecuadas para las diferentes especies/hábitats, se hace necesario una mejora de la metodología que permita estudiar la **retroalimentación y dependencia existente entre amenazas y 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 EMPs de diferentes características dada su versatilidad de aplicación en gran variedad de especies, hábitats y unidades ambientales, constituyendo una guía metodológica para los gestores de dichos espacios. Ahora bien, 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 evaluar el riesgo de otros EMPs, poniendo especial hincapié en la Macaronesia (Azores, Cabo Verde, Canarias, Madeira e Islas Salvajes), 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 EMPs en común e interconectados. De éstos 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. El trabajo futuro también debería centrarse en evaluar el riesgo de otras comunidades y especies formadoras de hábitats.
- ii) En general, los EMPs 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 albergan 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 es que 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. 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. 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., 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*.
- Ackerman, R. A. (1997). The nest environment and the embryonic development of sea turtles. En: Lutz, P. L., & Musick, J. A. (Eds.). *The biology of sea turtles I* (pp. 83-106). Nueva York: CRC Press.
- Alberto, F., Massa, S., Manent, P., Diaz-Almela, E., Arnaud-Haond, S., Duarte, C., & Serrao, E. (2008). Genetic differentiation and secondary contact zone in the seagrass *Cymodocea nodosa* across the Mediterranean–Atlantic transition region.
- Bearzi, G., Reeves, R. R., Notarbartolo-Di-Sciara, G., Politi, E., Cañadas, A., Frantzis, A., & Mussi, B. (2003). Ecology, status and conservation of short-beaked common dolphins *Delphinus delphis* in the Mediterranean Sea: Common dolphins in the Mediterranean. *Mammal Review*, 33(3–4), 224–252. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2003.00032.x>
- Borsje, B. W., van Wesenbeeck, B. K., Dekker, F., Paalvast, P., Bouma, T. J., van Katwijk, M. M., & de Vries, M. B. (2011). How ecological engineering can serve in coastal protection. *Ecological Engineering*, 37(2), 113-122.
- Braun McNeill, J., Avens, L., Goodman Hall, A., Goshe, L. R., Harms, C. A., & Owens, D. W. (2016). Female-bias in a long-term study of a species with temperature-dependent sex determination monitoring sex.
- 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.
- Clemente, S., Lorenzo-Morales, J., Mendoza, J.C., López, C., *et al.* (2014). Sea urchin *Diadema africanum* mass mortality in the subtropical eastern Atlantic: role of waterborne bacteria in a warming ocean. *Mar.*
- Coma, R., Linares, C., Ribes, M., Diaz, D., Garrabou, J., & Ballesteros, E. (2006). Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 327, 51-60.
- Coma, R., Ribes, M., Serrano, E., Jiménez, E., Salat, J., & Pascual, J. (2009). Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(15), 6176-6181.
- Davenport, J. (1997). Temperature and life-history strategies of sea turtles. *Journal of Thermal Biology*, 22, 479-488.

- de Castro, M., Gómez-Gesteira, M., Costoya, X., & Santos, F. (2014). Upwelling influence on the number of extreme hot SST days along the Canary upwelling ecosystem. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119, 3029-3040.
- Enochs, I. C., Manzello, D. P., Donham, E. M., Kolodziej, G., Okano, R., Johnston, L., ... & Price, N. N. (2015). Shift from coral to macroalgae dominance on a volcanically acidified reef. *Nature Climate Change*, 5(12), 1083-1088.
- Espino, F., Tuya, F., Blanch, I., & Haroun, R. (2008). *Los sebadales de Canarias: Oasis de vida en los fondos arenosos*.
- Fernández, A., Sierra, E., Arbelo, M., Gago-Martínez, A., Leao Martins, J. M., García-Álvarez, N., ... & Díaz-Delgado, J. (2022). First case of brevetoxicosis linked to rough-toothed dolphin (*Steno bredanensis*) mass-mortality event in eastern central Atlantic Ocean: a climate change effect? *Frontiers in Marine Science*, 9, 237.
- Gil-Díaz, T., Haroun, R., Tuya, F., Betancor, S., & Viera-Rodríguez, M. A. (2014). Effects of ocean acidification on the brown alga *Padina pavonica*: decalcification due to acute and chronic events. *PLoS One*, 9, e108630.
- GRAFCAN (2022). *Análisis de riesgos costeros ante el cambio climático en las Islas Canarias*.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2019). *El océano y la criosfera en un clima cambiante. Informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.
- Hall-Spencer, J. M., Rodolfo-Metalpa, R., Martin, S., Ransome, E., Fine, M., Turner, S. M., ... & Buia, M. C. (2008). Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, 454(7200), 96-99.
- Hernández, J. C. (2006). *Estrategia reproductiva de la población canaria del erizo Diadema aff. antillarum Philippi, 1845: maduración gonadal, asentamiento larvario y reclutamiento*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, Tesis doctoral, 241 pp.
- Herrera, I., Carrillo, M., Cosme de Esteban, M., & Haroun, R. (2021). Distribution of cetaceans in the Canary Islands (Northeast Atlantic Ocean): Implications for the Natura 2000 Network and future conservation measures. *Frontiers in Marine Science*, 8, 669790. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.669790>.
- IHCantabria. (2019). *Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa Española. Tarea 2: proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa Española*.
- Inoue, S., Kayanne, H., Yamamoto, S., & Kurihara, H. (2013). Spatial community shift from hard to soft corals in acidified water. *Nature Climate Change*, 3(7), 683-687.
- IPCC. (2014). *Synthesis Report. Contribution of working groups I, II, and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, 151(10.1017).

- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., & Gandin, L., *et al.* (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-471.
- Leaper, R., Cooke, J., Trathan, P., Reid, K., Rowntree, V., & Payne, R. (2006). Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics. *Biology Letters*, 2, 289–292. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2005.0431>.
- Learmonth, J. A., MacLeod, C. D., Santos, M. B., Pierce, G. J., Crick, H. Q. P., & Robinson, R. A. (2006). Potential effects of climate change on marine mammals. *Oceanography and Marine Biology*, 44, 431–464.
- Marcos, M., Puyol, B., & Calafat, F. M., & Woppelmann, G. (2013). Sea level changes at Tenerife Island (NE Tropical Atlantic) since 1927. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, 4899-4910.
- Martín, J. L., Marrero, M. V., Del Arco, M., Garzón, V., Herrero, A., & Zavala, M. A. (2015). Aspectos clave para un plan de adaptación de la biodiversidad terrestre de Canarias al cambio climático. En: *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: impactos, vulnerabilidad y adaptación en España* (pp. 573-580). Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Martín-García, L., Herrera, R., Moro-Abad, L., Sangil, C., & Barquín-Diez, J. J. (2014). Predicting the potential habitat of the harmful cyanobacteria *Lyngbya majuscula* in the Canary Islands (Spain). *Harmful Algae*, 34, 76-86.
- Meyers, E. K., Tuya, F., Barker, J., Jiménez Alvarado, D., Castro-Hernández, J. J., Haroun, R., & Rödder, D. (2017). Population structure, distribution and habitat use of the Critically Endangered Angelshark, *Squatina squatina*, in the Canary Islands. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(6), 1133-1144.
- Miller, J. D. (1997). Reproduction in sea turtles. En: Wyneken, J., Lohmann, K. J., & Musick, J. A. (Eds.). *The biology of sea turtles III* (pp. 51-58). Boca Raton: CRC Press.
- Mrosovsky, N. (1988). Pivotal temperatures for loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from northern and southern nesting beaches. *Canadian Journal of Zoology*, 66(3), 661-669.
- Mrosovsky, N., & Yntema, C. L. (1980). Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: Implications for conservation practices. *Biological Conservation*, 18, 271-280.
- Narváez, K. (2013). *Aspectos biológicos y ecológicos del tiburón ángel (Squatina squatina) en la isla de Gran Canaria* (Tesis doctoral). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Oceana. (2009). *Propuesta de áreas marinas de importancia ecológica: Islas Canarias*.
- Peaguda Rodríguez, I. (2019). *Estudios experimentales sobre los efectos del cambio climático en Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson en las islas Canarias*.
- Peña, V., Bárbara, I., Grall, J., Maggs, C. A., & Hall-Spencer, J. (2014). The diversity of seaweeds on maerl in the NE Atlantic. *Marine Biodiversity*, 44, 533-551.

- Pérez, E. A., Marco, A., Martins, S., & Hawkes, L. A. (2016). Is this what a climate change-resilient population of marine turtles looks like? *Biological Conservation*, *193*, 124-132.
- Pérez-Gómez, B., Álvarez-Fanjul, E., Marcos, M., Puyol, B., & García, M. J. (2015). Sea level variability and trends in the Canary Current large marine ecosystem. En: Valdés, L., Déniz-González, I. (Eds.). *Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem* (pp. 309-320). IOC UNESCO.
- Pietrolungo, G., Centelleghé, C., Sciancalepore, G., Ceolotto, L., Danesi, P., Pedrotti, D., & Mazzariol, S. (2023). Environmental and pathological factors affecting the hatching success of the two northernmost loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) nests. *Scientific Reports*, *13*(1), 2938.
- Plan de Gestión ZEC ES7010035. Playa de Sotavento de Jandía.
- Poloczanska, E. S., Limpus, C. J., & Hays, G. C. (2009). Vulnerability of marine turtles to climate change. *Advances in Marine Biology*, *56*, 151-211.
- Ramp, C., Delarue, J., Palsbøll, P. J., Sears, R., & Hammond, P. S. (2015). Adapting to a warmer ocean—seasonal shift of baleen whale movements over three decades. *PLOS One*, *10*, e0121374. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121374>.
- Richardson, A. J., & Gibbons, M. J. (2008). Are jellyfish increasing in response to ocean acidification? *Limnology and Oceanography*, *53*(5), 2040-2045.
- Ruitton, S., Javel, F., Culioli, J. M., Meinesz, A., Pergent, G., & Verlaque, M. (2005). First assessment of the *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) invasion along the French Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin*, *50*(10), 1061–1068.
- Ruiz, J. M., Guillén, J. E., Ramos Segura, A., & Otero, M. M. (2015). *Atlas de las praderas marinas de España*. Madrid, Spain: Instituto Español de Oceanografía.
- Sangil, C., Sansón, M., Afonso-Carrillo, J., & Martín-García, L. (2010). Extensive off-shore meadows of *Penicillus capitatus* (Udoteaceae, Chlorophyta) in the Canary Islands (eastern Atlantic Ocean). *Scientia Marina*, *74*(2), 331-342.
- Sansón, M., Gil-Rodríguez, M. C., Díaz-Villa, M. D., Martín-García, L., & Afonso-Carrillo, J. (2013). Do the size shifts of marine macroalgae match the warming trends in the Canary Islands? *Libro de Resúmenes*.
- Santana-Casiano, J. M., González-Dávila, M., Rueda, M. J., Llinás, O., & González-Dávila, E. F. (2007). The interannual variability of oceanic CO₂ parameters in the northeast Atlantic subtropical gyre at the ESTOC site. *Global Biogeochemical Cycles*, *21*, GB1015.
- Sequeira, A. M., Mellin, C., Fordham, D. A., Meekan, M. G., & Bradshaw, C. J. (2014). Predicting current and future global distributions of whale sharks. *Global Change Biology*, *20*(3), 778-789.

- Simmonds, M. P. (2016). Impacts and effects of ocean warming on marine mammals. In D. Laffoley & J. M. Baxter (Eds.), *Explaining Ocean Warming: Causes, Scale, Effects and Consequences* (pp. 303–320). Gland, Switzerland: IUCN.
- Valdazo, J., Viera-Rodríguez, M. A., Espino, F., Haroun, R., & Tuya, F. (2017). Massive decline of *Cystoseira abies-marina* forests in Gran Canaria Island (Canary Islands, eastern Atlantic). *Scientia Marina*, 81(4), 499-507.
- Verlaque, M., Afonso-Carrillo, J., Gil-Rodríguez, M. C., Durand, C., Boudouresque, C. F., & Le Parco, Y. (2004). Blitzkrieg in a marine invasion: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) reaches the Canary Islands (north-east Atlantic). *Biological Invasions*, 6(3), 269-281.
- 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. <https://doi.org/10.1242/jeb.038133>.
- Woodroffe, C. D. (2008). Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea-level rise. *Global and Planetary Change*, 62(1-2), 77-96.

10. ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE VULNERABILIDAD, CONSECUENCIAS Y RIESGO

Tabla 19. 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 20. 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

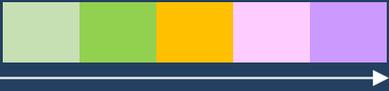
Tabla 21. Matriz para la valoración del riesgo.

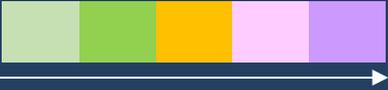
PROBABILIDAD AMENAZA	CONSECUENCIAS				
	Insignificantes	Menores	Moderadas	Graves	Muy graves
Rara	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Improbable	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Posible	Bajo	Moderado	Moderado	Alto	Alto
Probable	Bajo	Moderado	Alto	Alto	Extremo
Casi segura	Bajo	Moderado	Alto	Extremo	Extremo



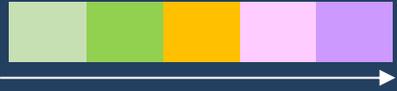
ANEXO 2. FICHAS RESUMEN ANÁLISIS DE RIESGOS

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
HÁBITAT ARRECIFES (1170)		Representado dentro de la ZEC por formaciones rocosas cubiertas de forma general por cobertura algal y especies animales sésiles en algunas zonas, destacando la zona del veril de Morro Jable. En los fondos rocosos podemos encontrar numerosas esponjas, algas rojas calcáreas y erizos. Otras especies presentes son el gusano de fuego (<i>Hermodice carunculata</i>), la caracola (<i>Latirus armatus</i>) y el cangrejo araña (<i>Stenorhynchus lanceolatus</i>). A partir de los -60 metros, se suceden diversas facies características de los fondos arenosos canarios, como es el caso de los campos de coral negro (<i>Stichopathes sp.</i>). A más profundidad aparecen comunidades bentónicas.		
HORIZONTE TEMPORAL		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	MUY ALTA	MUY GRAVES	EXTREMO
Acidificación oceánica	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
PRESIONES HUMANAS		Sobrepesca y contaminación del agua.		
CONSECUENCIAS		Regresión de especies, mortalidades masivas, aumento de patógenos, tropicalización de la flora y fauna y aumento de especies invasoras, lo que puede dar lugar a una pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos en el espacio.		
OTRAS OBSERVACIONES		La mayoría de los estudios realizados hasta el momento han revelado efectos adversos superiores como resultado de la combinación de la acidificación y el calentamiento de los océanos.		

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
HÁBITAT BANCOS DE ARENA CUBIERTOS POR AGUA MARINA POCO PROFUNDA (1110)		Respecto a las especies asociadas al hábitat cabe destacar la fanerógama marina <i>Cymodocea nodosa</i> (seba). A medida que aumenta la profundidad, sobre los 10-15 metros, las especies <i>Cymodocea nodosa</i> y <i>Caulerpa prolifera</i> crecen entremezcladas, pasando a dominar el alga verde. Los últimos estudios realizados sobre el estado de conservación de las praderas de <i>Cymodocea</i> del hábitat 1110 en las ZECs de Canarias reflejaron que la superficie de esta pradera está en regresión desde el 2005.		
HORIZONTE TEMPORAL		2050		
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)	CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)	RIESGO (consecuencias x probabilidad)
AMENAZAS				
Aumento de la temperatura del mar	RCP 4.5	MUY ALTA	GRAVES	EXTREMO
	RCP 8.5	MUY ALTA	MUY GRAVES	EXTREMO
Acidificación oceánica	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
PRESIONES HUMANAS		Contaminación del agua.		
CONSECUENCIAS		Pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos, cambios en la distribución de especies y en la cadena trófica.		
OTRAS OBSERVACIONES		Las artes de pesca en general no afectan al fondo marino dado que en Fuerteventura se ha consensado un acuerdo con los pescadores para restringir cualquier tipo de pesca que afecte al fondo, y por ende, al sebadal.		

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
PLAYAS		Conjunto de playas presentes en el espacio denominado Playa de Sotavento de Jandía, al sureste de la Isla de Fuerteventura, con una superficie de 5.461,11 hectáreas y que baña el litoral de los municipios de Tuineje y Pájara. Son playas estrechas durante la pleamar y alcanzan hasta los 800 metros en bajamar. Están compuestas por arenas procedentes del país costero, que se efectúan en la costa de barlovento.		
HORIZONTE TEMPORAL		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	MUY ALTA	MUY GRAVES	EXTREMO
PRESIONES HUMANAS		Presión turística.		
CONSECUENCIAS		Consecuencias muy graves a nivel económico y biológico (por ejemplo, por la pérdida de zonas de nidificación o la imposibilidad de desarrollo de las actividades económicas).		
OTRAS OBSERVACIONES		El informe de la evaluación del riesgo frente al cambio climático en las costas de Canarias (PIMA ADAPTA COSTAS) recoge las Zonas de Alto Riesgo Acumulado (HOTSPOTS) dentro de la ZEC Playa de Sotavento.		

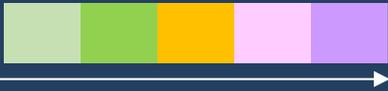
ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
SALADARES (1420)		En márgenes de zonas costeras formadas por sedimentos finos (arenas y fangos) y cubiertos por vegetación halófila, inundadas periódicamente por las aguas del mar como resultado del flujo de las mareas. Configuran ecosistemas complejos (de transición entre el medio terrestre - marino) y dinámicos, en constante cambio y evolución, que desempeñan un papel importante en muchos ambientes costeros.		
HORIZONTE TEMPORAL		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	MUY ALTA	MUY GRAVES	EXTREMO
PRESIONES HUMANAS		Presión turística.		
CONSECUENCIAS		Cambio en las condiciones fisicoquímicas asociada a la intrusión marina o a la pérdida total de esta zona de transición. En las entrevistas, algunos expertos, señalan que se están dando cambios físico-químicos en la parte del saladar y se está perdiendo. En su lugar, están apareciendo otro tipo de hábitats con estas condiciones que se están creando.		
OTRAS OBSERVACIONES		Se debería estudiar más en detalle otras amenazas asociadas al aumento del nivel del mar, como los cambios en la salinidad o en las condiciones físico-químicas del saladar.		

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
DUNAS GRISAS (2130*)		Ecosistemas dunares desde grandes dunas a ramblas de arenas y formas asociadas. Compuestas en su mayoría de partículas de organismos marinos, además de granos de mineral natural, restos de gasterópodos terrestres y nidos de <i>Anthophora</i> .		
HORIZONTE TEMPORAL		2050		
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)	CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)	RIESGO (consecuencias x probabilidad)
AMENAZAS				
Modificación en el régimen de precipitaciones y eventos climatológicos extremos	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
Modificación de los patrones de vientos, corrientes y afloramientos	RCP 4.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
PRESIONES HUMANAS		Presión turística y antropización del litoral.		
CONSECUENCIAS		Regresión o pérdida de un gran porcentaje de la superficie ocupada por dunas.		
OTRAS OBSERVACIONES		El aporte de arena también es menor debido a la construcción de barreras de origen humano como carreteras, por ejemplo.		

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
DELFIN MULAR (TURSIOPS TRUNCATUS)		Reside en las aguas del archipiélago canario durante todo el año, encontrándose en las aguas de la ZEC y sus inmediaciones junto a otros cetáceos comunes en la zona.		
HORIZONTE TEMPORAL		2050		
		VULNERABILIDAD (sensibilidad x resiliencia)	CONSECUENCIAS (vulnerabilidad x magnitud)	RIESGO (consecuencias x probabilidad)
AMENAZAS				
Aumento de la temperatura del mar	RCP 4.5	MEDIA	MENORES	MODERADO
	RCP 8.5	ALTA	MODERADAS	ALTO
PRESIONES HUMANAS		Existe un incumplimiento de la normativa y la principal afección procede de las empresas de avistamientos de cetáceos.		
CONSECUENCIAS		Cambios en la migración, el éxito reproductivo y cambios en la distribución, asociado a la abundancia de presas, afectando consecuentemente a sus patrones de distribución, hábitos, dietas y comportamientos e incluso podrían darse eventos de mortalidad masiva.		
OTRAS OBSERVACIONES		Los cambios en el área de distribución de los delfines son principalmente una respuesta a la disponibilidad de presas, indirectamente relacionado con el calentamiento de la temperatura del agua.		

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
TORTUGA COMÚN <i>(CARETTA CARETTA)</i>		Especie cosmopolita de aguas tropicales y subtropicales. Las islas Canarias albergan juveniles de tortuga verde, procedentes de varias poblaciones nidificantes, posiblemente americanas y africanas.		
HORIZONTE TEMPORAL		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		Capturas accidentales, ingesta de plásticos, colisiones, etc.		
CONSECUENCIAS		No se sabe con exactitud si las tortugas seguirán frecuentando las aguas del espacio o si se producirá una variación en su presencia.		
OTRAS OBSERVACIONES		Se debe tener en cuenta el impacto en las zonas de anidación (fuera de la ZEC), cambios en el sex-ratio y posibles cambios en las rutas migratorias.		

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
TORTUGA VERDE (CHELONIA MYDAS)		Especie cosmopolita de aguas tropicales y subtropicales. Las islas Canarias albergan juveniles de tortuga verde, procedentes de varias poblaciones nidificantes, posiblemente americanas y africanas.		
HORIZONTE TEMPORAL		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		Capturas accidentales, ingesta de plásticos, colisiones, etc.		
CONSECUENCIAS		No se sabe con exactitud si las tortugas seguirán frecuentando las aguas del espacio o si se producirá una variación en su presencia.		
OTRAS OBSERVACIONES		Se debe tener en cuenta el impacto en las zonas de anidación (fuera de la ZEC), cambios en el sex-ratio y posibles cambios en las rutas migratorias.		

ESPACIO		ZEC Playa de Sotavento de Jandía (ES7010035)		
ANGELOTE (SQUATINA SQUATINA)		Especie de tiburón cartilaginoso. Forma parte de los peces más amenazados del planeta. En el EMP de Jandía hay registros de individuos de angelote desde la costa hasta bastantes metros de profundidad. Principalmente en la zona de Morro Jable y Gran Tarajal.		
HORIZONTE TEMPORAL		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		Captura accidental, fondeo de embarcaciones y molestias, presiones que han ido en aumento en los últimos años.		
CONSECUENCIAS		Variación estacional y disminución en la idoneidad del hábitat.		
OTRAS OBSERVACIONES		Su distribución está influenciada por otros factores, entre los que se incluyen las variaciones geográficas/geológicas en el archipiélago, así como factores bióticos como el comportamiento reproductivo, la abundancia de presas y la evitación de depredadores y factores abióticos como la salinidad o la concentración de nutrientes.		