

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España



CONAMA 2024

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

Autor Principal: Eulogio Chacón-Moreno (Fundación para la Investigación del Clima)

Otros autores: Ana Hernández Parada (Fundación para la Investigación del Clima); Emma Gaitán Fernández (Fundación para la Investigación del Clima); Gonzalo Rodríguez Ruiz (Fundación para la Investigación del Clima); Carlos Carravilla (Fundación para la Investigación del Clima); Jaime Ribalaygua (Fundación para la Investigación del Clima).

CONAMA 2024

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

ÍNDICE

1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	1
3. INTRODUCCIÓN	1
4. METODOLOGÍA	4
4.1. <i>Área de estudio</i>	4
4.2. <i>Fases y desarrollo de la investigación</i>	4
4.3. <i>Análisis del estado de conservación y amenazas.</i>	5
4.4. <i>Modelización climática.</i>	5
4.5. <i>Modelos hidrológicos.</i>	6
4.6. <i>Impactos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad.</i>	6
4.7. <i>Estrategias climáticamente inteligentes</i>	9
5. RESULTADOS	9
5.1 <i>Estado de conservación y amenazas a la biodiversidad de los Sitios Piloto Ramsar</i>	9
5.2 <i>Modelización climática.</i>	11
5.3 <i>Modelización hidrológica</i>	12
5.4 <i>Impactos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad</i>	13
5.5 <i>Estrategias climáticamente inteligentes</i>	15
6 CONCLUSIONES	19
7 BIBLIOGRAFIA	19

1. TÍTULO

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

2. RESUMEN

El cambio climático es una amenaza para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los humedales. Este estudio analiza su impacto en tres humedales Ramsar: Doñana, La Albufera de Valencia y el Mar Menor, como resultado del proyecto de investigación ACCIÓN–RAMSAR que respalda la elaboración de estrategias de adaptación y conservación climáticamente inteligentes para estos ecosistemas marino-costeros frente a escenarios climáticos futuros. La investigación realizada en el año 2023 utilizando el enfoque de Estándares en Conservación, abarcó diversos aspectos: la evaluación del estado de conservación de la biodiversidad y las principales amenazas que enfrentan estos humedales, el análisis científico de los Objetos de conservación integrando los resultados en el diseño estrategias de adaptación, conservación o restauración frente al cambio climático y la caracterización climática actual, así como la determinación de proyecciones de clima futuro para cada sitio Ramsar. Se consideraron variables climáticas y bioclimáticas para analizar el impacto del clima futuro en diversos aspectos de hidrología, procesos ecosistémicos, modelización de especies animales y vegetales, incidencia de enfermedades y patógenos y riesgo de incendios forestales. La metodología y resultados contribuyen al cumplimiento de las políticas nacionales y los compromisos internacionales firmados por España en materia de conservación de humedales. Las estrategias climáticamente inteligentes resultantes están sólidamente fundamentadas en el conocimiento científico y cuentan con la participación de gestores y actores clave asegurando una gestión eficaz. La sólida base de conocimiento científico obtenida facilita la toma de decisiones informadas para la conservación y adaptación de estos valiosos ecosistemas frente a los desafíos del cambio climático.

3. INTRODUCCIÓN

Son muchas las agencias internacionales y nacionales que han demostrado fehacientemente el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad, sus servicios ecosistémicos y la disponibilidad de agua. Atendiendo a esta realidad se han presentado diversos mecanismos para abordar el problema, siendo la adaptación al cambio climático una de las principales herramientas para el desarrollo de estrategias a nivel local (IPBES, 2019; IPCC, 2023; MITECO, 2023a). La conservación y el uso sostenible de la biodiversidad son mecanismos indispensables para minimizar el impacto de las actividades humanas y en especial para la adaptación al cambio climático; sin embargo, muchos de los planes, acciones o estrategias de conservación de la biodiversidad se basan en “recetas” que muchas veces copian las acciones de otros proyectos sin considerar o evaluar la eficiencia o adecuación de estas. Asimismo, muchos proyectos de adaptación al cambio climático no se basan en datos de clima futuro científicamente rigurosos,

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

dado que no cumplen los requerimientos científico-técnicos necesarios para estudios de evaluación de impacto a escala local, lo que da lugar a numerosos casos de maladaptación. La propuesta parte de la necesidad de que todos los planes incorporen información del clima futuro, y se desarrollen de manera colectiva y generalizada, con un enfoque integrador que considere a todos los actores sociales y sectores económicos, basándose en información científico-técnica del área de trabajo, además de involucrar la gestión adaptativa. Este trabajo se enfoca en la integración de mecanismos de elaboración de estrategias de adaptación y conservación climáticamente inteligentes en sitios Ramsar frente a escenarios climáticos futuros.

Los sitios Ramsar son humedales seleccionados para su protección con base en criterios derivados de la convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, que se conoce en forma abreviada como Convenio de Ramsar. En la actualidad existen 2.493 sitios Ramsar a nivel mundial que abarcan 256.786.063 ha (SISR, 2023), de ellos hay 76 sitios que están ubicados en España y representan la riqueza y patrimonio de la diversidad de humedales en el país, como zonas húmedas planas en áreas de sedimentación, humedales asociados a valles fluviales, humedales artificiales, marismas, estuarios, formaciones deltaicas, marjales, lagunas litorales, etc. (MITECO, 2023a). Inicialmente la importancia de los humedales se centró en su función clave como hábitat de aves acuáticas y vida silvestre, o como puntos críticos de biodiversidad regional, aunque hoy en día también se conocen y reconocen mucho más otros servicios ecosistémicos de los humedales que son fundamentales para abordar su protección en todo el mundo (An & Verhoeven, 2019). Los sitios Ramsar en España, al igual que en todo el mundo, ya están siendo impactados por el cambio climático, pero más allá del actual impacto, es fundamental saber cómo serán afectados en escenarios de clima futuro, con el mayor detalle espacial, temporal y de diversidad de parámetros bioclimáticos posible.

Para la elaboración de estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de los sitios Ramsar, es fundamental la integración de ciencia y gestión. Para ello diseñamos y desarrollamos un procedimiento de trabajo con base en el manejo adaptativo y los estándares en conservación (Brown et al., 2022; Chacón-Moreno et al., 2020; CMP, 2020) como marco metodológico que permite la mejora de las estrategias de conservación y adaptación al cambio climático. Se integró una fase de evaluación del estado de conservación de la biodiversidad y las principales amenazas que enfrentan estos humedales en talleres con gestores y actores claves, con una segunda fase para analizar por medio de herramientas científicas, el impacto del cambio climático sobre los objetos de conservación, e integrar esta información en una siguiente fase con los gestores y actores claves de los sitios Ramsar para el diseño o rediseño de estrategias de adaptación, conservación o restauración frente al cambio climático. Tres aspectos fundamentales son abordados con detalle: el cambio climático, la modelización e impacto en la biodiversidad y la conservación, en sentido amplio, de los humedales Ramsar.

La adaptación al clima futuro es uno de los retos más importantes que debe enfrentar la humanidad, sobre todo dada la velocidad de los cambios observados en el sistema climático en los últimos años (IPCC, 2021a). Esta adaptación requiere disponer de los escenarios futuros de clima con la mayor precisión y resolución espacial y temporal posibles, para sentar las bases de conocimiento científico de posibles respuestas de la biodiversidad y generar las mejores estrategias de adaptación en los sistemas socio-ecológicos. Implementamos metodologías de downscaling estadístico sofisticadas a la información climática proporcionada por los Modelos Climáticos globales más recientes, y se consideraron variables climáticas y bioclimáticas para

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

analizar el impacto del clima futuro en diversos aspectos de hidrología, procesos ecosistémicos, modelización de especies animales y vegetales, incidencia de enfermedades y patógenos y riesgo de incendios forestales.

La biodiversidad, expresada como el resultado de la interrelación entre especies, comunidades, ecosistemas y procesos, debe ser analizada en el contexto futuro en que va a tener que desarrollarse, para lo que es necesario analizar la previsible evolución de los sitios Ramsar seleccionados en el marco de los diferentes escenarios futuros de cambio climático que pueden sucederse hasta el año 2100, ya que estos escenarios van a determinar el funcionamiento de los ecosistemas presentes en dichos humedales Ramsar, condicionando los servicios ecosistémicos que los mismos pueden prestar al medio en general y a la sociedad en particular. Comprender o predecir este funcionamiento con el mayor rigor científico posible, permite sentar las bases de conocimiento para generar las mejores estrategias de conservación, adaptación y restauración de estos sistemas socio-ecológicos. Con este fin, se utilizan habitualmente los MDE, constituidos como una herramienta para evaluar la idoneidad del hábitat para una especie determinada bajo diferentes escenarios climáticos (Ferrier & Guisan, 2006; Fletcher & Fortin, 2018; D’Amen et al., 2017; Guisan et al., 2017). Su utilización en la descripción de patrones y en la predicción de la distribución de especies, incluyendo su aplicación como herramienta de apoyo a la gestión, tiene una trayectoria ya consolidada.

La naturaleza compleja y dinámica del entorno social, económico, político, institucional y ecológico donde opera el manejo de recursos naturales, requiere capacidad de adaptación para manejar la incertidumbre frente al cambio climático. Uno de los enfoques para abordar este problema es el manejo adaptativo – sistema dinámico de ajuste de prácticas y políticas, que incorpora el monitoreo, evaluación y retroalimentación hacia el sistema de manejo, para permitir un aprendizaje y mejora continua (Orozco, 2004). Este sistema parte de incorporar constantemente los resultados de la investigación y las enseñanzas derivadas de los procesos de planificación y práctica en el terreno (conocimiento y resultados), permitiendo la integración del diseño, manejo y seguimiento a fin de probar sistemáticamente las hipótesis para adaptarse a las condiciones reales y aprender de la experiencia (Blaser y Sabogal, 2011). Utilizamos los Estándares en Conservación (EC) como enfoque metodológico y conceptual que permite la vinculación de la investigación con la planificación de estrategias sostenibles y participativas del sitio Ramsar, que incluye la participación de gestores y actores clave del área de estudio, para fortalecer y consolidar los procesos de toma de decisiones bajo lineamientos técnicos, económicos y socio ambientales basados en resultados científicos robustos (CMP, 2020). Presentamos aquí los resultados principales y enfocados en estrategias climáticamente inteligentes derivados del proyecto “Adaptación al Cambio climático y Conservación de la Naturaleza en sitios Ramsar, ACCIÓN–RAMSAR” (FIC, 2024) cuyo objetivo fundamental fue la generación de propuestas de adaptación, gestión, conservación y restauración sostenibles basadas en modelos robustos y análisis de los impactos futuros del clima sobre la hidrología, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en sitios piloto Ramsar marinos y costeros a través de un proceso integrado y participativo que involucró a los gestores y actores locales.

4. METODOLOGÍA

4.1. Área de estudio

Para la selección de los tres humedales donde se llevaron a cabo las tareas de estudio se han considerado 4 criterios de análisis: (1) humedales considerados Hábitats Naturales de Interés Comunitario (cuya conservación requiere la designación de Zonas de Especial Conservación, ZEC), en este caso los que son denominados Hábitats 1150 "Lagunas Costeras" (pertenecientes al grupo de "Hábitats Costeros y Vegetaciones Halófitas", incluido en el Anexo I de la Directiva 97/62/CE del Consejo, de 27 de octubre de 1997, por la que se adapta al progreso científico y técnico la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de fauna y flora silvestres); (2) humedales que sean Reserva de la Biosfera de UNESCO; (3) humedales ubicados en Parques Nacionales, y por tanto de competencia estatal, y (4) humedales Insulares. En este sentido los sitios piloto son: Mar Menor en la Región de Murcia, Albufera de Valencia en la Comunidad Valenciana, y Parque Nacional de Doñana en Andalucía.

4.2. Fases y desarrollo de la investigación

La investigación se desarrolla en cuatro fases (Figura 1). Una primera fase (F1.1) es el trabajo con los gestores y tomadores de decisión, en este caso de los tres Sitios Piloto Ramsar (SP-R), a través de talleres para recopilar información sobre cada uno de ellos, con el objeto de poder identificar los principales componentes de biodiversidad, sus amenazas y las estrategias implementadas para su conservación, de manera que se pueda disponer de un análisis del estado de conservación de cada sitio en relación con los servicios ecosistémicos y el bienestar humano. De forma paralela a esta primera fase de trabajo con los gestores, se van a determinar escenarios de clima futuro para cada SP-R (F1.2), a partir de los Modelos Climáticos globales y de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, Shared Socioeconomic Pathways) definidos dentro del Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6). Finalmente, en esta fase también se aplican modelos hidrogeológicos (por ejemplo, VISUAL-BALAN), o indicadores climáticos (por ejemplo, SPEI, SPI o SRI), según permitan las condiciones hídricas y la disponibilidad de datos de cada SP-R. En una fase dos, partiendo de la información de las fases F1.1 y F1.2, se realizan investigaciones para determinar y analizar los impactos del clima futuro sobre las especies, los ecosistemas y los procesos ecológicos en los SP-R, a través de la modelización de esta biodiversidad en escenarios de clima futuro (F2.1) y escenarios de hidrología futura (F2.2). En una tercera fase del proyecto (F3), y a través de talleres con la participación de los gestores de cada SP-R, se elaboran o rediseñan las estrategias de adaptación, conservación o restauración en escenarios de clima futuro para los SP-R, que incorporen soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y sostenibles.

Finalmente, las estrategias de adaptación, conservación o restauración en escenarios de clima futuro diseñadas para los tres SP-R, son revisadas y analizadas para generar un compendio de estrategias y metodologías que puedan ser replicadas en otros sitios Ramsar de España, considerando los escenarios de clima futuro en esos nuevos sitios (F4).

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

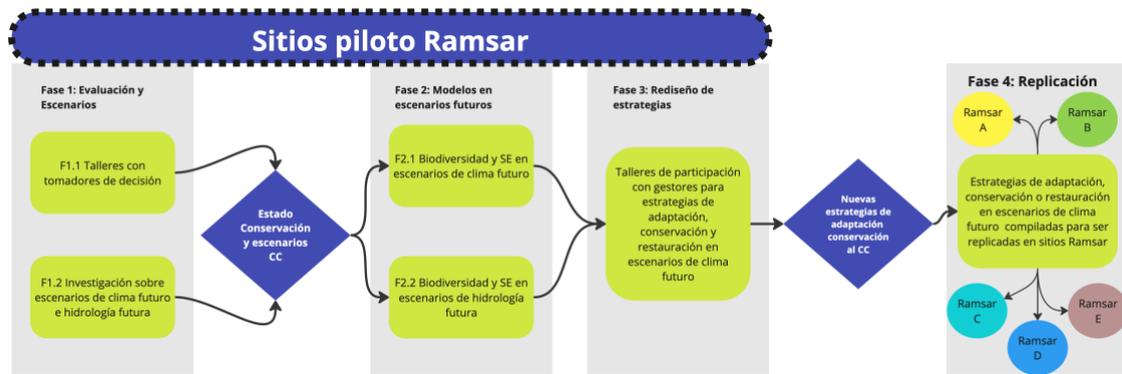


Figura 1 Fases de desarrollo de la investigación. Explicación en el texto

4.3. Análisis del estado de conservación y amenazas.

Con base en el enfoque metodológico de los Estándares de Conservación (EC) se desarrollan las dos primeras fases del ciclo de manejo adaptativo, una herramienta abierta desarrollada por la Alianza para las Medidas de Conservación (CMP por sus siglas en inglés; CMP, 2020). Se implementa la fase de evaluación que consiste en definir claramente con los GAC los parámetros básicos de este proyecto y evaluar su contexto general. Se definen los objetos de conservación representativos de la biodiversidad del sitio, sobre los que se centrará la investigación. También incluye contextualizar el proyecto, incluida la identificación de amenazas, oportunidades y partes interesadas clave. Se realiza un análisis de amenazas, donde se identifican y utiliza la información derivada sobre el impacto del cambio climático especialmente; en este sentido tiene un especial grado de innovación pues incluye una visión a futuro y mecanismo de adaptación, antes de que suceda el impacto. Se elabora el modelo conceptual del proyecto

En la tercera fase de la investigación (F3), se desarrolla la fase de planificación para elaborar y rediseñar las estrategias de adaptación, conservación o restauración de los sitios Ramsar. En los talleres de planificación se definieron las estrategias concretas para la consecución de los objetivos planteados en el proyecto, con base en el desarrollo de cadenas de resultados, metas y objetivos, partiendo de los resultados de las fases F1 y F2 de la investigación. En función de los resultados obtenidos en estos talleres, las experiencias o lecciones aprendidas, y la consulta a expertos, se elaboraron las estrategias climáticamente inteligentes (Brown et al., 2022; Chacón-Moreno et al., 2020; CMP, 2020; GIZ and CMP, 2020; Hernández and Chacón-Moreno, 2018, Stein et al., 2014).

4.4. Modelización climática.

Se recopiló y cuando fué necesario generó información climática que sirvió como entrada tanto a los modelos hidrológicos, como a los modelos de biodiversidad de los sitios Ramsar a través de fuentes habituales de este tipo de información (Adaptecca - Oficina Española de Cambio Climático-, Copernicus, IPCC). Se utilizaron los escenarios aplicando una metodología de downscaling estadístico en dos pasos (estratificación analógica y funciones de transferencia) (Ribalaygua et al., 2013). A partir de esta información se caracterizó climáticamente cada uno los sitios piloto Ramsar (SP-R). Se analizó e interpretó los datos climáticos históricos a partir de la información observada recopilada se han generado mapas climáticos para el periodo 1985-

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

2014 de las variables meteorológicas básicas (precipitación, temperatura), hidrológicas y bioclimáticas.

Utilizando la metodología FICLIMA (Ribalaygua et al., 2013) se recopilaron y generaron los escenarios de clima futuro a escala local en cada SP-R. Se y se adecuan las proyecciones climáticas generadas a partir de los Modelos Climáticos globales y las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) correspondientes al CMIP6. Para ello se descarga y recopilan de las bases de datos: a) Reanálisis europeos con base en ERA5 (atmosférico) y ERA5-Land (superficie) del Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (ECMWF), b) conjunto de datos proporcionados por modelos climáticos globales. En concreto, se ha trabajado con los Modelos Climáticos globales y los los SSP (Shared Socioeconomic Pathways) de la 6ª fase del CMIP (CMIP6). De cada Modelo Climático se dispone, por tanto, de una simulación de control denominada "Historical" para el periodo 1951-2014 y de 4 SSP (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5) para el periodo 2015-2100. Se generaron las proyecciones futuras de los cuatro escenarios SSP señalados para los períodos 2021-2050, 2041-2070, y 2071-2111, utilizando 10 diferentes Modelos Climáticos Globales del CMIP6. Las variables bioclimáticas se calculan siguiendo los algoritmos detallados en Beaumont et al., 2005; Hijmans et al., 2005; y Karger et al., 2021.

4.5. Modelos hidrológicos.

Se realizó un análisis hidrológico, a partir de la información disponible, con el fin de calibrar el balance hidrológico de cada SP-R. Incluyó: a) la recopilación de toda la información histórica necesaria para el estudio cualitativo del funcionamiento hidrogeológico e hidrológico, b) análisis del régimen pluviométrico a partir de los datos obtenidos en observatorios así como la transformación lluvia-escorrentía, c) análisis de la información disponible de la zona objeto de estudio y posterior identificación de zonas de recarga y descarga subterránea así como de las zonas de influencia de puntos surgentes; y d) análisis de la relación de niveles freáticos medidos en piezómetros con distancia a puntos de descarga, lo que permitirá la delimitación de zonas de influencia. Se construyó, para un área en particular, un modelo numérico de comportamiento de la zona con el objeto de estimar, lo mejor posible con los datos disponibles, las diferentes componentes hidrológicas (escorrentías, infiltración, recargas, etc.) utilizando el código VISUAL-BALAN desarrollado por el Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de La Coruña (Samper et al., 1999). Posteriormente, se proyectó el modelo hidrológico bajo distintos escenarios futuros evaluando la evolución temporal del nivel piezométrico con escenarios de cambio climático de entrada de lluvia y caudales de descarga y a realizar un análisis relativo de variaciones contempladas en niveles y caudales de descarga subterránea. Para otras zonas se realizó un modelamiento más sencillo de las características del acuífero y de la información disponible.

4.6. Impactos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad.

Considerando las características ambientales de cada SP-R, los principales parámetros espaciales de estas variables, y la cobertura de las especies y comunidades de plantas seleccionadas en los talleres de evaluación, se realiza una selección definitiva de los 19 objetos de conservación sobre

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

los cuales se evaluó el impacto del clima futuro sobre su viabilidad. En la tabla 1, se presenta una síntesis de las herramientas metodológicas utilizadas para cada objeto de biodiversidad.

Tabla 1 Lista síntesis de objetos de conservación y modelos/análisis para cada sitio piloto Ramsar

Nº	OC	Enfoque metodológico	Requerimientos generales	Clase M/A	SP Ramsar
1	Lago	Análisis de la situación hidrológica en escenario de cambio climático.	Fuentes de datos de hidrología actual, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Análisis hidrológico en escenarios futuros de clima	Hidro	Albufera
2	Devesa	Modelización del riesgo de fuego en escenarios de clima futuro	Uso de Proyecciones de índices de riesgo de incendios por ejemplo FW	Fire	Albufera
3	Chorlitejo patinegro	Modelo de Idoneidad climática. MDE animales.	Variabes bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_a	Albufera
4	Bosque	Modelización de la idoneidad climática para la/s especie/s forestal/es representativa/s. MDE	Variabes bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_p	Albufera
5	Arrozal	Modelización de la distribución del cultivo de arroz (variedad de 'La Albufera', con base en MDE	Variabes bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_c	Albufera
6	Samaruc	Modelos de distribución de la especie con relación a gradientes de temperatura (máxima, mínima, promedio, o durante un período importante de su dinámica).	Variabes bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_a	Albufera
7	Complejo de acuíferos	Análisis de la situación hidrológica en escenario de cambio climático.	Fuentes de datos de hidrología actual, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Análisis hidrológico en escenarios futuros de clima	Hidro	Doñana
8	Anfibios	Análisis de distribución de la quitridiomycosis en relación con variables climáticas	Variabes bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_a	Doñana

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

9	Sistemas de marismas	Análisis de la situación hidrológica en escenario de cambio climático.	Fuentes de datos de hidrología actual, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Análisis hidrológico en escenarios futuros de clima	Hidro	Doñana
10	Ecosistemas de Bosques y cotos	Modelización de la idoneidad climática para las especies forestales representativas. MDE	Variables bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_p	Doñana
11	Ecosistemas de Bosques y cotos	Modelización del riesgo de fuego en escenarios de clima futuro	Uso de Proyecciones de índices de riesgo de incendios por ejemplo FW	Fire	Doñana
12	Conejo	Análisis de distribución de la patógenos del conejo en relación con variables climáticas	Variables bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_a	Doñana
13	Alcornoque y otras leñosas	Modelización de la idoneidad climática para la/s especie/s forestal/es representativa/s. MDE	Variables bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_p	Doñana
14	Sistema Lagunar	Análisis de las proyecciones sobre los cambios en las precipitaciones y el aumento de la temperatura.	Proyecciones de escenarios de clima futuro. Variables derivadas	Clima	Mar Menor
15	Caballito de mar	Modelos de distribución de la especie con relación a gradientes de temperatura (máxima, mínima, promedio, o durante un período importante de su dinámica).	Variables bioclimáticas, Base de datos de distribución o presencia de la especie, Proyecciones de escenarios de clima futuro, Búsqueda bibliográfica de los límites ecofisiológicos de supervivencia.	SDM_a	Mar Menor
16	Arenales, dunas y playas	Analizar en detalle las posibilidades de cambios en la intensidad de eventos extremos en el Mar Menor.	Proyecciones de escenarios de clima futuro. Variables derivadas	Clima	Mar Menor
17	Desembocaduras de ramblas	Analizar en detalle las posibilidades de cambios en la intensidad de eventos extremos en el Mar Menor.	Proyecciones de escenarios de clima futuro. Variables derivadas	Clima	Mar Menor
18	Saladares y estepas salinas	Analizar en detalle las posibilidades de cambios en la intensidad de eventos extremos en el Mar Menor.	Proyecciones de escenarios de clima futuro. Variables derivadas	Clima	Mar Menor
19	Salinas	Análisis de escenarios de clima futuro asociados a la temperatura y la evapotranspiración	Proyecciones de escenarios de clima futuro. Variables derivadas	Clima	Mar Menor

El análisis de variables climáticas derivadas considera el impacto de estas en escenarios de clima futuro, para lo cual se calculó y analizaron variables como: a) precipitación, distribución de precipitaciones, eventos extremos de precipitación, b) temperatura, cambios en temperatura máximas y mínimas, olas de calor, ocurrencia de máximas y mínimas, c) evapotranspiración. La

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

modelización del riesgo de fuegos se realiza con el uso de Fire Weather Index (FWI, <http://climate.copernicus.eu/>), que se puede simular a futuro para ver la evolución prevista del riesgo de incendio por efecto meteorológico. Para el análisis hidrológico se consideran los resultados de la modelización hidrológica y se combina o asocia información a las proyecciones de clima futuro para determinar la situación hidrológica. Modelos de Distribución de Especies (MDE) en escenarios de clima futuro utilizando registros de datos de distribución de las especies en relación con factores ambientales como la temperatura promedio, máximos y mínimos de temperatura del agua, salinidad, y otras variables bioclimáticas, determinar la distribución potencial de estas especies y modelar su distribución en escenarios de clima utilizando las proyecciones climáticas para los SP Ramsar. Para estos MDE se siguió procedimientos de calibración, evaluación y proyección en escenarios de clima futuro con base en Beaumont et al. (2005), Hijmans et al. (2005), Karger et al. (2021), FIC et al. (2023), Adde et al. (2023), Fletcher y Fortin (2018), Guisan et al. (2017), Hijmans y Riaz (2023), D'Amen et al. (2017), Mateo et al. (2011), y Mateo et al. (2019), para analizar enfermedades parasitarias en Anfibios y el Conejo en Doñana, la distribución del Chorlitejo Patinegro en la La Albufera, el Arrozal y el Bosque en La Albufera, el Ecosistema de bosques y cotos y el Alcornoque y otras leñosas en Doñana. Información detallada de las metodologías y resultados de modelización son descritas en FIC (2024).

4.7. Estrategias climáticamente inteligentes

A través de talleres con los gestores y actores claves (GAC) se definieron las estrategias climáticamente inteligentes en cada SP-R. Se utilizó el enfoque metodológico de los Estándares en Conservación (EC) (CMP, 2020) en la fase de planificación. Se presentaron los resultados obtenidos del análisis y modelización del impacto del clima futuro sobre los objetos de conservación seleccionados previamente. Con base en estos resultados se revisó el modelo situacional del proyecto iniciado en la fase de evaluación, y evaluaron nuevamente el alcance y los objetos de conservación. A partir de esta reevaluación se seleccionaron las estrategias de conservación, adaptación y restauración climáticamente inteligentes teniendo como base la metodología de Brown et al. (2022), CMP (2020), y GIZ & CMP (2020).

Con base en información de los talleres con los GAC, se organizó y clasificaron todas las estrategias con base en los criterios de Stein et al. (2014), Brown et al. (2022), y GIZ & CMP (2020). Se analizaron los resultados para unificar criterios y sintetizar la información.

5. RESULTADOS

Los resultados aquí presentados son un extracto de cada una de las fases de investigación del proyecto ACCIÓN–RAMSAR (FIC, 2024) enfocados en las estrategias climáticamente inteligentes.

5.1 Estado de conservación y amenazas a la biodiversidad de los Sitios Piloto Ramsar

Como resultado de los talleres de evaluación y a manera de ejemplo se presenta el caso del SP_R Doñana. Se definieron un total de ocho (8) objetos de conservación (OC) representativos de la biodiversidad de este SP_R y su estado de amenazas, principalmente climáticas (Figura 2).

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

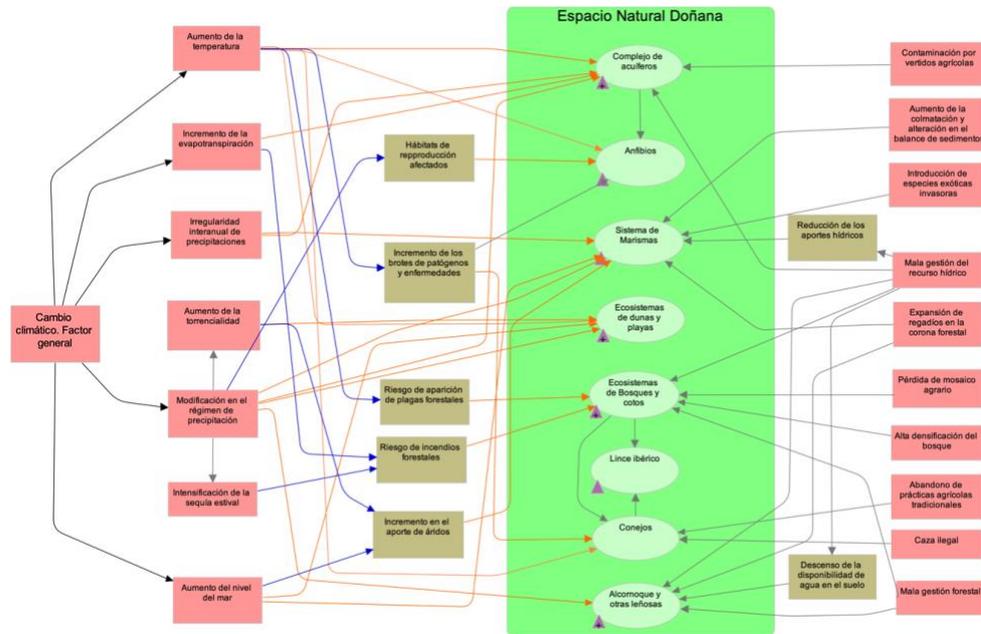


Figura 2 Diagrama o modelo preliminar mostrando las amenazas y la relación con los objetos de conservación en Doñana.

Se realizó un análisis preliminar del impacto del clima futuro sobre la vulnerabilidad de estos OC; a manera de ejemplo se presenta el análisis sobre el OC *sistema de marismas* que ese impactado directamente por tres variables climáticas asociadas a la precipitación y de manera indirecta por el incremento en el aporte de áridos. Adicionalmente, cuatro amenazas directas asociadas principalmente a la gestión impactan sobre el sistema de marismas. Estos impactos se verían principalmente reflejados en las tres presiones señaladas (Figura 3). Esta información fue fundamental para incorporar en la siguiente fase, así el análisis de la información hidrológica disponible en escenario de cambio climático, y las proyecciones en los cambios en las precipitaciones y el aumento de la temperatura son importantes para entender los aportes de agua a futuro.

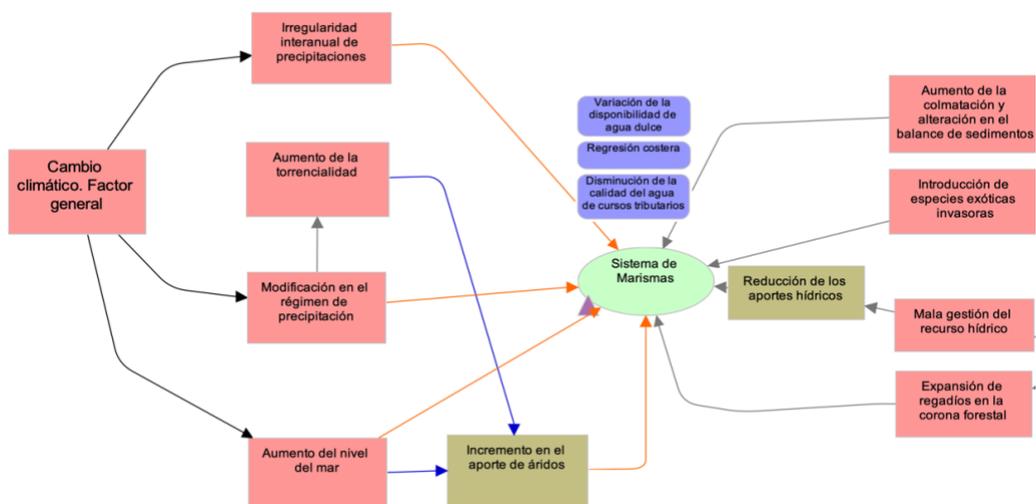


Figura 3 Aislamiento del OC Sistema de Marismas y sus amenazas directas

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

5.2 Modelización climática.

Del proceso de modelización del clima y escenarios climáticos futuros, se presenta un ejemplo de los obtenido para el SP_R La Albufera de Valencia. El análisis se ha hecho en base a 60 indicadores climáticos agrupados en tres áreas: clima, balance hídrico y biodiversidad (Figura 4).

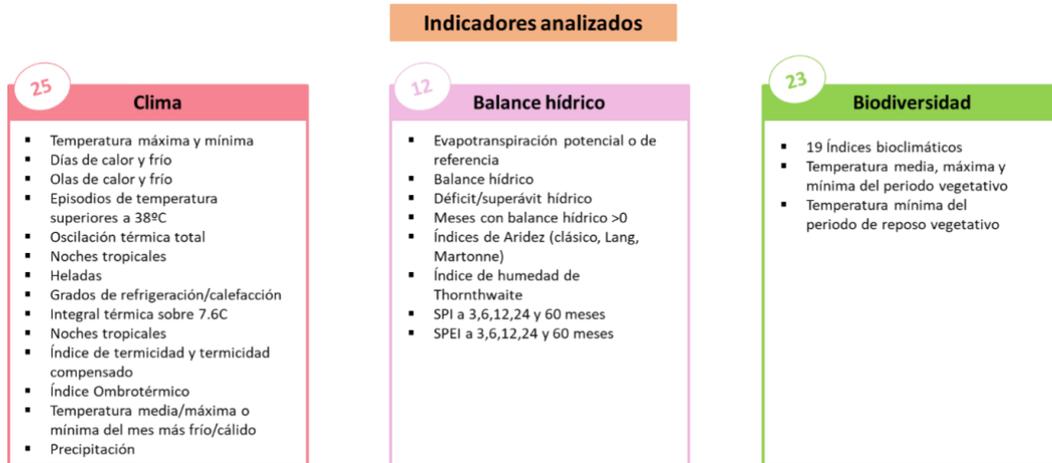


Figura 4 Principales indicadores climáticos agrupados en tres áreas.

La evolución temporal esperada de las variables proporcionadas es representada mediante diagramas de cajas y bigotes, que muestran las variaciones esperadas en las mismas a lo largo del siglo XXI con respecto del periodo de referencia seleccionado (1985-2014). A lo largo del eje X se muestra la evolución temporal mediante tres bloques de representaciones de diagramas de cajas y bigotes, cada uno de ellos correspondiente a un periodo distinto, de izquierda a derecha: periodo de referencia (1985-2014), mitad de siglo (2036-2065) y finales de siglo (2071-2100). En el eje Y se representan los valores de la variable simulada. A manera de ejemplo se presenta la evolución esperada para la variable de temperatura media anual (Figura 5).

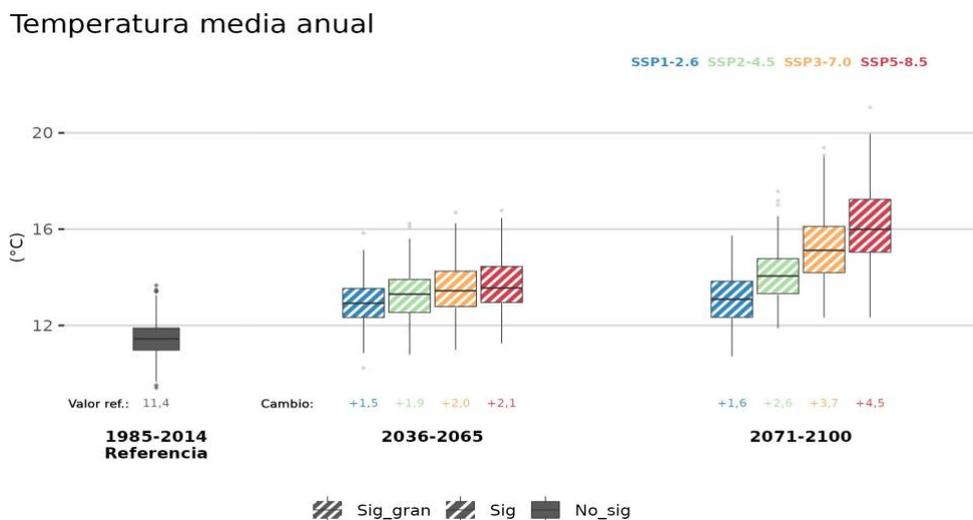


Figura 5 Evolución esperada para la variable de temperatura media anual en La Albufera de Valencia.

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

Se observa que hay un considerable aumento de la temperatura para el primer período de proyección entre 1,5 y 2,1 °C respecto al valor de referencia, sin embargo, no hay diferencias significativas entre los tipos de escenarios. En el segundo período proyectado, se observa que la temperatura se sigue incrementando, especialmente en los escenarios SSP2-4.5, SSP3-7.0, y SSP5-8.5, que muestran diferencias tendencias. En el peor de los escenarios vemos un posible incremento de hasta 4,5 °C. Toda la información detallada de los 60 indicadores para cada sitio piloto es presentada en los anexos que acompañan la memoria de actuación del proyecto (FIC, 2024).

Las proyecciones de clima futuro son fundamentales para definir la distribución de especies en estos escenarios. En la figura 6 se presenta a manera de ejemplo la distribución de las bio-variables BIO 17 y BIO 06 correspondientes a la precipitación del mes más seco y la temperatura promedio del mes más frío para el SP_R Doñana, en el escenario SPP1-2.6 y período 2021-2050. Se observa la diferenciación entre los 10 modelos climáticos señalados.

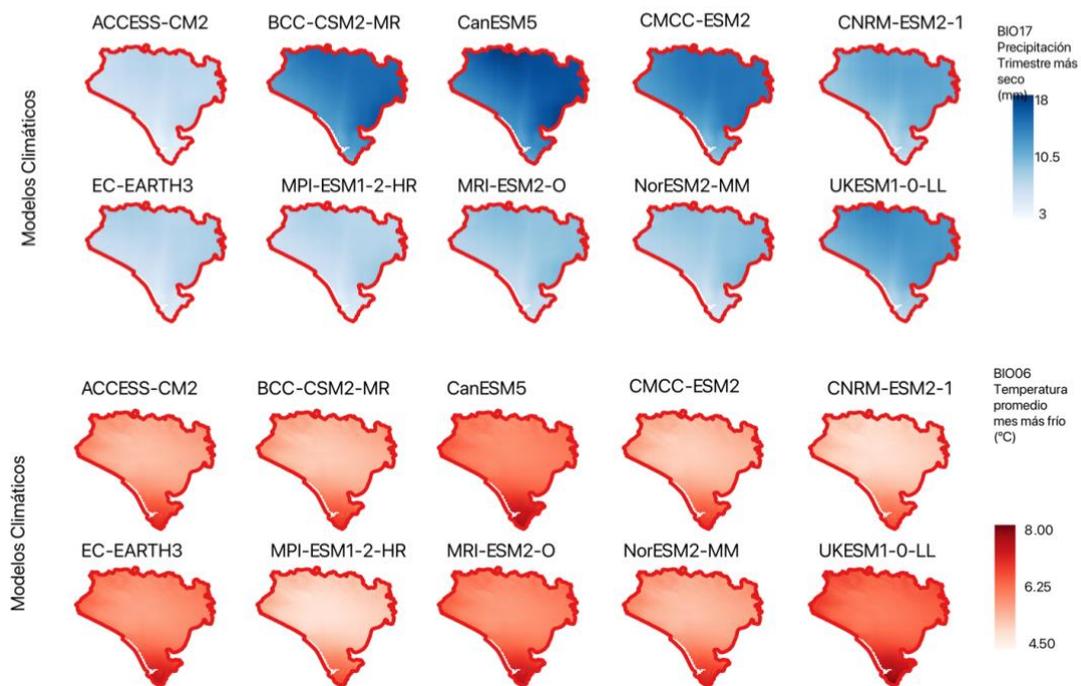


Figura 6. Proyecciones de las variables climáticas BIO17 y BIO06 en el escenario SSP1-2.6, y período 2021-2050 en los 10 modelos climáticos considerados.

5.3 Modelización hidrológica

Por razones de tiempo en el proyecto ACCIÓN–RAMSAR (FIC, 2024) sólo se realizó un análisis detallado de balance hidrológico con diferentes modelos climatológicos y escenarios futuros en el Manto Eólico Litoral de Doñana. Se obtuvo una proyección de la variación de las distintas componentes hidrológicas teniendo en cuenta cuatro escenarios posibles con series de 77 años, desde la actualidad hasta el año hidrológico 2099/2100. Se obtuvieron valores anuales de la precipitación, la pecarga, la ETP, la ETR, el nivel piezométrico, la descarga y la interceptación. Asimismo, se han obtenido las evoluciones temporales mensuales de un año hidrológico medio de cada uno de los escenarios de cada modelo climatológico. En el caso de la variable recarga se

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

estiman incrementos para esta variable en todos los escenarios. Para el caso de los escenarios SSP1-2.6 y SSP2-4.5 los incrementos son mayores, del 14,1% y 11,7% respectivamente. El escenario SSP3.7.0 y SSP5-8.5 presentan incrementos menores en términos porcentuales, dándose unas cifras de 5,1% y 2% respectivamente. La componente media mensual de la descarga hacia el arroyo de la Rocina y el océano, así como la componente de la recarga, presentan sus máximos en la época invernal, indistintamente del escenario y modelo de que se trate. En términos porcentuales medios, esta variable se incrementará. Para el caso de los escenarios SSP1-2.6 y SSP2-4.5 los incrementos son mayores, del 14,0% y 11,9% respectivamente. El escenario SSP3.7.0 y SSP5-8.5 presentan incrementos menores en términos porcentuales, dándose unas cifras de 5,4% y 2% respectivamente. A manera de ejemplo, se presenta la evolución anual (Figura 7a) y la evolución media mensual (Figura 7b) de la recarga utilizando el modelo climático EC-EARTH3. Toda la información detallada sobre los resultados del modelo hidrológico proyectado para el Manto Eólico Litoral de Doñana es presentada en los anexos que acompañan la memoria de actuación del proyecto (FIC, 2024).

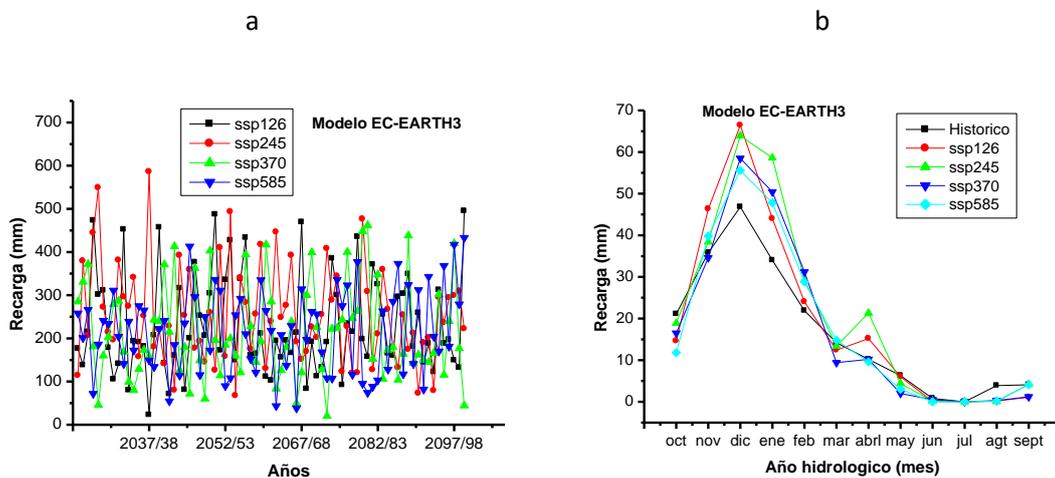


Figura 7. a) Evolución anual y b) evolución media mensual de la recarga utilizando el modelo climático EC-EARTH3 para el Manto Eólico Litoral de Doñana.

5.4 Impactos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad

En total se han analizado o modelado 19 objetos de conservación representativos de la biodiversidad de los tres SP_R. Detalle completo de cada uno de los análisis de impacto o modelización en escenarios de clima futuro se encuentra en los anexos que acompañan la memoria de actuación del proyecto ACCIÓN–RAMSAR (FIC, 2024). Se presenta un ejemplo resumido de este tipo de resultado con la modelización en escenarios de clima futuro del ecosistema de bosques y cotos en Doñana.

Los bosques y cotos de Doñana (EBC), con una extensión de 56.000 hectáreas sobre arenas estabilizadas, conforman un ecosistema forestal único caracterizado por la diversidad de sus formaciones. Los pinares constituyen la formación forestal más extensa y su origen se remonta a las repoblaciones forestales del siglo XVIII; la especie dominante es el pino piñonero (*Pinus pinea*) utilizado para fijar dunas móviles y revalorizar tierras. Las dehesas integran paisajes

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

abiertos con árboles dispersos, principalmente alcornoques (*Quercus suber*) y en menor medida encinas (*Quercus ilex*). Para la modelización de EBC, se utilizaron dos enfoques complementarios. El primero es la modelización de cada una de las principales especies en escenarios de clima futuro que ocupan este ecosistema y el segundo es el análisis de riqueza de especies con base en la sobreposición de la idoneidad de hábitat de las principales especies en escenarios de clima. Para ello se modeló la distribución de idoneidad fitoclimática del Alcornoque, *Quercus suber* grupo genético Sur de España (gg4), *Quercus ilex* (Encina) grupo genético Andalucía (gg1) y grupo genético Occidental (gg4), y *Pinus pinea* (Pino piñonero) grupo genético Andalucía (gg3), cuyos datos de distribución y proceso de modelización son explicados en FIC et al. (2023).

Respecto a la riqueza de especies, en la figura 8 se presenta la riqueza de especies o grupos genéticos con base en modelos actuales de presencia. En este caso observamos que solo hay una pequeña área al norte que tiene una idoneidad de hábitat para las cuatro especies, mientras que casi 50% de la superficie presenta una idoneidad al menos para dos especies.

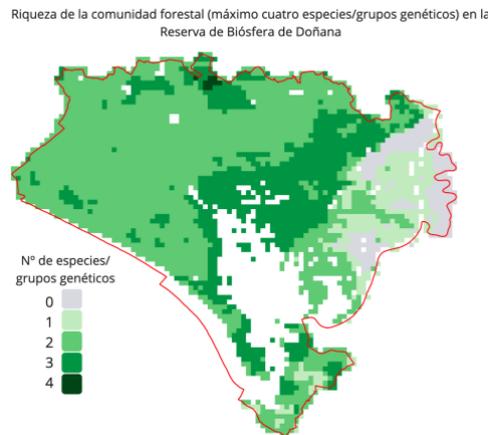
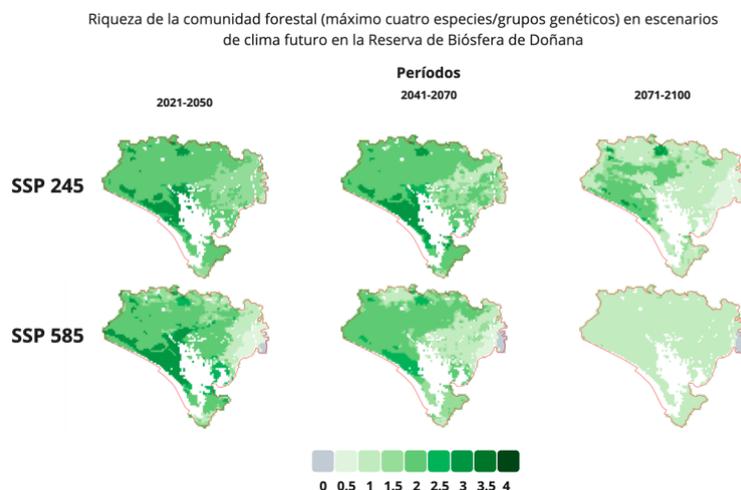


Figura 8. Modelo observado de riqueza de especies/grupos genéticos forestales en la Reserva de Biósfera de Doñana.

Las proyecciones de riqueza de la comunidad forestal en escenarios de cambio climático (Figura 9).



Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

Figura 9. Modelo proyectado en escenarios de clima futuro de riqueza de especies/grupos genéticos forestales en la Reserva de Biósfera de Doñana.

Estas proyecciones vienen calculadas como la suma de los valores de la mediana para los 10 modelos climáticos, por lo cual, la mediana cuando hay igualdad de presencia y ausencias es igual a 0.5, así que, a manera de interpretación de la escala, los valores decimales indican que existe un 50% probabilidad de que exista una especie. Vemos como la riqueza de idoneidad fitoclimática no llega a ser de 4 especies en ninguna de los escenarios y períodos, y esta riqueza va disminuyendo con el tiempo mostrando valores muy bajos especialmente en el escenario SSP 585, donde para el periodo 2071-2100, prácticamente no llega a existir el valor de 1.

5.5 Estrategias climáticamente inteligentes

En los talleres de planificación y diseño de estrategias con los GAC de cada SP_R se presentaron y discutieron los resultados sobre el impacto del cambio climático sobre los OC seleccionados en cada SP_R. La información aquí presentada surge como resultado de la participación de los tomadores de decisión, gestores y actores locales comprometidos con la conservación de la biodiversidad y sostenibilidad de los SP_R. Para entender y desarrollar las estrategias climáticamente inteligentes fue necesario tener en consideración los siguientes aspectos: - En un clima que cambia rápidamente, es problemático usar las condiciones pasadas como punto de referencia para establecer objetivos de conservación. - Los objetivos de conservación deben centrarse en las condiciones climáticas y ecológicas futuras. - Ahora se tiene una mejor comprensión de las amenazas convencionales y climáticas que enfrentan los Objetos de Conservación. - Las amenazas directas convencionales pueden ser mitigadas y eliminadas a través de las estrategias de conservación; sin embargo, la amenaza del cambio climático no puede ser eliminada (al menos a la escala local de trabajo).

De igual manera se introdujo el concepto de Estrategia Climáticamente Inteligente (ECI) que es aquella que incluye “la consideración intencional y deliberada del cambio climático en la gestión de los recursos naturales, realizada mediante la adopción de objetivos con visión de futuro y la vinculación explícita de estrategias con impactos y vulnerabilidades climáticas clave” (Stein et al., 2014). La práctica de la conservación climáticamente inteligente se centra en analizar el impacto potencial del cambio climático en los ecosistemas y las especies, e incorporar este conocimiento en el manejo adaptativo de los proyectos de conservación de la biodiversidad (Brown et al., 2022, GIZ & CMP, 2020).

TIPOS DE ESTRATEGIAS CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTES:

A continuación, se presenta un resumen de las estrategias de conservación y la inclusión del clima futuro (GIZ & CMP, 2020).

- **Reducción de amenazas:** Este tipo de estrategia se centra en disminuir la vulnerabilidad de los objetos de conservación a los impactos del cambio climático al reducir las amenazas convencionales existentes, como la fragmentación del hábitat, la sobreexplotación y la contaminación. Esto puede implicar acciones como: Restaurar la conectividad del hábitat: Crear corredores o pasos seguros para que las especies se muevan entre áreas de hábitat adecuadas. Controlar las especies invasoras: Reducir las poblaciones de especies invasoras que pueden competir con las especies nativas o dañar sus hábitats. Mejorar las prácticas de gestión: Implementar prácticas agrícolas o forestales sostenibles que reduzcan el impacto

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

ambiental.

- **RED 1.** Reducción de la vulnerabilidad climática: Disminuyen la susceptibilidad de un objeto de conservación a los impactos del cambio climático al abordar las amenazas convencionales que los exacerban.
- **RED 2.** Protección de refugios climáticos: Protegen áreas que ofrecen condiciones climáticas estables para la presencia del objeto de conservación, incluso frente al cambio climático.
- Mejora de la viabilidad: Se enfocan en mejorar la salud general y la resiliencia de los objetos de conservación, haciéndolos más capaces de soportar el estrés del cambio climático. Esto puede incluir acciones como: Restauración del hábitat: Restaurar áreas degradadas de hábitat para proporcionar mejores condiciones para las especies nativas. Manejo de poblaciones: Implementar programas de manejo de poblaciones para mantener niveles de población saludables y reducir el riesgo de extinción local. Reintroducción de especies: Reintroducir especies que han sido exterminadas de un área en el pasado.
 - **RES 1.** Mejorar la salud del objeto: Fortalecen la condición general del objeto de conservación, aumentando su capacidad para resistir los impactos del cambio climático. Esto puede incluir acciones como la restauración del hábitat, el manejo de poblaciones y el control de especies invasoras.
- Adaptación: Se enfocan en crear condiciones que permitan a las especies y ecosistemas persistir en un clima cambiante. Esto puede implicar acciones como: Creación de hábitats artificiales: Crear nuevos hábitats que sean adecuados para las especies bajo condiciones climáticas cambiantes. Ajuste de la gestión: Ajustar las prácticas de manejo existentes para reflejar los cambios en las condiciones climáticas. Facilitar la migración asistida: Ayudar a las especies a moverse a áreas más adecuadas a medida que cambia el clima.
 - **ADA 1** Creación de condiciones artificiales: Crean o mantienen artificialmente hábitats o condiciones climáticas específicas que sean necesarias para la supervivencia del objeto de conservación.
 - **ADA 2** Selección de especies ecológicamente equivalentes o variedades genéticas que tienen una mejor idoneidad de hábitat en escenarios de clima futuro.
 - **ADA 3.** Prevención de la mala adaptación humana: Mitigan los impactos negativos de las acciones de adaptación humana inadecuadas al cambio climático sobre los ecosistemas y la biodiversidad.

TRABAJO DESARROLLADO EN EL TALLER DE PLANIFICACIÓN

A manera de ejemplo se presenta el modelo que indica las ECI definidas por los GAC en el taller para el OC Sistema Lagunar del Mar Menor. En la figura 10, se presenta un modelo gráfico donde se indican los principales puntos de inserción de las seis estrategias sobre los factores, amenazas u Objetos de Conservación para el Sistema Lagunar. De las seis estrategias, cuatro de ellas están enfocadas en la restauración del ecosistema y las especies allí presentes, creando hábitats y aumentando así la resiliencia de la biodiversidad del Sistema Lagunar a las amenazas directas que actualmente enfrenta y a los posibles impactos del clima futuro. La restauración de

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

praderas, la mejora del agua por recirculación, islas de sombras para atenuar la temperatura, y la microreserva de flora, son las principales estrategias de restauración o refugio de hábitats.

Específicamente, la estrategia “Controlar el intercambio de agua en las golas” está asociada con la prevención o el incremento de la resiliencia antes eventos extremos como el incremento de la temperatura, y la torrencialidad de las lluvias; mientras que la estrategia “Creación/restauración de red de humedales” está principalmente asociada con el aumento de temperatura. Detalle completo de cada uno de los análisis para la generación de estrategias climáticamente inteligentes (ECI) se encuentra en los anexos que acompañan la memoria de actuación del proyecto ACCIÓN–RAMSAR (FIC, 2024).

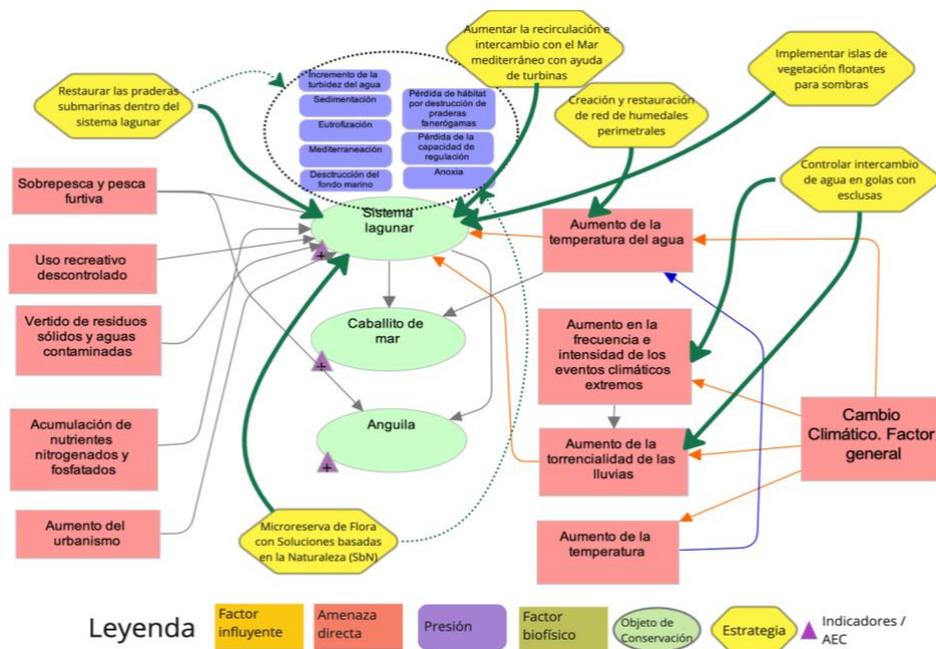


Figura 10. Modelo de amenaza, factores y estrategias para el Sistema Lagunar del Mar Menor.

En total se recopilieron 94 ECI preliminares. Estas ECI preliminares surgen del consenso y trabajo de grupo de los participantes en cada taller. Dada la capacidad de trabajo en cada taller, solo se desarrollaron al menos tres estrategias seleccionadas para los objetos de conservación previamente priorizados en el primer taller de evaluación del proyecto. Es importante señalar que estos resultados incluyen a todas las estrategias formuladas en cada SP y pueden ser coincidentes o similares a las formuladas en otro SP_R.

Se realizó un balance del número de estrategias por el sitio piloto, el tipo de ECI, el origen de formulación de la estrategia, y los componentes u objetos de biodiversidad que son abordados (Figura 11). Prácticamente cada SP_R tiene el mismo número total de ECI (aprox. 30); mientras que, en relación con la fuente de elaboración de las ECI, más de la mitad fueron formuladas en los talleres del proyecto; mientras que 38 ECI provienen de planes elaborados por las instituciones de gestión de dichos SP_R, y seis de las ECI son compartidos e incorporados para los SP_R. De las 94 estrategias, 59 de ellas están asociadas a reducir las amenazas sobre procesos biofísicos, hábitats y funciones ecosistémicas que serían impactados por los cambios de variables y condiciones climáticas específicas para los SP en escenarios de clima futuro (RED 1), y cuatro ECI a generar refugios climáticos (RED 2). Se tienen 21 ECI que se enfocan en la

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

restauración de la biodiversidad para aumentar su resiliencia (RES 1), 5 ECI están relacionadas con investigación y monitoreo. La creación de condiciones artificiales para adaptar la biodiversidad al cambio climático presenta dos ECI (ADA 1); mientras que se tienen tres ECI vinculadas con la selección de especies ecológicamente equivalentes o variedades genéticas que tienen una mejor idoneidad de hábitat en escenarios de clima futuro (ADA 2).

Los tres niveles de biodiversidad están representados en las ECI generadas. Los Ecosistemas, ya que engloban a su vez las especies y procesos dentro de ellos tienen una mayor cantidad de ECI generadas (40 ECI), las especies (anfibios, aves, mamíferos, peces, y plantas) tienen asociadas 26 ECI y las comunidades vegetales 13 ECI. Los tres SP considerados incluyen en su área de influencia objetos agroecosistémicos como las salinas, cultivos de secano y cultivos de arroz, que los participantes de los talleres consideraron fundamental mantener su conservación en escenarios de clima futuro, razón por la que se tienen 15 ECI.

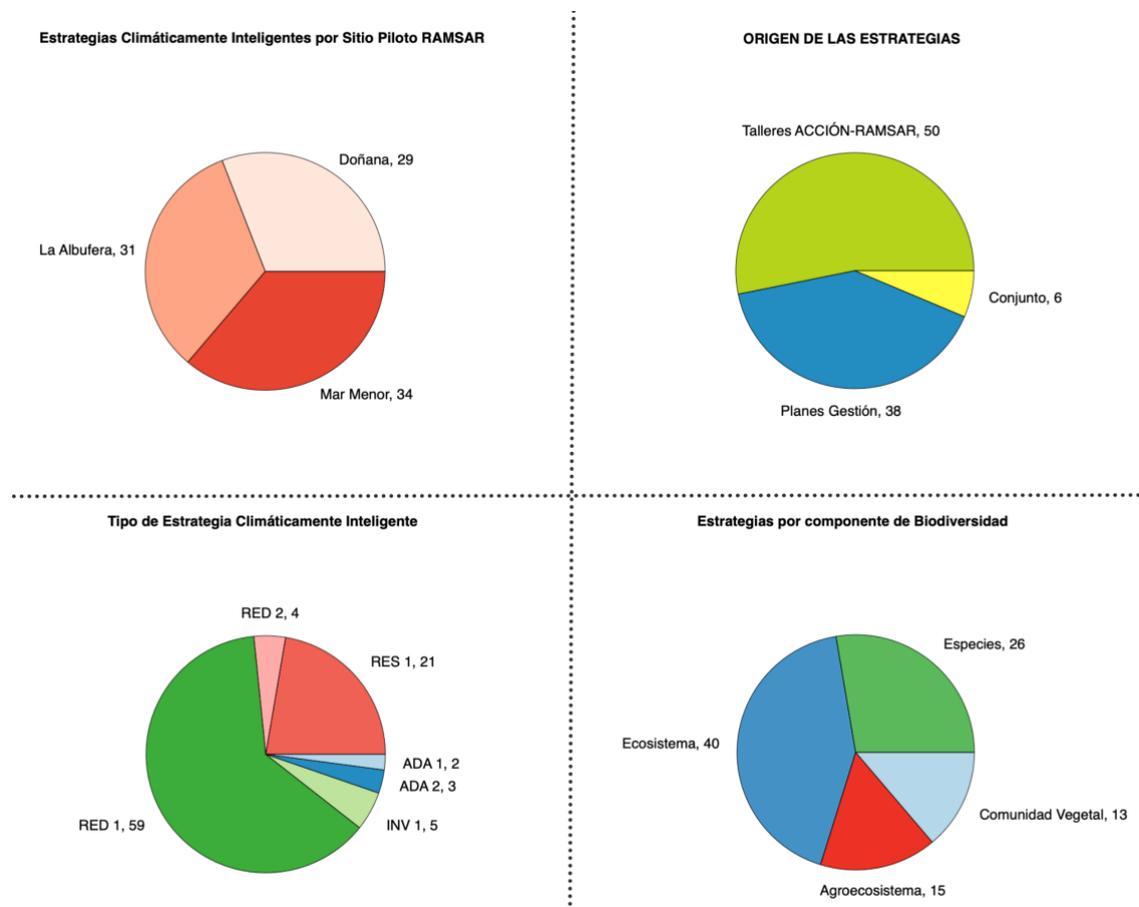


Figura 11. Distribución del total de ECI en relación con el SP_R, la fuente de origen, el tipo de ECI y los componentes de biodiversidad abordados.

SÍNTESIS DE ESTRATEGIAS CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTES PARA HUMEDALES RAMSAR

Partiendo de la lista preliminar de estrategias resultantes de los talleres de planificación se han sintetizado en 36 Estrategias Climáticamente Inteligentes (Anexo 1) que pueden ser

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

implementadas en otros humedales RAMSAR, y que también pueden ser adaptados a los elementos específicos de la biodiversidad de dichos sitios.

6 CONCLUSIONES

La implementación de prácticas de conservación climáticamente inteligentes (ECI) se presenta como una herramienta fundamental para asegurar la conservación efectiva a largo plazo de la biodiversidad de humedales y de una manera especial los incluidos en el convenio Ramsar.

Las ECI abordan la reducción de amenazas actuales y la vulnerabilidad climática de la especies, comunidades y ecosistemas, la generación de refugios climáticos, la restauración de la biodiversidad para mejorar su viabilidad e incrementar su resiliencia al clima futuro, la adaptación creando hábitats artificiales, selección de nuevas especies o grupos genéticos con mejor idoneidad climática en el futuro, así como las investigaciones y actividades de monitoreo aplicado al cambio climático.

El trabajo con los actores locales y los gestores de las áreas protegidas ha sido fundamental para generar un mayor conocimiento sobre el impacto del cambio climático a escala local y enfocar la gestión en aquellos componentes de la biodiversidad más impactados.

Los talleres han servido para compilar información de primera mano sobre las estrategias de gestión actuales y como pueden ser mejoradas teniendo como foco de manera intencional y deliberada el cambio climático.

El conocimiento local de los actores y el aporte desde cada ámbito de su ocupación en cada sitio piloto ha sido clave en la propuesta, elaboración y rediseño de ECI.

Las estrategias climáticamente inteligentes sintetizadas, clasificadas, caracterizadas para los diferentes componentes de la biodiversidad, y sustentadas en el conocimiento científico de los entes gubernamentales y los saberes locales, son un elemento primordial para una gestión enfocada en el cambio climático principalmente de los humedales y sitios Ramsar.

7 BIBLIOGRAFIA

- Adde, A., Rey, P.-L., Fopp, F., Petitpierre, B., Schweiger, A. K., Broennimann, O., Lehmann, A., Zimmermann, N. E., Altermatt, F., Pellissier, L., & Guisan, A. (2023). Too many candidates: Embedded covariate selection procedure for species distribution modelling with the covsel R package. *Ecological Informatics*, 75, 102080. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102080>
- An, S., & Verhoeven, J. T. A. (Eds.). (2019). *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use* (Vol. 238). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-14861-4>
- Beaumont, L. J., Hughes, L., & Poulsen, M. (2005). Predicting species distributions: Use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Ecological Modelling*, 186(2), 251-270. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.01.030>

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

- Blaser J., & Sabogal C. (2011) Directrices revisadas de la OIMT para la ordenación sostenible de los bosques tropicales naturales. Bogor: Organización Internacional de las Maderas Tropicales.
- Brown MB, Morrison JC, Schulz TT, et al. (2022) Using the Conservation Standards Framework to Address the Effects of Climate Change on Biodiversity and Ecosystem Services. *Climate*, 10(2). 10.3390/cli10020013
- Chacón-Moreno E, Olivares I, Navarro G, et al. (2020) Landscape Ecology and Conservation for Building Resilience and Adaptation to Global Change in Venezuela. En W. Leal Filho, et al. (Eds.), *Climate Change, Hazards and Adaptation Options*
- CMP The Conservation Measures Partnership. (2020). Estándares Abiertos para la Práctica de la Conservación Versión 4.0. <http://www.conservationmeasures.org/>.
- D'Amen M, Rahbek C, Zimmermann NE, et al. (2017) Spatial predictions at the community level: From current approaches to future frameworks: Methods for community-level spatial predictions. *Biological Reviews*, 92(1). 10.1111/brv.12222
- Ferrier S, Guisan A (2006) Spatial modelling of biodiversity at the community level. *J Appl Ecol*, 43(3). 10.1111/j.1365-2664.2006.01149.x
- Fletcher R, Fortin MJ (2018) *Spatial Ecology and Conservation Modeling: Applications with R*. Springer. 10.1007/978-3-030-01989-1
- Fundación para la Investigación del Clima (FIC), Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Universidad Autónoma de Madrid (UAM), y Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE). (2023). *FORtalesciendo la RESTauración Ecológica y la infraestructura verde para la adaptación de especies forestales al Cambio Climático (ForesteCCo)*. Proyecto financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR)- NextGenerationEU de la Unión Europea, a través de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).
- Fundación para la Investigación del Clima (FIC). (2024). *Adaptación al Cambio climático y Conservación de la Naturaleza en sitios Ramsar, ACCIÓN-RAMSAR. MEMORIA ACTUACIÓN JUSTIFICATIVA (Anexos I y II)*. Convocatoria de subvenciones "línea a" para el desarrollo de actividades de interés general consideradas de interés social, en el ámbito de la investigación científica y técnica y protección al medio ambiente en materias de competencia estatal. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).
- GIZ, & CMP. (2020). *Climate-smart conservation practice: using the Conservation Standards to address climate change (Version 1.0)*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. (2017). *Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R (1.ª ed.)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139028271>
- Hernández A, Chacon-Moreno E (2018) Mecanismo de monitoreo participativo de bosques manejados bajo estándares ambientales y sociales para uso múltiple, en equilibrio con la provisión de bienes y servicios de los ecosistemas forestales [Consultoría]. Proyecto: Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial (GCP/VEN/011/GFF)
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- IPBES (2019): *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. E. S.

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

- Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- IPCC. (2021a). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- IPCC. (2021b). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (1.a ed.)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Karger, D. N., Wilson, A. M., Mahony, C., Zimmermann, N. E., & Jetz, W. (2021). Global daily 1 km land surface precipitation based on cloud cover-informed downscaling. *Scientific Data*, 8(1), 307. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-01084-6>
- Mateo, R. G., A. M. Felicísimo, and J. Muñoz. (2011). Species distributions models: A synthetic revision. *Revista Chilena de Historia Natural* 84:217-240
- Mateo, R.G., A. Gastón, M.J. Aroca-Fernández, O. Broennimann, A. Guisan, S. Saura, J.I. García-Viñas. (2019a). Hierarchical species distribution models in support of vegetation conservation at the landscape scale. *Journal of Vegetation Science* 30: 386-396. Request PDF.
- MITECO (2023a) *Orientaciones Estratégicas sobre Agua y Cambio Climático*. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/estrategia.html>
- MITECO (2023b). Orden TED/898/2023
- Orozco L (2004) *Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales*. San José de Costa Rica: CATIE
- Ribalaygua J, Torres L, Portoles J, Monjo R, Gaitan E, Pino MR. (2013). Description and validation of a two-step analogue/regression downscaling method. *Theoretical and Applied Climatology*; 114: 253-269.
- Samper, J., Huguet, L., Ares, J., García, M.A. (1999). Manual del usuario del programa Visual Balan v. 1.0 Código interactivo para la realización de balances hidrológicos y la estimación de la recarga. Recuperado de https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/031/31031625.pdf
- SISR. (2023) Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. <https://rsis.ramsar.org/es/about>
- Stein, B.A., P. Glick, N. Edelson, and A. Staudt (eds.). 2014. *Climate-Smart Conservation: Putting Adaptation Principles into Practice*. National Wildlife Federation, Washington, D.C.

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

Anexo 1.

1 ECI de Adaptación

Se presentan tres estrategias de adaptación, una de ellas asociada a la creación de condiciones artificiales y dos a la inclusión de grupos genéticos o especies resilientes al clima futuro.

Estrategias Climáticamente Inteligentes (ECI)	Biodiversidad	Tipo de ECI
Contrarrestar el impacto del incremento del nivel del mar a partir de la recuperación y creación de arrecifes artificiales y la transformación de las áreas de fondeo	Ecosistema	ADA 1
Disminuir el consumo de agua destinado al cultivo de arroz, incorporando variedades con menos necesidades hídricas que las actuales	Agroecosistema	ADA 2
Favorecer la adaptación de especies incorporando al ecosistema grupos genéticos resilientes al clima futuro	Comunidad Veg	ADA 2

2 ECI de Investigación y monitoreo

Estas ECI hacen hincapié en la necesidad de incrementar aspectos de investigación y monitoreo particularmente asociado a las investigaciones y planes de gestión.

Estrategias Climáticamente Inteligentes (ECI)	Biodiversidad	Tipo de ECI
Proponer y desarrollar líneas de investigación orientadas a la adaptación al cambio climático, e incluir el monitoreo de sus acciones en los planes de gestión	Comunidad Veg	INV 1
Contribuir con la viabilidad ecológica del lago fortaleciendo el monitoreo del estado de los ecosistemas y hábitats palustres	Ecosistema	INV 1
Mejorar la capacidad de diagnóstico y laboratorio para identificar y caracterizar los patógenos	Especies	INV 1

3 ECI Reducción de las amenazas, enfocadas en la protección de refugios climáticos

Solo dos ECI son presentadas, enfocadas en mantener la recarga de acuíferos y refugios para especies.

Estrategias Climáticamente Inteligentes (ECI)	Biodiversidad	Tipo de ECI
Restauración del régimen hidrológico modificado a través de actuaciones antrópicas históricas, favoreciendo la adecuación del nivel freático y la recarga de acuíferos.	Ecosistema	RED 2
Fortalecer el desarrollo de refugios climáticos <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> para contribuir con la conservación de especies endémicas	Especies	RED 2

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

4 ECI Restauración para mejorar la salud de los objetos de conservación.

La restauración está enfocada en ecosistemas y especies, para mejorar su viabilidad e incrementar su resiliencia al impacto del clima futuro.

Estrategias Climáticamente Inteligentes (ECI)	Biodiversidad	Tipo de ECI
Incrementar el aporte hídrico del lago a través de la conectividad del río Júcar aguas abajo de Tous y La Albufera	Ecosistema	RES 1
Promover la renaturalización para mejorar la disponibilidad hídrica recuperando parcialmente la dinámica natural fluvial de la Marisma en Doñana	Ecosistema	RES 1
Incrementar la superficie dunar a partir de la rehabilitación de zonas en desuso	Ecosistema	RES 1
Fortalecer la resiliencia de lago rehabilitando la red de humedales en el perímetro de La Albufera y su conectividad con el lago.	Ecosistema	RES 1
Recuperar los hábitats, especies, procesos ecológicos y paisajes presentes en el sistema lagunar del Mar Menor, restaurando la calidad del agua para revertir la eutrofización derivada del incremento excesivo de fitoplancton	Ecosistema	RES 1
Fortalecer la conservación de la biodiversidad a través de la restauración de hábitats de especies endémicas	Especies	RES 1
Fortalecer la gestión preventiva de enfermedades y patógenos en conejos a través de su inmunización y control genético de poblaciones adaptadas a determinadas cepas	Especies	RES 1
Continuar con el fortalecimiento de poblaciones <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de conejos, aumentando de manera planificada el número de individuos	Especies	RES 1

5 ECI Reducción de las amenazas, enfocadas en reducir la vulnerabilidad climática

Estas son las estrategias más numerosas, con 20 de las 36 ECI. Están asociadas a reducir principalmente la vulnerabilidad climática de comunidades vegetales y ecosistemas. Algunas ECI están asociadas a los agroecosistemas como salinas o cultivos.

Estrategias climáticamente inteligentes para la conservación de la biodiversidad en sitios Ramsar de España

Estrategias Climáticamente Inteligentes (ECI)	Biodiversidad	Tipo de ECI
Promover la gestión sostenible de los suelos empleando buenas prácticas que incluyan agricultura regenerativa, control de fertilización química y uso de pesticidas, riego por goteo, abonos naturales y otras prácticas agroecológicas sostenibles	Agroecosistema	RED 1
Facilitar la gestión administrativa para llevar a cabo un manejo sostenible de la paja en menos tiempo, evitando la emisión de GEI por descomposición y la contaminación del agua que llega al lago, en el menor tiempo posible	Agroecosistema	RED 1
Mejorar la calidad del agua en el entorno del lago promoviendo buenas prácticas agrícolas que incluyan la disminución del uso de agroquímicos y pesticidas, el empleo de variedades con menos necesidades hídricas, gestión de la paja e incentivos que reconozcan en términos económicos el esfuerzo sostenible del cultivo del arroz	Agroecosistema	RED 1
Puesta en práctica de las acciones destinadas a la gestión de la paja de arroz aprobadas en la legislación	Agroecosistema	RED 1
Mejorar la resiliencia de las salinas y propiciar su conservación como hábitat de aves acuáticas, así como sus valores asociados	Agroecosistema	RED 1
Generar o fortalecer los sistemas de vigilancia y detección de incendios forestales, considerando variables meteorológicas para establecer sistemas de alerta temprana	Comunidad Veg	RED 1
Generar o fortalecer los sistemas de detección temprana y control de organismos alóctonos e invasores, así como plagas y enfermedades forestales	Comunidad Veg	RED 1
Gestión forestal sostenible en concordancia con las líneas de actuación establecidas en los instrumentos de planificación que orientan la gestión, considerando escenarios de clima futuro	Comunidad Veg	RED 1
Disminuir el consumo de agua destinado a los cultivos agrícolas, incentivando los cultivos de secano en zonas tradicionalmente dedicadas a este uso	Comunidad Veg	RED 1
Garantizar el nivel freático y la calidad del agua en los acuíferos a través de la gestión y monitoreo de las condiciones físico químicas, para preservar sus características inherentes	Comunidad Veg	RED 1
Disminuir el riesgo de erosión y pérdida de suelos en áreas vulnerables a través de la conservación de su composición, estructura y permeabilidad	Comunidad Veg	RED 1
Incorporar la gestión de riesgos en la planificación hidrológica como elemento indispensable para la adaptación al cambio climático, especialmente en los planes de sequía	Ecosistema	RED 1
Fortalecer la resiliencia de ecosistemas costeros a través de la conservación del cordón dunar y la restauración de matas en áreas susceptibles al incremento del nivel del mar	Ecosistema	RED 1
Generar buenas prácticas para el uso público en aquellas zonas de playas y ecosistemas costeros con presencia de ecosistemas frágiles, bajo protección especial o hábitat de especies clave.	Ecosistema	RED 1
Fortalecer e implementar mecanismos de gestión sostenible del agua superficial y subterránea que incluyan la adaptación y conservación de la biodiversidad, además del uso agrícola, urbano e industrial bajo criterios de clima e hidrología futuros	Ecosistema	RED 1
Disminuir la eutrofización de humedales reduciendo los aportes de carga contaminante que llegan desde varios puntos, centrándose especialmente en aquellos municipios en los que sus aguas residuales descargan sobre ecosistemas vulnerables.	Ecosistema	RED 1
Adaptar los PORN y los PRUG a las condiciones de clima e hidrología futuros	Ecosistema	RED 1
Adecuar las actividades agrícolas, ganaderas, industriales y turísticas a través de la puesta en marcha de acciones más sostenibles alineadas con la conservación y adaptación de los ecosistemas al clima futuro	Ecosistema	RED 1
Incluir escenarios de cambio climático en los marcos de actuación y gestión del territorio	Ecosistema	RED 1
Aumentar la superficie restaurada y mejorar la gestión de hábitats degradados para especies clave como conejos y anfibios	Especies	RED 1