



ACCIÓN CLIMÁTICA Y BIODIVERSIDAD



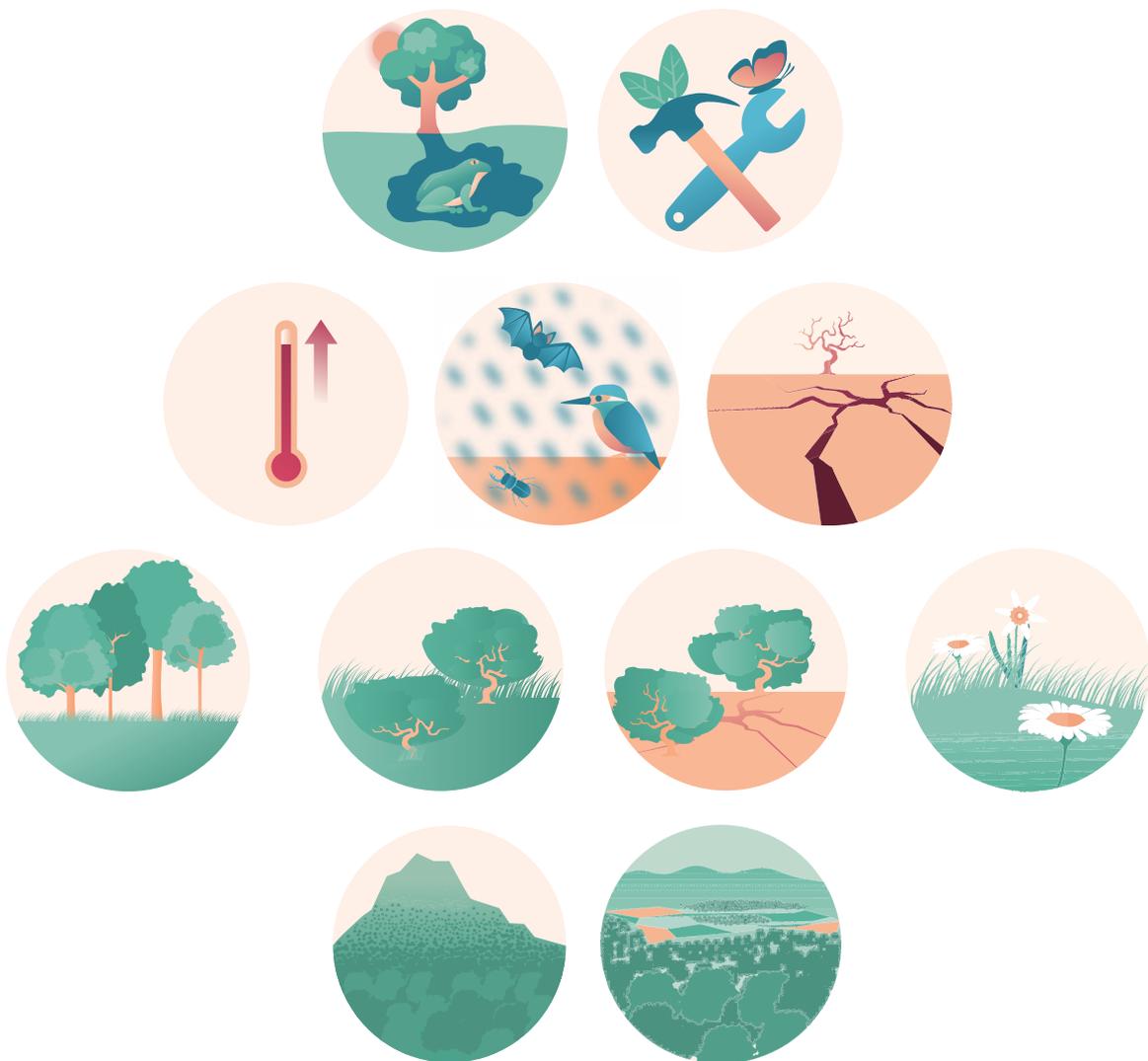
Metodología para el cálculo del riesgo climático de los hábitats terrestres de Euskadi

Aplicación en la Red Natura 2000



Metodología para el cálculo del riesgo climático de los hábitats terrestres de Euskadi

Aplicación en la Red Natura 2000



©

Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

Edita:

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente
Gobierno Vasco
Alda. de Urquijo n.º 36-6.ª (Plaza Bizkaia)
48011 Bilbao

info@ihobe.eus | www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus

Edición:

Junio de 2023

Contenido:

Este documento ha sido elaborado por Ihobe en colaboración con IDOM Consulting, Engineering, Architecture S.A.U.

Los contenidos de este documento, en la presente edición, se publican bajo la licencia:
Reconocimiento – No comercial – Sin obras derivadas 3.0 Unported de Creative Commons
(más información http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES)

ÍNDICE

GLOSARIO DE ICONOS	05
GLOSARIO	07
ACRÓNIMOS	09
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Antecedentes y contexto del trabajo: convocatoria KLIMATEK	10
1.2. Objetivo y alcance del documento	12
1.3. Marco conceptual del IPCC y definición de riesgo climático	14
1.4. Escenarios de cambio climático en la CAPV	15
2. METODOLOGÍA APLICADA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO CLIMÁTICO A LOS HÁBITATS TERRESTRES DE LA CAPV	19
2.1. Elementos condicionantes en el marco del proyecto	19
2.2.1. Selección de los impactos climáticos a considerar	
2.1.1.1. <i>Propuesta de indicadores para monitorizar los impactos del cambio climático a futuro en la CAPV</i>	
2.1.2. Selección del escenario climático y el horizonte temporal	
2.1.3. Selección del ámbito geográfico del análisis de riesgo climático	
2.1.4. Selección del objeto del análisis de riesgo climático	
2.1.4.1. <i>Marco conceptual inicial</i>	
2.1.4.2. <i>Selección de los hábitats terrestres</i>	
2.1.4.3. <i>Caracterización de los hábitats terrestres objeto del análisis de riesgo climático</i>	
2.1.4.4. <i>Priorización de los hábitats objeto del análisis de riesgo climático</i>	
2.2. Preparación de la información de partida para el análisis de riesgo climático	33
2.2.1. Información cartográfica	
2.2.2. Información no cartográfica	
2.3. Selección de la metodología más adecuada para el cálculo de los componentes del índice de riesgo climático	35

2.3.1. Selección de la mejor fuente de información para la modelización de hábitats	
2.3.2. Selección del método cuantitativo para el cálculo de la exposición de los hábitats	
2.3.2.1. <i>Análisis bioclimático</i>	
2.3.2.2. <i>Modelo de Distribución Potencial</i>	
2.3.2.3. <i>Comparativa de resultados entre ambos modelos y conclusiones</i>	
2.3.3. Selección de indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad	
3. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO CLIMÁTICO DE LOS HÁBITATS TERRESTRES EN LA CAPV	50
3.1. Identificación y valoración de los impactos del cambio climático en los hábitats terrestres	50
3.2. Identificación de las cadenas de impactos en la CAPV	52
3.3. Esquema metodológico general	54
3.3.1. Esquema metodológico para la exposición	
3.3.2. Esquema metodológico para el Índice de vulnerabilidad	
3.4. Cálculo del índice de riesgo climático	56
3.4.1. Cálculo de la exposición de los hábitats terrestres mediante Modelos de Distribución Potencial	
3.4.1.1. <i>Nota metodológica: propuesta para la consideración de las variaciones en las condiciones hídricas en el cálculo de la exposición de los hábitats de ribera</i>	
3.4.2. Cálculo de la vulnerabilidad para los hábitats terrestres	
3.4.2.1. <i>Cálculo del Índice de sensibilidad</i>	
3.4.2.2. <i>Cálculo de la Índice de la capacidad de adaptación</i>	
3.4.2.3. <i>Cálculo del Índice de vulnerabilidad de los hábitats terrestres</i>	
3.4.3. Cálculo del Índice de riesgo climático para los hábitats terrestres	
4. BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXO 1. PROPUESTA DE INDICADORES PARA LA MONITORIZACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS HÁBITATS DE LA CAPV	84
ANEXO 2. LISTADO DE INDICADORES INICIALES VALORADO PARA ELABORAR EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	91
ANEXO 3. CUESTIONARIO PARA LA SELECCIÓN DE LOS INDICADORES DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	95
ANEXO 4. CORRESPONDENCIAS ENTRE LA CODIFICACIÓN DE LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO Y REGIONAL	101

GLOSARIO DE ICONOS

ICONO	DESCRIPCIÓN
	Adaptación Enfoque de la acción climática que engloba el proceso de ajuste al clima actual o esperado y a sus efectos. En los sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar dicho proceso. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar el daño o explotar las oportunidades beneficiosas que se deriven de los cambios.
	Bosques Tipología de Hábitats de Interés Comunitario del Anexo I de la Directiva Hábitats. Abarca los Bosques de la Europa templada (91), los Bosques mediterráneos caducifolios (92), los Bosques esclerófilos mediterráneos (93) y los Bosques de coníferas de las montañas mediterráneas y macaronésicas (95).
	Brezales y matorrales de la zona templada Tipología de Hábitats de Interés Comunitario del Anexo I de la Directiva Hábitats. Abarca los Brezales y matorrales de la zona templada (40).
	Criterios o recomendaciones El contenido señalado con este icono identifica los criterios o recomendaciones generados o recopilados de la bibliografía para abordar la acción climática del patrimonio natural.
	Espacios montañosos o de media montaña Tipología de espacio perteneciente a la Red Natura 2000 de la CAPV. Incluye las Zonas de Especial Conservación (ZEC) de Entzia (ES2110022), Montes altos de Vitoria (ES2110015), Montes de Aldaia (ES2110016), Arkamu-Gibillo-Arrastaria (ES2110004), Gorbeia (ES2110009), Armañón (ES2130001), Ordunte (ES2130002), Urkiola (ES2130009), Aiako harria (ES2120016), Pagoeta (ES2120006), Hernio-Gazume (ES2120008), Izarraitz (ES2120003), Aralar (ES2120011), Aizkorri-Aratz (ES2120002) y las Zonas de Especial Conservación-Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEC/ZEPA) de Izki (ES2110019), Sierras meridionales de Álava (ES2110018) y Valderejo-Sobrón-Sierra de Árcena (ES2110024).

ICONO	DESCRIPCIÓN
	<p>Espacios representativos de algunos tipos particulares de bosques Tipología de espacio perteneciente a la Red Natura 2000 de la CAPV. Incluye las Zonas de Especial Conservación (ZEC) de Arno (ES2120001), Encinares cantábricos de Urdaibai (ES2130008), Garate-Santa Barbara (ES2120007), Robledales Isla de la Llanada Alavesa (ES2110013) y Robledales isla de Urkabustaiz (ES2110003).</p>
	<p>Formaciones herbosas naturales y seminaturales Tipología de Hábitats de Interés Comunitario del Anexo I de la Directiva Hábitats. Abarca los Prados naturales (61), las Formaciones herbosas secas seminaturales y facies de matorral (62), los Prados húmedos seminaturales de hierbas altas (64) y los Prados mesófilos (65).</p>
	<p>Herramientas El contenido señalado con este icono identifica las herramientas diseñadas para abordar la acción climática del patrimonio natural.</p>
	<p>Incremento de la temperatura Amenaza climática definida para la CAPV.</p>
	<p>Inundaciones por precipitaciones extremas Amenaza climática definida para la CAPV.</p>
	<p>Matorrales esclerófilos Tipología de Hábitats de Interés Comunitario del Anexo I de la Directiva Hábitats. Abarca los Matorrales submediterráneos y de zona templada (51) y los Matorrales arborescentes mediterráneos (52).</p>
	<p>Resultados El contenido señalado con este icono identifica los resultados propios obtenidos en el marco del proyecto sobre patrimonio natural y cambio climático de la CAPV.</p>
	<p>Sequías Amenaza climática definida para la CAPV.</p>

GLOSARIO

Amenaza/Peligro (*Hazard*)

Aparición potencial de un suceso o tendencia física de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC, 2014a).

Bioclima

Escala intermedia de la clasificación bioclimática. Depende de la precipitación y la temperatura (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2017).

Cadena de impacto

Las relaciones causa-efecto entre una determinada amenaza climática (actual o futura) y un determinado sector, ámbito o receptor. A modo de ejemplo, se pueden considerar cadenas de impacto la amenaza «Aumento de las temperaturas y olas de calor» sobre el sector «Salud», o la amenaza «Aumento de las sequías» sobre el sector «Agrario» (Feliu *et al.*, 2015).

Capacidad adaptativa (*Adaptive capacity*)

La capacidad (combinación de las fortalezas, atributos y recursos disponibles) de los sistemas, instituciones, seres humanos y otros organismos para prepararse y emprender acciones para adaptarse a los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o responder a las consecuencias (IPCC, 2014a).

Elemento clave u objeto de gestión

Hábitat o especie en régimen de protección especial que se encuentra en situación desfavorable en un espacio de la Red Natura 2000, para la que se adoptan medidas de conservación específicas y necesarias para alcanzar un estado favorable de conservación.

Estado favorable de conservación de un hábitat

Situación de un hábitat en la cual su área de distribución natural y las superficies comprendidas dentro de dicha área sean estables o se amplíen, la estructura y las funciones específicas necesarias para su mantenimiento a largo plazo existan y puedan seguir existiendo en un futuro previsible, y el estado de conservación de sus especies típicas sea favorable.

Exposición (*Exposure*)

Presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructuras, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados (IPCC, 2014a).

Hábitat de Interés Comunitario

Áreas naturales o seminaturales, terrestres o acuáticas, que, en el territorio europeo de los Estados Miembros de la Unión Europea se encuentran amenazadas de desaparición en su área de distribución natural, presentan un área de distribución natural reducida, o constituyen ejemplos representativos de una o de varias de las regiones biogeográficas de la Unión Europea, y se recogen en el Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE).

Impactos/Consecuencias/Resultados (Impacts/Consequences/Outcomes)

Efectos en los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos debidos a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos (IPCC, 2014a).

Indicador indirecto (proxy)

Es un registro cuya interpretación basada en ciertos principios físicos y biofísicos permite representar un conjunto de variaciones relacionadas con el clima en tiempos pasados. Los datos así obtenidos se denominan datos indirectos y se pueden calibrar de modo que ofrezcan información climática cuantitativa (IPCC, 2014a).

Isobioclima

Modelo bioclimático formado por un bioclima, un termotipo y un ombrotipo. A cada isobioclima le corresponde un espacio bioclimático propio, identificable por los valores climáticos umbrales de cada una de las unidades bioclimáticas que lo constituyen (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2017).

Macrobioclima

Primer nivel de la clasificación bioclimática. Incluyen cinco tipos de macrobioclimas: tropical, mediterráneo, templado, boreal y polar (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2017).

Ombrotipo

Rango basado en la precipitación y en la evaporación creciente con el incremento de la temperatura (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2017).

Red Natura 2000

Red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad, cuyo objetivo es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitats en Europa, y que está formada por las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) establecidas de acuerdo con la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) designadas en virtud de la Directiva Aves (2009/147/CE), constituyendo el principal instrumento para la conservación de la naturaleza de la Unión Europea.

Riesgo (Risk)

El potencial de consecuencias cuando un elemento de valor está en juego y tanto la ocurrencia como el grado de un resultado son inciertos. El riesgo resulta de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), su exposición a lo largo del tiempo (al peligro/amenaza), así como el peligro/amenaza (relacionado con el clima) y la probabilidad de que su ocurrencia (IPCC, 2018).

Sensibilidad (Sensitivity)

Grado en el que se ve afectado un sistema o especie, tanto adversa como beneficiosamente, por la variabilidad o el cambio en el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en el rendimiento del cultivo en respuesta a un cambio en la media, el rango, o la variabilidad de la temperatura) o indirecto (por ejemplo, daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debido al aumento del nivel del mar) (IPCC, 2018).

Termotipo

Rango que depende del Índice de termicidad y de la temperatura positiva anual (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2017).

Vulnerabilidad (Vulnerability)

La propensión o predisposición a verse afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos incluyendo la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de dar respuesta y adaptarse (IPCC, 2014a).

Zona de Especial Protección para la Aves (ZEPA)

Áreas de singular relevancia para la conservación de las especies de aves incluidas en el Anexo I de la Directiva Aves (2009/147/CE) así como para las especies migratorias de llegada regular, para las que los Estados Miembros de la Unión Europea deben establecer medidas para evitar perturbaciones y para garantizar la conservación de sus hábitats que aseguren su supervivencia y reproducción.

Zona Especial de Conservación (ZEC)

Áreas que contribuyen de forma apreciable al mantenimiento o, en su caso, al restablecimiento del estado de conservación favorable de especies y/o Hábitats de Interés Comunitario y que han sido designadas como tal por los Estados miembros de la Unión Europea, previa declaración como Lugares de Interés Comunitario (LIC), y para las que se han adoptado las medidas de conservación necesarias para los tipos de hábitats y especies de los anexos de la Directiva Hábitats (92/43/CEE).

ACRÓNIMOS

AUC

Área Bajo la Curva (*Area Under the Curve*).

CAPV

Comunidad Autónoma del País Vasco.

ETP

Evapotranspiración Potencial.

EUNIS

European Nature Information System.

GCM

Modelo General de Circulación (*General Circulation Model*).

GEI

Gases de efecto invernadero.

SIG

Sistemas de Información Geográfica.

HIC

Hábitat de Interés Comunitario.

HIR

Hábitat de Interés Regional.

IPCC

Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

MDP

Modelos de Distribución Potencial.

RCM

Modelos de Regionalización Climática (*Regional Climate Models*).

RCP

Sendas Representativas de Concentración (*Representative Concentration Pathway*).

SA

Superficie Actual (de la distribución de un hábitat terrestre).

SPA

Superficie Potencial Actual (de la distribución de un hábitat terrestre).

SPF

Superficie Potencial Futura (de la distribución de un hábitat terrestre).

SPF_c

Superficie Potencial Futura compatible (de la distribución de un hábitat terrestre).

UICN

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

ZEC

Zona Especial de Conservación.

ZEPA

Zona de Especial Protección para las Aves.

INTRODUCCIÓN

1.1.

Antecedentes y contexto del trabajo: convocatoria KLIMATEK

La Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco (Gobierno Vasco, 2015) recoge en su Meta 8 *Impulsar la innovación, mejora y transferencia de conocimiento una actuación que promueve el estudio y las proyecciones de los efectos del cambio climático en los ecosistemas terrestres*, entre otros. Identifica como principales impactos climáticos (o *drivers*) que afectan a los ecosistemas terrestres los cambios graduales relacionados con el aumento de la temperatura y el descenso de la precipitación, los cuales pueden derivar en impactos como sequías o aumento del déficit hídrico, aumento de incendios, inundaciones o movimientos de tierra y erosión. Como consecuencia de estos impactos, los

hábitats terrestres pueden verse afectados con una disminución de poblaciones o redistribución de especies, cambios en la dominancia y la composición de las comunidades o cambios fenológicos y del ciclo vital (**Figura 1**).

Por todo ello, resulta necesario abordar el análisis del riesgo climático sobre la biodiversidad de la CAPV para disponer de un diagnóstico a escala regional y poder así identificar los elementos más vulnerables y expuestos al cambio climático. De manera que se puedan diseñar y aplicar medidas de adaptación efectivas en base a ese análisis de riesgo climático.

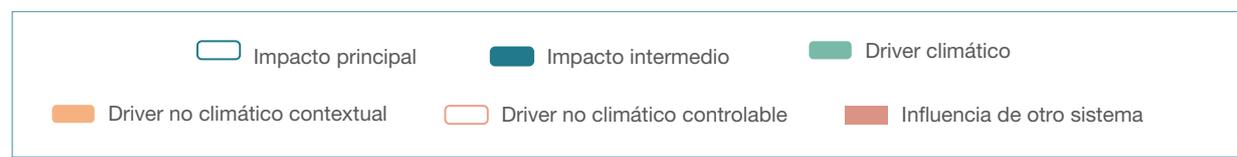
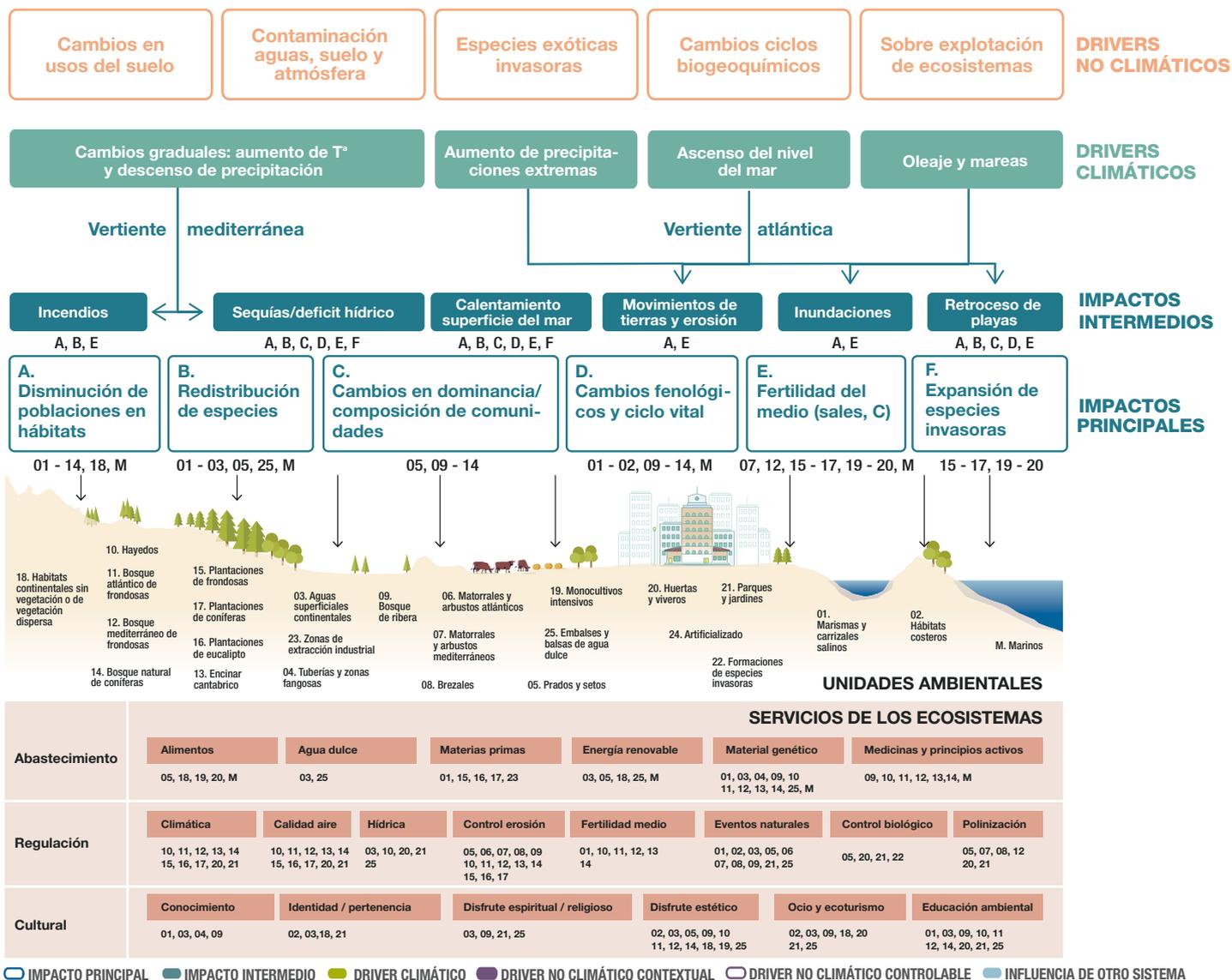


Figura 1. Mapa de situación con respecto al cambio climático para los ecosistemas terrestres y el sector costero (Gobierno Vasco, 2015).

Con este objetivo se inició en 2017 el estudio «Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la Red Natura 2000 en la CAPV» en el marco de los proyectos de I+D KLIMATEK¹ (proyectos de innovación y demostración en adaptación al cambio climático) que promueve el Gobierno Vasco. Hasta ese momento no se habían realizado análisis específicos a nivel regional sobre la incidencia del cambio climático sobre la biodiversidad de la CAPV. Por lo que el planteamiento tuvo que ser

diseñado desde el inicio, siguiendo y aplicando las recomendaciones de los organismos de referencia en adaptación al cambio climático como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Este trabajo se desarrolló durante dos años y se contó con la participación de un comité de seguimiento (Grupo Técnico de Seguimiento), compuesto por personas expertas en la gestión del patrimonio natural y del cambio climático con las que se iban contrastando y consensuando los diferentes pasos dados en el marco del proyecto.

En mayo de 2021 se publicó la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética (Gobierno de España, 2021). En su Artículo 24 relativo a la «Protección de la biodiversidad frente al cambio climático» se insta a las «Administraciones Públicas a fomentar la mejora del conocimiento sobre la vulnerabilidad y resiliencia de las especies silvestres y los hábitats frente al cambio climático». La metodología presentada en este documento permitirá conocer la vulnerabilidad y el riesgo climático de los hábitats terrestres de la CAPV cumpliendo el mandato legislativo.

Los análisis de riesgo climático difieren en alcance y en objetivos en función del sector y de la escala de trabajo, pudiendo ser cualitativos (basados en entrevistas a agentes locales, en criterio experto, etc.), o cuantitativos (en función de modelizaciones y datos espaciales). La selección de una u otra metodología depende del objetivo del análisis, de la información disponible y de la urgencia en obtener los resultados. El reto en este proyecto KLIMATEK y su principal innovación fue desarrollar una metodología cuantitativa basada en datos geoespaciales para la adaptación de los hábitats terrestres de la CAPV² que además pueda ser replicable en otros contextos geográficos y a otras escalas territoriales distintas de la autonómica.

1.2. Objetivo y alcance del documento

Conocer el efecto del cambio climático es algo esencial para el desarrollo de medidas de adaptación. El IPCC, en su Quinto Informe, define la adaptación al cambio climático como un proceso de ajuste al clima actual o esperado y a sus efectos y matiza las diferencias entre los sistemas humanos y los naturales (IPCC, 2014b). Además, propone un marco conceptual para la evaluación del riesgo asociado al cambio climático. Este enfoque considera que el riesgo de los impactos relacionados con el

clima es el resultado de la interacción de los peligros asociados propiamente con el clima (incluyendo los eventos extremos y tendencias de cambio), con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales. Los cambios, tanto en el sistema climático como en los procesos socioeconómicos, incluidas las medidas de adaptación y mitigación, las formas de gobernanza y las diferentes trayectorias socioeconómicas posibles, son los que determinan los peligros, la exposición y la vulnerabilidad

¹ <https://www.euskadi.eus/proyectos-klimatek-de-adaptacion-al-cambio-climatico/web01-a2ingkli/es/> (Último acceso: 20-12-2020).

² Hábitats terrestres de Interés Comunitario y Regional, como se podrá ver en el **Apartado 2.1.4**. Los hábitats incluidos en el presente trabajo se detallan en el **Apartado 2.1.4.3**.

de la sociedad y del medio ambiente³. Este es el enfoque que se ha tenido en cuenta como marco general para desarrollar la metodología del presente trabajo y se encuentra alineado con otros análisis de riesgo climático sectorial llevados a cabo previamente en la CAPV (Ihobe, 2019; 2020) para el despliegue de la Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco (Gobierno Vasco, 2015).

Sin embargo, el IPCC (2014b) no propone una metodología concreta para el cálculo de cada uno de los indicadores de su marco conceptual. Por lo que las entidades promotoras de los análisis de riesgo climático deben desarrollar sus propias metodologías para el cálculo del Índice de riesgo climático bajo estas directrices.

En el caso de la CAPV, como hasta el presente trabajo no se había realizado un análisis específico a nivel regional sobre la incidencia del cambio climático sobre ningún elemento de la biodiversidad, se decidió abordar el cálculo del Índice de riesgo climático desde un enfoque ecológico, basado en hábitats o en ecosistemas siguiendo las recomendaciones metodológicas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Gross *et al.*, 2016). Así, se asumió que al ser las especies dependientes de su hábitat, un acercamiento basado en hábitats podría permitir realizar un análisis de riesgo climático con una perspectiva regional, evaluando cómo de estable puede ser el conjunto de hábitats o agrupaciones vegetales y ayudando a establecer prioridades en la gestión de la biodiversidad en general (Gross *et al.*, 2016).

El objetivo de este informe es recoger de manera pormenorizada la metodología desarrollada en el marco del proyecto KLIMATEK para el cálculo del Índice de riesgo climático de los hábitats terrestres en la CAPV, detallando cada uno de los pasos dados durante todo el proceso y enumerando los criterios utilizados. De manera que la metodología desarrollada pueda ser replicada y/o adaptada por cualquier entidad interesada.

El cálculo del Índice de riesgo climático de los hábitats terrestres mediante esta metodología se ha planteado a escala de la CAPV. Esto ha permitido generar abundante información cartográfica y

cuantitativa que se publica de manera independiente a este informe (Ihobe, 2021) y que podrá ser empleada para la integración del cambio climático en la conservación de dichos hábitats terrestres y ayudar a su gestión en el contexto de la acción climática. Debido a la importancia que tiene en la conservación de los Hábitats terrestres de Interés en la Red Natura 2000, los resultados derivados de esta metodología de análisis podrán ser aplicados además de manera concreta para promover la acción climática basada en la adaptación de los hábitats terrestres analizados que se encuentren dentro de los diferentes espacios que integran la Red Natura 2000 de la CAPV.

En mayo de 2021 se publicó la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética (Gobierno de España, 2021). En su Artículo 24 relativo a la «Protección de la biodiversidad frente al cambio climático» se establece que «...las Comunidades Autónomas, en el ámbito de sus respectivas competencias, incluirán en la actualización y revisión de los planes o instrumentos de gestión de los Espacios Naturales Protegidos y espacios de la red Natura 2000 un apartado sobre adaptación de los mismos al cambio climático, con, al menos, un diagnóstico que incluya un listado de especies y hábitats especialmente vulnerables, objetivos, acciones e indicadores de progreso y cumplimiento, así como un plan de conectividad con otros espacios protegidos».

La metodología presentada en este documento permitirá dar cumplimiento a este mandato legal en el caso de los hábitats terrestres de la CAPV.

Normalmente los resultados de los análisis de riesgo climático se presentan en una lista o ranking donde se categorizan y ponderan los distintos elementos. Analizando cómo podrían verse potencialmente afectados por el cambio climático, se pueden priorizar los elementos sobre los cuales enfocar la acción climática. Por lo que el valor del Índice de riesgo climático que se obtenga a partir de esta metodología nunca deberá ser tomado como un dato

³ Para más detalle consultar el [Apartado 1.3](#) y la [Figura 2](#).

cuantitativo individual ya que no persigue establecer umbrales de riesgo climático. Estos listados son importantes porque permiten identificar las principales vulnerabilidades y en consecuencia, permiten identificar las prioridades para la acción. Lo que conlleva una mejor planificación de la acción climática dirigida

a reducir esa vulnerabilidad en el territorio. De esta manera, las decisiones que se vayan a tomar sobre adaptación al cambio climático se podrán fundamentar en el análisis del riesgo climático, lo que permitirá disponer de información para reducir dichos riesgos de manera efectiva.

1.3. Marco conceptual del IPCC y definición de riesgo climático

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el marco conceptual aplicado para el desarrollo de este documento es el desarrollado por el IPCC (ver **Figura 2**) en su Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2014b).

El riesgo es a menudo representado como una probabilidad de ocurrencia de eventos o tendencias peligrosas multiplicados por la magnitud de los impactos si finalmente ocurrieran estos eventos. En este esquema del IPCC el riesgo resulta de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza o peligro (como inundaciones, aumento del nivel del mar, cambios en los valores promedio de temperatura y precipitación, etc.).

En este marco se identifican varios elementos que deben ser descritos y analizados para completar

el análisis de riesgo climático (IPCC, 2014b): los impactos, la exposición y la vulnerabilidad.

- Los **impactos/consecuencias/resultados** son los efectos en los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos debidos a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. A efectos de este estudio, el foco se ha puesto sobre la amenaza asociada a los cambios de temperatura y precipitación promedios que pueden llegar a generar unas condiciones climáticas que no sean propicias para un hábitat terrestre determinado.

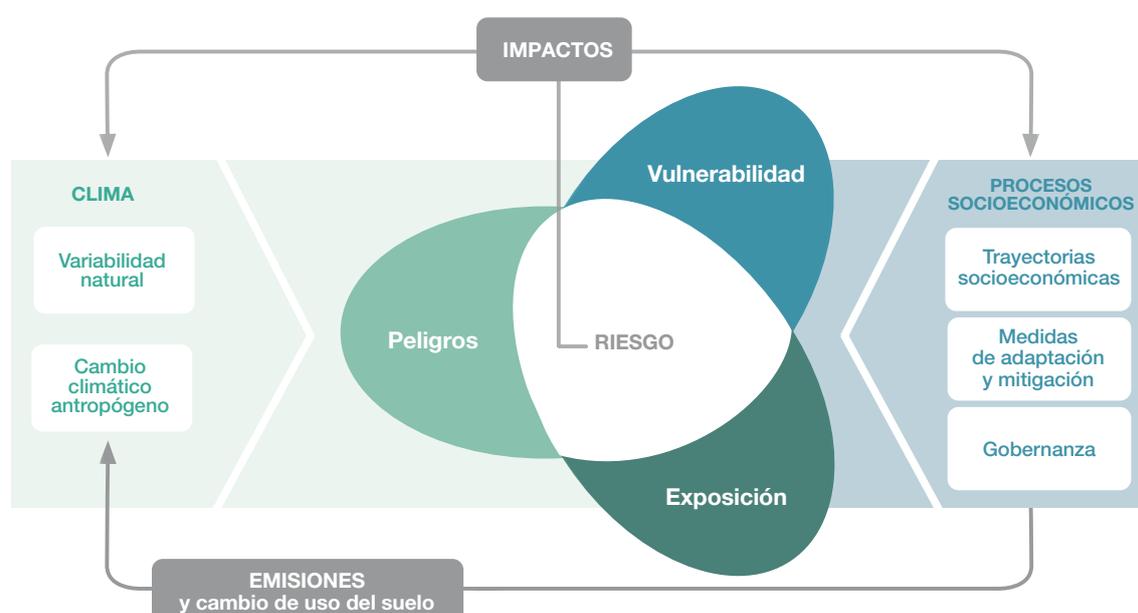


Figura 2. Marco conceptual de referencia del segundo volumen del Quinto Informe de Evaluación del IPCC, sobre impactos, adaptación y vulnerabilidad al cambio climático (IPCC, 2014b).

— El **riesgo** (climático) se define como el potencial de consecuencias cuando un elemento de valor está en juego y tanto la ocurrencia como el grado de un resultado son inciertos. El riesgo resulta de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), su exposición a lo largo del tiempo (al peligro/amenaza), así como el peligro/amenaza (relacionado con el clima) y la probabilidad de su ocurrencia. Que exista riesgo no garantiza que el impacto se vaya a producir, pero si indica que existe la probabilidad de que este se produzca:

- La **exposición** se define como la presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y

entornos que podrían verse afectados negativamente. En el caso de este trabajo, la exposición se referiría a los hábitats terrestres que podrían sufrir impactos negativos por cambios en las condiciones climáticas promedio donde actualmente existen en la CAPV.

- La **vulnerabilidad** es definida como la propensión o predisposición del hábitat a verse afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño, así como la falta de capacidad de respuesta y de adaptación.

Para el cálculo del Índice de riesgo climático en este trabajo, se ha establecido el esquema conceptual que se presenta en la **Figura 3**.

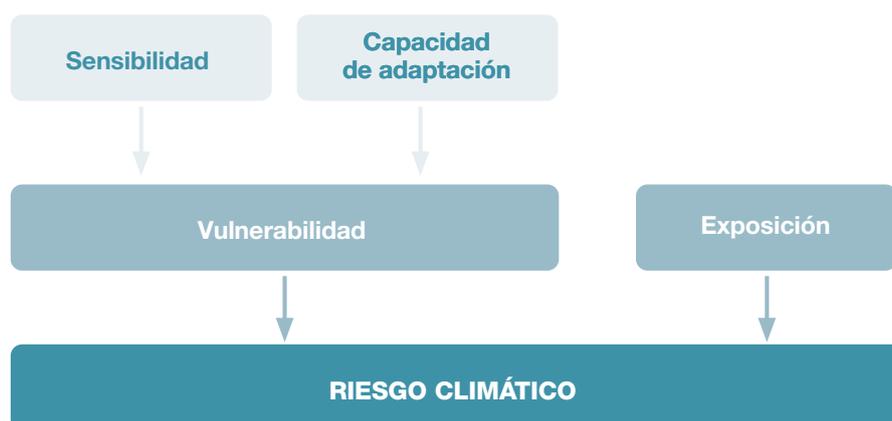


Figura 3. Esquema conceptual del riesgo climático para un peligro específico basado en IPCC (2014a).

1.4.

Escenarios de cambio climático en la CAPV

Para trabajar en materia de cambio climático, el primer paso es predecir cuáles serán las condiciones climáticas en el futuro. Para ello, se elaboran, los escenarios radiativos que son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Actualmente, el IPCC

dispone de 4 escenarios de forzamiento radiativo (Sendas Representativas de Concentración o *RCP*, en inglés) para diferentes periodos de tiempo:

- RCP 2,6: corresponde a un forzamiento radiativo de 2,6 W/m² en el año 2100.
- RCP 4,5: corresponde a un forzamiento radiativo de 4,5 W/m² en el año 2100.

- RCP 6,0: corresponde a un forzamiento radiativo de 6,0 W/m² en el año 2100.
- RCP 8,5: corresponde a un forzamiento radiativo de 8,5 W/m² en el año 2100.

Se vienen realizando periódicamente proyecciones de las tendencias del clima por medio de Modelos de Circulación Global (*General Circulation Models*, GCM en inglés) bajo distintos escenarios. La resolución espacial de los Modelos de Circulación Global es de cientos de kilómetros y no permite considerar las heterogeneidades regionales. Pero existen procesos de regionalización (conocidos también como *down-scaling*, en inglés) para aumentar su resolución. Actualmente, bajo la iniciativa Euro-CORDEX⁴, que es la rama europea de la iniciativa CORDEX (*COrdinated Regional Downscaling EXperiment*), se trabaja con Modelos de Regionalización Climática (*Regional Climate Models*, RCM en inglés) que tienen una resolución de 0.11° (unos 12x12 km²) y de 0.44° (50x50 km²).

Para obtener datos de mayor resolución que permitan disponer de información útil a escala local con el objeto de definir medidas de adaptación es necesario realizar procesos de regionalización a partir de los modelos anteriores. A nivel de la CAPV se dispone de información climática regionalizada gracias a la información generada a partir de la convocatoria KLIMATEK 2016 que ha permitido el desarrollo de escenarios climáticos regionalizados para la temperatura y la precipitación (Ihobe, 2017).

Se han generado proyecciones⁵ climáticas regionalizadas (1 km x 1 km) para diferentes horizontes temporales (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100) y dos escenarios de emisión (RCP 4.5 y 8.5) en el ámbito de la CAPV. Se trata de una información de gran valor, dado que la generación de escenarios climáticos con una resolución espacial adecuada (como 1 km x 1 km) constituye el punto de partida para mejorar el conocimiento sobre el cambio climático y avanzar en la identificación y evaluación de impactos y posibles vías de adaptación.

A continuación, se resumen los principales cambios esperados en la CAPV respecto a las variables de temperatura y precipitación (Ihobe, 2017):

— Incremento generalizado de temperaturas:

- Se prevé un ascenso generalizado de las temperaturas que podría oscilar, dependiendo del escenario y del modelo, entre los 1.5°C y los 5°C, previéndose un incremento más pronunciado a finales de siglo y algo más acusado en el interior que en la costa. El aumento de las temperaturas llevaría asociado un aumento de la evapotranspiración (ETO) más pronunciado en la zona de Rioja Alavesa o Valles Alaveses que en Donostialdea (**Figura 4**).
- Los índices asociados con días de temperaturas bajas tenderían a disminuir en el futuro, mientras que los indicadores relacionados con altas temperaturas tenderían a aumentar. Lo mismo ocurriría con el rango diario de temperaturas, es decir, con la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas de cada día. También aumentaría la duración de la estación de crecimiento de la vegetación, debido a un mayor número de días con temperaturas medias moderadas.

— Menos precipitaciones, pero de mayor intensidad:

- Se prevé un descenso leve del nivel de precipitación a finales del siglo XXI. El cambio promedio sería inferior al 5%, salvo en el último periodo que oscilaría entre el 10% y el 15%, dependiendo del escenario. El patrón espacial en la CAPV sería, más o menos, común en todos los periodos y escenarios, con la región noreste sufriendo cambios menores que el resto; es decir, el descenso de la precipitación anual sería más leve en la zona de Bajo Bidasoa, Donostialdea, Tolosaldea, Urola Kosta (**Figura 5**).
- Se prevén menos precipitaciones, pero más intensas, seguidas de largos periodos de sequía. Es decir, tendería a reducirse el número de días con precipitaciones de entre 1 y 20 mm, mientras que, por el contrario, incrementaría la cantidad media de lluvia diaria, así como la precipitación máxima acumulada en un día de lluvia, o el número de días secos consecutivos. Descendería el número de días con precipitaciones suaves y temperaturas máximas negativas.

⁴ <https://www.euro-cordex.net/> (Último acceso: 20-12-2020).

⁵ <https://www.euskadi.eus/informacion/escenarios-proyectados-de-cambio-climatico-en-el-pais-vasco/web01-a2ingkli/es/> (Último acceso: 20-12-2020).

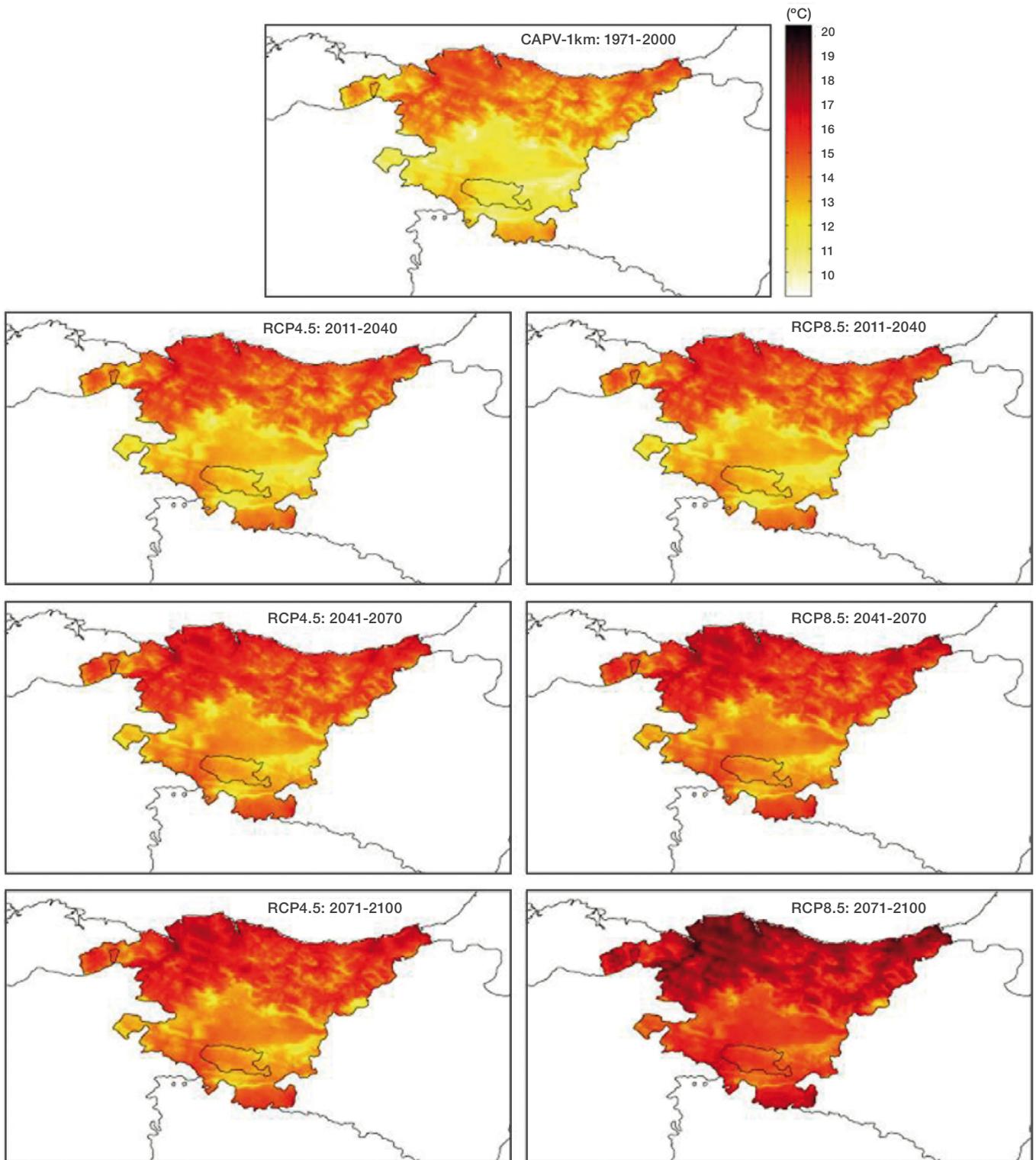


Figura 4. Temperatura media: climatologías proyectadas por los Modelos de Regionalización Climática (RCM, en inglés) de Euro-CORDEX bajo los escenarios RCP 4,5 (izquierda) y RCP 8,5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 (Ihobe, 2017).

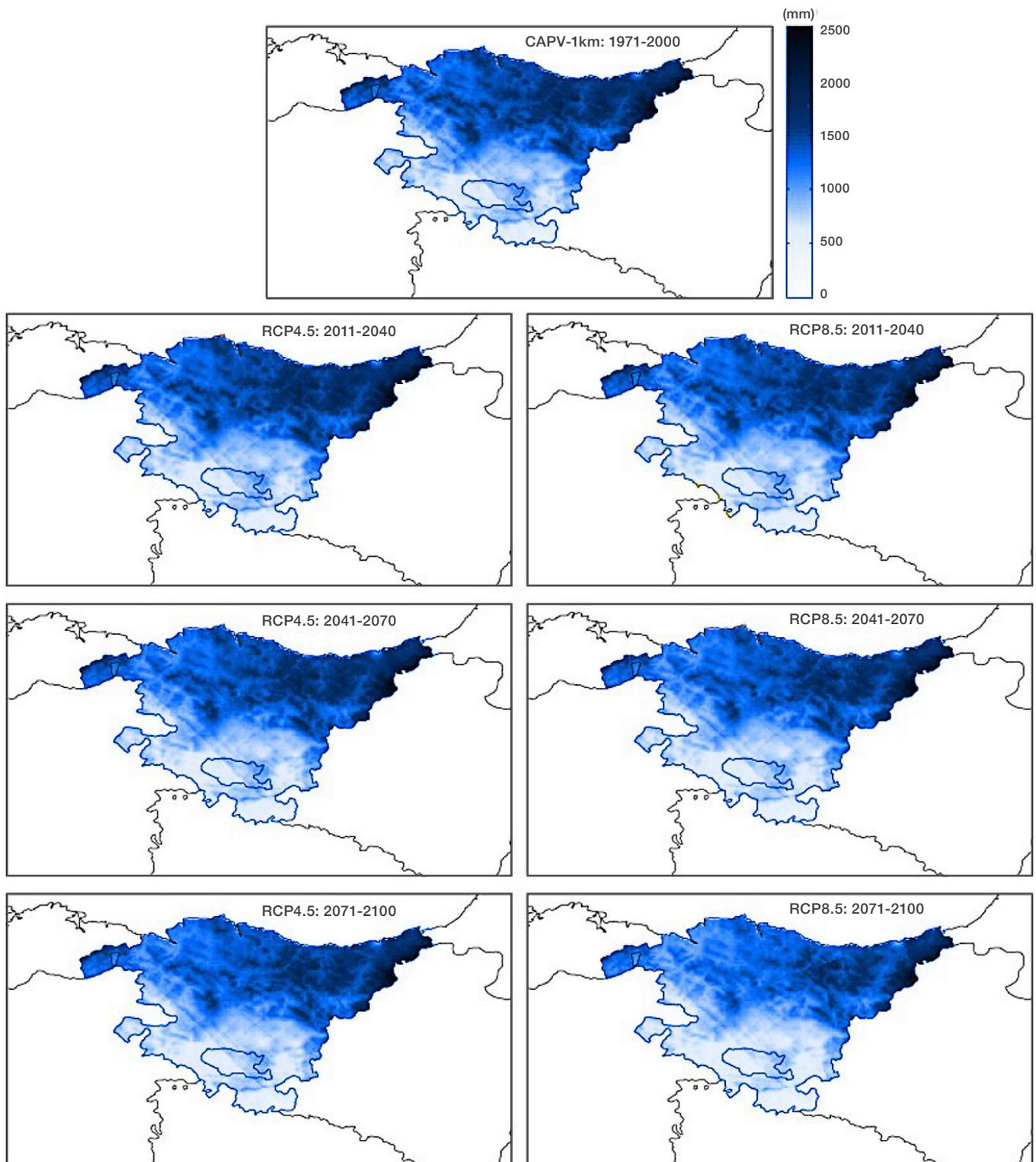


Figura 5. Precipitación anual: climatologías proyectadas por los Modelos de Regionalización Climática (RCM, en inglés) de Euro-CORDEX bajo los escenarios RCP 4,5 (izquierda) y RCP 8,5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 (Ihobe, 2017).

2

METODOLOGÍA APLICADA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO CLIMÁTICO A LOS HÁBITATS TERRESTRES DE LA CAPV

2.1.

Elementos condicionantes en el marco del proyecto

2.1.1. Selección de los impactos climáticos a considerar

La selección de los impactos climáticos estuvo condicionada por la disponibilidad de datos climáticos sobre escenarios regionalizados, ya que a fecha de ejecución del proyecto⁶ únicamente existían escenarios climáticos regionalizados para las variables de temperatura y precipitación (lhobe, 2017).

2.1.1.1. Propuesta de indicadores para monitorizar los impactos del cambio climático a futuro en la CAPV

La recopilación sistemática de datos meteorológicos, de fenología, de impactos físico-químicos y biológicos, de interacciones entre los distintos componentes de los sistemas climáticos y ecológicos permitiría estructurar un sistema de vigilancia del

cambio climático que, una vez puesto en marcha, podría servir para reorientar y mejorar la información de partida para futuros análisis de riesgo climático que se realicen sobre la biodiversidad de la CAPV, e incluso podría ayudar en la gestión de la acción climática a fin de minimizar los impactos del cambio climático sobre los hábitats y las especies.

En el caso concreto de la Red Natura 2000, a la hora de diseñar un sistema de indicadores para la monitorización de los impactos del cambio climático, se deberán tener en cuenta además los requerimientos establecidos por la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y la Directiva Aves (2009/147/CE). Por ejemplo, en cualquier reporte que se vaya a dar se deberían seguir las especificaciones necesarias para presentar los informes de seguimiento de la Directiva Hábitats (Artículo 17) y de la Directiva Aves (Artículo 12). De modo que se pudiera garantizar la integración

⁶ Años 2017-2018.

de los datos climáticos en dichos informes para realizar un seguimiento de la evolución de las presiones climáticas.

Como ejercicio de aproximación en el marco del proyecto KLIMATEK de innovación climática, se llevó a cabo una revisión del estado del arte y una selección inicial de indicadores para la monitorización del cambio climático. Los criterios utilizados para la búsqueda de los indicadores fueron los siguientes:

- Información recopilada en la actualidad.
- Existencia previa del indicador o cálculo posible a partir de la información existente.

Para ello, además de revisar bases de datos de literatura científica se consultaron fuentes tales como:

- *LTER- The Long Term Ecological Research Network*⁷: red creada en Estados Unidos en 1980 con el fin de realizar investigaciones en ecología que puedan durar décadas y abarquen áreas geográficas extensas. Se han obtenido importantes resultados a escala regional y continental.

- *EnvEurope Project*⁸: proyecto integrado en la Red LTER, destinado a desarrollar un sistema de seguimiento integrado y compartido para la medición de la calidad ambiental y las presiones a las que está sometido el medio ambiente a lo largo de toda Europa.

- *Red de Seguimiento de Cambio Global en la Red de Parques Nacionales (MITERD)*⁹: programa de Seguimiento del Cambio Global impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente para establecer un sistema de seguimiento y evaluación de los impactos que se pueden generar en los Parques Nacionales españoles apoyado en una infraestructura de toma y almacenaje de datos meteorológicos y oceanográficos *in situ*.

Los indicadores recopilados se clasificaron en dos bloques temáticos para hacer una monitorización sobre (Tabla 1):

- la evolución del clima.
- la relación entre el cambio en el clima y el estado y la evolución de los hábitats terrestres.

Tabla 1. Clasificación temática de los indicadores recopilados para la monitorización de los impactos del clima sobre los hábitats de la CAPV.



INDICADORES CLIMÁTICOS		INDICADORES RELACIONADOS CON LOS HÁBITATS	
Evolución de parámetros meteorológicos básicos	Temperatura Precipitación	Evolución de la sensibilidad de los hábitats	Estado de conservación Presiones
Evolución de los tipos climáticos	Bioclimas Termotipos Ombrotipos		
Registro de eventos extremos	Periodos secos Heladas tardías Vientos Riesgo de incendios forestales Incendios forestales	Evolución geográfica de los hábitats	Huella espacial Altitud

⁷ <http://www.lter-europe.net/> (Último acceso 20-12-2020); <https://www.lternet.edu/> (Último acceso 20-12-2020).

⁸ <http://www.enveurope.eu/> (Último acceso 20-12-2020).

⁹ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-la-biodiversidad/biodiversidad-y-cambio-climatico/cb_cc_red_seguimiento_cambio_global.aspx (Último acceso 20-12-2020).

En el **Anexo 1 (Tabla I)**, se presenta una propuesta de 14 indicadores para la monitorización de los impactos del cambio climático en los hábitats de la CAPV. Esta propuesta debe ser entendida como una primera aproximación al posible sistema de indicadores de seguimiento del cambio climático que pudiera generarse en el marco del despliegue de la Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco (Gobierno Vasco, 2015).

En mayo de 2021 se publicó la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética (Gobierno de España, 2021). En su Artículo 24 relativo a la «Protección de la biodiversidad frente al cambio climático» se insta a las «Administraciones Públicas a establecer indicadores de progreso y cumplimiento en la actualización y revisión de los planes o instrumentos de gestión de los Espacios Naturales Protegidos y espacios de la red Natura 2000 con perspectiva climática».

Este listado podría utilizarse como punto de partida para la definición de esa batería de indicadores.

2.1.2. Selección del escenario climático y el horizonte temporal

La selección del escenario o escenarios climáticos para los que se quiere calcular el Índice de riesgo climático es fundamental, ya que el resultado variará de manera significativa desde el escenario más optimista al más pesimista. Trabajar con más de un escenario permite comparar distintas previsiones y ofrecerá una visión más realista de lo que podría ocurrir. No obstante, y en función de los recursos disponibles, puede que sea necesario seleccionar un único horizonte temporal en un solo escenario.

Asimismo, resulta muy relevante la selección del horizonte temporal analizado, siendo en general lo más recomendable seleccionar un horizonte temporal intermedio (2041-2071) y otro horizonte temporal más lejano (2071-2100) para poder visualizar la tendencia del impacto del cambio climático.

En este caso, debido a las limitaciones de tiempo

asociados a la convocatoria KLIMATEK, y a la metodología seleccionada para llevar a cabo el trabajo (cálculo de un Índice de riesgo climático cuantitativo y georreferenciado), se decidió trabajar únicamente con un escenario climático y un horizonte temporal. El Grupo de Seguimiento Técnico acordó utilizar el escenario más pesimista (RCP 8,5) para un horizonte temporal a largo plazo (2071-2100) aplicando el principio de precaución, ya que así se podría visualizar el peor de los escenarios, y las medidas que se tomarasen a partir de dichos resultados podrían ser más garantistas. Lo que compensaría el grado de incertidumbre más elevado al utilizar un escenario con horizonte temporal a largo plazo.

2.1.3. Selección del ámbito geográfico del análisis de riesgo climático

Otro paso fundamental para definir el alcance del proyecto fue la selección y la delimitación del ámbito de trabajo. Cabe destacar que el objeto de análisis inicial en este proyecto KLIMATEK fue la Red Natura 2000 de la CAPV (**Figura 6**). Durante los 2 años que duró el desarrollo de este, se acordó con el Grupo Técnico de Seguimiento ampliar el alcance inicial del proyecto a todo el territorio de la CAPV y centrarlo en algunos elementos concretos que la integran la Red Natura 2000 pero que a su vez puedan encontrarse fuera de ella.

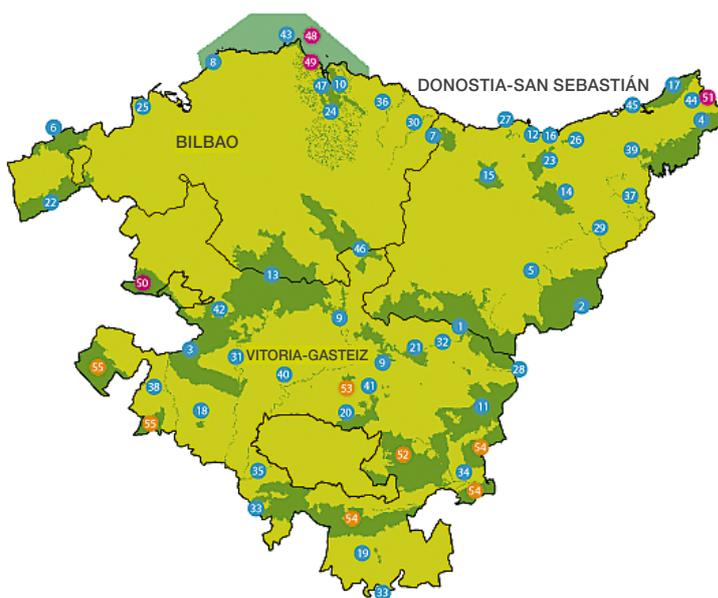


Figura 6. Red Natura 2000 de la CAPV.

Según la Directiva Hábitats (92/43/CEE), la Red Natura 2000 se define como una red ecológica europea coherente de Zonas Especiales de Conservación (ZEC), compuesta por los lugares que alberguen tipos de hábitats naturales (enumerados en el Anexo I de la Directiva y denominados Hábitats de Interés Comunitario), y que deberá garantizar el mantenimiento, o en su caso, el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y de los hábitats de las especies de que se trate en su área de distribución natural. La Red Natura 2000 también incluye las Zonas de Protección Especiales para Aves (ZEPA) designadas con arreglo a la Directiva Aves (2009/147/CE).

La Red Natura 2000 de la CAPV está compuesta por 55 espacios, de los cuales 47 son ZEC, 4 ZEPA y 4 ZEC-ZEPA (Figura 6). Los 55 espacios se extienden por una superficie aproximada de 1.500 km², lo que supone en torno al 20,5% del territorio. Debido a la situación geográfica de la CAPV, la Red Natura 2000 alberga una gran heterogeneidad de tipologías de ecosistemas (mar, bosques, marismas, zonas húmedas, prados de siega, pastos de montaña, brezales y otros matorrales, ríos, turberas o acantilados). Así, se pueden encontrar 70 Hábitats de Interés Comunitario incluidos en el Anexo I de la Directiva Hábitats, de los cuales 11 son Hábitats de Interés Prioritario para la conservación, y 274 especies incluidas en los Anexos de las Directivas Hábitats y Aves. Asimismo, en algunos espacios de la Red Natura 2000 de la CAPV también se han considerado otros hábitats que caracterizan el ecosistema que se han denominado Hábitats de Interés Regional y que no se encuentran incluidos en los anexos de las directivas europeas. Dado que a fecha de elaboración del trabajo¹⁰ la Red Natura 2000 marina no estaba todavía definida, se decidió centrar el trabajo en los elementos no marinos que conforman la red.

Con el objetivo de interpretar la Red Natura 2000 de la CAPV en su sentido más amplio, se decidió no circunscribir el análisis únicamente a los espacios protegidos por dicha red, sino que se amplió el alcance geográfico del proyecto a toda la CAPV, evaluando el riesgo climático de los elementos tanto dentro como fuera de la Red Natura 2000.

En mayo de 2021 se publicó la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética (Gobierno de España, 2021). En su Artículo 24 relativo a la «Protección de la biodiversidad frente al cambio climático» se establece que «...las Comunidades Autónomas, en el ámbito de sus respectivas competencias, incluirán en la actualización y revisión de los planes o instrumentos de gestión de los Espacios Naturales Protegidos y espacios de la red Natura 2000 un apartado sobre adaptación de los mismos al cambio climático, con, al menos, un diagnóstico que incluya un listado de especies y hábitats especialmente vulnerables, objetivos, acciones e indicadores de progreso y cumplimiento, así como un plan de conectividad con otros espacios protegidos».

La metodología presentada en este documento permitirá dar cumplimiento a este mandato legal en el caso de los hábitats terrestres de la CAPV.

2.1.4. Selección del objeto del análisis de riesgo climático

2.1.4.1. Marco conceptual inicial

Debido a que el número de los elementos que conforman la Red Natura 2000 de la CAPV a evaluar era muy elevado y a la vez muy heterogéneo, fue necesario acotar su número. Para la selección se emplearon los siguientes criterios:



- La existencia de suficiente información para todo el territorio de la CAPV. Debido a que no existe suficiente información sobre las especies de flora y fauna para realizar un cálculo del Índice de riesgo climático de manera cuantitativa, se decidió

¹⁰ Años 2017-2018.

acotar el proyecto a los hábitats presentes en la CAPV. Según la bibliografía de referencia consultada, un análisis de riesgo climático basado en hábitats tendría un enfoque ecosistémico; ya que se asume que, al ser las especies dependientes de su hábitat, un acercamiento basado en hábitats podría permitir realizar un análisis de riesgo climático con una perspectiva regional, evaluando cómo de estable puede ser el conjunto de hábitats y ayudando a establecer prioridades en la gestión del patrimonio natural (Gross *et al.*, 2016).

- La relación directa de los elementos seleccionados con las variables climáticas regionalizadas de la CAPV existentes a fecha de elaboración del trabajo¹¹: la temperatura y la precipitación. Para que los resultados fueran aplicables para impulsar la acción climática en materia de adaptación era necesario que los elementos estudiados se relacionasen directamente con estas variables y poder realizar unos cálculos lo más realistas posibles. Los elementos que no tuvieran una relación directa o que se vieran afectados adicionalmente y de manera significativa por otras variables, serían descartados.
- La posibilidad de aplicar los resultados en la gestión de la Red Natura 2000 de la CAPV. Por esta razón se realizó una caracterización de todos los elementos que integran dicha red para valorar su idoneidad.

De esta forma, se estableció calcular el Índice de riesgo climático para los hábitats terrestres de la CAPV. En la **Figura 7** se resume el árbol de decisiones para la selección del objeto de análisis del riesgo climático.

2.1.4.2. Selección de los hábitats terrestres

En la CAPV existen 70 hábitats incluidos en el Anexo I de la Directiva Hábitats, los denominados Hábitats de Interés Comunitario (11 prioritarios y 59 no prioritarios) y varios Hábitats de Interés Regional que se encuentran recogidos en otras clasificaciones (EUNIS¹² - *European Nature Information System*) que se han utilizado para la designación de los espacios Natura 2000. Aproximadamente abarcan una superficie de 324.024 hectáreas (232.001 hectáreas de Hábitats de Interés Comunitario y 92.023 hectáreas de Hábitats de Interés Regional), ocupando 111.014 hectáreas dentro de la Red Natura 2000.

Al ser las amenazas a contemplar la temperatura y la precipitación, a partir de un listado inicial de 79 hábitats terrestres (65 Hábitats de Interés Comunitario y 14 Hábitats de Interés Regional) se llevó a cabo un análisis para identificar cuáles no verían definida su presencia principalmente por las condiciones climáticas de un lugar, como por ejemplo, los trampales basófilos (Hábitat 7230 de la Directiva Hábitats).

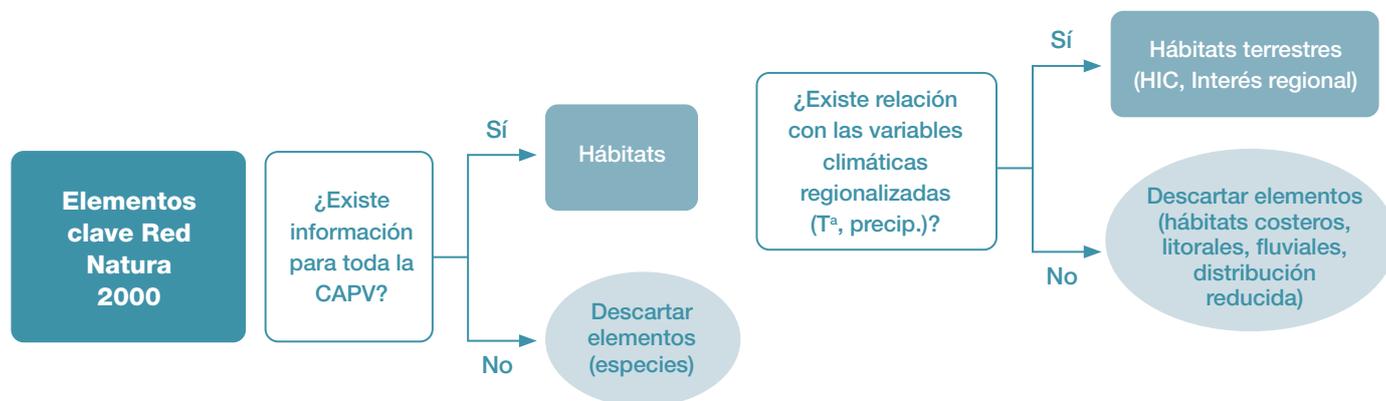


Figura 7. Árbol de decisiones para la selección del objeto de análisis del riesgo climático.

¹¹ Años 2017-2018.

¹² <https://eunis.eea.europa.eu/> (Último acceso 20-12-2020).

Los criterios para la exclusión de los hábitats terrestres se enumeran a continuación:



- Se excluyeron los hábitats costeros al tener una menor vinculación a los cambios en las variables de precipitación y temperatura, y estar más ligados a otros condicionantes como el tipo de sustrato, la humedad y la salinidad. Éste sería el caso de los estuarios (Hábitat 1130 de la Directiva Hábitats) o de la vegetación vivaz de fangos ribereños (Hábitat 3280 de la Directiva Hábitats), entre otros. Se espera realizar el análisis del riesgo climático a futuro una vez que se hayan desarrollado los escenarios climáticos regionalizados para las variables que los afecten.
- Se excluyeron otros hábitats por tener superficies de distribución demasiado pequeñas o atomizadas como para poder ser adecuadamente modelizadas mediante Modelos de Distribución Potencial¹³ como por ejemplo, los trampales basófilos (Hábitat 7230 de la Directiva Hábitats).
- Se excluyeron del análisis todos aquellos hábitats no climáticos¹⁴. No obstante, debido a su

importancia se decidió incluir en el cálculo del Índice de riesgo climático 3 de los hábitats más representativos y distribuidos de los hábitats de ribera de la CAPV, a pesar de que su distribución esté condicionada por la presencia de una lámina de agua o por el nivel freático. Los Hábitats de Interés Comunitario incluidos fueron los siguientes:

- 9160: Robledales mesótrofos subatlánticos de *Quercus robur*.
- 91E0: Alisedas y fresnedas.
- 92A0: Saucedas y choperas mediterráneas.

Para tratar de contrarrestar el condicionante ecológico, el cálculo del Índice de riesgo climático se complementó con el análisis de la variación de la reserva hídrica para el caso de espacios Natura 2000 fluviales (ver [Apartado 3.4.1.1.](#)).

En la [Tabla 2](#) se puede ver el listado completo de los 38 hábitats presentes en la CAPV que no se modelizaron en el presente trabajo: 37 de ellos son Hábitats de Interés Comunitario y 1 Hábitat de Interés Regional.

El listado y la caracterización de los 40 hábitats terrestres seleccionados se pueden consultar en el [Apartado 2.1.4.3.](#)

Tabla 2. Hábitats de Interés Comunitario y Regional presentes en la CAPV no modelizados para el cálculo del Índice de riesgo climático. Los hábitats se encuentran ordenados de manera ascendente a partir del código de hábitat.

CÓDIGO	NOMBRE HÁBITAT CAPV
1110	Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda
1130	Estuarios
1140	Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja
1170	Arrecifes
1210	Vegetación anual sobre desechos marinos
1230	Acantilados costeros

[.../...]

¹³ Ver [Apartado 3.4.1.](#)

¹⁴ Los hábitats no climáticos se definen como los hábitats cuya distribución no depende del clima como variable principal, estando por lo general ligados a la presencia de masas de agua.

CÓDIGO	NOMBRE HÁBITAT CAPV
1310	Vegetación de anuales halófilas de marismas
1320	Praderas de <i>Spartina</i>
1330	Prados-juncuales halófilos de marismas
1410	Prados juncuales halófilos mediterráneos
1420	Matorrales halófilos de marismas
1510*	Comunidades de enclaves salinos interiores
2120	Dunas móviles con <i>Ammophila arenaria</i>
2130*	Dunas grises fijas
3140	Aguas calcáreas con vegetación béntica
3150	Aguas estancadas (o con corriente lenta) con vegetación flotante
3170*	Estanques temporales con vegetación anfibia
3250	Vegetación de graveras fluviales mediterráneas
3260	Vegetación acuática de aguas corrientes
3270	Vegetación anual de fangos ribereños
3280	Vegetación vivaz de fangos ribereños
4020*	Brezales húmedos de <i>Erica ciliaris</i> y/o <i>Erica tetralix</i>
4060	Enebrales rastreros de alta montaña
6410	Herbazales húmedos de <i>Molinia caerulea</i>
6420	Juncuales mediterráneos con <i>Scirpus holoschoenus</i>
6430	Megaforbios de montaña y de riberas de ríos eurosiberianos
7110	Turberas elevadas activas
7130	Turberas ombrogínicas
7140	Trampales acidófilos-esfagnales
7150	Depresiones muy húmedas con <i>Drosera intermedia</i> y <i>Rhyncospora fusca</i>
7210*	Trampales de <i>Claudium mariscus</i>
7220*	Vegetación de travertinos
7230	Trampales basófilos
8130	Gleras
8210	Roquedos calizos
91D0*	Bosques turbosos
92D0	Tamarizales ribereños mediterráneos
E5.31(Y)	Helechales atlánticos y subatlánticos, montanos

2.1.4.3. Caracterización de los hábitats terrestres objeto del análisis de riesgo climático

Del análisis previo (ver **Apartado 2.1.4.2.**) se seleccionaron 40 hábitats terrestres: 27 Hábitats de Interés Comunitario y 13 Hábitats de Interés Regional (según su clasificación EUNIS) para realizar el análisis de riesgo climático. Éstos representan el 70 % de la superficie total de la Red Natura 2000 en la CAPV y el 92 % de la superficie total ocupada por la totalidad de los Hábitats de Interés Comunitario presentes en la CAPV.

2.1.4.3.1. Hábitats de Interés Comunitario

Los Hábitats de Interés Comunitario se definen como hábitats naturales y seminaturales, terrestres o acuáticos que en el territorio europeo de los Estados Miembro de la Unión Europea:

- se encuentran amenazados de desaparición en su área de distribución natural, o bien,

- presentan un área de distribución natural reducida a causa de su regresión o debido a que es intrínsecamente restringida, o bien,
- constituyen ejemplos representativos de una o de varias de las regiones biogeográficas de la Unión Europea.

Entre estos hábitats, se diferencian los Hábitats de Interés Comunitario que se encuentran en peligro de desaparición en Europa, cuya conservación supone una responsabilidad especial para la Unión Europea, habida cuenta de la importancia de la proporción de su área de distribución natural incluida en su territorio. Éstos se denominan Hábitats de Interés Prioritario.

En el presente trabajo se han considerado 27 Hábitats de Interés Comunitario: 7 prioritarios y 20 no prioritarios (**Tabla 3**).

Tabla 3. Listado de los 27 Hábitats de Interés Comunitario seleccionados para el análisis de riesgo climático. Se ha utilizado la denominación oficial establecida para la CAPV. Los hábitats se encuentran ordenados de manera ascendente en función de su código.

CÓDIGO	NOMBRE HÁBITAT CAPV
1430	Espartales y matorrales de ontina
2330	Arenales del interior con pastos silíceos
4030	Brezales secos acidófilos
4040*	Brezales secos costeros
4090	Brezales calcícolas con genistas
5110	Bujedos
5210	Sabinars permanentes de <i>Juniperus phoenicea</i>
6170	Pastos petranos calcícolas
6210*	Pastos mesófilos con <i>Brachypodium pinnatum</i> (* con abundantes orquídeas)
6220*	Pastos xerófilos de <i>Brachypodium retusum</i>
6230*	Praderas montanas
6510	Prados de siega atlánticos
8220	Roquedos silíceos
8230	Plataformas de roquedos silíceos con vegetación pionera

[.../...]

CÓDIGO	NOMBRE HÁBITAT CAPV
9120	Hayedos acidófilos
9150	Hayedos xerófilos
9160	Robledales mesótrofos subatlánticos de <i>Quercus robur</i>
9180*	Bosques mixtos de pie de cantil calizo
91E0*	Alisedas y fresnedas
9230	Marojales
9240	Quejigales
9260	Plantaciones antiguas de castaños
92A0	Saucedas y choperas mediterráneas
9330	Alcornocales
9340	Encinares y carrascales
9540	Pinares mediterráneos de pino carrasco o pino marítimo
9580*	Tejedas

2.1.4.3.2. Hábitats EUNIS

Se denomina EUNIS (*European Nature Information System*) al sistema europeo de información de la naturaleza. Este sistema ha sido desarrollado y es gestionado por el Centro Temático Europeo de la Biodiversidad y la Protección de la Naturaleza (ETC/NPB) para la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) y la Red Europea de Información y Observación de Medio Ambiente (EIONET).

EUNIS ofrece información sobre especies, hábitats y lugares de interés natural en Europa. En el caso de los hábitats, se ha desarrollado un sistema de clasificación específica, EUNIS-Hábitats, ya que los sistemas de clasificación existentes no son totalmente comparables y no es posible la obtención de datos a nivel europeo.

La clasificación de los tipos de hábitats de EUNIS cubre todo tipo de hábitats (desde naturales a artificiales, desde terrestres a hábitats de agua dulce o marinos). Este sistema se ha construido a partir de otros sistemas existentes anteriormente, como CORINE-Biotopos o la Clasificación de hábitats de Paleártico, y establece relaciones con otros sistemas, como los tipos de Hábitats de Interés Comunitario.

En la CAPV se han realizado diferentes cartografías de los hábitats utilizando la clasificación EUNIS desde 2003 que han ido completando la información y corrigiendo errores de interpretación. La última versión disponible data de 2019¹⁵.

En la **Tabla 4** se puede consultar el listado completo de los 13 Hábitats de Interés Regional seleccionados en el presente proyecto según su clasificación EUNIS para calcular su Índice de riesgo climático.

¹⁵ En el momento de redacción de este informe (diciembre 2020) está a disposición otra versión de la cartografía de hábitats EUNIS de 2019, publicada en junio de 2020 (<https://www.geo.euskadi.eus/geograficos/habitats-vegetacion-actual-y-usos-del-suelo/s69-geodir/es/>; Último acceso 20-12-2020). Durante la elaboración del proyecto (años 2017-2018) la cartografía EUNIS existente databa del 2012, sin embargo actualmente no se encuentra disponible para su descarga.

Tabla 4. Listado de los 13 Hábitats de Interés Regional seleccionados para el estudio, según su clasificación EUNIS. Los hábitats se encuentran ordenados de manera ascendente en función de su código.

CÓDIGO	NOMBRE HÁBITAT CAPV
E5.31(X)	Helechales atlánticos y subatlánticos, colinos
G1.62	Hayedo acidófilo atlántico
G1.64	Hayedo basófilo o neutro
G1.66	Hayedo basófilo xerotermófilo
G1.7B1	Marjal eurosiberiano
G1.82	Hayedo-robleal ácido atlántico
G1.86	Bosque acidófilo dominado por <i>Quercus robur</i>
G1.86(X)	Robledal acidófilo de <i>Quercus petraea</i>
G1.A1	Bosque mixto de frondosas mesótrofo, atlántico
G1.A1(X)	Robledal mesótrofo atlántico
G3.49	Pinares de <i>Pinus sylvestris</i>
G4.(V)	Bosque mixto de <i>Quercus faginea</i> y <i>Quercus rotundifolia</i>
G5.61	Bosques naturales jóvenes de frondosas

2.1.4.4. Priorización¹⁶ de los hábitats objeto del análisis de riesgo climático



Con los 40 hábitats seleccionados se realizó un ejercicio de caracterización y priorización de cuyo resultado se extrajo una lista jerárquica de hábitats de mayor a menor importancia. El objetivo de este análisis fue comprobar si las dos tipologías de hábitats (Hábitats de Interés Comunitario y Hábitats de Interés Regional) podrían tratarse conjuntamente para el análisis del riesgo climático. Aunque esta priorización podría haberse utilizado para realizar una segunda fase de descarte, seleccionando los hábitats más prioritarios, debido a que la metodología seleccionada para el cálculo de la exposición (ver **Apartado 3.4.1.**) resultaba igual de laboriosa para realizar el análisis con

1 hábitat que con 40, se decidió calcular el riesgo climático con todos los hábitats.

El primer reto surgió del diferente origen de las clasificaciones de hábitat terrestres utilizadas (Directiva Hábitats y EUNIS). Por lo tanto, se trató de realizar una caracterización de los hábitats teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Debido a su relevancia para la conservación de la biodiversidad de la CAPV y concretamente de la Red Natura 2000, se seleccionaron todos los Hábitats de Interés Comunitario de carácter prioritario definidos por el Anexo I de la Directiva Hábitats. Esta decisión se fundamentó en que estos hábitats se debían considerar prioritarios de cara a realizar un análisis de riesgo climático.

¹⁶ Nota metodológica: este paso no se considera necesario para calcular el Índice de riesgo climático, pero se considera una metodología interesante para reducir el número de hábitats objeto de análisis si su número todavía se considera elevado y/o para desarrollar una priorización durante el análisis de los resultados del Índice de riesgo climático.

- Además, se tuvieron en cuenta el resto de Hábitats de Interés Comunitario para su priorización.
- Dentro de los Hábitats de Interés Regional existen distintas categorías con diferentes grados de valor para la conservación de la biodiversidad de la CAPV, algunos incluso se han considerado tan relevantes como para incluirlos en la definición de espacios Natura 2000. Para seleccionar los más valiosos se decidió utilizar, en la medida de lo posible, criterios que se utilizan en la Red Natura 2000 para identificar los elementos que caracterizan los espacios de dicha red ya que se encuentran internacionalmente aceptados y reconocidos. Asimismo, se tuvo en cuenta la presencia de especies de fauna y flora amenazada de la CAPV.

La **Figura 8** resume el árbol de decisiones para la priorización de los 40 hábitats terrestres objeto del análisis de riesgo climático y cuya metodología se detalla a continuación.

La información utilizada para esta priorización se extrajo de las siguientes fuentes de datos:

- Formularios Estándar¹⁷ de los espacios Natura 2000: recogen la información de partida para la propuesta de espacios cumplimentada y remitida por los Estados Miembros, y contienen la identificación y la localización del espacio, una descripción detallada del mismo y su información ecológica más relevante.
- Información de especies y hábitats disponible en GeoEuskadi¹⁸: se han utilizado las capas de Hábitats de Interés Comunitario¹⁹ y las capas de fauna²⁰ y flora²¹ amenazadas.

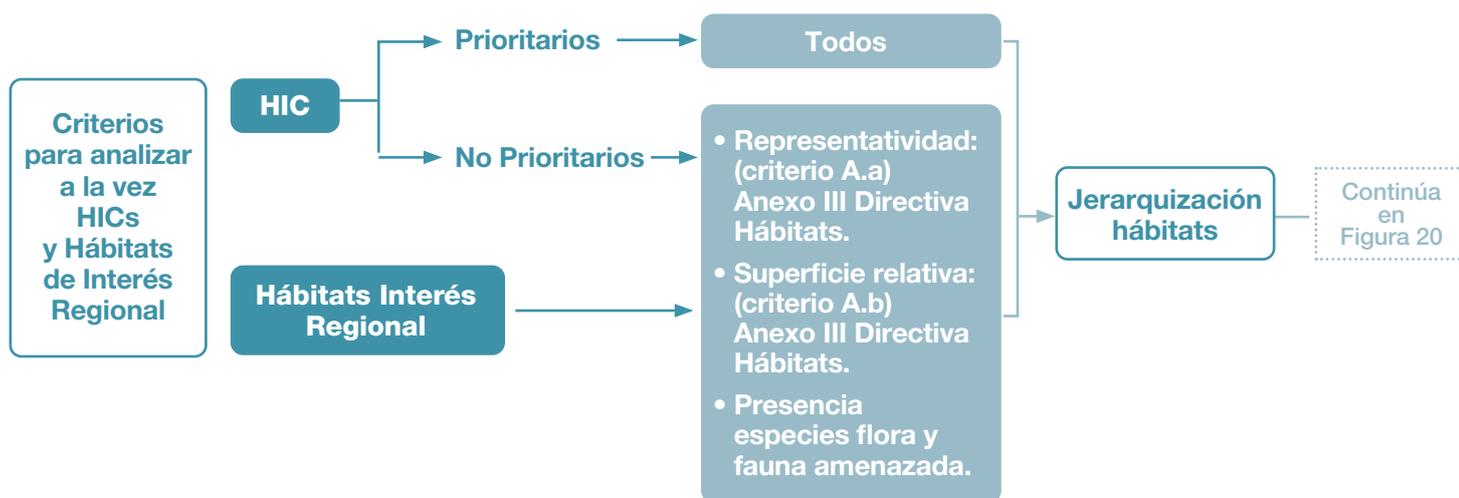


Figura 8. Árbol de decisiones para la priorización de los 40 hábitats terrestres objeto de análisis del riesgo climático.

¹⁷ <https://www.euskadi.eus/web01-a3diblif/es/u95aWar/comunJSP/u95aEntradaAccesoExterno.do?idAcceso=natura2000formularios> (Último acceso 20-12-2020).

¹⁸ <https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/> (Último acceso 20-12-2020).

¹⁹ ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/CT_HAB_INT_COMUNITARIO_10000_ETRS89.zip (Último acceso 20-12-2020).

²⁰ ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Especies/Fauna_Amenazada/FAUNA_AMENAZADA_PG_25000_ETRS89.zip (Último acceso 20-12-2020).

²¹ ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Especies/Flora_Amenzada/PLANES_RECUP_FLORA_1000_ETRS89.zip (Último acceso 20-12-2020).

A continuación se detallan los criterios cuantitativos y dentro de cada criterio las categorizaciones que se han definido:

—Hábitats prioritarios²²: se definen por la Directiva Hábitats como tipos de hábitat naturales que están amenazados de desaparición en el territorio de la Unión Europea y cuya conservación supone una responsabilidad especial. Estos hábitats fueron incluidos por defecto al considerarse como elementos troncales de la Red Natura 2000.

—Representatividad «r» (*Criterio A.a* del Anexo III de la Directiva Hábitats): indica cómo de típico es un hábitat y refleja su representatividad para el espacio Natura 2000.

Los rangos utilizados fueron:

- A: representatividad excelente (4 puntos).
- B: buena (3 puntos).
- C: significativa (2 puntos).
- D: no significativa (1 punto).

En el caso de los hábitats no incluidos en la Directiva Hábitats, se prescindió del criterio de «Representatividad», ya que no se disponía de dicha información.

— Superficie relativa «p» (*Criterio A.b* del Anexo III de la Directiva Hábitats): superficie del espacio cubierta por un hábitat en relación a la superficie total cubierta por ese hábitat en el territorio del Estado Miembro. En el marco del presente proyecto se modificó el criterio refiriéndolo a la superficie total de ese hábitat ocupada en la CAPV (y no en el total de España como se calcula en la definición de la Red Natura 2000).

Los rangos utilizados fueron:

- A: $100 \geq P > 15\%$ (3 puntos).
- B: $15 \geq P > 2\%$ (2 puntos).
- C: $2 \geq P > 0\%$ (1 punto).

— Presencia de especies de flora y fauna amenazada: se empleó la información disponible en GeoEuskadi sobre especies amenazadas teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- A: >10 especies amenazadas presentes (4 puntos).
- B: de 7 a 9 especies amenazadas presentes (3 puntos).
- C: de 4 a 6 especies amenazadas presentes (2 puntos).
- D: de 1 a 3 especies amenazadas presentes (1 punto).

El método de jerarquización se llevó a cabo mediante el siguiente proceso:

— Asignar puntuaciones por espacio Natura 2000 a cada hábitat según los criterios anteriores.

— Sumar a cada hábitat las puntuaciones obtenidas en cada espacio.

— Generar una jerarquía de representatividad y superficie relativa de todos los hábitats presentes en la CAPV.

— Selección de los primeros hábitats en la jerarquía hasta llegar al 80% total de la superficie de la Red Natura 2000.

Los resultados de la priorización de los 40 hábitats terrestres se pueden consultar en la **Tabla 5**.

Cabe destacar que los primeros hábitats no incluidos en la Directiva Hábitats priorizados fueron los hábitats G1.86 «Bosque acidófilo dominado por *Quercus robur*» y G5.61 «Bosques naturales jóvenes de frondosas» (**Tabla 5**). Teniendo en cuenta que en su caso la representatividad no ha sido considerada como factor de ponderación, se subraya su importancia como ecosistemas valiosos para la conservación de la biodiversidad.

²² https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_tipos_habitat_IC.aspx (Último acceso 20-12-2020).

Tabla 5. Priorización de los 40 hábitats terrestres a considerar en el análisis de riesgo climático. Los hábitats se encuentran ordenados de manera descendente en orden de prioridad (de mayor a menor prioridad). Se utilizan las denominaciones oficiales de los hábitats en la CAPV. En color azul se encuentran marcados los 3 hábitats fluviales incluidos en el análisis.

ORDEN PRIORIDAD	CÓDIGO HÁBITAT	NOMBRE HÁBITAT CAPV
1	91E0*	Alisedas y fresnedas
2	92A0	Saucedas y choperas mediterráneas
3	4030	Brezales secos acidófilos
4	4090	Brezales calcícolas con genistas
5	9240	Quejigales
6	9340	Encinares y carrascales
7	6170	Pastos petranos calcícolas
8	6510	Prados de siega atlánticos
9	6230*	Praderas montanas
10	9120	Hayedos acidófilos
11	6210*	Pastos mesófilos con <i>Brachypodium pinnatum</i> (* con abundantes orquídeas)
12	9230	Marojales
13	6220*	Pastos xerófilos de <i>Brachypodium retusum</i>
14	G1.86	Bosque acidófilo dominado por <i>Quercus robur</i>
15	5110	Bujedos
16	9160	Robledales mesótrofos subatlánticos de <i>Quercus robur</i>
17	G5.61	Bosques naturales jóvenes de frondosas
18	G1.64	Hayedo basófilo o neutro
19	9150	Hayedos xerófilos
20	E5.31(X)	Helechales atlánticos y subatlánticos, colinos
21	G3.49	Pinares de <i>Pinus sylvestris</i>
22	9180*	Bosques mixtos de pie de cantil calizo
23	4040*	Brezales secos costeros
24	8220	Roquedos silíceos
25	G1.A1	Bosque mixto de frondosas mesótrofo, atlántico
26	9260	Plantaciones antiguas de castaños
27	G1.82	Hayedo-robleal ácido atlántico
28	G1.A1(X)	Robledal mesótrofo atlántico
29	5210	Sabinares permanentes de <i>Juniperus phoenicea</i>
30	G4.(V)	Bosque mixto de <i>Quercus faginea</i> y <i>Quercus rotundifolia</i>

[.../...]

ORDEN PRIORIDAD	CÓDIGO HÁBITAT	NOMBRE HÁBITAT CAPV
31	9580*	Tejedas
32	9540	Pinares mediterráneos de pino carrasco o pino marítimo
33	G1.7B1	Marojal eurosiberiano
34	9330	Alcornocales
35	1430	Espartales y matorrales de ontina
36	G1.86(X)	Robledal acidófilo de <i>Quercus petraea</i>
37	2330	Arenales del interior con pastos silíceos
38	G1.62	Hayedo acidófilo atlántico
39	8230	Plataformas de roquedos silíceos con vegetación pionera
40	G1.66	Hayedo basófilo xerotermófilo

Estos 40 hábitats para los que se ha realizado el cálculo del Índice de riesgo climático representan el 97 % de la superficie total que ocupan los Hábitats de Interés (tanto Comunitario como Regional) en la CAPV, que incluye más de 200.000 hectáreas de Hábitats de Interés Comunitario y más de 90.000 hectáreas de Hábitats de Interés Regional (Tabla 6), suponiendo el 97 % y el 98 % de la superficie que ocupan respectivamente dichos hábitats en la

CAPV, respectivamente. Las áreas no modelizadas en el presente proyecto suponen un 3% de la superficie total de los Hábitats de Interés (Comunitario y Regional) dentro de la CAPV, y se corresponden con aquellos hábitats que no se han podido modelizar debido a su pequeña extensión, o porque por sus características biogeográficas, su distribución no se explica solamente por variaciones climáticas.

Tabla 6. Superficie ocupada por los Hábitats de Interés Comunitario y Regional en la CAPV, superficie de los hábitats modelizados y superficie de los hábitats no modelizados (en hectáreas). Los resultados se presentan para el total de la CAPV así como para la Red Natura 2000.

	SUPERFICIE TOTAL DE HÁBITATS DE INTERÉS		SUPERFICIE DE LOS HÁBITATS MODELIZADOS		SUPERFICIE DE LOS HÁBITATS NO MODELIZADOS
	324.024 ha		314.347 ha 97 %		9.677 ha 3 %
CAPV	Hábitats de Interés Comunitario	Hábitats de Interés Regional	Hábitats de Interés Comunitario	Hábitats de Interés Regional	
	232.001 ha 72 %	92.023 ha 28 %	224.295 ha 71 %	90.051 ha 29 %	
Dentro de espacios Red Natura 2000	111.014 ha		104.359 ha 94 %		6.653 ha 6 %
	Hábitats de Interés Comunitario	Hábitats de Interés Regional	Hábitats de Interés Comunitario	Hábitats de Interés Regional	
	79.410 ha	31.584 ha	73.585 ha	30.775 ha	

La Red Natura 2000 se compone de más de 111.000 hectáreas de las cuales se han estudiado más de 100.000 hectáreas, divididas aproximadamente en 73.500 hectáreas de Hábitats de Interés Comunitario, que suponen el 80% de la superficie de dichos hábitats dentro de Natura 2000 y 30.700 hectáreas de Hábitats de Interés Regional, que representan el 80% (Tabla 6).

Por lo que podría concluirse que los resultados del análisis del Índice de riesgo climático que se deriven podrían considerarse como representativos para todos los Hábitats de Interés terrestres de la CAPV y de los espacios de la Red Natura 2000 que se encuentren mayoritariamente integrados por dichos hábitats.

2.2. Preparación de la información de partida para el análisis de riesgo climático

En el marco del proyecto KLIMATEK se decidió calcular de manera cuantitativa y basada en datos espaciales el Índice de riesgo climático con la mejor información disponible para obtener un primer diagnóstico sobre el que trabajar, dado que se consideraba una innovación en materia de acción climática abordar Índice de riesgo climático para la biodiversidad de la CAPV con esta metodología. A pesar de este avance, quedaría todavía pendiente desarrollar a futuro un Índice de riesgo climático que incorpore otras variables climáticas y biológicas cuya información se vaya generando en los próximos años.

2.2.1. Información cartográfica

Las principales fuentes de información para este estudio fueron las siguientes:

— Mapas de espacios de la Red Natura 2000 1:25.000²³.

— Mapa de hábitats de la Directiva Hábitat (2012)²⁴.

— Mapa de hábitats con codificación EUNIS (2009)²⁵.

— Mapa series de vegetación 1:25.000 (2003)²⁶.

— Mapa forestal (2010)²⁷.

— Litología²⁸ 1:25.000 (2009)²⁹.

— Datos climáticos para el escenario RCP 8,5 y el periodo 2071-2100 a resolución de 1 km, generado a partir de *downscaling* estadístico a partir de datos del experimento CORDEX³⁰.

Toda esta información fue descargada como una geodatabase de la plataforma GeoEuskadi³¹. Estas fuentes de información se utilizaron principalmente para el cálculo de la exposición de los hábitats terrestres (ver **Apartado 3.4.1.**), pero también para el cálculo del Índice de sensibilidad de los hábitats (ver **Apartado 3.4.2.1.**). Adicionalmente se utilizó información de la plataforma

²³ ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Medio_Ambiente/Espacios_Naturales/Natura_2000/ (Último acceso 20-12-2020).

²⁴ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020). Desde junio de 2020 dicha capa no se puede descargar y ha sido sustituida por la capa de 2019.

²⁵ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020).

²⁶ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Vegetacion/> (Último acceso 20-12-2020).

²⁷ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Agricultura/> (Último acceso 20-12-2020).

²⁸ La edafología es un factor del medio que condiciona la distribución de los hábitats. Sin embargo, no existía ninguna capa sobre características edáficas, por lo que se utilizó un mapa litológico como aproximación. Inicialmente se intentó recabar información edafológica a través del «European Soil Data Centre», pero la información facilitada no tenía el nivel de detalle suficiente para ser equivalente a la resolución de la información climática disponible.

²⁹ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Geocientifica/Geologia/> (Último acceso 20-12-2020).

³⁰ ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Medio_Ambiente/Escenarios_Cambio_Climatico/ (Último acceso 20-12-2020).

³¹ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/> (Último acceso 20-12-2020).

Udalplan³² sobre usos del suelo. Esta información se utilizó para el cálculo del Índice de la capacidad de adaptación (ver **Apartado 3.4.2.2**).

De cara a realizar un análisis específico para la Red Natura 2000 de la CAPV, en relación a la cartografía de espacios de la Red Natura 2000 (que incluye espacios catalogados como ZEC, ZEC-ZEPA y ZEPA) y con el objeto de tener en cuenta la catalogación de cada ámbito del territorio, se separaron estos espacios para cada una de las tres categorías anteriores.

Con el objeto de obtener una malla continua de datos necesaria para calcular la exposición mediante los Modelos de Distribución Potencial (ver **Apartado 3.4.1**), lo primero que se hizo fue completar la información correspondiente a las islas administrativas que existen dentro de la CAPV: Treviño (Castilla y León) y Valle de Villaverde (Cantabria). Para ello, se empleó la cartografía relativa a cada una de las unidades temáticas (en este caso los hábitats y los espacios Natura 2000) de resolución equivalente a la disponible para la CAPV. Estos datos fueron obtenidos de fuentes oficiales (tales como el Ministerio de Medio Ambiente³³, y las propias de las Comunidades Autónomas de Castilla y León³⁴ y Cantabria³⁵).

Se procedió a analizar las fuentes cartográficas básicas, analizándose las superficies de cada hábitat terrestre y por espacio Natura 2000. En la cartografía de hábitats más reciente a fecha de elaboración del proyecto³⁶ en GeoEuskadi (y que databa del 2012), se encontró que los valores de superficies obtenidos se encontraban sobreestimados debido a la suma duplicada de algunos polígonos que contenían más de un tipo de hábitat distinto. Es decir, existían teselas o polígonos duplicados con distintos hábitats asociados. Además, también se incluía información sobre la cobertura de cada uno de esos hábitats en cada uno de los polígonos que debía ser tenida en cuenta para obtener superficies reales de distribución de hábitats.

Para solventar este inconveniente y no tener sobreestimación de las superficies en el proyecto, se procedió a eliminar estas duplicidades sin prescindir de la información de hábitats asociada a cada uno de los polígonos, empleando diferentes herramientas de topología. Por ejemplo, un mismo polígono podría contener a su vez dos o más hábitats terrestres distintos —cada uno con su porcentaje de cobertura—, pero su superficie se contabilizaba una sola vez. Además, también se tuvo en cuenta la cobertura de cada uno de los hábitats en los polígonos para obtener superficies más reales. Con esto se consiguió una capa sin duplicidades de polígonos asociada a una tabla de atributos que contenía toda la información de los hábitats.

2.2.2. Información no cartográfica

Las principales fuentes de información no cartográfica para este estudio fueron las siguientes:

- Formularios normalizados³⁷ de datos de los espacios Natura 2000 que contienen la identificación y localización del espacio, una descripción detallada de este y su información ecológica más relevante. Estos formularios se obtuvieron en formato de base de datos de la Agencia Medioambiental Europea.
- Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats según el Artículo 17³⁸. Este informe presenta una evaluación del estado de conservación de las especies y los tipos de Hábitat de Interés Comunitario, la cual se debe realizar por cada región biogeográfica o marina en la que estén presentes, según un formato y una metodología establecidos por la Comisión Europea. El informe incluye información sobre el estado de conservación de los hábitats, presiones y amenazas.

Esta información se utilizó para el cálculo de los indicadores de sensibilidad (ver **Apartado 3.4.2.1**).

³² <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-udalplan/es/aa33aWAR/interfaces.JSP/index.jsp> (Último acceso 20-12-2020).

³³ http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-prottegidos/red-natura-2000/rn_espana.aspx (Último acceso 20-12-2020).

³⁴ <https://idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home> (Último acceso 20-12-2020).

³⁵ <http://mapas.cantabria.es/> (Último acceso 20-12-2020).

³⁶ Años 2017-2018.

³⁷ <https://www.euskadi.eus/web01-a3diblif/es/u95aWar/comunJSP/u95aEntradaAccesoExterno.do?idAcceso=natura2000formularios> (Último acceso 20-12-2020).

³⁸ https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/art17_habitats/es_def/adjuntos/art17Habitat.pdf (Último acceso 20-12-2020).

2.3.

Selección de la metodología más adecuada para el cálculo de los componentes del Índice de riesgo climático

El proyecto KLIMATEK de innovación climática centró sus esfuerzos en la investigación y el desarrollo de una metodología cuantitativa para el cálculo del Índice de riesgo climático. En este apartado se exponen los pasos dados en este sentido y que se materializaron en el Índice de riesgo climático para los hábitats terrestres de la CAPV que se presenta en el **Apartado 3.4.**

2.3.1. Selección de la mejor fuente de información para la modelización de hábitats

De forma previa a la modelización, fue necesario seleccionar la mejor fuente de información de partida para correr los modelos matemáticos. Para ello, una vez recopiladas todas las fuentes de información cartográfica existentes (ver **Apartado 2.2.1.**) se analizó cuál de todas ellas representaba mejor la unidad de trabajo, en este caso, los hábitats terrestres (ver **Apartado 2.1.4.3.**).

Al haberse decidido abordar el cálculo de la exposición de manera cuantitativa, se consideró más adecuado utilizar la información cartográfica más actualizada hasta la fecha³⁹ sobre distribución de los elementos a evaluar. En el caso de la CAPV, como la unidad de trabajo fue el hábitat, se hicieron pruebas con las fuentes de información cartográficas sobre hábitats (ver **Apartado 2.2.1.**). Así, se observó que, al cruzar una especie de la cartografía forestal, ésta se cruzaba con varios hábitats distintos y varias capas de vegetación, lo que evidenciaba que en realidad no se disponía de mapas de especies en ningún caso. Al no disponer de esa información, se decidió evaluar de manera cuantitativa cuál de las fuentes disponibles era estadísticamente más adecuada y podría generar menos errores de interpretación.

En primer lugar, se procedió a buscar equivalencias entre las diferentes capas, respondiendo a la pregunta de si era posible identificar un hábitat con una capa de vegetación específica o una capa del inventario forestal. Para ello se cruzaron las diferentes capas en ArcGIS, teniendo en cuenta el valor de área bajo la curva (Fielding y Bell, 1997). *Area Under the Curve* (AUC, por sus siglas en inglés) es un índice estadístico que indica la bondad del ajuste entre la capa de vegetación empleada con las variables climáticas y la litología. Este valor oscila entre 0 y 1: un valor cercano a 1 indica que la distribución del hábitat terrestre se explica bien a partir de las variables climáticas utilizadas (temperatura y precipitación), mientras que un valor de 0,5 indicaría que la distribución del hábitat terrestre sería aleatoria.

Como caso de estudio para esta evaluación se escogió el haya (*Fagus sylvatica*), ya que se trata de una especie presente a lo largo de todo el territorio, es de carácter climatófilo (propia de unas características climáticas específicas) y es tolerante a diversos tipos de substratos, lo que permitió comparar los resultados obtenidos en la modelización con distintas fuentes y capas de información.

Este análisis comparativo se realizó mediante la modelización de las siguientes capas:

- Mapa forestal (2010)⁴⁰:
 - Capa de hayedo.
- Cartografía de hábitats de la Directiva Hábitat (2012)⁴¹ y con codificación EUNIS (2009)⁴²:
 - 9120: Hayedos acidófilos.
 - 9150: Hayedos xerófilos.
 - G1.62: Hayedo acidófilo atlántico.
 - G1.64: Hayedo básófilo o neutro.

³⁹ Años 2017-2018.

⁴⁰ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Agricultura/> (Último acceso 20-12-2020).

⁴¹ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020). Desde junio de 2020 dicha capa no se puede descargar y ha sido sustituida por la capa de 2019.

⁴² <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020).

- G1.66: Hayedo basófico xerotermófilo.
- Mapa series de vegetación 1:25.000 (2003)⁴³:
- Hayedo calcícola eútrofo.
 - Hayedo acidófilo.
 - Hayedo con boj.

La técnica matemática para la comparación de las fuentes de datos fue la misma que la metodología cuantitativa a utilizar para el cálculo de la exposición: el Modelo de Distribución Potencial (ver **Apartado 2.3.2.** para más detalle sobre su selección y **Apartado 3.4.1.** sobre su cálculo).

El modelo de distribución consideró las variables climáticas (temperatura y precipitación), tanto en el escenario de referencia (periodo de tiempo 1971-2000) como en el RCP 8,5 en el periodo de tiempo 2071-2100, y la litología como condicionantes del medio donde el hábitat se encuentra presente. Un valor de AUC superior a 0,95 indicaría que la distribución actual se explica muy bien a partir de las

variables climáticas y que el modelo es excelente, mientras que un rango comprendido entre 0,85 y 0,95 indicaría que la distribución actual se explica bien a partir de las variables climáticas, es decir, el modelo es bueno. Se estableció un punto de corte a la baja de 0,85, no considerándose aceptables modelos con valores de AUC inferiores a 0,85.

Se observó que el mejor ajuste en el modelo de distribución potencial se obtenía al emplear la cartografía de hábitats, con valores de área bajo la curva (AUC) superiores a 0,959, es decir, generando modelos con un ajuste excelente, mientras que al emplear la capa del inventario forestal el valor de AUC disminuía a 0,826 (**Tabla 7**).

Tras realizar esta comparativa con la especie *Fagus sylvatica*, se concluyó que el mejor ajuste en el modelo se obtenía empleando la cartografía de hábitats. Por lo que se abordó la modelización para el cálculo cuantitativo de la exposición al cambio climático en base a los escenarios regionalizados de

Tabla 7. Resultados del ajuste estadístico (valor AUC) de los Modelos de Distribución Potencial en las capas de información analizadas para el haya (*Fagus sylvatica*).

NOMBRE DE LA CAPA	AUC
Mapa Forestal (2010)	
Capa hayedo	0,826
Cartografía hábitats (Directiva Hábitats)	
9120: Hayedos acidófilos	0,959
9150: Hayedos xerófilos	0,992
Cartografía hábitats (EUNIS)	
G1.62: Hayedo acidófilo atlántico	0,959
G1.64: Hayedo basófilo o neutro	0,965
G1.66: Hayedo basófico xerotermófilo	0,998
Mapa de series de vegetación (2003)	
Hayedo calcícola eútrofo	0,942
Hayedo acidófilo	0,992
Hayedo con boj	0,952

⁴³ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Vegetacion/> (Último acceso 20-12-2020).

la CAPV utilizando como fuente de información la cartografía de los Hábitats terrestres de Interés existente en la CAPV:

- Mapa de hábitats de la Directiva Hábitat (2012)⁴⁴.
- Mapa de hábitats con codificación EUNIS (2009)⁴⁵.

2.3.2. Selección del método cuantitativo para el cálculo de la exposición de los hábitats

En el caso de los hábitats terrestres, la exposición se puede analizar empleando diferentes metodologías. En este planteamiento, existe una hipótesis implícita: que todas las relaciones bióticas y abióticas de la comunidad objeto de análisis (los hábitats terrestres de la CAPV) se mantienen estables en el tiempo. Es decir, se asume que la asociación de especies dentro de un hábitat dado se mantendría invariable en el tiempo, lo cual no reflejaría las variaciones evolutivas de cada especie, los efectos de competencia u otros factores que pueden darse en este tipo de asociaciones. En la actualidad, todavía no existen metodologías capaces de modelizar esas interacciones entre especies de un hábitat o nicho ecológico a lo largo del tiempo, siendo un área de investigación en desarrollo. Por esta razón, por el momento se acepta esta simplificación de la realidad.

Por ello, es necesario interpretar con cautela los resultados derivados del cálculo de la exposición ya que no se puede afirmar que las áreas de distribuciones potenciales de un hábitat terrestre dado obtenidas para el escenario futuro reflejarían cuál será la superficie real ocupada por ese hábitat, sino solamente las áreas que mantendría las mismas condiciones climáticas potenciales en las que el hábitat terrestre se encuentra presente en el escenario de referencia que en este caso, es el periodo actual.

La exposición se calculó de manera cuantitativa de forma binaria (**Figura 9**) teniendo en cuenta las superficies presentes y futuras en los escenarios climáticos regionalizados para la CAPV utilizados en este trabajo (RCP 8,5, periodo 2071-2100).

- Cuando la Superficie Actual (SA) de un hábitat coincide geográficamente con su distribución potencial (o Superficie Potencial Futura, SPF) en el escenario de cambio climático se considera que no existe exposición y se le asigna un valor de 0. Es decir, en este caso, las condiciones climáticas de la zona todavía podrían albergar potencialmente dicho hábitat por lo que se considera que existirían Superficies Potenciales Futuras (SPF) para su presencia.
- Cuando la Superficie Actual (SA) de un hábitat no coincide geográficamente con su distribución potencial en el escenario de cambio climático

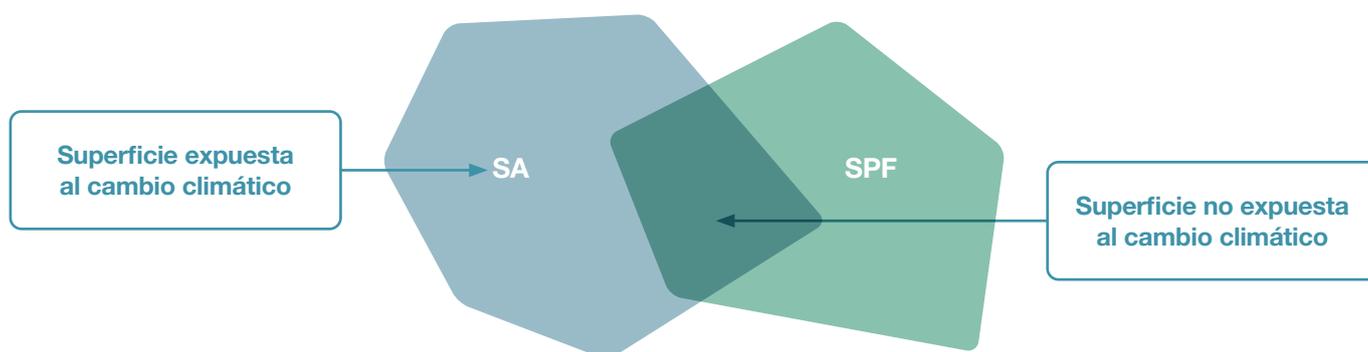


Figura 9. Diagrama genérico utilizado para el cálculo de la exposición de los 40 hábitats terrestres de la CAPV a nivel cartográfico. Donde, SA: Superficie Actual; SPF: Superficie Potencial Futura.

⁴⁴ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020). Desde junio de 2020 dicha capa no se puede descargar y ha sido sustituida por la capa de 2019.

⁴⁵ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020).

(SPF) se considerará que sí existe exposición y se le asignará un valor de 1. Es decir, en este caso, las condiciones climáticas de la zona se verían modificadas por el cambio climático y no podrían albergar potencialmente dicho hábitat. De manera que se considera que no existirían Superficies Potenciales Futuras (SPF).

Dado que el proyecto KLIMATEK donde se llevó a cabo este trabajo, tiene una componente de investigación y desarrollo, se consideraron dos posibles metodologías para este análisis quedando la decisión final de su selección a la metodología que presentara un mejor ajuste de los resultados. Las metodologías comparadas fueron las que en el momento de ejecución del proyecto⁴⁶ se consideraban las más adecuadas para el cálculo de la exposición de manera cuantitativa:

- **Análisis bioclimático**⁴⁷: dependiendo de los hábitats, los límites climáticos de su envuelta pueden ser definidos a partir de los termotipos, de los ombrotipos, de una combinación de ambos o de sus combinaciones con tipos de aridez estival. Para muchos tipos de hábitats, estos límites se encuentran documentados en la abundante bibliografía al respecto (Rivas-Martínez *et al.*, 2001; 2002), o pueden inferirse a partir de la cartografía disponible. Para otros, como los ligados a los humedales y las riberas, las relaciones no son tan directas y deben formularse en términos de la medida en la que la tendencia de cambio del tipo de clima supone condiciones más o menos favorables para el tipo de hábitat.
- **Modelización de Distribución Potencial**: se fundamentan en métodos estadísticos que intentan establecer una relación entre los valores de las variables independientes (entre ellas, las climáticas) y la presencia o la ausencia de las especies. Existe una gran variedad de técnicas de modelización ecológica (Elith *et al.*, 2006), y la elección de la técnica condiciona la calidad de los resultados (Mateo *et al.*, 2010a). En la actualidad en lugar de emplear una única técnica

de modelización, se pueden emplear modelos de consenso (Araújo y New, 2007) que combinan los resultados de varias técnicas y tienen en cuenta la posible incertidumbre.

La propuesta de una doble metodología (basada en análisis bioclimático y de modelización de la distribución de especies), aportó un valor añadido al proyecto KLIMATEK. El haber calculado la información relativa a la exposición utilizando ambas metodologías permitió utilizar los resultados para suplementar las carencias y las desventajas que tienen ambas metodologías por separado.

Se desarrolló un caso práctico de análisis de distribuciones potenciales con el Hábitat de Interés Comunitario 9120-Hayedos acidófilos en el escenario futuro seleccionado (RCP 8,5, periodo 2071-2100) aplicando las dos metodologías (el análisis bioclimático y la Modelización de Distribución Potencial). Para ello, se debieron de adaptar ambas metodologías, diseñadas para trabajar con especies, para poder realizar los cálculos con otra unidad que no fuera la especie, en este caso, el hábitat.

2.3.2.1. Análisis bioclimático

La bioclimatología es una ciencia ecológica que estudia la relación entre el clima y la distribución de los seres vivos y sus comunidades en la Tierra. La aproximación más reciente, ajustada y para la que existe información detallada a nivel de la CAPV es la clasificación de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-1997), que conjuga parámetros termométricos y pluviométricos que dan como resultado los pisos bioclimáticos (termotipos y ombrotipos) (Loidi *et al.*, 2011).

Los pisos bioclimáticos se enmarcan en los llamados macrobioclimas establecidos a nivel mundial (Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar) que se separan fundamentalmente por criterios térmicos y que coinciden a grandes rasgos con las grandes franjas latitudinales del planeta (**Tabla 8**).

⁴⁶ Años 2017-2018.

⁴⁷ Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz. 1996-2017. Worldwide Bioclimatic Classification System, Phytosociological Research Center, Spain. <http://www.globalbioclimatics.org> (Último acceso 20-12-2020).

Tabla 8. Sinopsis bioclimática de la Tierra donde se representan los macrobioclimas, los bioclimas y los pisos bioclimáticos y los valores e índices que los caracterizan (Rivas Martínez, 2004).

SINOPSIS BIOCLIMÁTICA DE LA TIERRA (tabla resumen)													
Macrobioclimas	Bioclimas	Sigla	Intervalos bioclimáticos				Pisos bioclimáticos: termotipos			Sigla	Pisos bioclimáticos: ombrotipos		Sigla
			lc	lo	lod2	It (Itc) Tp			lo				
Tropical Zona cálida: ecuatorial, eutropical y subtropical (0° a 35° N & S). En subtropical (23° a 35° N & S) a < 200 m dos valores: T ≥ 25°, m ≥ 10°, Itc ≥ 580. Si no Pcm: < Pcm, > Pcm. y Pss > Psw, dos valores: T ≥ 21°, M ≥ 18°, It ≥ 470. Eurasia y África: 25° a 35° N > 2000m no es tropical.	Tr. Pluvial	Trpl	-	≥ 3.6	> 2.5	-	1. Infratropical	710-890	> 2900	ltr	1. Ultrahiperárido	< 0.2	Uha
	Tr. Pluviestacional	Trps	-	≥ 3.6	> 2.5	-	2. Termotropical	490-710	> 2300	Ttr	2. Hiperárido	0.2-0.4	Har
	Tr. Xérico	Trxe	-	1.0-3.6	-	-	3. Mesotropical	320-490	> 1700	Mtr	3. Árido	0.4-1.0	Ari
	Tr. Desértico	Trde	-	0.2-1.0	-	-	4. Supratropical	160-320	> 950	Str	4. Semiárido	1.0-2.0	Sar
	Tr. Hiperdesértico	Trhd	-	< 0.2	-	-	5. Orotropical	< 160	450-950	Otr	5. Seco	2.0-3.6	Dry
							6. Crorotropical	-	1-450	Ctr	6. Subhúmedo	3.6-6.0	Shu
							7. Gélido	-	0	Atr	7. Húmedo	6.0-12.0	Hum
										8. Hiperhúmedo	12.0-24.0	Hhu	
										9. Ultrahiperhúmedo	≥ 24.0	Uhh	
Mediterráneo Zona cálida: subtropical y templada, eutemplada (23° a 52° N & S), con sequía P < 2T, al menos bimestral tras el solsticio de verano: los: ≤ 2, losc, ≤ 2. En subtropical (23° a 35° N & S) al menos dos valores: T < 25°, m < 10°, Itc < 580.	M. Pluviestacional Oceánico	Mepo	≤ 21	> 2.0	-	-	1. Inframediterráneo	450-580	> 2400	lme	1. Ultrahiperárido	< 0.2	Uha
	M. Pluviestacional Continental	Mepc	> 21	> 2.0	-	-	2. Termomediterráneo	350-450	> 2100	tme	2. Hiperárido	0.2-0.4	Har
	M. Xérico Oceánico	Mexo	≤ 21	1.0-2.0	-	-	3. Mesomediterráneo	220-350	> 1500	mme	3. Árido	0.4-1.0	Ari
	M. Xérico Continental	Mexc	> 21	1.0-2.0	-	-	4. Supramediterráneo	< 220	> 900	sme	4. Semiárido	1.0-2.0	Sar
	M. Desértico Oceánico	Medo	≤ 21	2.0-1.0	-	-	5. Oromediterráneo	-	450-900	ome	5. Seco	2.0-3.6	Dry
	M. Desértico Continental	Medc	> 21	2.0-1.0	-	-	6. Croromediterráneo	-	1-450	cme	6. Subhúmedo	3.6-6.0	Shu
	M. Hiperdesértico Oceánico	Mehd	≤ 21	< 0.2	-	-	7. Gélido	-	0	ame	7. Húmedo	6.0-12.0	Hum
	M. Hiperdesértico Continental	Mehc	> 21	< 0.2	-	-				8. Hiperhúmedo	12.0-24.0	Hhu	
										9. Ultrahiperhúmedo	≥ 24.0	Uhh	
Templado Zona cálida: subtropical y templada (23° a 66° N & 23° a 54° S) De 23° a 35° N & S, a < 200 m, al menos dos valores: T < 21°, M < 18°, Itc < 470. los: > 2, losc, > 2.	T. Hiperoceánico	Teho	≤ 11	> 3.6	-	-	1. Infratemplado	> 410	> 2350	lte	4. Semiárido	1.0-2.0	Sar
	T. Oceánico	Teoc	11-21	> 3.6	-	-	2. Termotemplado	290-410	> 2000	tte	5. Seco	2.0-3.6	Dry
	T. Continental	Teco	> 21	> 3.6	-	-	3. Mesotemplado	190-290	> 1400	mte	6. Subhúmedo	3.6-6.0	Shu
	T. Xérico	Texte	≥ 4	≤ 3.6	-	-	4. Supratemplado	< 190	> 800	ste	7. Húmedo	6.0-12.0	Hum
							5. Orotemplado	-	380-800	ote	8. Hiperhúmedo	12.0-24.0	Hhu
							6. Crorotemplado	-	1-380	cte	9. Ultrahiperhúmedo	≥ 24.0	Uhh
							7. Gélido	-	0	ate			
Boreal Zonas templada y fría (42° a 72° N, 49° a 56° S). A < 200 m: lc ≤ 11: T ≤ 6°, Tmax ≤ 10°; Tps ≤ 290; lc = 21-28: Ts 4.8°, Tp = 380-740; lc = 28-45: T ≤ 43°, Tp = 380-800; lc ≥ 45: T ≤ 0°, Tp = 380-800.	B. Hiperoceánico	Boho	≤ 11	> 3.6	≤ 720	< 6.0°	1. Termoboreal	-	> 680	tbo	4. Semiárido	1.0-2.0	Sar
	B. Oceánico	Booc	11-21	> 3.6	≤ 720	≤ 5.3°	2. Mesoboreal	-	580-680	mbo	5. Seco	2.0-3.6	Dry
	B. Subcontinental	Bosc	21-28	> 3.6	≤ 720	≤ 4.8°	3. Supraboreal	-	480-580	sbo	6. Subhúmedo	3.6-6.0	Shu
	B. Continental	Boco	28-46	> 3.6	≤ 740	≤ 3.8°	4. Oroboreal	-	380-480	obo	7. Húmedo	6.0-12.0	Hum
	B. Hipercontinental	Bohc	> 46	-	≤ 800	≤ 0.0°	6. Croroboreal	-	1-380	cbo	8. Hiperhúmedo	12.0-24.0	Hhu
	B. Xérico	Boxe	< 46	≤ 3.6	≤ 800	≤ 3.8°	6. Gélido	-	0	abo	9. Ultrahiperhúmedo	≥ 24.0	Uhh
Polar Zonas templada y fría (51° a 90° N & S). A < 100 m: Tp < 380. (S. Rivas-Martínez, 19.11.2004)	P. Hiperoceánico	Poho	≤ 11	≥ 3.6	> 0	-	1. Termopolar	-	280-380	tpo	4. Semiárido	1.0-2.0	Sar
	P. Oceánico	Pooc	11-21	≥ 3.6	> 0	-	2. Mesopolar	-	80-280	mpo	5. Seco	2.0-3.6	Dry
	P. Continental	Poco	> 21	≥ 3.6	> 0	-	3. Suprapolar	-	1-80	spp	6. Subhúmedo	3.6-6.0	Shu
	P. Xérico	Poxe	≥ 4	< 3.6	> 0	-	7. Gélido	-	0	apo	7. Húmedo	6.0-12.0	Hum
	P. Pergélido	Popg	-	-	0	-					8. Hiperhúmedo	12.0-24.0	Hhu
										9. Ultrahiperhúmedo	≥ 24.0	Uhh	

Dentro de cada macrobioclima se diferencian una serie de bioclimas en función de las variables de aridez y continentalidad (**Figura 10**).

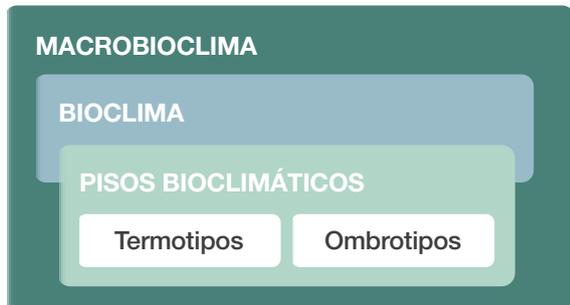


Figura 10. Esquema que resume la relación entre los diferentes niveles de la clasificación bioclimática, según Rivas Martínez (2004).

De la combinación de los macrobioclimas, los bioclimas y los pisos bioclimáticos (termotipos y ombrotipos) se obtienen los isobioclimas, que son la unidad bioclimática más sintética, compleja, y al mismo tiempo, más cercana a la realidad ambiental, y que representan las áreas que tienen unas condiciones ambientales homogéneas cuantificadas (López *et al.*, 2009).

A continuación se resumen los diferentes conceptos que caracterizan el análisis bioclimático:

- Macrobioclima: primer nivel de la clasificación bioclimática. Incluye cinco tipos de macrobioclimas (Tropical, Mediterráneo, Templado, Boreal y Polar). En la CAPV coexisten el macrobioclima Mediterráneo y el Templado.
- Bioclima: escala intermedia de la clasificación. Depende de la precipitación y la temperatura.
- Termotipo: rango que depende del Índice de termicidad y de la temperatura positiva anual.
- Ombrotipo: rango basado en la precipitación y en la evaporación creciente con el incremento de la temperatura.
- Isobioclima: modelo bioclimático formado por un bioclima, un termotipo y un ombrotipo. A cada isobioclima le corresponde un espacio bioclimático propio, identificable por los valores climáticos umbrales de cada una de las unidades bioclimáticas que lo constituyen.

El análisis bioclimático es más adecuado para vegetación climatófila, dependiente básicamente del clima, y cuyos límites de distribución pueden definirse a partir de los termotipos, los ombrotipos, una combinación de ambos o de sus combinaciones con

los tipos de aridez estival, estando documentadas esas relaciones en la bibliografía (Rivas-Martínez *et al.*, 2001; 2002). Para otro tipo de vegetación, como la ligada a humedales, riberas fluviales o roquedos, sería necesario disponer y analizar otros parámetros, como la litología, la microtopografía o la existencia de cursos de agua, entre otros. Como en el presente trabajo se descartó utilizar esa tipología concreta de hábitats en el cálculo del Índice de riesgo climático (**Apartado 2.1.4.**), el uso del análisis bioclimático se consideraría adecuado.

Para el cálculo de los bioclimas y los pisos bioclimáticos según la metodología de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Saenz, 1996-1997) se utilizan valores umbrales o limitantes de temperatura y precipitación que son determinantes en la distribución de las unidades de vegetación. Tales parámetros climáticos, así como unos Índices bioclimáticos que se calculan mediante fórmulas aritméticas, son los que permiten establecer la tipología de esta clasificación. Existe una gran cantidad de índices que permiten analizar y clasificar los bioclimas, pero en todos los casos la temperatura se expresa en grados centígrados (°C) y la precipitación en milímetros (mm) (Rivas-Martínez *et al.*, 2002).

A continuación, se detallan los índices empleados en el presente trabajo:

- **Índice Ombrotérmico (I_o):** se trata de uno de los índices más relevantes en el análisis de los bioclimas que representa el nivel de confort hídrico anual, relacionando la pluviosidad con la temperatura. Se calcula teniendo en cuenta los valores de aquellos meses en los que la vida vegetal puede realizar sus funciones de desarrollo (los meses con temperatura media por encima de 0° C). Mediante este índice se diferencian los pisos bioclimáticos de los ombrotipos de un macrobioclima determinado.

$$I_o = \frac{P_p}{T_p} * 10$$

Donde,

P_p = precipitación positiva (suma de las precipitaciones medias de los meses de temperatura media superior a 0° C).

T_p = temperatura positiva (suma de las temperaturas medias de los meses de temperatura media superior a 0° C).

– **Índice de Continentalidad/Oceaneidad (I_c):** cuantifica la amplitud de la oscilación térmica anual, calculando, en °C, el intervalo térmico entre la temperatura media mensual más alta y más baja del año. Es especialmente relevante para el macrobioclima mediterráneo, ya que permite diferenciar entre los bioclimas oceánico y continental, lo cual es muy limitante para la vegetación.

$$I_c = T_{max} - T_{min}$$

Donde,

T_{max} : temperatura media del mes más cálido.

T_{min} : temperatura media del mes más frío.

– **Índice de Termicidad (I_T):** se calcula sumando la temperatura media anual, la media de las temperaturas mínimas del mes más frío y la media de las temperaturas máximas del mismo mes. Permite ponderar la intensidad del frío, un factor limitante para muchas comunidades vegetales, especialmente del macrobioclima mediterráneo que presenta un parón biológico por la sequía de verano (López *et al.*, 2009).

$$I_T = (T+m+M) * 10$$

Donde,

T : temperatura media anual.

m : temperatura media de las mínimas del mes más frío.

M : temperatura media de las máximas del mes más frío.

Para el cálculo de los bioclimas, en primer lugar, se obtuvieron cada uno de los parámetros o indicadores anteriormente enumerados y se calcularon en formato ráster. Al analizar los datos climáticos de partida en formato ráster (Ihobe, 2017), se observó que algunos datos de temperaturas presentaban valores ilógicos respecto a lo esperable. Así, se observó que en el escenario de cambio climático RCP 8,5 produce una «extremización» muy acusada de las temperaturas mínimas en los meses estivales (por ejemplo, para los meses de mayo, junio, julio y agosto, la mínima de las temperaturas medias se

sitúa en torno a 1°C), mientras que en el periodo actual este valor se sitúa entre los 10-15° C. En meses que normalmente suelen ser más fríos (enero, febrero, diciembre), en el escenario climático RCP 8,5 este dato contrario aumenta.

Analizando estos datos climáticos de partida aparentemente ilógicos, se observó que éstos no tenían una idéntica extensión espacial, especialmente en el caso de temperaturas mínimas del escenario RCP 8,5. Por lo que existían valores o celdas que no tenían ningún valor asociado, y que por lo tanto falseaban los resultados. Este problema se solucionó asignando a todos los datos climáticos de partida la misma extensión espacial.

Posteriormente el formato ráster se convirtió a vectorial. El formato vectorial permite conservar todos los campos o indicadores obtenidos y asociarlos espacialmente a cada uno de los polígonos, es decir, a cada polígono se le asocia un valor para cada uno de los indicadores. Una vez obtenido el formato vectorial, se llevó a cabo un cruce entre los indicadores que componen cada una de las clasificaciones bioclimáticas de la tierra según Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-1997). Posteriormente, se realizó la clasificación bioclimática del territorio en función de los indicadores anteriormente calculados, obteniendo de esta manera la clasificación climática de Rivas-Martínez (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-1997).



Como resultado de este proceso, se generaron los siguientes mapas:

- Macrobioclimas: mediterráneo, templado y templado submediterráneo.
- Bioclimas.
- Termotipos y ombrotipos.
- Isobioclimas.
- Cambios en los isobioclimas entre la actualidad (1971-2000) y el escenario de cambio climático (RCP 8,5, periodo 2071-2100).

Los resultados en detalle del cálculo de los bioclimas se pueden consultar en su documento específico (Ihobe, 2021a).

Cabe destacar que en el caso del análisis bioclimático, y a diferencia de los resultados obtenidos con los Modelos de Distribución Potencial (ver **Apartado 2.3.2.2.**), no se obtuvieron bioclimas específicos para el Hábitat de Interés Comunitario 9120 - Hayedos acidófilos objeto del caso de estudio, sino que se obtuvieron los bioclimas de la CAPV para el escenario de referencia (1971-2000) y para el futuro (2071-2100) y esos resultados se compararon con los bioclimas que coinciden con la distribución actual de ese hábitat para determinar si están expuestos o no.

En la **Figura 11** se muestran de manera ilustrativa los resultados de los macrobioclimas obtenidos a partir del análisis.

En el escenario futuro se puede observar la regresión de la zona templada (**Figura 11**). Este hecho se explica por un aumento en las precipitaciones durante el periodo estival, si bien a precipitación media anual y estacional disminuyen. Asimismo, sorprende inicialmente por la gran extensión de la zona mediterránea (amarillo) en el escenario de referencia. Esto se debe a las características de las variables climáticas utilizadas (Ihobe, 2017) que posteriormente se corrigieron a través de una corrección de sesgo (Ihobe, 2019) con posterioridad a la fecha de ejecución de este proyecto⁴⁸.

Por otra parte, la región submediterránea (verde claro) aumenta a costa de la zona templada (verde oscuro). Estos resultados reflejan el aumento en las temperaturas medias y una disminución de la precipitación media, aunque su resultado es una reducción en la sequedad estival, motivo por el cual se observa una reducción de la zona mediterránea. El gradiente oeste-este es muy claro, así como la relativa mediterraneización de la franja costera. La zona oriental de Gipuzkoa mantiene unas condiciones macroclimáticas similares a las de referencia. En cualquier caso, este análisis bioclimático no refleja que estos aumentos de precipitación estival pueden ser debidos a episodios extremos, sino solamente los valores medios.

Para comparar los resultados se calcularon los cambios encontrados en los isobioclimas entre el periodo de referencia y el escenario de cambio climático RCP 8,5 (2071-2100).

En la **Figura 12** se pueden ver a modo ilustrativo los resultados cartográficos de la variación en los termotipos y los ombrotipos de la CAPV.

En general, se observa en toda la franja atlántica el paso del piso termotemplado a infratemplado (debido al incremento de las temperaturas medias y mínimas) y en la zona central del piso mesotemplado a termotemplado e incluso a infratemplado (**Figura 12**). En el caso de los ombrotipos, existe un claro gradiente sudoeste-nordeste y la aparición de extensiones significativas semiáridas en el sur de Araba/Álava. Destaca también la desaparición del tipo hiperhúmedo

⁴⁸ Años 2017-2018. En 2020 se llevó a cabo un recálculo de los bioclimas a partir de las variables climáticas corregidas en los escenarios regionalizados (Ihobe, 2019). Estos resultados se presentan en un documento aparte con su cartografía asociada (Ihobe, 2021a).

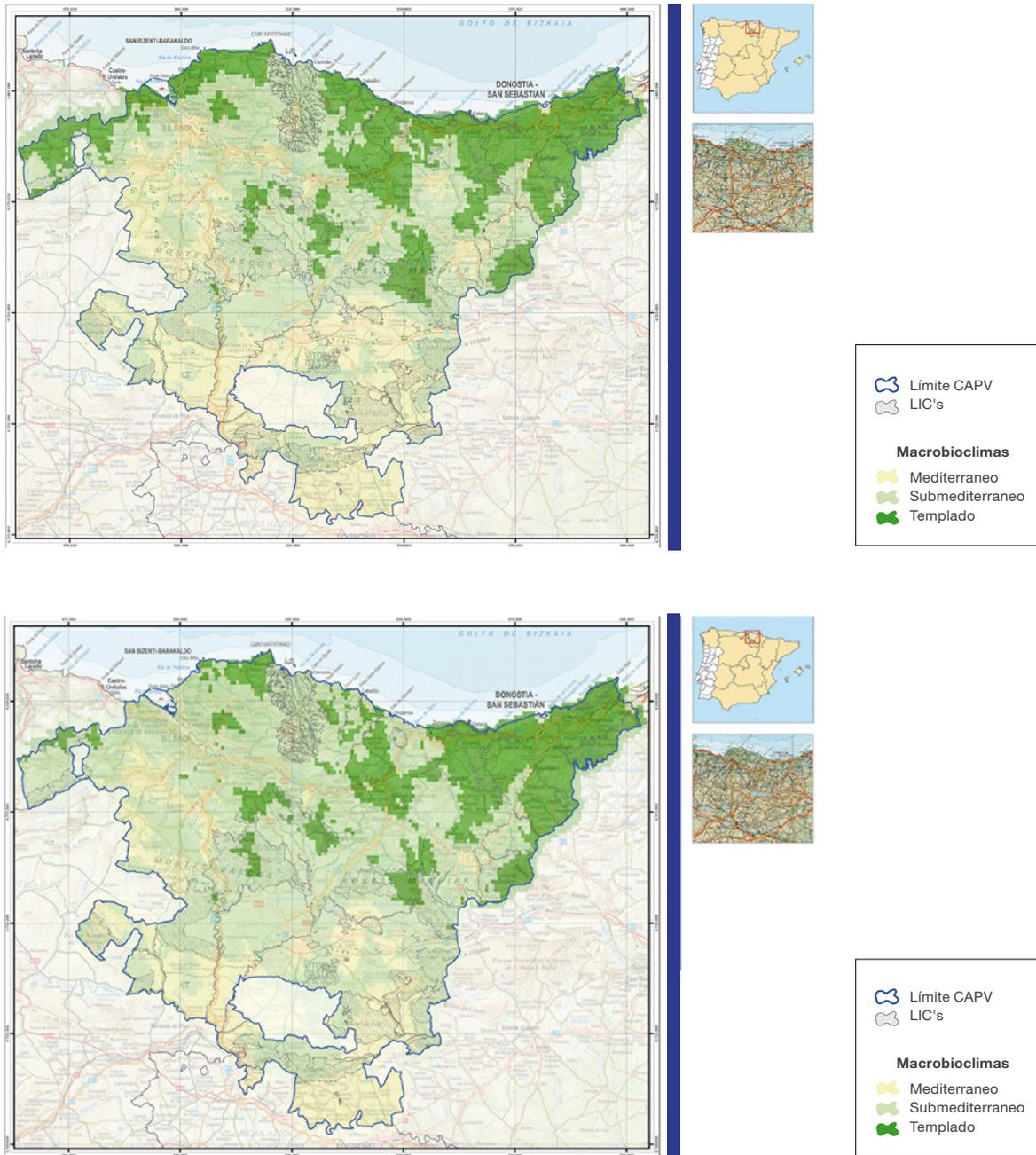


Figura 11. Mapas de macrobioclimas de la CAPV. Arriba: el escenario de referencia (1971-2000). Abajo: escenario de cambio climático (RCP 8,5, periodo 2071-2100).

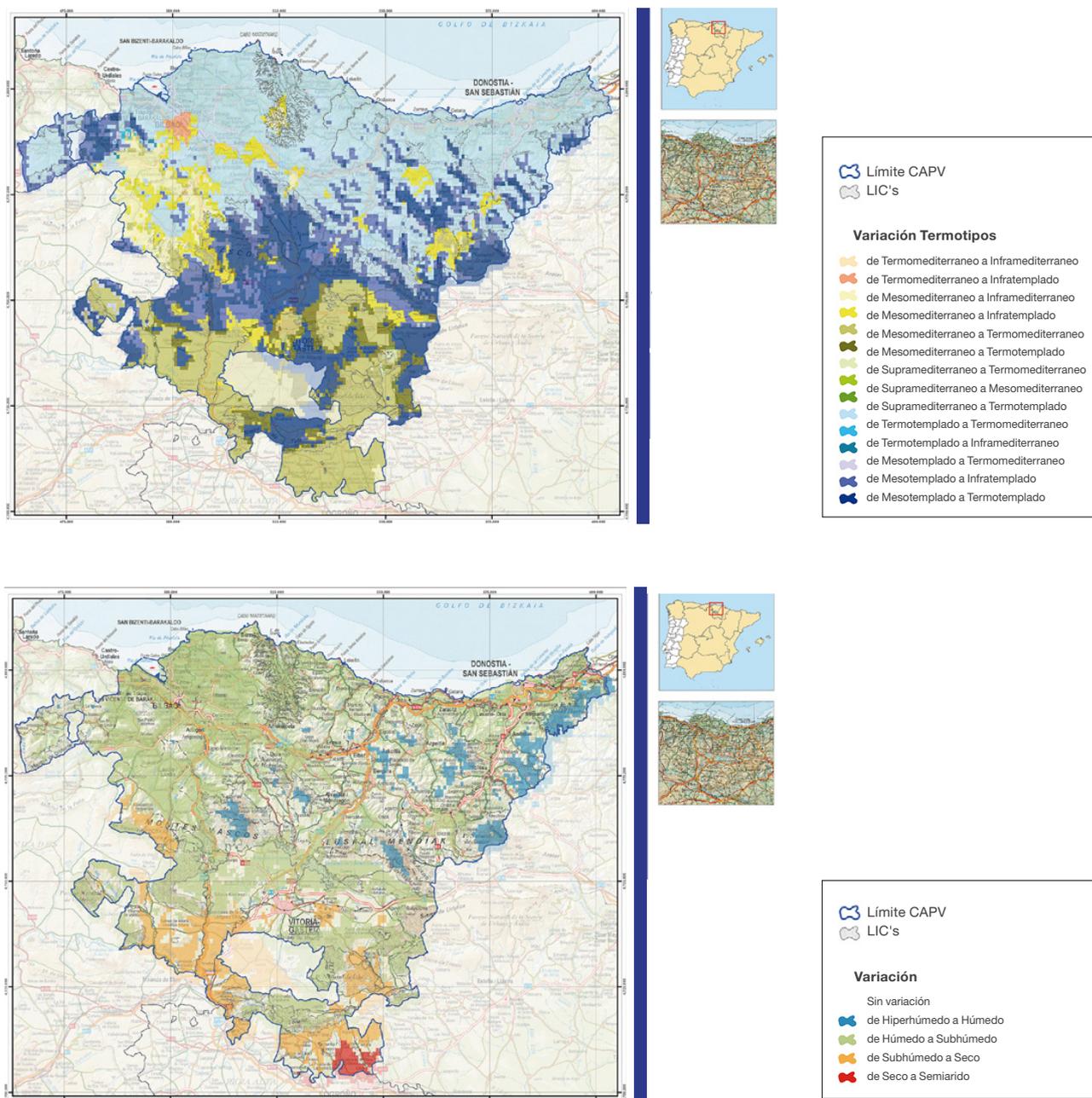


Figura 12. Mapas de variación entre el escenario de referencia (1971-2000) y el futuro (RCP 8,5, periodo 2071-2100) para los termotipos (arriba) y ombrotipos (abajo) de la CAPV.

2.3.2.2. Modelo de Distribución Potencial

La herramienta más empleada para conocer los posibles efectos del cambio climático sobre la distribución potencial de especies son los Modelos de Distribución de Potencial o MDP (Felicísimo, 2011). Los Modelos de Distribución Potencial son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las

variables empleadas durante el proceso estadístico de modelización (Mateo *et al.*, 2011). Se basan en los datos de distribución conocidos para la especie y una serie de variables ambientales o climáticas que determinan su distribución geográfica. Estos modelos ecológicos permiten elaborar estrategias de conservación (Guisan *et al.*, 2013) y adaptación al cambio climático, entre otras muchas aplicaciones (Guisan *et al.*, 2017).



Una ventaja fundamental de estos modelos es que se basan en cálculos estadísticos objetivos, prescindiendo de posibles sesgos en los datos de partida o en la aplicación de criterios subjetivos en la fase de toma de decisiones (Guisan y Zimmermann, 2000; Hespanhol *et al.*, 2015). Por otro lado, estos modelos se pueden proyectar a diferentes escenarios climáticos futuros, y el resultado facilita información sobre los cambios en la distribución potencial de las especies: aumentarían o disminuirían su área potencial (Superficie Potencial Futura o SPF) o incluso podría suceder que el área climáticamente adecuada puede cambiar de lugar a una zona distinta de la actual.

En este caso, se utilizó el modelo de distribución de especies BIOMOD, una metodología previamente contrastada en varios trabajos relacionados con efectos del cambio climático (Patiño *et al.*, 2016), distribución de especies invasoras (Mateo *et al.*, 2015), patrones de biodiversidad (Mateo *et al.*, 2012b; 2016) y biología de la conservación (Mateo *et al.*, 2013), entre otros.

El detalle de los pasos dados para el cálculo de la exposición mediante los Modelos de Distribución Potencial se puede consultar en el **Apartado 3.4.1.**

2.3.2.3. Comparativa de resultados entre ambos modelos y conclusiones

Los resultados obtenidos mediante ambas técnicas se compararon para analizar cuál de las dos metodologías producía resultados más fiables.

En primer lugar, se analizó la distribución potencial Hábitat de Interés Comunitario 9120-Hayedos acidófilos utilizando a partir de los bioclimas mediante dos supuestos:

Supuesto 1:

Se asumió que el hábitat puede ocupar los isobioclimas que ocupa actualmente:

- Se calculó la distribución potencial del hábitat actual (Superficie Potencial Actual o SPA). Para ello se utilizó un sistema de información geográfica donde se realizó el cruce entre la distribución actual del hábitat y los isobioclimas actuales, calculados con los datos CORDEX en el escenario de referencia.
- Se calculó la distribución potencial del hábitat en el escenario de cambio climático (Superficie Potencial

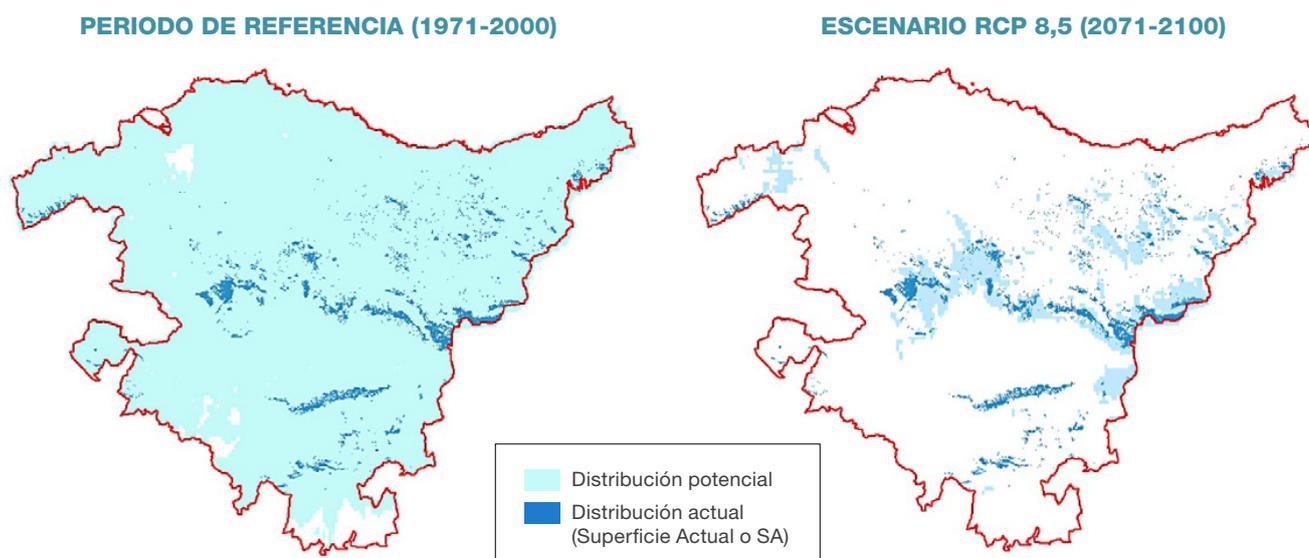


Figura 13. Resultados de la distribución actual y futura del hábitat 9120-Hayedos acidófilos mediante el análisis bioclimático en base a la Situación 1. Izquierda: Situación 1.a), Superficie Potencial Actual (SPA) del hábitat 9120-Hayedos acidófilos asumiendo que podría ocupar todos los isobioclimas que ocupa actualmente. Derecha: Situación 1.b), superficie potencial del hábitat 9120-Hayedos acidófilos en el escenario de cambio climático (RCP 8,5, periodo 2071-2100) asumiendo que podría ocupar todos los isobioclimas que ocupa actualmente.

Futura o SPF). Para ello se utilizó un sistema de información geográfica donde se identificaron sobre un mapa del escenario de cambio climático las zonas con los isobioclimas que actualmente albergan dicho hábitat (basándose en el Supuesto 1.a).

En el supuesto 1.a) se observa que los isobioclimas obtenidos del cruce daban un área de distribución potencial actual (SPA) es demasiado amplia (Figura 13) y que no se corresponde con las zonas de distribución potencial según la bibliografía. Por el contrario, en la situación 1.b) se observa que el área de la distribución potencial (SPF) obtenida es similar en distribución geográfica y a la tendencia a la obtenida con los Modelos de Distribución Potencial (Figura 13).

Supuesto 2:

Se asumió que el hábitat puede ocupar únicamente los isobioclimas recogidos en la bibliografía (Loidi *et al.*, 2003):

a. Se calculó la distribución potencial del hábitat en el escenario actual. Para ello se utilizó un sistema de información geográfica donde se identificaron sobre un mapa de clima actual las zonas con los

isobioclimas que según la bibliografía podrían albergar dicho hábitat (basándose en el Supuesto 1.a).

b. Se calculó la distribución potencial del hábitat en el escenario de cambio climático (Superficie Potencial Futura o SPF). Para ello se utilizó un sistema de información geográfica donde se identificaron sobre un mapa del escenario de cambio climático las zonas con los isobioclimas que según la bibliografía podrían albergar dicho hábitat (basándose en el Supuesto 1.a).

En la Situación 2.a), la distribución potencial se asemeja más a la distribución actual, pero en la Situación 2.b) no existiría Superficie Potencial Futura (SPF) superficie potencial para el hábitat 9120-Hayedos acidófilos, contradiciendo a los resultados obtenidos en la Situación 1.b).

Para poder comparar ambos modelos se seleccionaron los Supuestos 1.b) y 2.a) del análisis bioclimático. En la Figura 15 se presenta la comparativa para el Hábitat de Interés Comunitario 9120-Hayedos acidófilos de la metodología basada en el análisis bioclimático (teniendo en cuenta los Supuestos 1.b) y 2.a) y los resultados del Modelo de Distribución Potencial (ver Apartado 3.4.1.).

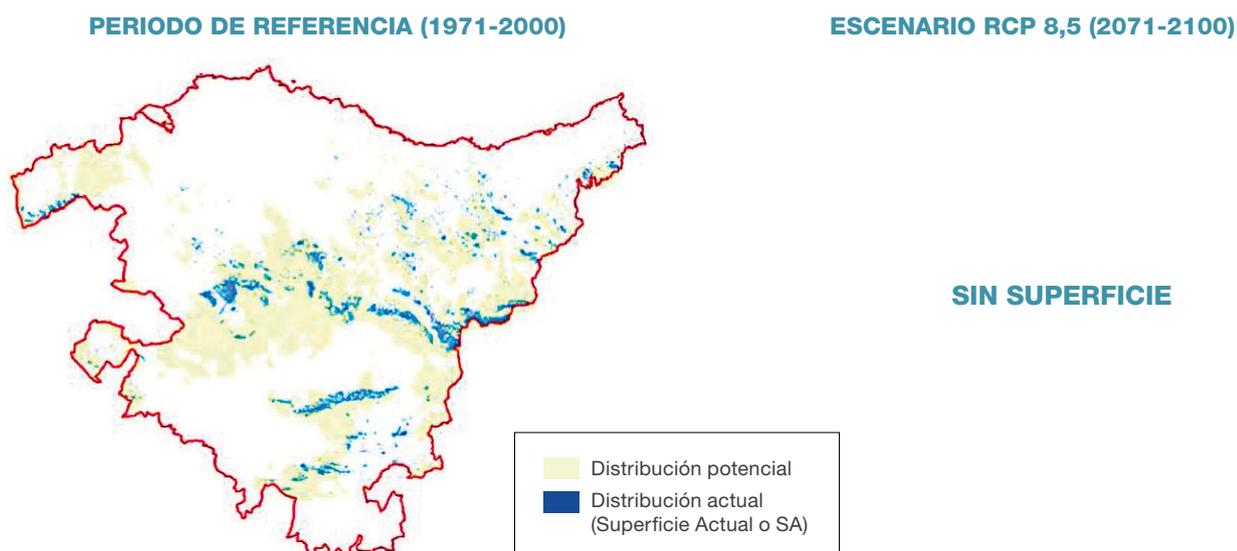


Figura 14. Resultados de la distribución actual y futura del hábitat 9120-Hayedos acidófilos mediante el análisis bioclimático en base a la Situación 2. Izquierda: Situación 2.a), Superficie Potencial Actual (SPA) del hábitat 9120-Hayedos acidófilos asumiendo que podría ocupar los isobioclimas identificados en la bibliografía (Loidi *et al.*, 2003). Derecha: Situación 2.b), es decir, superficie potencial del hábitat 9120-Hayedos acidófilos en el escenario de cambio climático (RCP 8,5, periodo 2071-2100) asumiendo que podría ocupar los isobioclimas identificados en la bibliografía (Loidi *et al.*, 2003).

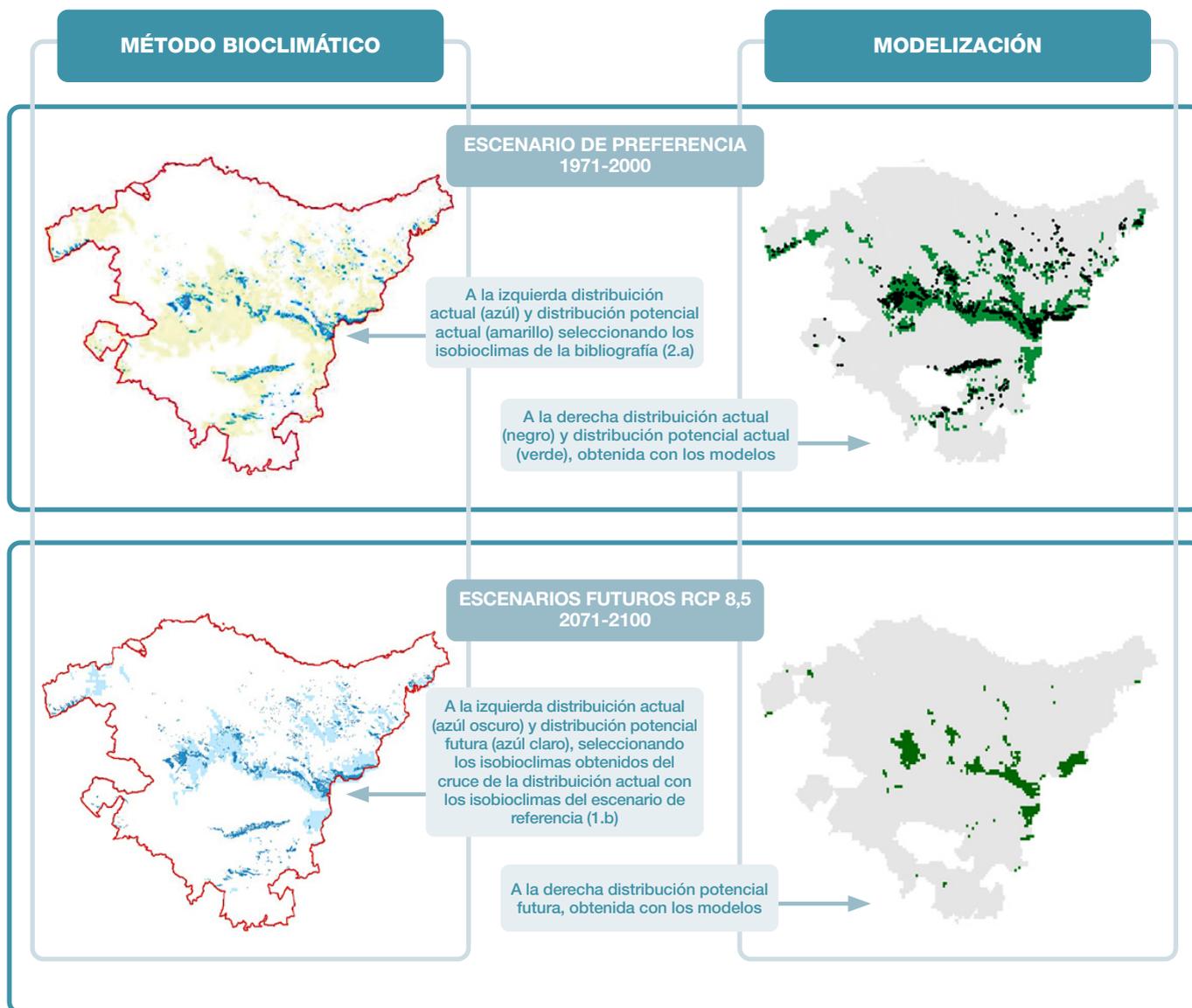


Figura 15. Síntesis de la comparativa de los resultados para la modelización del Hábitat de Interés Comunitario 9120-Hayedos acidófilos para el escenario de referencia (1971-2000) y el escenario climático futuro (RCP 8,5, periodo 2071-2100). Izquierda: Análisis bioclimático. Derecha: Modelo de Distribución Potencial.

Ambos modelos presentaron similares tendencias a futuro. Los modelos bioclimáticos parecen ser un método efectivo para realizar un primer «screening» de los efectos del cambio climático sobre los hábitats terrestres con distribuciones amplias y para los cuales que existan trabajos fitosociológicos regionales. Sin embargo, los Modelos de Distribución Potencial presentaron una Superficie Potencial Actual (SPA) más acorde a la bibliografía (Loidi *et al.*, 2003). Esto podría deberse a la escala de isobioclima que presente demasiado detalle como para poderla aplicar a una malla de 1 km de resolución.

Finalmente, los resultados y el análisis se debatieron con el Grupo Técnico de Seguimiento del proyecto KLIMATEK y se consensó emplear la Modelización de Distribución Potencial para el cálculo de la exposición de los hábitats terrestres, ya que daba resultados más acordes con la distribución potencial actual recogida en la bibliografía (Loidi *et al.*, 2003) y se podía emplear un criterio homogéneo con los 40 hábitats terrestres a evaluar.

Asimismo, el análisis bioclimático se consideró útil en el marco del proyecto KLIMATEK para elaborar un

discurso descriptivo que permitiese entender por qué las tendencias de variación de temperatura y precipitación en el escenario futuro podrían generar esos efectos sobre la distribución potencial futura de los hábitats. Dado que ya se habían calculado para toda la CAPV, se decidió utilizar sus resultados para complementar y contextualizar ecológicamente el análisis derivado del Índice de riesgo climático. Se pueden consultar dichos contenidos con mayor detalle en el documento específico sobre bioclimas (Ihobe, 2021a).

2.3.3. Selección de indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad

La selección de indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad requiere de un alto grado de consenso, ya que esos indicadores condicionarán los resultados del riesgo climático del elemento a evaluar. Por esta razón, la selección final y el valor de los pesos de las variables que integrarían el Índice de vulnerabilidad al cambio climático se consensuaron mediante un proceso participativo y de contraste con el Grupo Técnico de Seguimiento establecido para el proyecto KLIMATEK.

En el marco de este trabajo, la selección de los indicadores para integrar el Índice de vulnerabilidad se realizó a partir de una búsqueda bibliográfica previa ([Anexo 2](#)).



La selección a partir de este listado se articuló mediante los siguientes criterios:

- Disponibilidad de información para todos los hábitats para calcular el indicador.
- Relevancia para la vulnerabilidad de la característica que mide dicho indicador.
- Posibilidad de cálculo periódico del indicador.

Como primer paso, se diseñó un cuestionario ([Anexo 3](#)) que fue compartido con el Grupo Técnico de Seguimiento con el objetivo de integrar las diferentes perspectivas en la definición de los indicadores del Índice de vulnerabilidad al cambio climático. En el cuestionario se incluyó la propuesta de indicadores basada en el análisis del estado del arte ([Anexo 2](#)) para los diferentes componentes del Índice de vulnerabilidad (sensibilidad y capacidad de adaptación), incluyendo características a medir, indicadores a utilizar y fuentes de información. Se llevó a cabo una priorización de cada indicador y se realizó una propuesta de ponderación asignando un peso (mediante un porcentaje) a cada uno de ellos. Adicionalmente se identificaron y recogieron las propuestas de otros indicadores no contemplados en el listado inicial para su revisión. Los resultados fueron integrados y se celebró una reunión de trabajo para consensuar los contenidos definitivos del índice.

Como resultado del trabajo realizado, se seleccionaron un total de 5 indicadores ([Tabla 9](#)) para elaborar el Índice de vulnerabilidad al cambio climático: 3 indicadores para caracterizar el Índice de sensibilidad y 2 indicadores para caracterizar el Índice de la Capacidad de Adaptación.

El método de cálculo detallado para cada indicador, así como sus ponderaciones para calcular el Índice de vulnerabilidad al cambio climático se pueden encontrar en el [Apartado 3.4.2](#)

Tabla 9. Indicadores y *proxys* definidos para el cálculo del Índice de vulnerabilidad al cambio climático de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

COMPONENTE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO	CÓDIGO	NOMBRE INDICADOR	JUSTIFICACIÓN
Sensibilidad	Ind. 1	Fragmentación de hábitats	Un hábitat fragmentado presentará una mayor sensibilidad al cambio climático.
	Ind. 2	Estado de conservación del hábitat	Un hábitat con un buen estado de conservación presentará una menor vulnerabilidad ante las presiones, incluyendo las derivadas del cambio climático.
	Ind. 3	Presiones sobre los hábitats	Las presiones no climáticas (incendios, plagas, pastoreo, etc.) incrementan la vulnerabilidad del hábitat frente al cambio climático.
Capacidad de Adaptación	Ind. 4	Superficie Potencial Futura compatible (SPF _c).	Se considera que un hábitat podrá adaptarse al cambio climático si dispone de las condiciones climáticas adecuadas a futuro (Superficie Potencial Futura, SPF) en las que poder establecerse y si están adyacentes a o se solapan con las áreas de distribución actual. El punto de partida de referencia es la distribución actual del hábitat terrestre en la CAPV (Superficie Actual, SA). Las medidas de adaptación que se implementen en relación a este indicador buscarían mantener y mejorar el estado de conservación del hábitat terrestre en los polígonos donde se solapen ambas superficies comparadas.
	Ind. 5	Persistencia	Un hábitat terrestre puede tener una mayor capacidad de adaptación si se amplía su superficie de distribución tanto en el presente como en el futuro mediante la implementación de medidas de adaptación. El punto de partida de referencia del indicador es la distribución potencial del hábitat terrestre en la CAPV (Superficie Potencial Actual, SPA). Las medidas de adaptación que se implementen en relación a este indicador buscarían identificar zonas con condiciones climáticas adecuadas para albergar el hábitat terrestre (tanto en el presente como en el futuro) donde podría planificarse su establecimiento.

3

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO CLIMÁTICO DE LOS HÁBITATS TERRESTRES EN LA CAPV



En este apartado se detalla la metodología diseñada para el cálculo del Índice de riesgo climático para los 40 hábitats terrestres (Hábitats de Interés Comunitario y Regional) de la CAPV.

Los pasos dados se han estructurado de la siguiente forma:

1. Identificación y valoración de los impactos del cambio climático sobre los hábitats terrestres de la CAPV (**Apartado 3.1.**).
2. Identificación de las cadenas de impactos (**Apartado 3.2.**).
3. Establecimiento del esquema metodológico general (**Apartado 3.3.**).
4. Cálculo del Índice de riesgo climático (**Apartado 3.4.**).

3.1.

Identificación y valoración de los impactos del cambio climático en los hábitats terrestres

Según el IPCC (2014b) los impactos son los efectos en los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos debidos a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos.

Los ecosistemas terrestres ocupan el 92 % de la superficie de la CAPV, siendo el 56 % hábitats naturales y seminaturales (bosques, prados, matorrales y arbustos), el 31 % plantaciones forestales y el 12 % cultivos. El 58 % de los hábitats naturales de la CAPV son Hábitats de Interés Comunitario de los cuales el 14 % son Hábitats de Interés Prioritario. Por otra parte, la ocupación de parte del territorio de la CAPV por plantaciones forestales en la parte

atlántica y de viñedos y otros monocultivos en la zona mediterránea, dificulta la capacidad de reacción de los ecosistemas terrestres ante los impactos del cambio climático. Los hábitats terrestres como los bosques mixtos se encuentran muy fragmentados, especialmente en la vertiente atlántica (Gobierno Vasco, 2015).

A efectos de esta metodología, el foco se puso sobre la amenaza asociada a los cambios de temperatura y precipitación promedio que pueden llegar a generar unas condiciones climáticas que no sean propicias para un hábitat terrestre determinado (ver **Apartado 1.4.**). Ambos impactos climáticos se han seleccionado debido a que son la única información climática existente sobre la que existen escenarios regionalizados para la CAPV (Ihobe, 2017). Así, los estresores climáticos considerados fueron:

- Variación de las temperaturas: medias, máximas y mínimas.
- Variación en las precipitaciones: régimen, frecuencia y gravedad.

Hay que tener en cuenta además que las condiciones climatológicas, topográficas, ecológicas y también socioeconómicas son diferentes en las dos vertientes que caracterizan el territorio de la CAPV (vertiente atlántica y mediterránea):

- La vertiente atlántica, con una pluviosidad media anual de 1.323 mm, se caracteriza por presentar grandes pendientes (el 62 % de su superficie en pendientes superiores al 30 %). Por lo que la problemática de los hábitats terrestres está asociada principalmente a los eventos relacionados con las precipitaciones intensas (movimientos de tierras, erosión e inundaciones).
- La vertiente mediterránea, con una precipitación de 874 mm anuales y menores pendientes (el 26 % de su superficie en pendientes superiores al 30 %), el impacto del cambio climático se expresa principalmente en forma de sequías y déficit hídrico, que será la afección principal a la que se verán sometidos los hábitats terrestres de esta vertiente.

En las dos vertientes habrá un mayor peligro de incendios incontrolados y el aumento de la frecuencia de incendios afectará a la distribución de

especies, sobre todo en la vertiente mediterránea. Además, se verá afectada la polinización en todo el territorio y se esperan cambios en las interacciones entre las especies de flora y sus polinizadores (Gobierno Vasco, 2015).

A partir de los estresores climáticos, se analizaron los diferentes impactos que se podían generar sobre los hábitats terrestres de la CAPV. Para ello se utilizaron indicadores de impactos que son herramientas para poder establecer las repercusiones de un fenómeno concreto sobre el sistema a estudiar. En la bibliografía consultada para este proyecto KLIMATEK algunos de los indicadores de impactos para los ecosistemas que se repiten en los diferentes documentos fueron: la reducción de la biodiversidad; la alteración de los ciclos biogeoquímicos; las variaciones en las poblaciones de las especies que componen el ecosistema, su composición, distribución y abundancia; la salinización tanto del suelo como de las masas de agua; la aridificación de la tierra y el incremento de la erosión tanto del suelo como costera. En el caso de los ecosistemas terrestres, los indicadores de impactos más relevantes fueron: el aumento de la frecuencia y la gravedad de las sequías, los cambios en los regímenes de incendios, la mediterraneización, las variaciones en la humedad disponible en el suelo, las variaciones en las características de los paisajes sobresalientes, las variaciones en la cubierta vegetal y los cambios en los usos del suelo.

Las consecuencias de dichos impactos sobre los hábitats terrestres se pueden observar a partir de la pérdida de biodiversidad (reducción de poblaciones de especies, pérdida de hábitats, pérdida genética); el cambio en la abundancia, composición, localización y distribución de especies y comunidades; el incremento de enfermedades y plagas; la alteración de las migraciones de algunas especies o el desplazamiento de comunidades existentes; el desajuste en las relaciones entre especies; los cambios en la época de reproducción de algunas especies; la migración de especies hacia el norte y/o hacia mayores elevaciones; la reducción de las conexiones entre hábitats; la pérdida de producción forestal y de densidad arbolada; el decaimiento forestal, la reducción en las tasas de crecimiento del arbolado, la mayor mortalidad de algunas especies forestales, la mayor incidencia de defoliaciones y los cambios en la actividad fotosintética de los ecosistemas forestales.

3.2.

Identificación de las cadenas de impactos en la CAPV

Para la identificación de las cadenas de impactos se tomó como referencia el análisis realizado para la elaboración de la Estrategia de Cambio Climático del País Vasco 2050 (Gobierno Vasco, 2015) donde se analizó el sector de los hábitats terrestres y costeros (Figura 1).

Se elaboraron sendas cadenas de impactos para la vertiente atlántica (Figura 16) y la vertiente mediterránea (Figura 17).

La cadena de impactos de la vertiente atlántica (Figura 16) se centró en el aumento de las precipitaciones que a priori parece ser el principal estresor climático (Gobierno Vasco, 2015).

En el caso de la vertiente mediterránea, la cadena de impactos (Figura 17) se centró en los estresores climáticos del aumento de las temperaturas y el descenso de la precipitación que dándose de manera gradual pueden afectar a los hábitats terrestres en dicha vertiente (Gobierno Vasco, 2015).

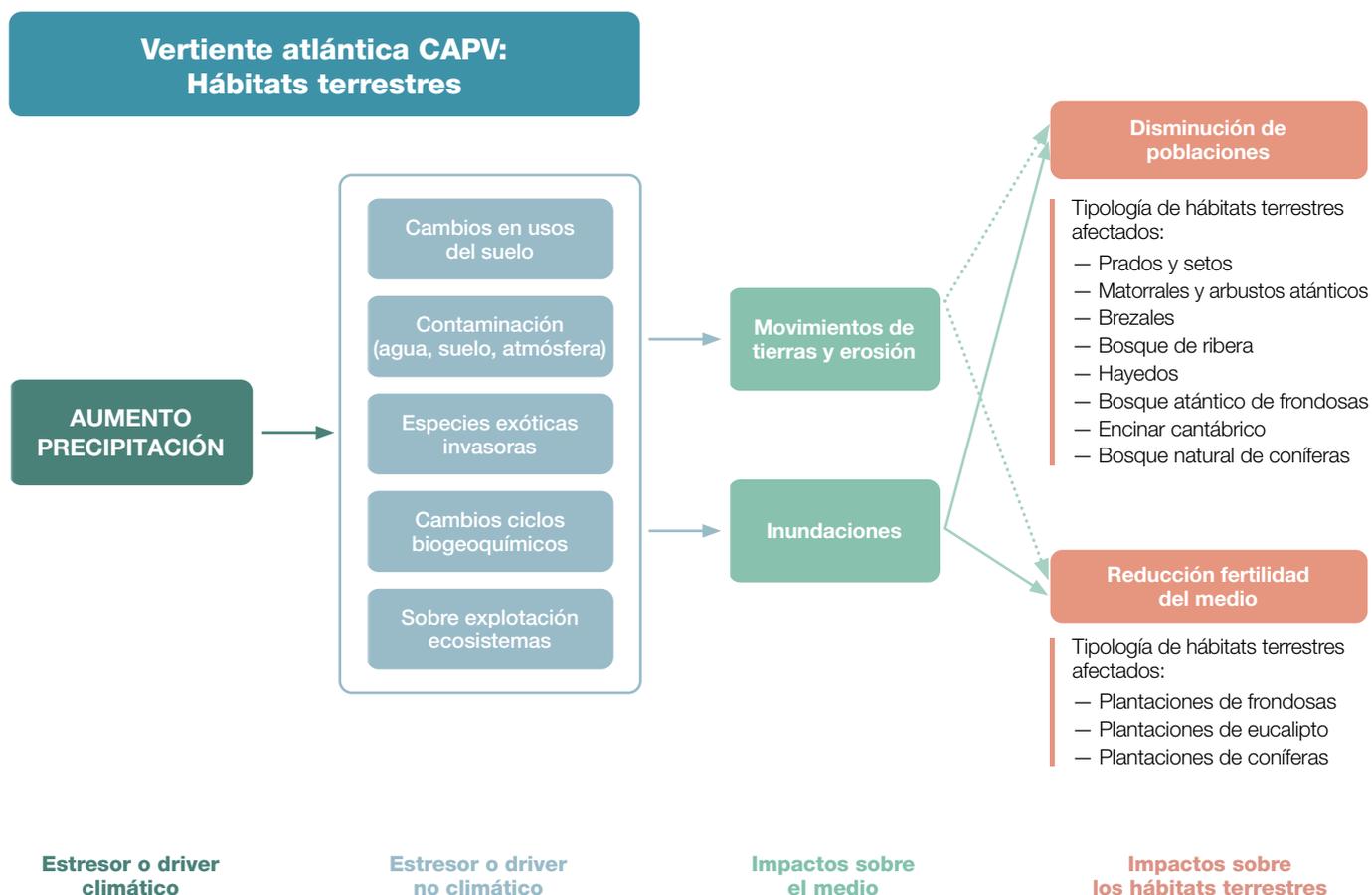


Figura 16. Representación gráfica de la cadena de impactos identificada para los hábitats terrestres de la vertiente atlántica en la CAPV. Adaptada de Gobierno Vasco (2015).

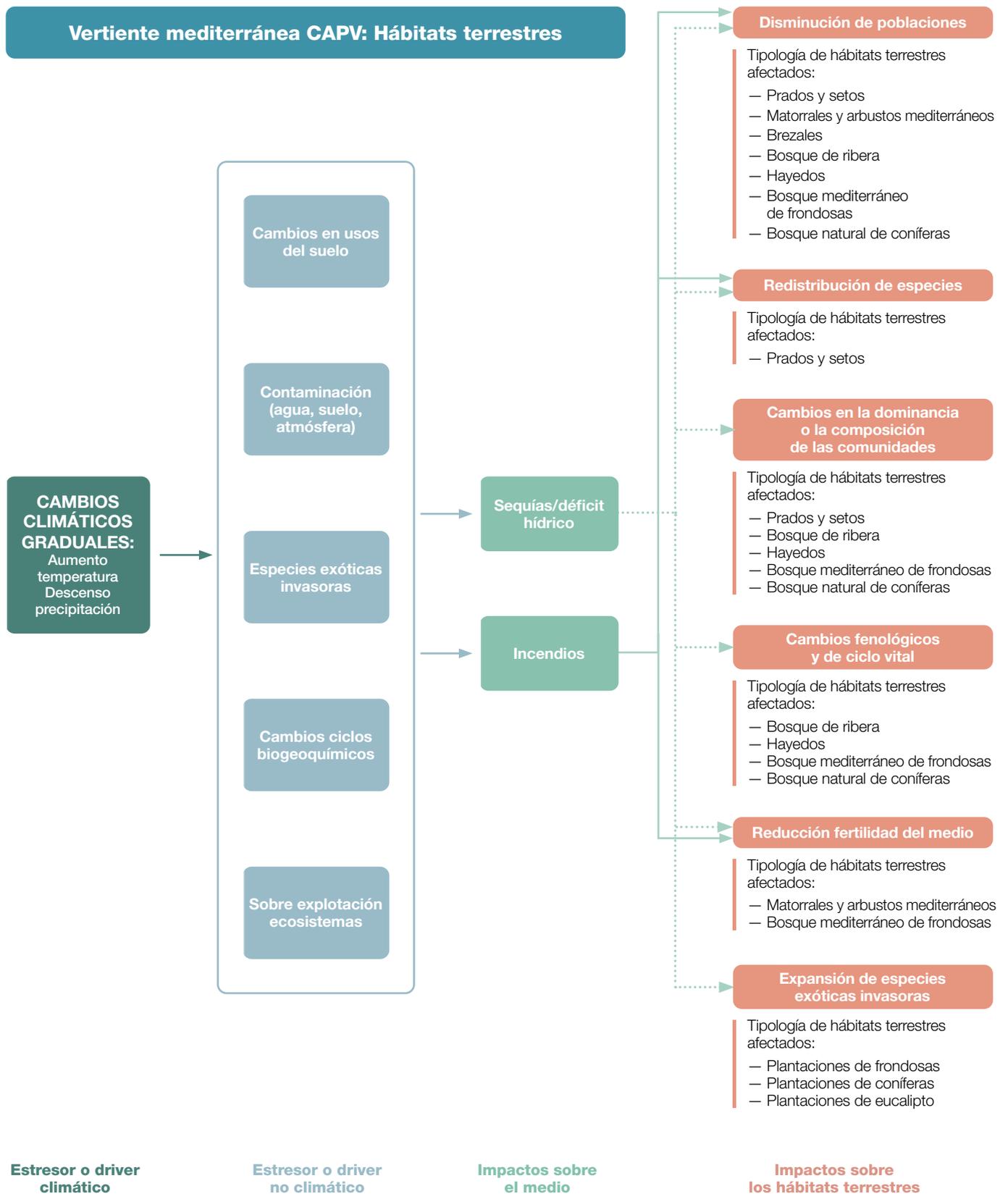


Figura 17. Representación gráfica de la cadena de impactos identificada para los hábitats terrestres de la vertiente mediterránea en la CAPV. Adaptada de Gobierno Vasco (2015).

3.3. Esquema metodológico general

Se define como riesgo climático el potencial de consecuencias cuando un elemento de valor está en juego y tanto la ocurrencia como el grado de un resultado son inciertos (Figura 2). El riesgo climático resulta de la interacción del peligro o amenaza relacionado con el clima, de la exposición a lo largo del tiempo a dicho peligro o amenaza, de la vulnerabilidad del sistema afectado, así como de la probabilidad de su ocurrencia (IPCC, 2014b).

Siguiendo el esquema del IPCC (2014b), el Índice de riesgo climático se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo climático} = \text{Probabilidad de ocurrencia} \cdot \text{Exposición} \cdot \text{Vulnerabilidad}$$

Cabe destacar que en el marco de este proyecto se consideró que, siguiendo las afirmaciones

contenidas en los informes del IPCC sobre la afectación del cambio climático en los ecosistemas terrestres (IPCC, 2014b), la probabilidad de ocurrencia podría encontrarse en un rango superior al 90% (alta-muy alta). Aplicando el principio de precaución, se asumió que la probabilidad de ocurrencia de los impactos del cambio climático a partir de las variaciones de la temperatura y de las precipitaciones en la CAPV era del 100%. Así, el cálculo del Índice de riesgo climático para los 40 hábitats terrestres de la CAPV se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo climático} = 1 \cdot \text{Exposición} \cdot \text{Vulnerabilidad}$$

$$\text{Riesgo climático} = \text{Exposición} \cdot \text{Vulnerabilidad}$$

En la Figura 18 se sintetiza de manera conceptual el esquema metodológico llevado a cabo en este proyecto para el cálculo del Índice de riesgo climático.

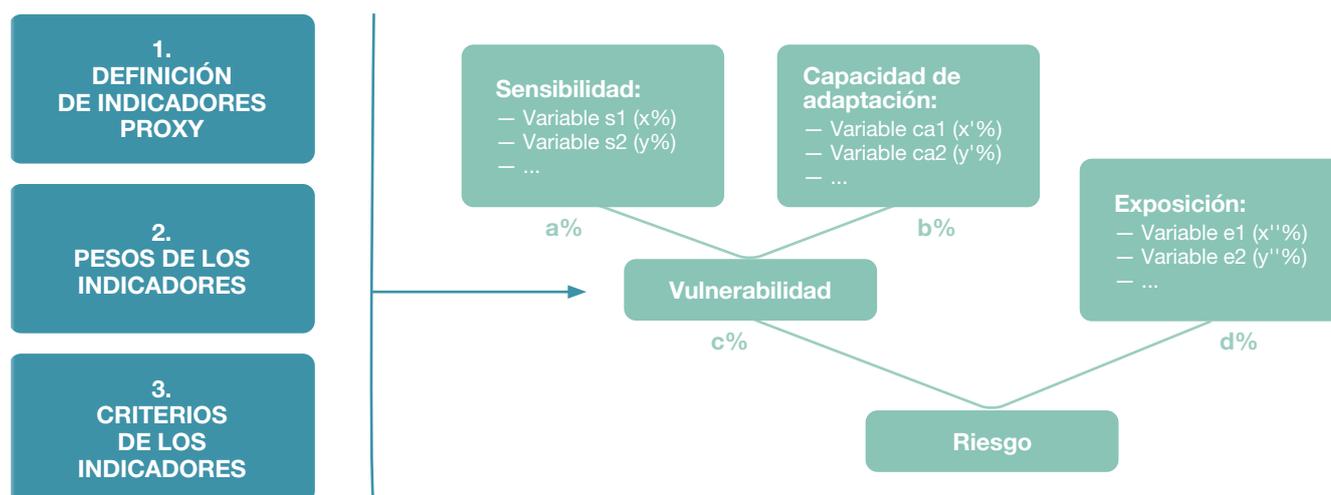


Figura 18. Esquema conceptual basado en el IPCC (2014b) para el cálculo del Índice de riesgo climático de los hábitats terrestres de la CAPV.

Normalmente, los resultados del cálculo del Índice de riesgo climático se presentan en una lista o ranking, donde se categorizan y ponderan los distintos elementos analizados. Estos listados son importantes porque permiten identificar las principales vulnerabilidades y en consecuencia, las prioridades para la acción. Lo que conllevará una mejor planificación de las medidas de adaptación que vayan a reducir esa vulnerabilidad en el territorio. De esta manera, las decisiones que se vayan a tomar sobre adaptación al cambio climático se podrán fundamentar en el análisis del riesgo climático, lo que permitirá a las personas gestoras disponer de información para reducir dichos riesgos de manera efectiva mediante la acción climática.

Cabe destacar que únicamente se pueden establecer comparaciones entre los elementos evaluados a la vez en cada análisis, es decir, los resultados se presentan como una ponderación relativa entre los elementos comparados. Por lo que el valor del Índice de riesgo climático nunca deberá ser tomado como un dato cuantitativo individual.

3.3.1. Esquema metodológico para la exposición

Según el IPCC (2014b), la exposición al cambio climático es la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, servicios y recursos ambientales, infraestructuras, o activos económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente por el cambio climático. Una vez seleccionado y caracterizado el ámbito de estudio, se debe analizar en qué medida se verá expuesto al cambio climático. Como ya se ha comentado anteriormente, el IPCC no indica la metodología para el análisis de la exposición, por lo que en cada caso se deberá desarrollar una metodología propia.

En el marco de este proyecto KLIMATEK se estableció que se utilizaría la modelización ecológica para el cálculo de la exposición de manera cuantitativa y georreferenciada (ver **Apartado 2.3.2.**). Los Modelos de Distribución Potencial se soportan en métodos estadísticos que intentan establecer una relación entre los valores de las variables independientes y la presencia o ausencia de las especies.

Existe un gran número de técnicas estadísticas disponibles en modelización ecológica. Los resultados que ofrecen las diferentes opciones pueden ser diferentes entre sí y la selección de la técnica condiciona la calidad de los resultados (Elith *et al.*, 2006; Mateo *et al.*, 2010a). En la actualidad, en lugar de emplear una única técnica de modelización, se recomienda emplear modelos de consenso (Araújo y New, 2007) que combinan los resultados de varias técnicas de modelización y tienen en cuenta la posible incertidumbre inherente de cada modelo.

En cualquier caso, el objeto de modelizar la exposición no es predecir áreas de distribución de los hábitats terrestres, sino cuantificar el grado de exposición al cambio climático de las distribuciones actuales de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

3.3.2. Esquema metodológico para el Índice de vulnerabilidad

El IPCC (2014b) define la vulnerabilidad al cambio climático como la propensión o predisposición a verse afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño, así como la capacidad de respuesta y adaptación a los cambios climáticos.

Aplicando el esquema del IPCC (2014b) al presente trabajo, el objeto de la evaluación de la vulnerabilidad fue priorizar los 40 hábitats terrestres y los espacios Natura 2000 que los albergan en base a la predisposición de cada hábitat terrestre a verse afectado negativamente por los cambios en las condiciones climáticas medias.

El Índice de vulnerabilidad se calculó a partir de la sensibilidad y la capacidad de adaptación (**Figura 2**):

- La sensibilidad se define como el grado en el que se ve afectado un sistema o especie, tanto adversa como beneficiosamente, por la variabilidad o el cambio en el clima (IPCC, 2014b). El efecto puede ser directo o indirecto. En el caso de este proyecto, este concepto se entiende como el grado en que los hábitats terrestres se ven potencialmente afectados por el cambio climático.

— La capacidad de adaptación se define como el potencial (combinación de fortalezas, atributos y recursos disponibles) de los sistemas, instituciones, seres humanos y otros organismos para prepararse y emprender acciones para adaptarse a los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o responder a las consecuencias (IPCC, 2014b). En el marco de este proyecto, se entiende como la capacidad que

tienen los hábitats terrestres para adaptarse al cambio climático.

Al no existir una forma directa de medir la vulnerabilidad, se utilizan índices integrados por indicadores o variables indirectas (o *proxy*⁴⁹). En la **Figura 18** se presenta el esquema conceptual utilizado para la definición del Índice de vulnerabilidad de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

3.4. Cálculo del índice de riesgo climático

El cálculo del Índice de riesgo climático se realizó a nivel de tesela mediante Sistemas de Información Geográfica (ArcGis). El valor de riesgo numérico se encuentra en una escala numérica adimensional que oscila entre 0 y 3, cuanto mayor es el valor, mayor es el riesgo al cambio climático que presenta la tesela.

A partir de los datos a nivel de tesela se llevó a cabo un proceso de cálculo mediante las

herramientas de ArcGis que permitió calcular valores de riesgo climático a nivel de hábitat terrestre para toda la CAPV y de espacio Natura 2000. En la **Figura 19** se representa a modo de síntesis de manera esquemática y simplificada el proceso de obtención del Índice de riesgo climático a nivel de tesela. El proceso de cálculo y las diferentes fórmulas aplicadas se detallan en el **Apartado 3.4.3**.

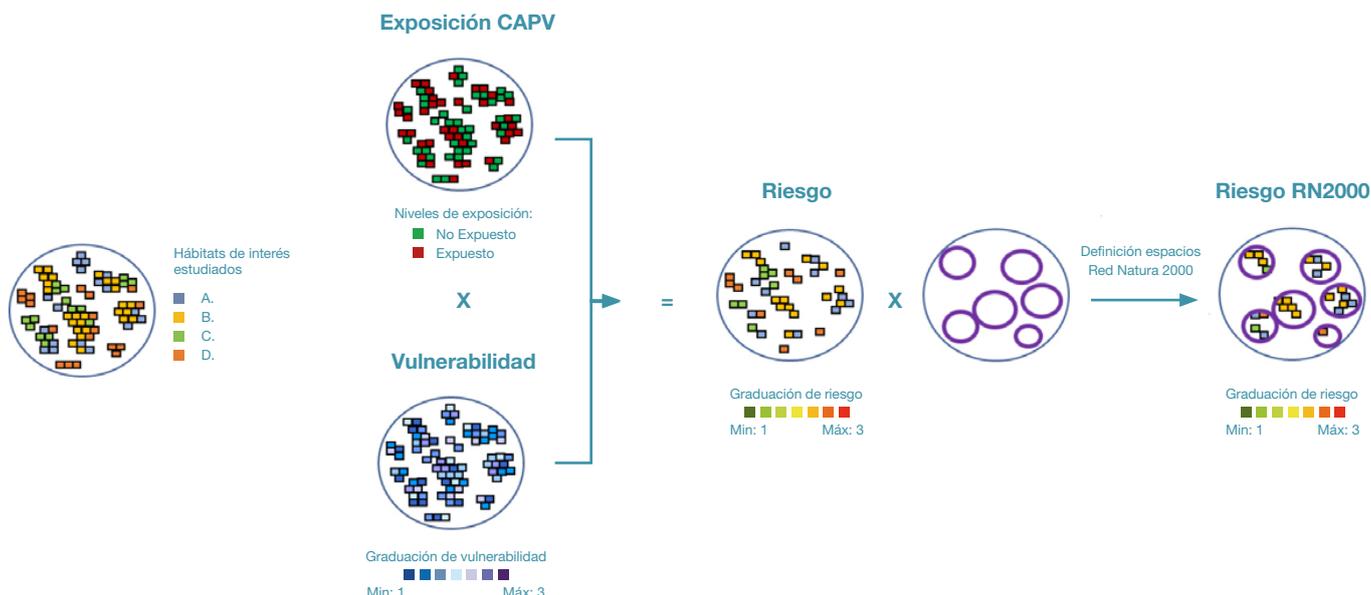


Figura 19. Representación del proceso de obtención del Índice de riesgo climático a nivel de tesela para los 40 hábitats terrestres de la CAPV. Una vez obtenido el Índice de riesgo climático, en una segunda fase se seleccionaron las teselas dentro de espacios Natura 2000 para determinar el riesgo de cada espacio.

⁴⁹ En este contexto, se define *proxy* como una medida indirecta que se aproxima a, o representa un fenómeno en ausencia de una medida directa.

De estas operaciones se obtiene una completa base de datos que, aplicando los filtros y las operaciones matemáticas adecuadas, permite calcular promedios estadísticos ponderados relativos al Índice de riesgo climático y de todos los Índices e Indicadores utilizados a nivel de hábitat (Figura 19).

Del mismo modo, cortando las capas de resultados para los diferentes Índices e Indicadores con la capa que delimita los espacios Natura 2000 en la CAPV, se obtiene la base de datos que abarca

los citados espacios, pudiendo hacer foco en la Red Natura 2000 de la CAPV.

Se pueden consultar los resultados numéricos a nivel de hábitat terrestre y de espacio Natura 2000 en el documento de resultados (Ihobe, 2021b) y en la cartografía asociada al proyecto.

En la Figura 20 se incluyen a modo de síntesis los pasos dados para el cálculo del Índice de riesgo climático que se detallan en los siguientes subapartados.

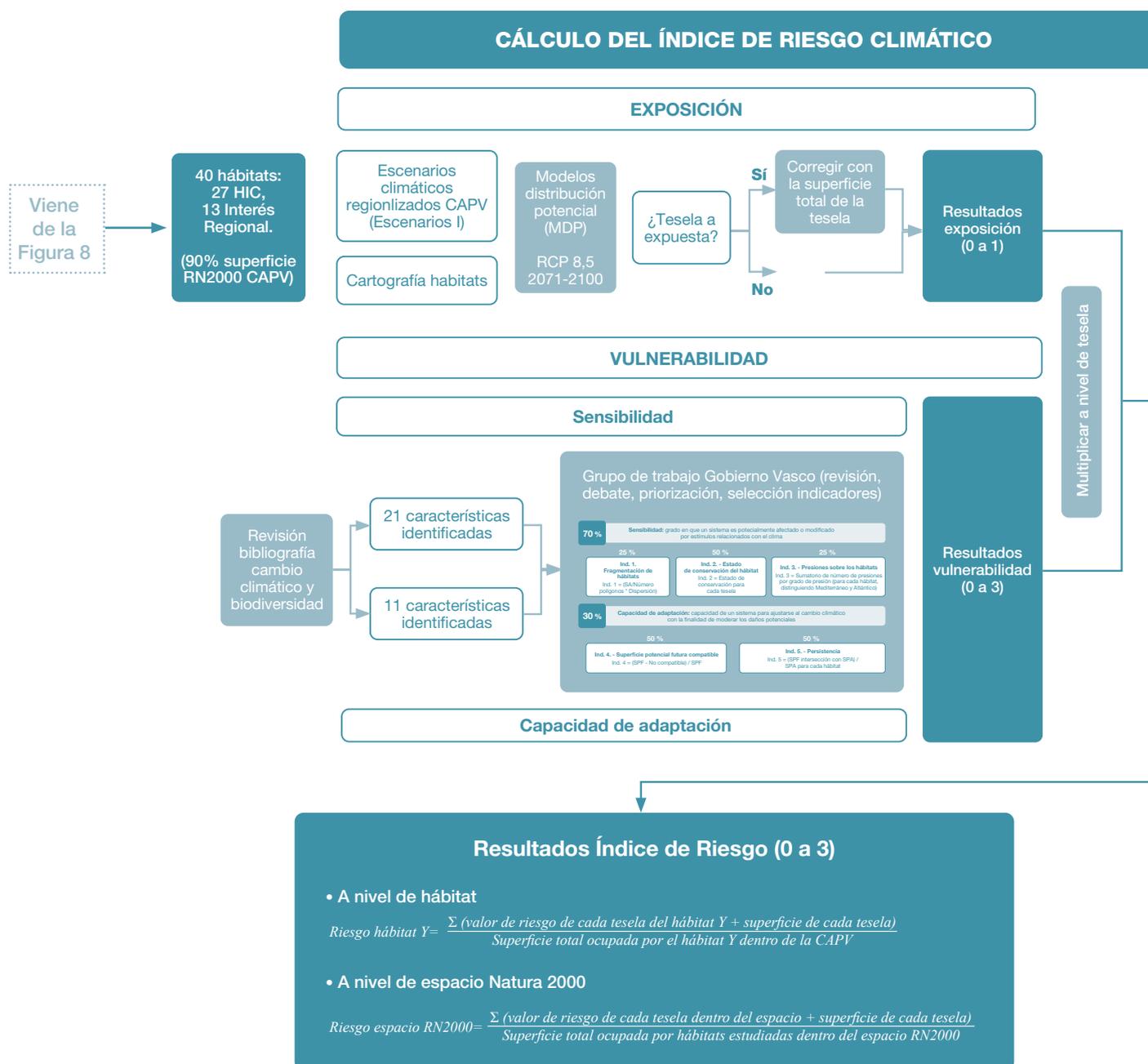


Figura 20. Síntesis de la metodología para el cálculo del Índice de riesgo de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

3.4.1. Cálculo de la exposición de los hábitats terrestres mediante Modelos de Distribución Potencial

El análisis de la exposición se basó en el estudio de la distribución potencial de los hábitats terrestres seleccionados mediante Modelos de Distribución Potencial en el escenario de cambio climático (RCP 8,5 y periodo 2071-2100).

La exposición se calculó de forma binaria mediante la modelización (ver **Figura 9**):

- Cuando la Superficie Actual (SA) de un hábitat coincide geográficamente con su distribución potencial (o Superficie Potencial Futura, SPF) en el escenario de cambio climático, se considera que no existe exposición y se le asigna un valor de 0. Es decir, en este caso, las condiciones climáticas de la zona todavía podrían albergar dicho hábitat ya que existirían Superficies Potenciales Futuras (SPF).
- Cuando la Superficie Actual (SA) de un hábitat no coincide geográficamente con su distribución potencial en el escenario de cambio climático (SPF), se considera que sí existe exposición y se le asignará un valor de 1. Es decir, en este caso, las condiciones climáticas de la zona se modificarían y ya no podrían albergar dicho hábitat porque no existirían Superficies Potenciales Futuras (SPF).

Se aplicó un modelo de consenso, lo que implica utilizar combinadamente diferentes técnicas y modelos con el fin de evitar los errores y los sesgos que podría causar el uso de un solo modelo, disminuyendo así la incertidumbre de los resultados obtenidos. El modelo de consenso se aplicó para cada hábitat terrestre empleando tres técnicas estadísticas diferentes:

- Modelos lineales generalizados o *Generalized Linear Models (GLM)* en inglés (McCullagh y Nelder, 1989).
- *Boosted Regression Trees (BRT)* (Friedman, 2001).
- *Random Forest (RF)* (Breiman, 2001).

Para ello se utilizó el modelo de distribución de especies BIOMOD que se había utilizado previamente de manera efectiva en varios trabajos relacionados con los efectos del cambio climático (Patiño *et al.*, 2016).

En primer lugar se realizó una selección de las variables a emplear en el modelo bajo el criterio de que no deben estar correlacionadas estadísticamente entre sí (Dormann *et al.*, 2013), y por su importancia ecológica en la distribución de especies y comunidades en los climas mediterráneo y atlántico (Mateo *et al.*, 2019). En el caso de la CAPV se seleccionaron las siguientes variables:

- Litología.
- Temperatura:
 - Rango de temperatura diaria de agosto.
 - Temperatura media de abril.
 - Mínimo valor de las temperaturas diarias de enero.
 - Máximo valor de las temperaturas máximas de agosto.
- Precipitación:
 - Precipitación total de abril.
 - Precipitación total de agosto.

Todas las variables se procesaron en formato ráster de ArcGIS a una resolución aproximada de 800 x 800 m y en el sistema de coordenadas ETRS89 UTM Zona 30N.

Como datos de presencia se emplearon las capas de hábitats extraídas de GeoEuskadi:

- Para los Hábitats de Interés Comunitario: mapa de hábitats de la Directiva Hábitat (2012)⁵⁰.
- Para los Hábitats de Interés Regional: mapa de hábitats con codificación EUNIS (2009)⁵¹.

⁵⁰ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020). Desde junio de 2020 dicha capa no se puede descargar y ha sido sustituida por la capa de 2019.

⁵¹ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020).

Los datos sobre los hábitats terrestres se transformaron a una resolución equivalente a la de las variables climáticas disponibles para la CAPV (aproximadamente 800 x 800 m). Se estableció como criterio que aquellos hábitats con un número inferior a 15 cuadrículas en la zona de estudio se descartaran, ya que no ofrecían la suficiente fiabilidad estadística dentro de la modelización ecológica (Mateo *et al.*, 2010b).

Una vez depurados y preparados los datos para todas las variables, se realizaron 10 réplicas para cada una de tres técnicas (es decir, un total de 30 réplicas para cada hábitat) en las que el 70% de los datos disponibles se emplearon para hacer el modelo y el 30% restante para validarlo mediante el estadístico AUC (área bajo la curva ROC - *Receiver Operating Characteristics*, en inglés; Fielding y Bell, 1997). Este estadístico se corresponde con la probabilidad de que tomado al azar dos casos (una presencia y una ausencia), el modelo otorgue a la presencia un valor mayor de idoneidad, repitiendo este proceso para todos los posibles pares. El valor de AUC está comprendido entre 0 y 1, un valor

de 1 indica que todos los casos se han clasificado correctamente, mientras que un valor de 0,5 indica que el modelo no es diferente de clasificar los casos al azar.

Se eliminaron las réplicas que no ofrecieron suficiente fiabilidad (AUC inferior a 0,8) y se generó la media de las réplicas restantes para obtener el modelo de consenso final.

El resultado del modelo ofreció valores de idoneidad (comprendidos entre 0 y 1000) para cada hábitat terrestre en cada una de las cuadrículas del territorio de la CAPV. Una vez calibrado el modelo con las variables disponibles para las condiciones climáticas de referencia (periodo 1971-2000), se proyectó bajo las condiciones climáticas futuras para el periodo 2071-2100 en el escenario de emisión RCP 8,5. Los modelos se generaron en formato ASCII a una resolución de 800 metros.

En la **Figura 21** se resume el flujograma de cálculo de la exposición de los 40 hábitats terrestres a partir de los Modelos de Distribución Potencial.

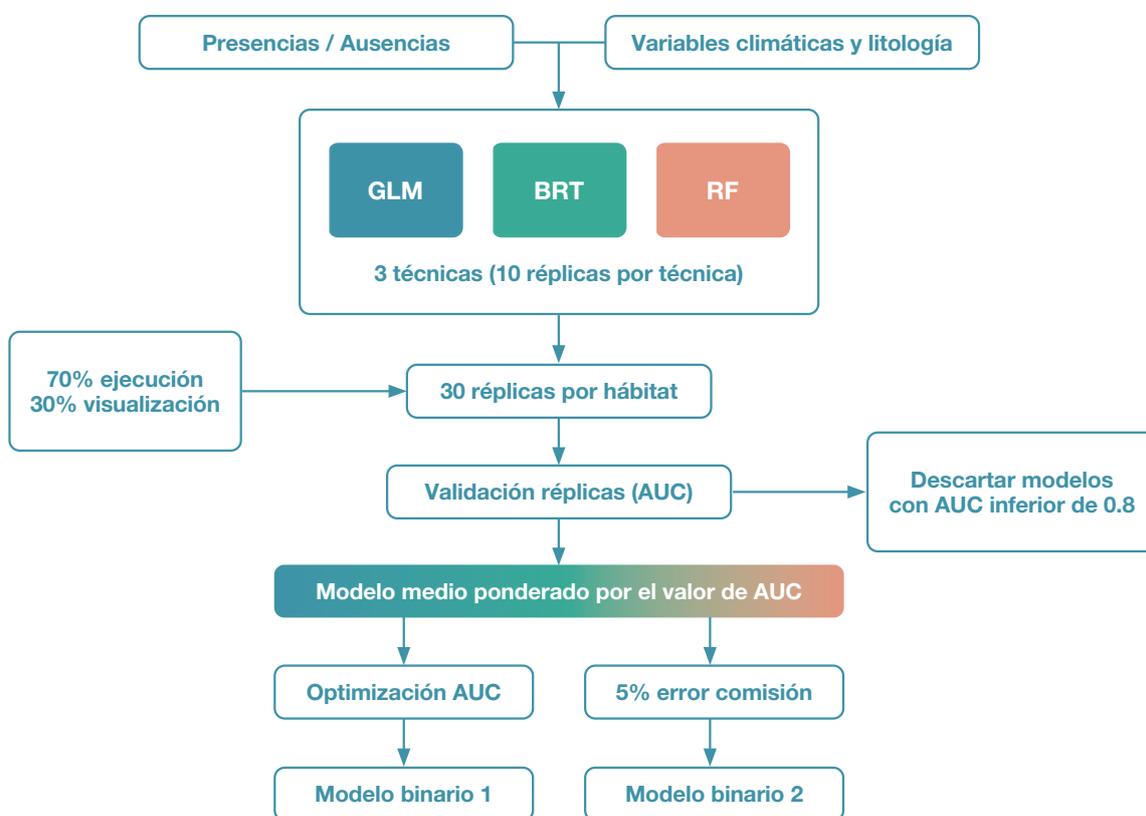


Figura 21. Flujo de trabajo utilizado para generar modelos de consenso a partir de los Modelos de Distribución Potencial de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

Los modelos de consenso originados tienen el inconveniente de que sus valores de idoneidad son continuos (valores comprendidos entre 0 y 1000) y deben ser transformados en modelos binarios, clasificando toda la superficie en presencia potencial (valor 1) o ausencia potencial (valor 0) del hábitat terrestre. De esta forma se pueden calcular áreas y se puede realizar una comparación entre el área actual (SA) y futura predichas (SPF).

Para generar los modelos binarios es necesario un punto de corte que permita clasificar el modelo original en un modelo binario. Como los modelos binarios obtenidos con diferentes puntos de cortes pueden llegar a ser diferentes (Liu *et al.*, 2013), se debe de establecer uno. En este caso, se empleó como punto de corte para realizar los modelos binarios el valor obtenido de la optimización del estadístico AUC (Mateo *et al.*, 2016). De esta forma es posible la comparación de los resultados obtenidos mediante los dos estadísticos y comprobar si los resultados son similares (Mateo *et al.*, 2011).

Posteriormente, se calculó el área (número de píxeles) potencialmente predicha por el modelo para la actualidad (1971-2000) y para el futuro (periodo 2017-2100 en el RCP 8,5) en la CAPV.

Finalmente, se evaluó la exposición al cambio climático de cada hábitat terrestre, para ello se compararon los modelos binarios generados para la actualidad y el futuro. En primer lugar, se generaron archivos en formato ASCII empleando los modelos binarios generados mediante la optimización del estadístico AUC. En segundo lugar, estos archivos se transformaron en figuras en formato PDF para representar visualmente las diferencias. En tercer lugar, se calculó el número de píxeles predichos en cada una de las diferentes categorías para cada uno de los archivos ASCII. En cuarto lugar, se calcularon las áreas en hectáreas donde coincidía la presencia de cada hábitat terrestre tanto para la actualidad como para el futuro.

La salida de los modelos fue llevada a mapas georreferenciados en formato ráster de distribución potencial actual (Superficie Potencial Actual o SPA) y distribución potencial futura (Superficie Potencial Futura o SPF).

En la **Figura 22** se muestra el ejemplo de la representación cartográfica de los resultados del análisis de exposición para el Hábitat de Interés Comunitario 9120-Hayedos acidófilos.

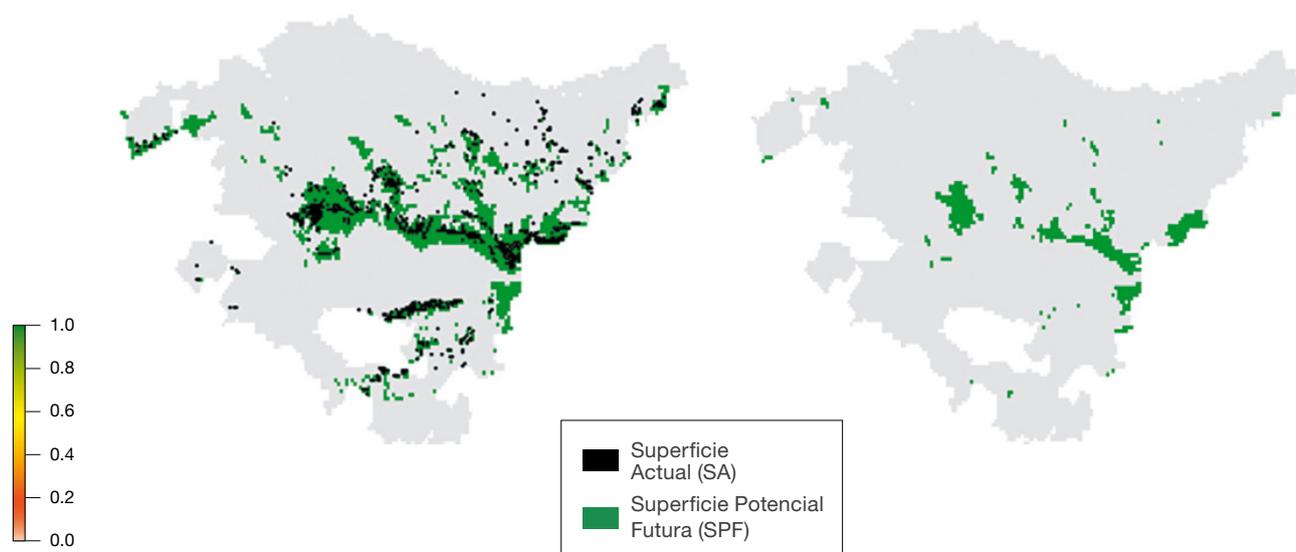


Figura 22. Resultados de la distribución del Hábitat de Interés Comunitario 9120-Hayedos acidófilos mediante la modelización con modelos de consenso. Izquierda: periodo actual donde se representa en negro la Superficie Actual (SA) del hábitat y en verde la Superficie Potencial Actual (SPA) predicha por el modelo de consenso. Derecha: periodo 2017-2100 (para RCP 8,5) donde se representa en verde la Superficie Potencial Futura (SPF) predicha por el modelo.



Como se puede apreciar en la **Figura 22** el modelo de distribución es capaz de predecir la distribución presente del hábitat terrestre. Debido a que únicamente se pudieron incluir las variables climáticas regionalizadas (temperatura y precipitación) la Superficie Potencial Actual (SPA) es más extensa que la Superficie Actual (SA). A partir de la comparativa realizada con los datos presentes, se puede afirmar que los datos de distribución potencial futura (Superficie Potencial Futura, SPF) extraídos de los

modelos podrían predecir la idoneidad de las condiciones climáticas futuras de los 40 hábitats terrestres modelizados. La inclusión de nuevas variables a futuro permitirá ajustar mejor ese solape, pero a grandes rasgos permite calibrar que el modelo resultaría adecuado para el cálculo de la exposición.

En la **Figura 23** se muestran geográficamente los resultados obtenidos para el cálculo de la exposición de los 40 hábitats terrestres.

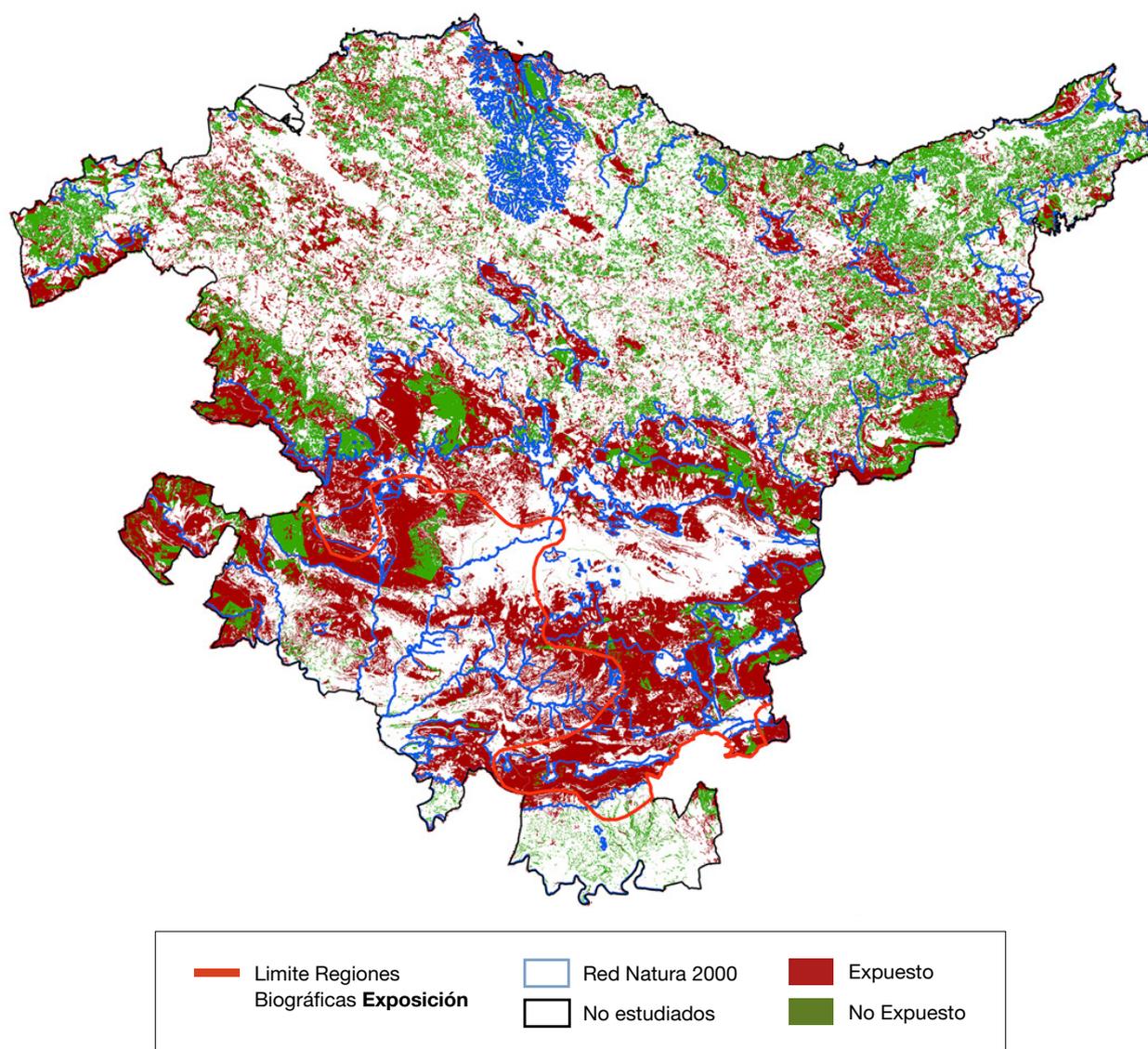


Figura 23. Mapa de exposición al cambio climático de las áreas ocupadas por los 40 hábitats terrestres modelizados en la CAPV. En rojo se representan las áreas expuestas al cambio climático (aquellas en las que la Superficie Actual o SA no coincide con la Superficie Potencial Futura o SFP) y en verde, las zonas no expuestas. En blanco se representan las zonas sin datos (zonas que no incluyen los hábitats seleccionados o que albergan infraestructuras). En azul se han representado los límites territoriales de los espacios Natura 2000 en la CAPV.



Se puede observar que las áreas del territorio que presentarían una mayor exposición al cambio climático son las zonas actuales de frontera climática, donde las zonas sureste y noroeste de Araba/Álava y oeste de Bizkaia albergarían las superficies de hábitats terrestres más expuestas al cambio climático (**Figura 23**).

3.4.1.1. Nota metodológica: propuesta para la consideración de las variaciones en las condiciones hídricas en el cálculo de la exposición de los hábitats de ribera

En el caso de los Hábitats de Interés Comunitario de la CAPV 9160-Robledales mesótrofos subatlánticos de *Quercus robur*; 91E0-Alisedas y fresnedas y 92A0-Saucedas y choperas mediterráneas, las modelizaciones a partir de los modelos de consenso no reflejarían las variables climáticas que afectan a su distribución, al ser hábitats muy ligados a las condiciones hídricas del suelo. Así, una disminución en las reservas hídricas supondría una exposición a los efectos del cambio climático.

Por esta razón como prueba piloto se realizó un análisis complementario para las cuencas fluviales de 3 espacios Natura 2000 (ZEC Río Zadorra (ES2110010); ZEC Río Barrundia (ES2110017); ZEC Río Araxes (ES2120012)) con una superficie significativa de estos tipos de hábitats teniendo en cuenta:

- el nivel de precipitación (mensual, estacional y anual) para cada cuenca.
- la Evapotranspiración Potencial de cada área (ETP).

En primer lugar, se realizó una comparación de los niveles de precipitación media entre el escenario de referencia (1971-2000) y el escenario RCP 8,5 (2071-2100) y posteriormente, se calculó la cantidad de agua de reserva o excedente hídrico para cada hábitat y cuenca restando los valores de evapotranspiración potencial (ETP) a los valores de precipitación. De esta manera se puede observar si las necesidades hídricas de la vegetación estarían cubiertas con las precipitaciones previstas en el escenario de cambio climático, sirviendo de información adicional para la valoración de la exposición de este tipo de hábitats.

3.4.2. Cálculo de la vulnerabilidad para los hábitats terrestres

En primer lugar, se calcularon los valores individuales para cada indicador mediante operaciones matemáticas cartográficamente realizadas a nivel tesela, utilizando un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS). A cada indicador se le asignó un valor en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo (asociado con una mayor vulnerabilidad) y 1 el valor mínimo (asociado con una menor vulnerabilidad).

Posteriormente, se calculó el Índice de sensibilidad y el Índice de la capacidad de adaptación en función de las fórmulas diseñadas y los pesos otorgados a cada indicador (**Figura 24**).

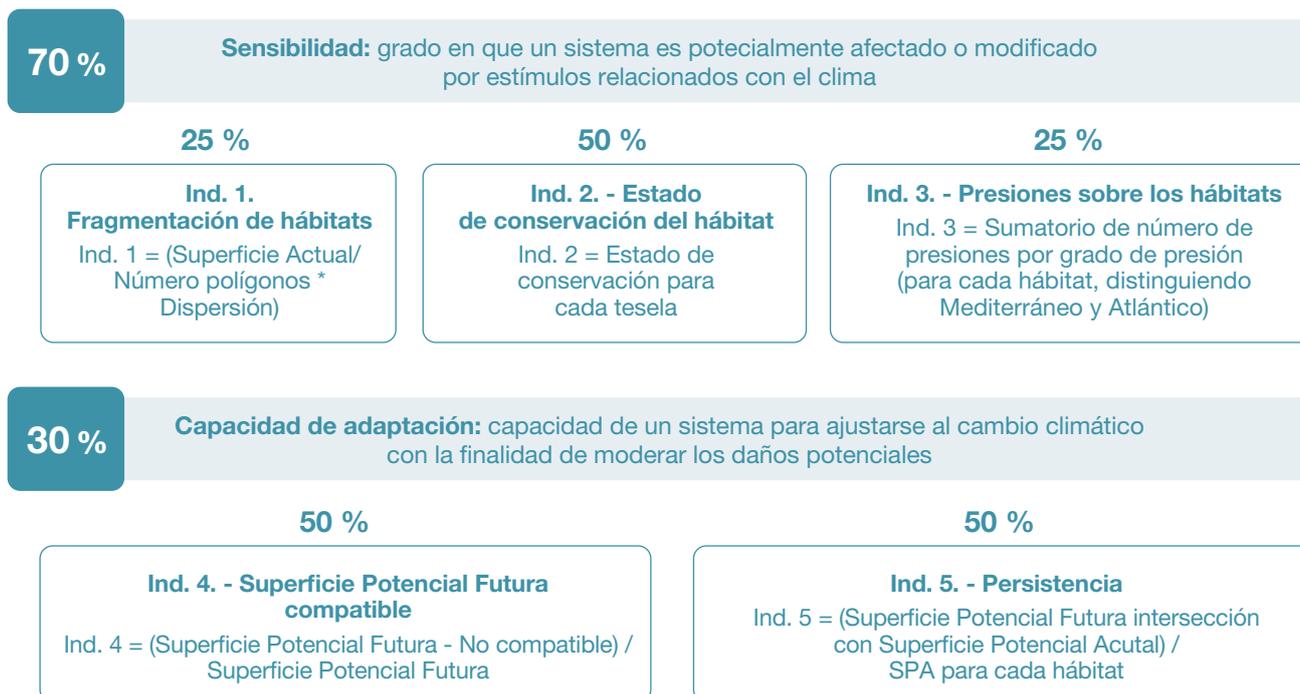


Figura 24. Indicadores utilizados para el cálculo de del Índice de vulnerabilidad de los 40 hábitats terrestres de la CAPV y los pesos de ponderación para cada indicador e índice.

El reparto de las ponderaciones o pesos de cada indicador (**Figura 24**) fue del 70% para el Índice de sensibilidad (un valor habitual en la bibliografía) y del 30% para el Índice de la capacidad de adaptación. Se seleccionaron tres indicadores para la sensibilidad y dos indicadores para la capacidad de adaptación.

Estas operaciones generaron una serie de mapas con los resultados numéricos de cada indicador a nivel de tesela y que se pueden consultar en la cartografía anexa del proyecto.

De cara a poder realizar una comparativa que permitiera priorizar el riesgo climático entre los 40 hábitats terrestres analizados con una perspectiva regional, se calcularon los promedios estadísticos ponderados relativos a cada uno de los indicadores para cada uno de los 40 hábitats terrestres. De manera que se obtuvo un resultado numérico a modo de síntesis y que se puede consultar en el documento de resultados (Ihobe, 2021b).

Asimismo, para realizar una priorización dentro de la Red Natura 2000 de la CAPV se realizó

un cálculo de cada indicador para cada espacio Natura 2000 donde se encontraban presentes dichos hábitats terrestres. Los resultados se pueden consultar en el documento de resultados (Ihobe, 2021b).

En los siguientes subapartados se detallan los cálculos realizados para cada uno de los componentes del Índice de vulnerabilidad.

3.4.2.1. Cálculo del Índice de sensibilidad

Se procedió al cálculo de los indicadores que forman este componente. A continuación, se presentan a modo de ficha las descripciones para el cálculo de cada uno de los indicadores que lo componen y la representación gráfica de éstos.

3.4.2.1.1. Sensibilidad: cálculo del Indicador de fragmentación de los hábitats terrestres

El cálculo del Indicador de fragmentación de los 40 hábitats terrestres de la CAPV se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Descripción del indicador para el cálculo de la fragmentación de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

INDICADOR 1. FRAGMENTACIÓN DE LOS HÁBITATS	
Peso del indicador en la sensibilidad	25 %
Justificación	<p>Indicador del número de áreas de un hábitat aisladas entre sí por una matriz con propiedades diferentes a la del hábitat original. Un hábitat fragmentado presentará una mayor sensibilidad al cambio climático.</p> <p>Según la metodología de cálculo para la fragmentación establecida en el documento (Gurrutxaga, 2003).</p> <p>La ecuación utilizada para calcular el Índice de fragmentación (F) fue la siguiente:</p> $F = \frac{\text{Superficie total del hábitat}}{(\text{n}^\circ \text{ de manchas} \cdot R_c)}$ <p>Donde,</p> <p>Dispersión de las manchas (R_c):</p> $R_c = 2 \cdot d_c \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)$ <p>d_c = distancia media desde una mancha (su centro o centroide) hasta la mancha más cercana. λ = densidad media de manchas.</p> $\lambda = \left(\frac{\text{n}^\circ \text{ de manchas}}{\text{superficie total del área de estudio en hectáreas}} \right) \cdot 100 = \text{n}^\circ \text{ manchas por cada 100 ha}$
Cálculo del indicador	
Fuente de información	<p>Cartografía de hábitats de la CAPV:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Para los Hábitats de Interés Comunitario: mapa de hábitats de la Directiva Hábitat (2012)⁵². — Para los Hábitats de Interés Regional: mapa de hábitats con codificación EUNIS (2009)⁵³.
Resultado esperado	<p>Un valor numérico adimensional que se asigna en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo y 1 el valor mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Un valor numérico adimensional para cada tipo de hábitat terrestre. Se asigna este valor numérico a la superficie actual de cada hábitat. — Un valor numérico adimensional para cada espacio Natura 2000 a partir de la media ponderada de cada hábitat terrestre de los 40 modelizados que se encuentran en cada uno de los espacios que integran la Red Natura de la CAPV.

⁵² <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020). Desde junio de 2020 dicha capa no se puede descargar y ha sido sustituida por la capa de 2019.

⁵³ <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia/Biota/Habitats/> (Último acceso 20-12-2020).

En la **Figura 25** se muestran geográficamente los resultados obtenidos para el cálculo del Indicador de

la fragmentación de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

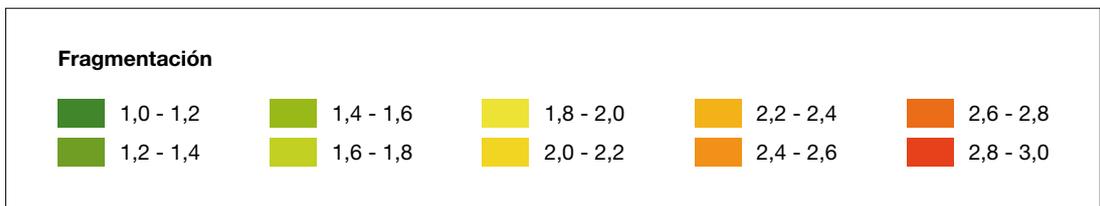
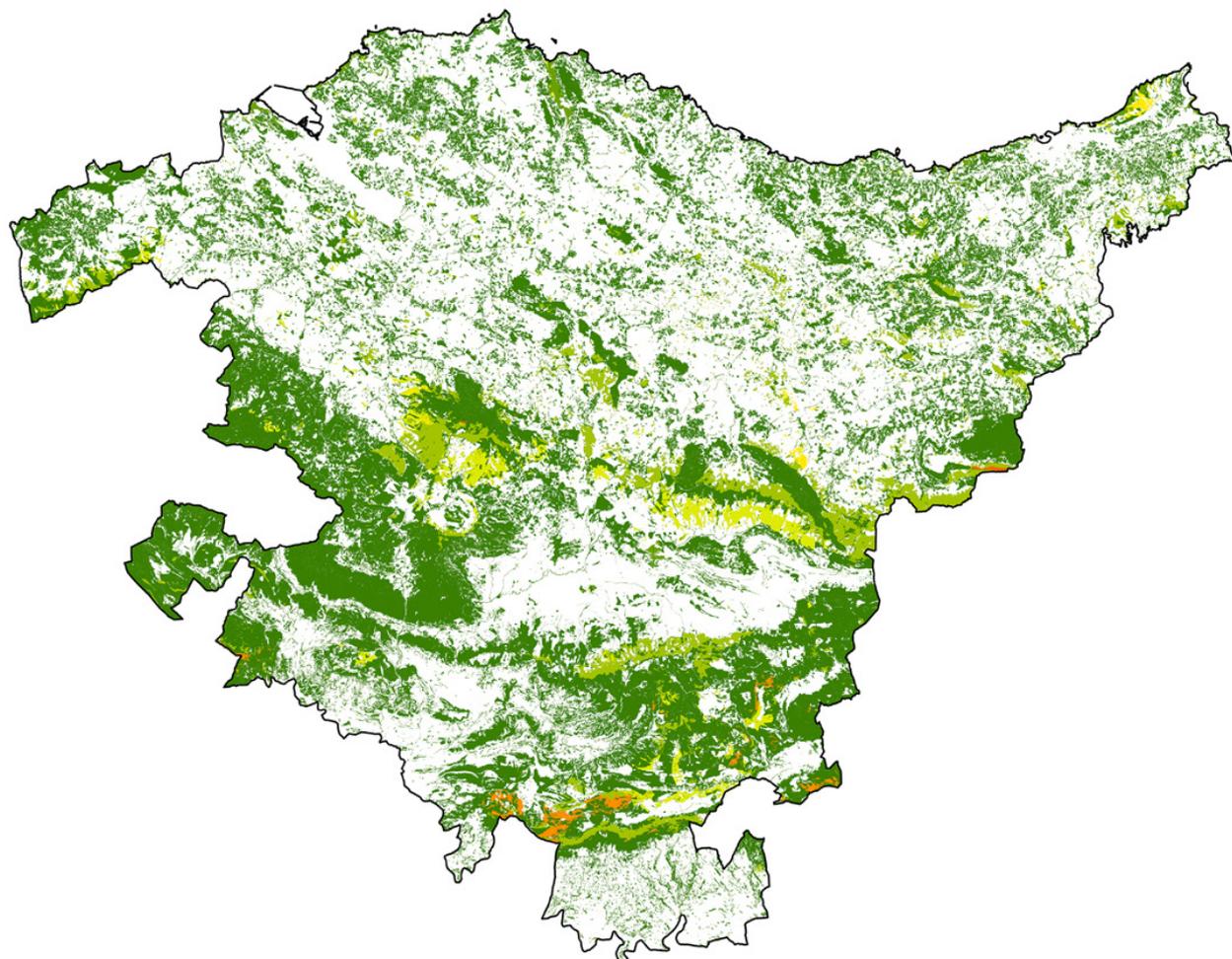


Figura 25. Indicador de fragmentación para los 40 hábitats terrestres de la CAPV. La fragmentación representa el número de áreas de un hábitat aisladas entre sí por una matriz con propiedades diferentes a la del hábitat original. Se representa en una escala adimensional de 1 (más favorable, en verde) a 3 (más desfavorable, en rojo). En blanco las zonas sin datos que representan zonas sin hábitats seleccionados o que albergan infraestructuras.



3.4.2.1.2. Sensibilidad: cálculo del Indicador del estado de conservación de los hábitats terrestres

El Indicador del estado de conservación de los 40 hábitats terrestres de la CAPV se calculó mediante la metodología descrita en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Descripción del indicador para el cálculo del estado de conservación de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

INDICADOR 2. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS HÁBITATS	
Peso del indicador en la sensibilidad	50 %
Justificación	<p>El estado de conservación de los hábitats es un indicador integral de la salud de un hábitat que incluye información de la salud de sus especies, del correcto funcionamiento de sus funciones y de la tendencia de su distribución. Un hábitat con un buen estado de conservación presentará una menor vulnerabilidad ante las presiones, incluyendo las derivadas del cambio climático.</p>
Cálculo del indicador	<p>El estado de conservación de cada tipo de Hábitat de Interés Comunitario se encuentra disponible por mancha de cada hábitat en la cartografía de GeoEuskadi (Mapa Hábitats Interés Comunitario de 2012).</p> <p>Para los Hábitats de Interés Regional no existe dicha información. Por ello, se buscó una analogía con el Hábitat de Interés Comunitario más similar (Anexo 4), buscando dentro del Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats según el Artículo 17 (Gobierno Vasco, 2013) y bajándole un escalón su estado de conservación. Este informe presenta un valor de estado de conservación para hábitats de la CAPV en su conjunto, sin distribuir geográficamente por manchas.</p>
Fuente de información	<p>Hábitats de Interés Comunitario: cartografía de hábitats de la CAPV en GeoEuskadi.</p> <p>Hábitats de Interés Regional: analogía con Hábitat de Interés Comunitario más similar (Anexo 4) del Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats según el Artículo 17 (Gobierno Vasco, 2013).</p>
Resultado	<p>Un valor numérico adimensional que se asigna en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo y 1 el valor mínimo.</p> <ul style="list-style-type: none">— Según el tipo de hábitat, el valor numérico adimensional se establece en:<ul style="list-style-type: none">• Hábitats de Interés Comunitario para cada polígono o tesela.• Hábitats de Interés Regional, este valor se asigna a la superficie actual de cada Hábitat de Interés Regional.— El valor numérico adimensional para cada espacio Natura 2000 a partir de la media ponderada de cada hábitat terrestre de los 40 modelizados que se encuentran en cada uno de los espacios que integran la Red Natura de la CAPV.

En la **Figura 26** se muestran geográficamente los resultados obtenidos para el cálculo del Indicador del estado de conservación de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

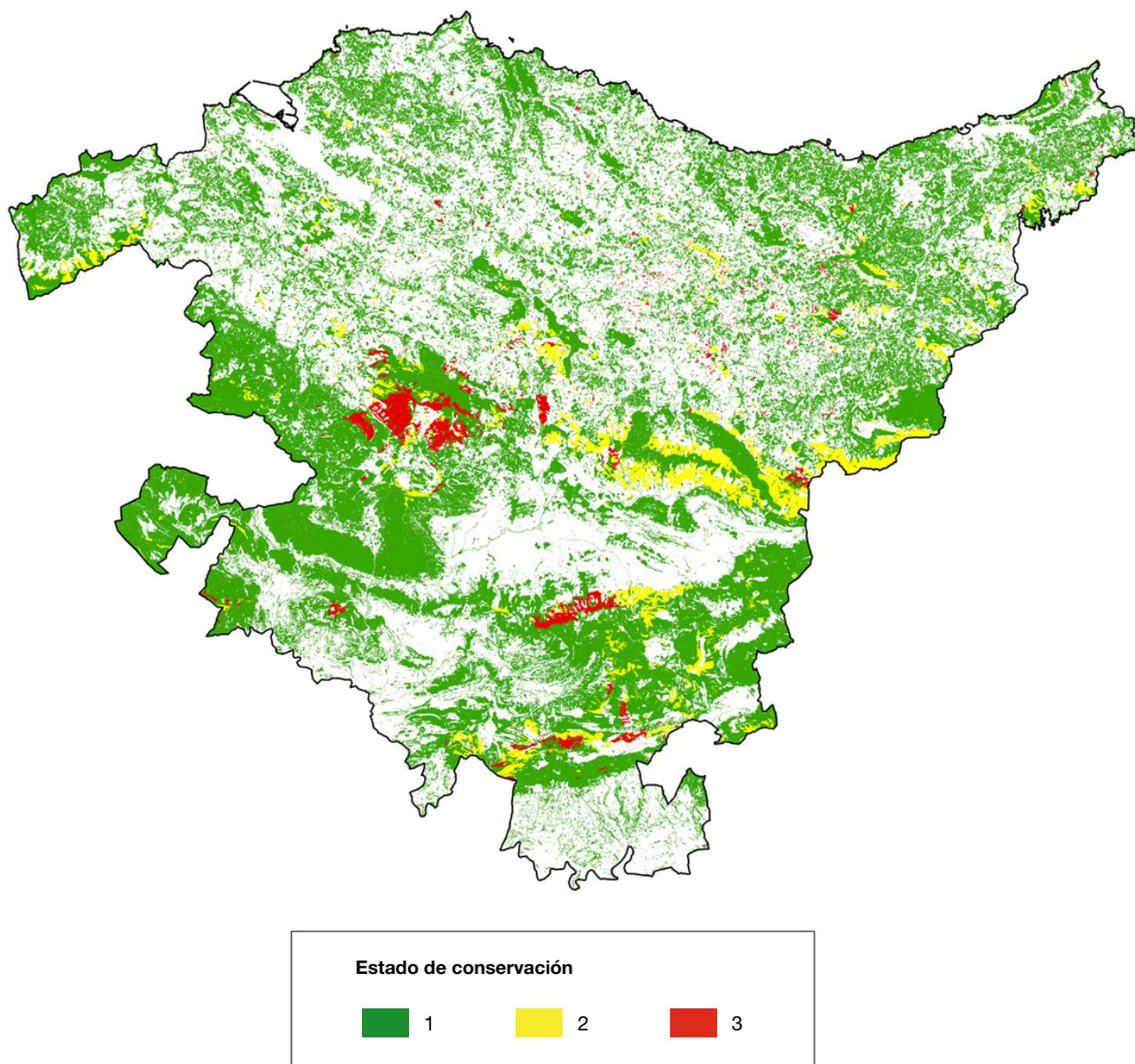


Figura 26. Indicador de estado de conservación para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable). En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados o que albergan infraestructuras).



3.4.2.1.3. Sensibilidad: cálculo del Indicador de presiones sobre los hábitats terrestres

El cálculo del Indicador de presiones sobre los 40 hábitats terrestres de la CAPV se llevó

a cabo siguiendo la metodología descrita en la **Tabla 12**.

En la **Figura 27** se muestran geográficamente los resultados obtenidos para el cálculo del Indicador de presión de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

Tabla 12. Descripción del indicador para el cálculo de las presiones que actúan sobre los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

INDICADOR 3. PRESIONES SOBRE LOS HÁBITATS	
Peso del indicador en la sensibilidad	25 %
Justificación	Las presiones no climáticas (no relacionadas con el cambio climático) aumentan la vulnerabilidad del hábitat (incendios, plagas, pastoreo, etc). Existen varias presiones y amenazas sobre los hábitats terrestres que se recogen en el Informe sexenal del estado de conservación de los Hábitats de Interés Comunitario según el Artículo 17 (Gobierno Vasco, 2013). Aunque inicialmente se planteó crear un indicador para alguna presión específica, finalmente se decidió agregar todas las presiones y amenazas.
Cálculo del indicador	<p>Las presiones y amenazas de cada tipo de Hábitat de Interés Comunitario se encuentran disponibles en el Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats según el Artículo 17 (Gobierno Vasco, 2013). Para cada hábitat se realizó el sumatorio de número de presiones y amenazas por grado de presión o amenaza (A= 3 puntos; B= 2 puntos; C= 1 punto).</p> <p>Para los Hábitats de Interés Regional no existe dicha información. Por ello, se buscó una analogía con el Hábitat de Interés Comunitario más similar (la misma que para el Indicador 2, ver Anexo 4) y se procedió de la misma forma.</p>
Fuente de información	<p>Hábitats de Interés Comunitario: Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats según el Artículo 17 (Gobierno Vasco, 2013).</p> <p>Hábitats de Interés Regional: analogía con Hábitat de Interés Comunitario más similar (Anexo 4) del Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats según el Artículo 17 (Gobierno Vasco, 2013).</p>
Resultado	<p>Un valor numérico adimensional que se asigna en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo y 1 el valor mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">— Un valor numérico adimensional para cada tipo de hábitat terrestre priorizado. Se asigna este valor a la superficie actual de cada hábitat.— Un valor numérico adimensional para cada espacio Natura 2000 a partir de la media ponderada de cada hábitat en cada espacio.

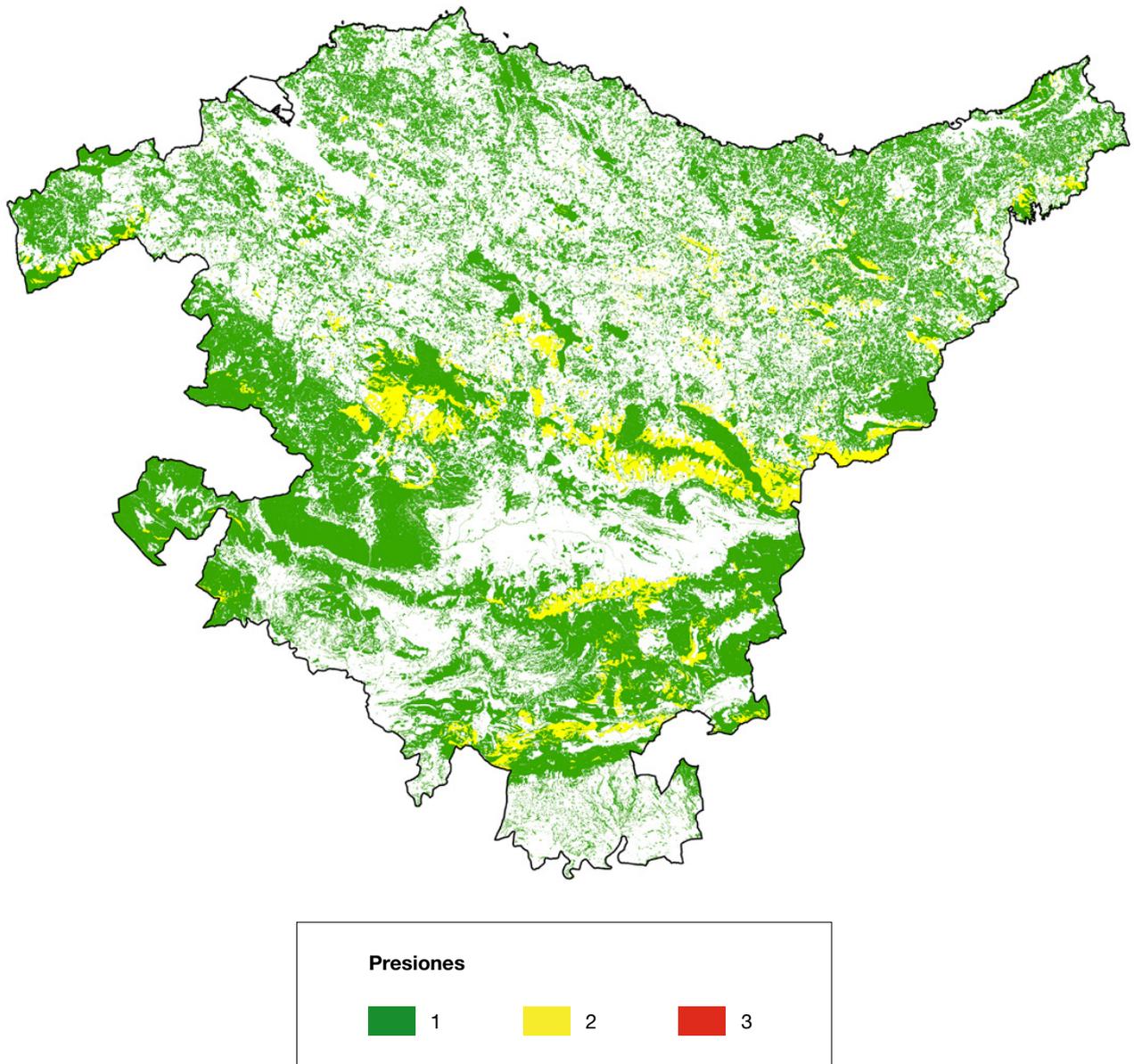


Figura 27. Indicador de presión para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable). En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados o que albergan infraestructuras).



3.4.2.1.4. Sensibilidad: cálculo del Índice de sensibilidad de los hábitats terrestres

Tal y como se ha comentado anteriormente, a cada indicador se le asignó un valor en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo (asociado con

una mayor vulnerabilidad) y 1 el valor mínimo (asociado con una menor vulnerabilidad).

Con los resultados numéricos de cada indicador a nivel de tesela, se calculó el Índice de Sensibilidad aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Sensibilidad} = (0.25 \cdot \text{Fragmentación}) + (0.5 \cdot \text{Estado de conservación}) + (0.25 \cdot \text{Presiones})$$

El valor numérico adimensional para el Índice de sensibilidad se asignó en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo y 1 el valor mínimo.

En la **Figura 28** se pueden observar los resultados obtenidos para el Índice de sensibilidad de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

Los hábitats terrestres que presentarían una mayor sensibilidad al cambio climático son los Hayedos, tanto xerófilos (9150) como acidófilos (9120), así como los Marojales (9230) y las Tejedas (9580*) (**Figura 28**). Los alcornoques

(9330) y los Robledales acidófilos de *Quercus petraea* (G1.86(X)) alcanzarían de manera comparativa un grado de sensibilidad intermedio, mientras que el resto de los hábitats terrestres modelizados presentarían una sensibilidad muy similar entre ellos y con valores bajos (Ihobe, 2021b).

3.4.2.2. Cálculo de la Índice de la capacidad de adaptación

Se calcularon los Índices de Superficie Potencial Futura compatible (SPFc) y la persistencia para cada hábitat terrestre, según la definición y el método de cálculo descritos en los siguientes apartados.

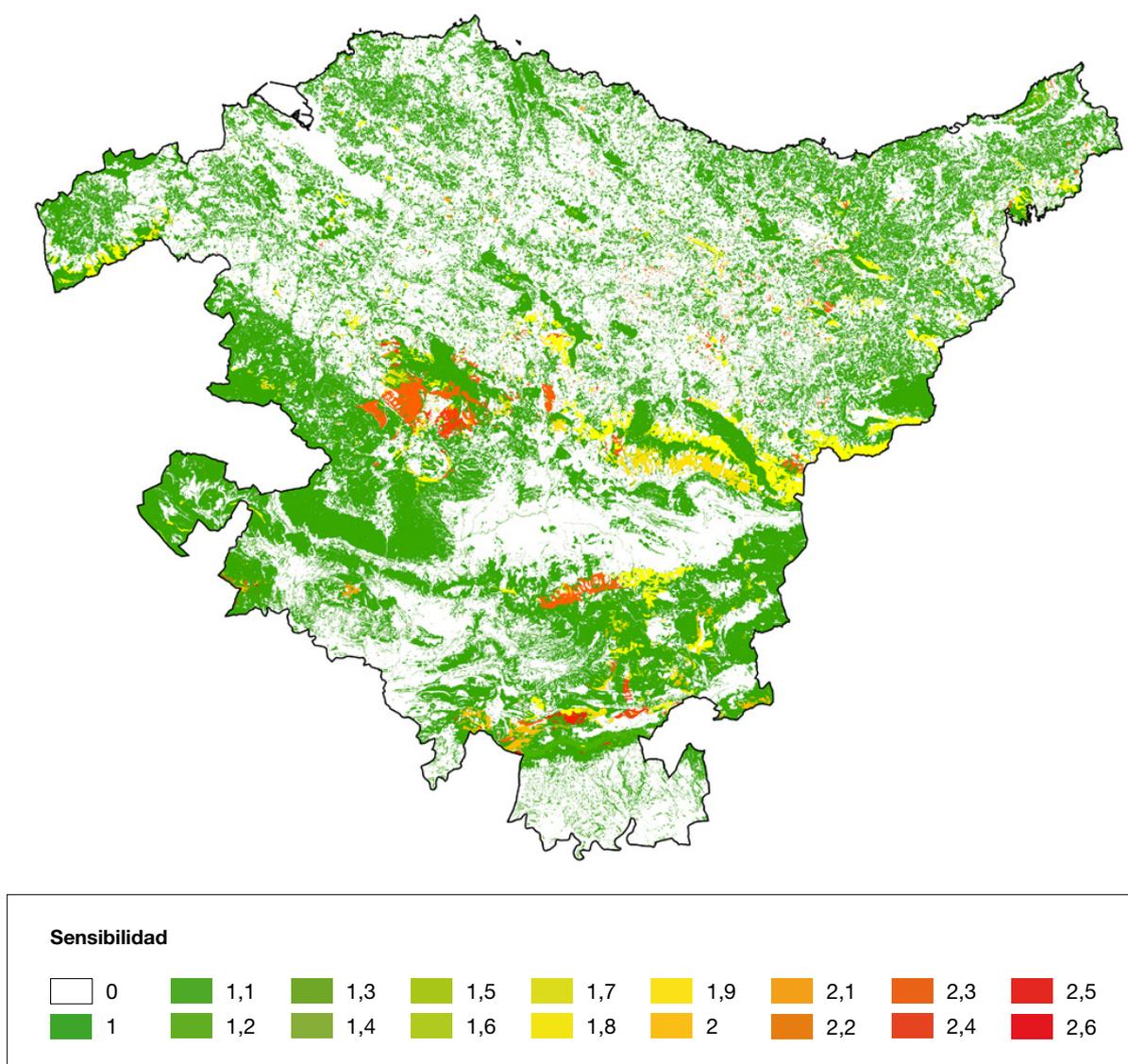


Figura 28. Índice de sensibilidad para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable), aunque no se alcanzan valores superiores a 2,6. En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados o que albergan infraestructuras).



3.4.2.2.1. Capacidad de adaptación: cálculo del Indicador de Superficie Potencial Futura compatible de los hábitats terrestres

El Indicador de Superficie Potencial Futura compatible (SPF_c) de los 40 hábitats terrestres de la

CAPV se calculó mediante la metodología descrita en la **Tabla 13**.

En la **Figura 29** se muestran geográficamente los resultados obtenidos para el cálculo del Indicador de superficie potencial compatible de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

Tabla 13. Descripción del indicador para el cálculo de la Superficie Potencial Futura compatible (SPF_c) de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

INDICADOR 4. SUPERFICIE POTENCIAL FUTURA COMPATIBLE (SPF _c)	
Peso del indicador en la sensibilidad	50 %
Justificación	Se considera que un hábitat podrá adaptarse al cambio climático si dispone de las condiciones climáticas adecuadas a futuro que se solapen con las áreas de distribución que presenta en la actualidad. El punto de partida de referencia es la distribución actual del hábitat terrestre en la CAPV (Superficie Actual, SA). Las medidas de adaptación que se implementen en relación a este indicador buscarían mantener y mejorar el estado de conservación del hábitat terrestre en los polígonos donde se solapen ambas superficies comparadas.
Cálculo del indicador	<p>Se definió una metodología propia basada en la superficie del área de distribución potencial futura (SPF) en contacto con áreas de distribución actual (SA) de cada hábitat terrestre:</p> $SPF_c = \frac{(SPF_c - \text{Usos actuales no compatibles})}{SPF}$ <p>Usos no compatibles (uso urbano, infraestructuras...). Se ha considerado que el uso agrícola sería compatible con el desarrollo de hábitats naturales.</p>
Fuente de información	Resultados de la modelización de hábitats terrestres desarrollado en este proyecto (ver Apartado 3.4.1.) para la Superficie Potencial Futura (SPF). Cartografía del planeamiento municipal en el País Vasco (Udalplan) ⁵⁴ para los usos no compatibles (uso urbano, infraestructuras...).
Resultado	<p>Un valor numérico adimensional que se asigna en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo y 1 el valor mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">— Un valor numérico adimensional para cada tipo de hábitat terrestre. Se asigna este valor a la superficie actual de cada hábitat.— Un valor numérico adimensional para cada espacio Natura 2000 a partir de la media ponderada de cada hábitat en cada espacio.

⁵⁴ <https://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-udalplan/es/aa33aWAR/interfacesJSP/index.jsp> (Último acceso: 20-12-2020).

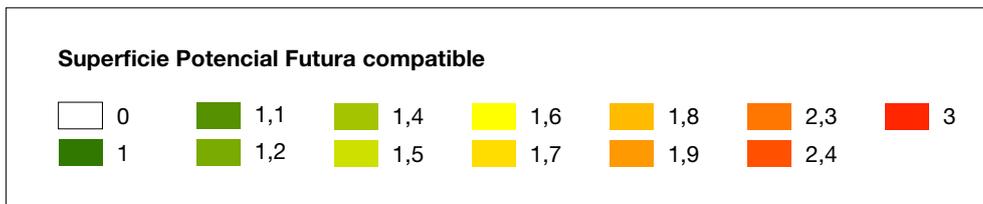
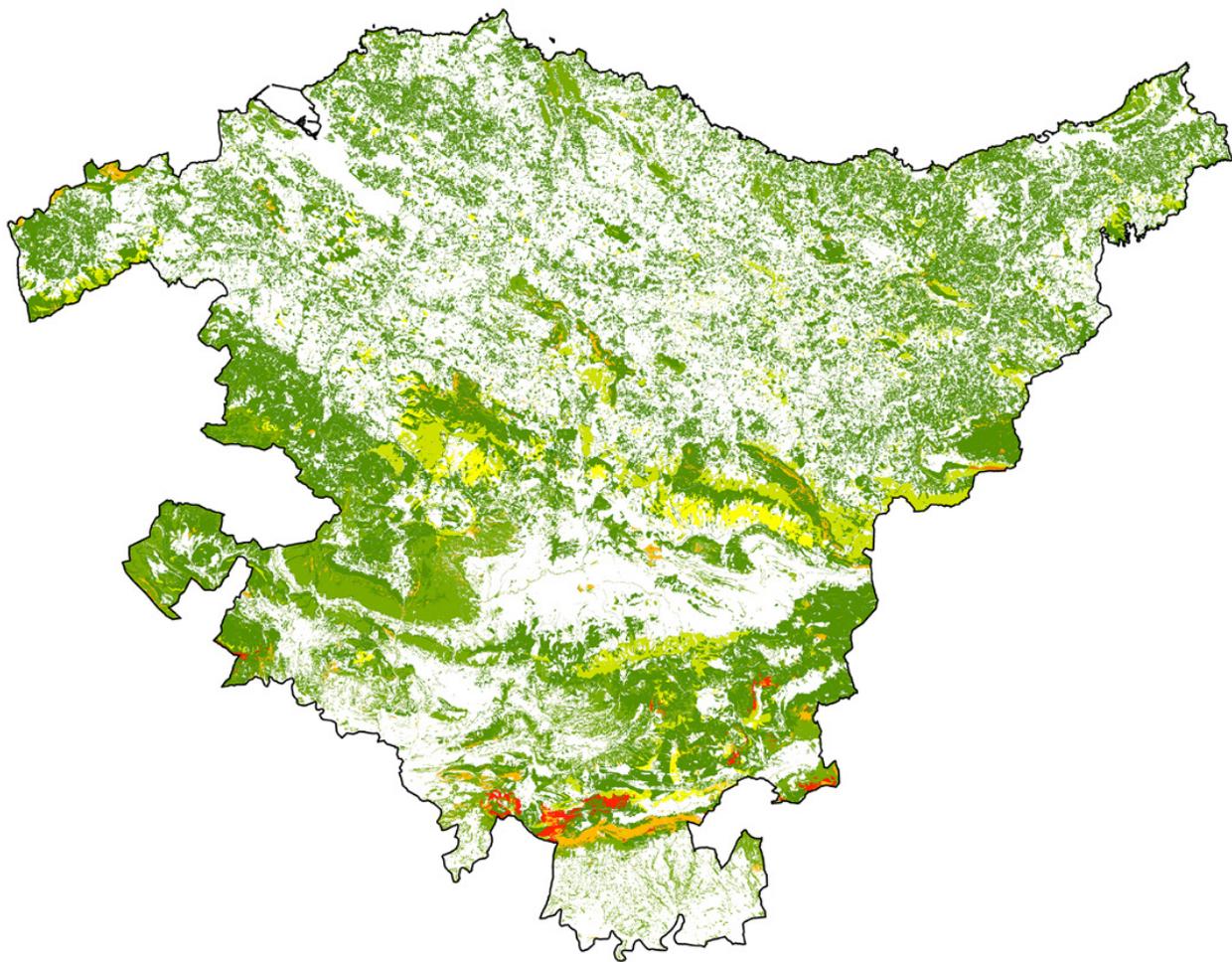


Figura 29. Indicador de Superficie Potencial Futura compatible (SPFc) para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable). En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados o que albergan infraestructuras).



$$SPF_c = \frac{(SPF_c - \text{Usos actuales no compatibles})}{SPF}$$

3.4.2.2.2. Capacidad de adaptación: cálculo del Indicador de persistencia de los hábitats terrestres

El cálculo del Indicador de persistencia sobre los 40 hábitats terrestres de la CAPV se

llevó a cabo siguiendo la metodología descrita en la **Tabla 14**.

En la **Figura 30** se muestran geográficamente los resultados obtenidos para el cálculo del Indicador de persistencia de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

Tabla 14. Descripción del indicador para el cálculo de la persistencia de los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

INDICADOR 5 - PERSISTENCIA	
Peso del indicador en la sensibilidad	50 %
Justificación	Un hábitat terrestre puede tener una mayor capacidad de adaptación si se amplía su superficie de distribución tanto en el presente como en el futuro mediante la implementación de medidas de adaptación. El punto de partida de referencia del indicador es la distribución potencial del hábitat terrestre en la CAPV (Superficie Potencial Actual, SPA). Las medidas de adaptación que se implementen en relación a este indicador buscarían identificar zonas con condiciones climáticas adecuadas para albergar el hábitat terrestre (tanto en el presente como en el futuro) donde podría planificarse su establecimiento.
Cálculo del indicador	Se definió una metodología propia basada en la Superficie Potencial Futura (SPF) de un hábitat terrestre que coincide con la Superficie Potencial Actual (SPA). $Persistencia = \frac{SPF \cap SPA}{SPA}$
Fuente de información	Resultados de la modelización de hábitats terrestres desarrollado en este proyecto (ver Apartado 3.4.1).
Resultado	Un valor numérico adimensional que se asigna en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo y 1 el valor mínimo: <ul style="list-style-type: none"> — Un valor numérico adimensional para cada tipo de hábitat terrestre. Se asigna este valor a la superficie actual de cada hábitat. — Un valor numérico adimensional para cada espacio Natura 2000 a partir de la media ponderada de cada hábitat en cada espacio.

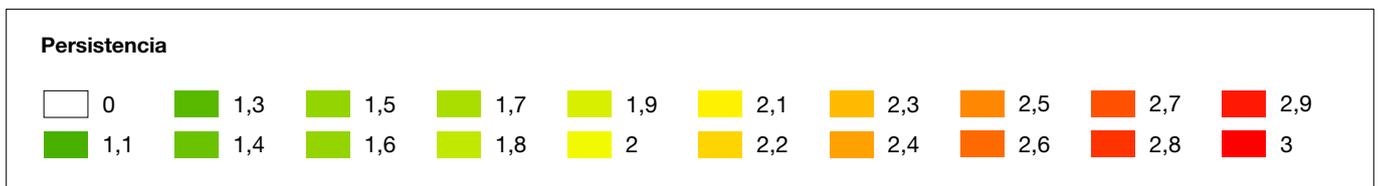
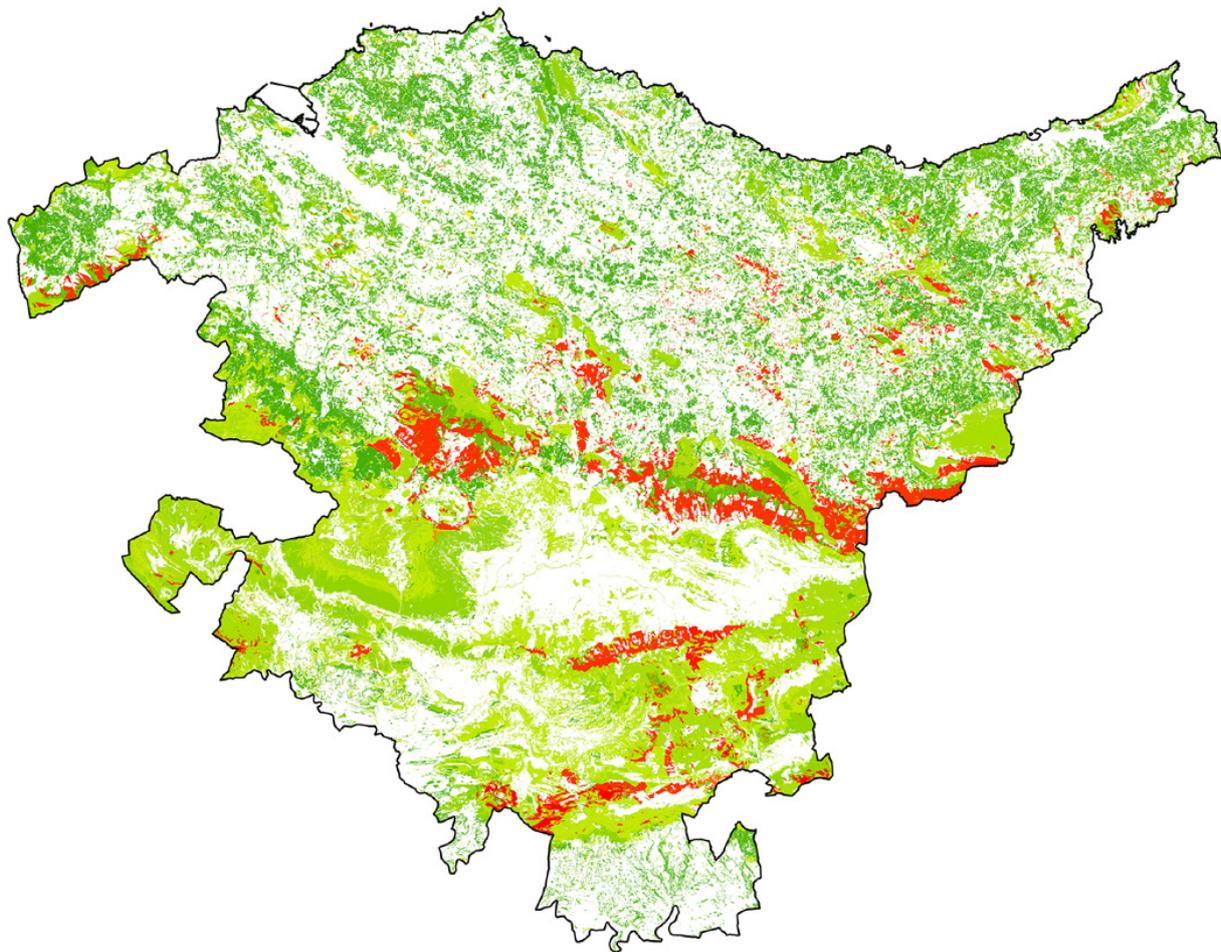


Figura 30. Indicador de persistencia para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable). En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados o que albergan infraestructuras).



$$Persistencia = \frac{SPF \cap SPA}{SPA}$$

3.4.2.2.3. Capacidad de adaptación: cálculo del Índice de la capacidad de adaptación de los hábitats terrestres

A cada indicador se le asignó un valor en una escala normalizada entre 1 y 3 en función de los valores brutos calculados, siendo 3 el valor máximo

(asociado con una mayor vulnerabilidad) y 1 el valor mínimo (asociado con una menor vulnerabilidad).

Debido a la formulación de los indicadores, en este caso, se realizó el cálculo de la capacidad de adaptación y de cara al cálculo del Índice de

vulnerabilidad se trabajó con el concepto opuesto para que fuera posible realizar los cálculos agregando los resultados de los Índice de sensibilidad y capacidad de adaptación con el mismo signo en su correlación con la vulnerabilidad. De manera que una menor capacidad de adaptación se correspondería con una mayor vulnerabilidad. A este opuesto se le denominó incapacidad de adaptación y para su cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Incapacidad de adaptación} = (0.5 \cdot \text{SPF}_c) + (0.5 \cdot \text{Persistencia})$$

En la **Figura 31** se pueden observar los resultados obtenidos para el Índice de la capacidad de adaptación de los 40 hábitats terrestres de la CAPV objeto de análisis.

Los Hayedos xerófilos (9150) destacan por ser el hábitat terrestre que presentaría la menor capacidad de adaptación de acuerdo a los cálculos realizados (**Figura 31**). Otros hábitats que tendrían dificultades para poder adaptarse a los cambios previstos serían las Tejedas (9580*), los Marojales (9230) y los Hayedos acidófilos (9120), entre otros (Ihobe, 2021b).

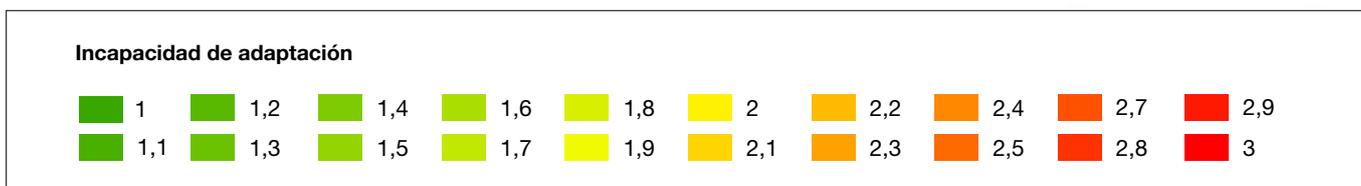
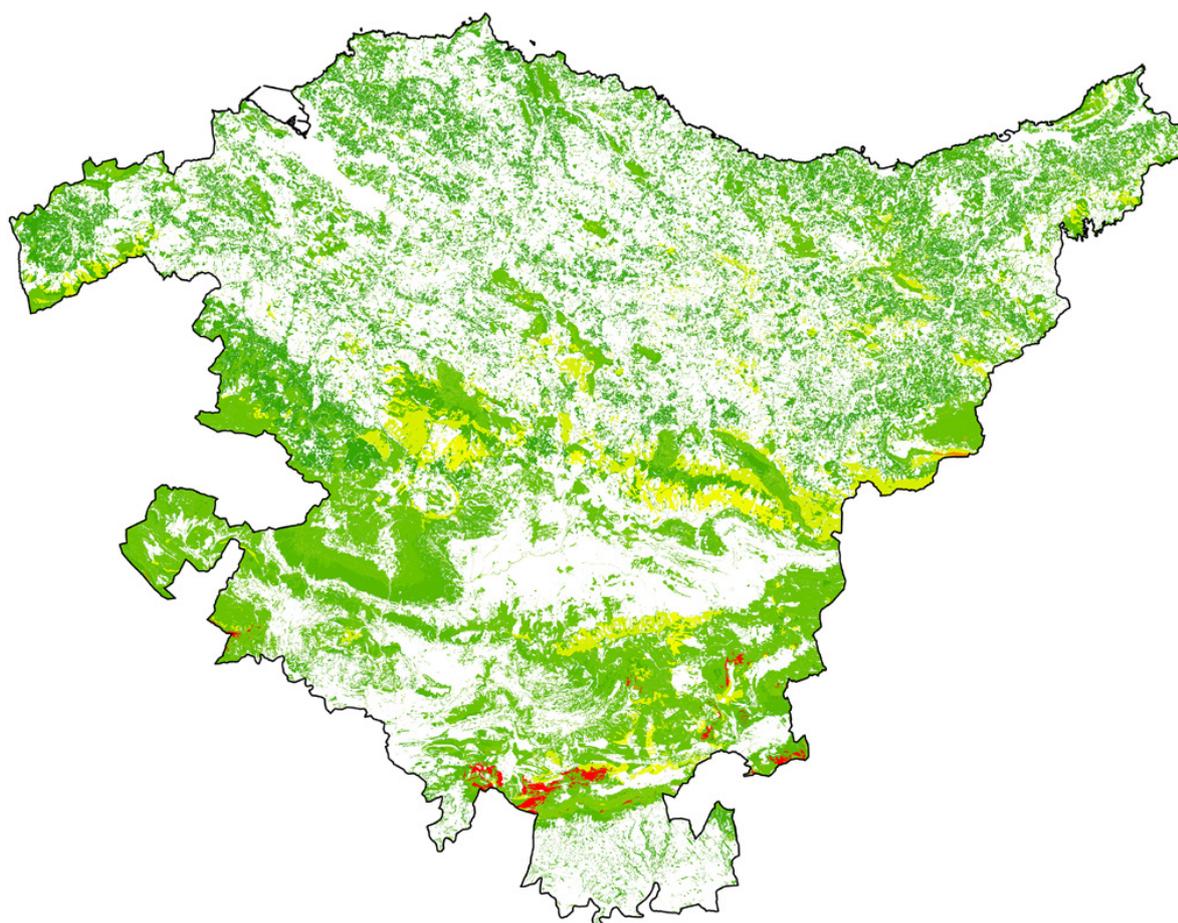


Figura 31. Índice de la capacidad de adaptación para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable). En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados).



3.4.2.3. Cálculo del Índice de vulnerabilidad de los hábitats terrestres

Con los resultados de los Índices de sensibilidad (ver **Apartado 3.4.2.1.**) y de la capacidad de adaptación (ver **Apartado 3.4.2.2.**) a nivel de tesela, se calculó el Índice de vulnerabilidad aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad} = (0.7 \cdot \text{Sensibilidad}) + (0.3 \cdot \text{Incapacidad de adaptación})$$

Como resultado se obtuvieron valores desde 1 (menos vulnerable) a 2,6 (más vulnerable), ya que aun-

que los datos mantienen la graduación de los indicadores de origen (con un rango que oscila entre 1 y 3), tras el análisis, no se obtuvieron superficies con valores de vulnerabilidad superiores a 2,6 (**Figura 32**).

Los hábitats que presentan mayor vulnerabilidad frente al cambio climático serían los Hayedos xerófilos (9150) y los acidófilos (9120), los Marojales (9230), así como las Tejedas (9580*) (**Figura 32**). El resto de hábitats estudiados presentaron una vulnerabilidad notablemente inferior, pudiéndose diferenciar dos grupos respecto al grupo de cuatro hábitats que destacan por su elevada vulnerabilidad. Para mayor detalle, se puede consultar el documento de resultados (Ihobe, 2021b).

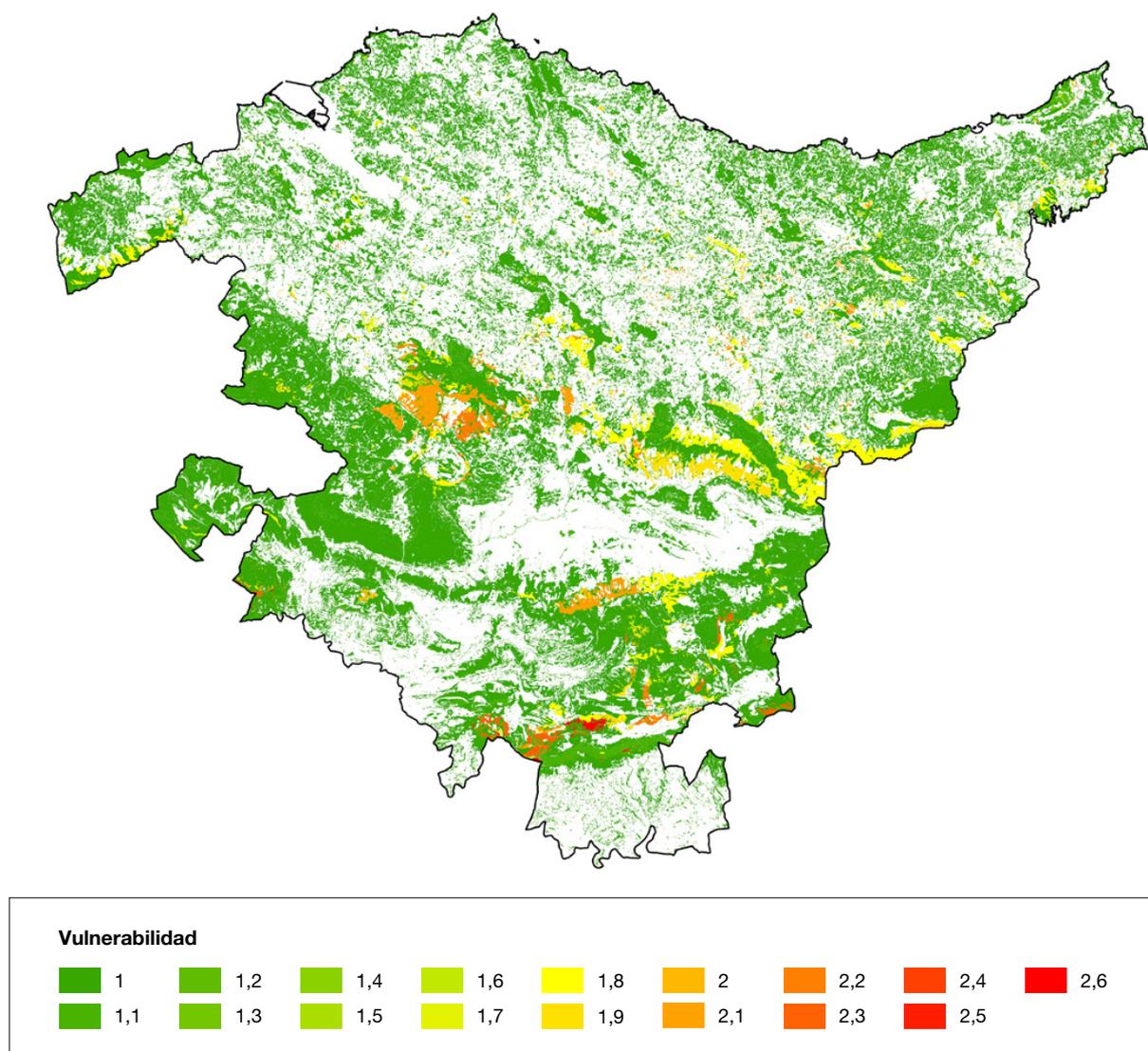


Figura 32. Índice de vulnerabilidad para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable). En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados).



3.4.3. Cálculo del Índice de riesgo climático para los hábitats terrestres



El cálculo del Índice de riesgo climático de los 40 hábitats terrestres se realizó para cada tesela y el valor final se ponderó en función de su grado de exposición para relativizar el riesgo. Se llegó a esta decisión para poder diferenciar a nivel conceptual un mismo valor de riesgo climático de teselas totalmente expuestas de las que se encuentran parcialmente expuestas, considerándose el por-

centaje de exposición la manera más equitativa de ponderar este valor.

$$\text{Riesgo climático} = \% \text{ Exposición} \cdot \text{Vulnerabilidad}$$

Así, en los casos en que las teselas tienen un valor de exposición de 0, el valor de riesgo es cero y en las teselas en las que el valor de exposición es 1, el valor de riesgo será igual al valor de vulnerabilidad. Sin embargo, se pueden encontrar teselas con un grado de exposición que oscila entre 0 y 1 cuyo valor de riesgo climático no es igual al valor de la vulnerabilidad. En la **Tabla 15** se detallan a modo de síntesis las diferentes situaciones.

Tabla 15. Síntesis de las diferentes situaciones a nivel de tesela que se encontraron en el proceso de cálculo del Índice de riesgo climático para los 40 hábitats terrestres de la CAPV.

GRADO DE EXPOSICIÓN DE LA TESELA (%)	FÓRMULA DE CÁLCULO	VALOR NUMÉRICO ADIMENSIONAL DEL ÍNDICE DE RIESGO CLIMÁTICO
Superficie no expuesta (0%)	Riesgo climático= 0 · Vulnerabilidad	0
Superficie expuesta >0% y <100%	Riesgo climático= % Exposición · Vulnerabilidad	Riesgo climático ≠ Vulnerabilidad
Superficie 100 % expuesta	Riesgo climático= 1 · Vulnerabilidad	Riesgo climático = Vulnerabilidad

A partir de los resultados del Índice de riesgo climático de cada tesela se calcularon valores promedio ponderados por cada hábitat terrestre y por espacio Natura 2000, utilizando la superficie de cada tesela como elemento de ponderación:

- **Cálculo del Índice de riesgo climático promedio ponderado de cada hábitat terrestre dentro de la CAPV:** se realizó mediante el sumatorio del área de cada tesela por su valor de indicador. La suma de estas áreas se dividió entre el área total del hábitat en toda la CAPV, teniendo el porcentaje de exposición de la tesela (ver **Tabla 15**):

$$\text{Riesgo hábitat } Y = \frac{\sum (\text{valor de riesgo de cada tesela del hábitat } Y \cdot \text{Superficie de cada tesela})}{\text{Superficie total ocupada por el hábitat } Y \text{ dentro de la CAPV}}$$

- **Cálculo del Índice de riesgo climático promedio de cada espacio Natura 2000:** se realizó la multiplicación del área de cada tesela, para cada hábitat terrestre por su valor de riesgo climático. Este se dividió entre el total de la superficie ocupada por los 40 hábitats terrestres modelizados dentro del espacio Natura 2000:

$$\text{Riesgo espacio Natura 2000} = \frac{\sum (\text{valor de riesgo de cada tesela dentro del espacio} \cdot \text{Superficie de cada tesela})}{\text{Superficie total ocupada por hábitats estudiados dentro del Natura 2000}}$$

Los resultados del Índice de riesgo climático ponderado para cada tipo de hábitat y espacio Natura 2000 de la CAPV se pueden consultar en el documento de resultados (Ihobe, 2021b).

Al final de todo el proceso de cálculo se obtuvo el Índice de riesgo climático para los 40 hábitats terrestres de la CAPV. Como resultado principal se obtiene un mapa con los valores del Índice de riesgo climático calculado para cada tesela (**Figura 33**).



La principal conclusión obtenida tras el desarrollo y la aplicación del Índice de riesgo climático en el proyecto KLIMATEK es que, de acuerdo con el escenario climático considerado (RCP 8,5, periodo 2071-2100), los efectos del cambio climático tendrían un impacto relevante sobre los hábitats

terrestres de la CAPV y afectarían a la Red Natura 2000 del País Vasco sobre esos hábitats terrestres que son objeto de conservación en los diferentes espacios.

Las zonas con mayor riesgo climático en la CAPV fundamentalmente están localizadas en las zonas de transición climática actuales, es decir, zonas del sur de Araba/Álava y de la frontera entre Araba/Álava, Bizkaia y Gipuzkoa (**Figura 33**). En consecuencia, los hábitats que se encuentran actualmente distribuidos en estas zonas de la CAPV serían los que se encontrarían en mayor riesgo frente al cambio climático. Los Hayedos xerófilos (9150) y acidófilos (9120), así como las Tejedas (9580*) y los Marojales (9230) serían los hábitats terrestres que se encuentran en mayor riesgo frente al cambio climático (**Figura 33**).

Los resultados detallados de este proyecto se pueden consultar en el documento de resultados (Ihobe, 2021b) así como en la cartografía asociada al proyecto.

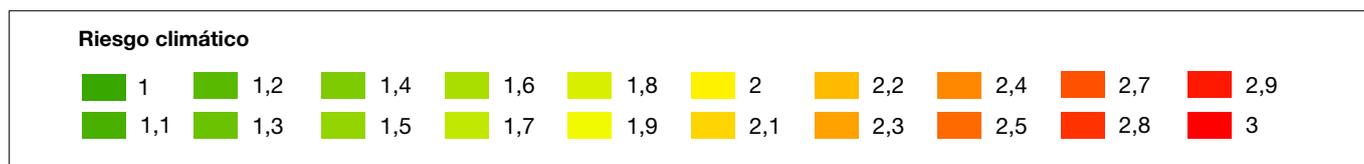
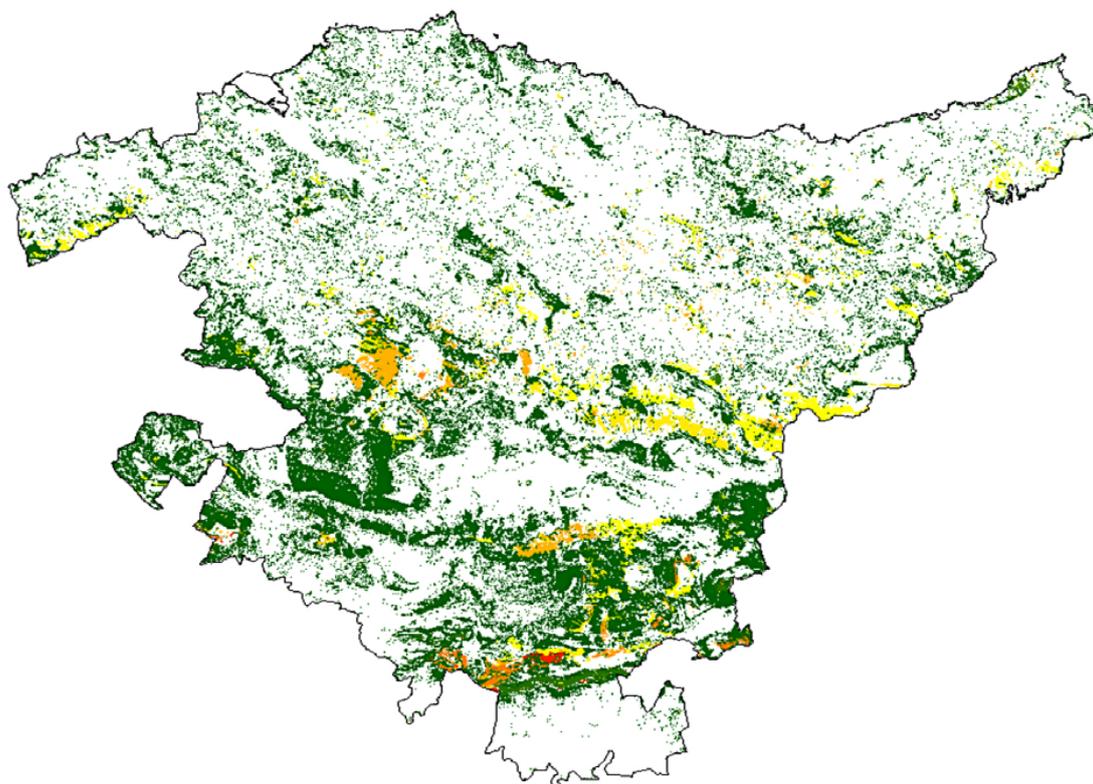


Figura 33. Índice de riesgo climático para los 40 hábitats terrestres estudiados en la CAPV, en una escala adimensional de 1 (en verde, más favorable) a 3 (en rojo, más desfavorable). En blanco las zonas sin datos (zonas sin hábitats seleccionados o zonas con Índice de riesgo climático 0 al no estar expuestas).



8

BIBLIOGRAFÍA

- Araújo, M.B. y New, M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution* 22 (1), 42-47.
- Breiman, L. 2001. «Random Forests». *Machine Learning* 45, 5-32.
- Consejo de las Comunidades Europeas. 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial* (L206), 0007 - 0050.
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P.J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P.E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A.K., Zurell, D. y Lautenbach, S. 2013. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 36, 027-046.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, ... y Zimmermann, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. *Ecography* 29 (2), 129-151.
- Feliciísimo, A.M. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 1. Flora y vegetación*. Madrid: Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/ieet_efectos_cambio_climatico.aspx (Último acceso 20-12-2020).
- Feliu, E., García, G., Gutierrez, L., Abajo, B., Mendizabal, M., Tapia, C. y Alonso, A. (2015). *Guía para la elaboración de Planes Locales de Adaptación al Cambio climático*. Oficina Española de cambio climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de https://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/guia_local_para_adaptacion_cambio_climatico_en_municipios_espaoles_vol1.pdf
- Fielding, A.H. y Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24, 38-49.
- Friedman, J.H. 2001. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *Annals of Statistics* 29, 1189-1232.
- Gobierno de España. 2021. Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. *BOE* 121, 62009-62052.

- Gobierno Vasco. 2013. *Informe sobre los principales resultados de la vigilancia en virtud del Artículo 17 para los tipos de hábitats del Anexo I (Anexo D)*. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, Gobierno Vasco. 378 pp.
- Gobierno Vasco. 2015. *Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco (KLIMA 2050)*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 112 pp.
- Gross, J.E., Woodley, S., Welling, L.A. y Watson, J.E.M. (Eds.). 2016. *Adapting to Climate Change: Guidance for protected area managers and planners*. Best Practice Protected Area Guidelines Series No.24, Gland, Switzerland.
- Guisan, A. y Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147-186.
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J.B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P.R., Tulloch, A.I.T., Regan, T.J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., Martin, T.G., Rhodes, J.R., Maggini, R., Setterfield, S.A., Elith, J., Schwartz, M.W., Wintle, B.A., Broennimann, O., Austin, M., Ferrier, S., Kearney, M.R., Possingham, H.P. y Buckley, Y.M. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters* 16, 1424-1435.
- Guisan, A., W. Thuiller, N. y Zimmermann, E. 2017. *Habitat suitability and distribution models. With Applications in R*. Cambridge University Press. 462 pp.
- Gurrutxaga, M. 2003. *Índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la CAPV*. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco. 32 pp.
- Hespanhol, H., Cezón, K., Felicísimo, A.M., Muñoz, J. y Mateo, R.G. 2015. How to describe species richness patterns for bryophyte conservation. *Ecology and Evolution* 5, 5443–5455.
- Ihobe. 2017. *Proyecto KLIMATEK 2016. Elaboración de escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, Gobierno Vasco. 95 pp.
- Ihobe. 2019. *Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de los municipios vascos ante el cambio climático*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, Gobierno Vasco. 46 pp.
- Ihobe. 2020. *Resiliencia climática del sector de la energía en el País Vasco*. Proyecto KLIMATEK 2017-2018. 22 pp.
- Ihobe. 2021a. *Análisis bioclimático de Euskadi en escenarios de cambio climático*. Bilbao: Ihobe.
- Ihobe. 2021b. *Resultados del Análisis de riesgo climático de los hábitats terrestres de Euskadi. Resultados*. Bilbao: Ihobe.
- IPCC. 2014a. Anexo II: Glosario. En R. Pachauri, L. Meyer, & K. P. Mach (Ed.). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (págs. 127-141). Ginebra, Suiza: IPCC. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es-1.pdf
- IPCC. 2014b. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, Vulnerability. Part A: Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. C. Field, V. Barros, D. Dokken, K. Mach, M. Mastandrea, T. Bilir,... L. White (eds.). Cambridge, United Kingdom y New York, USA: Cambridge University Press. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

- IPCC. 2018. *Annex I: Glossary*. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. Shukla,... T. Wataerfield, *Global Warning of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways,... poverty. Recuperado el 10 de 03 de 2020, de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_AnnexI_Glossary.pdf
- Loidi, J., Biurrun, I., Campos, J., García-Mijangos, I. y Herrera, M. 2011. *La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1:50.000*. Edición Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. <https://addi.ehu.es/handle/10810/15551> (Último acceso, 20-12-2020).
- Loidi, J., Biurrun, I., Campos, J.A., García-Mijangos, I. y Herrera, M. 2003. *La vegetación de la CAPV. Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1:50.000*. Eusko Jaurlaritzza/ Gobierno Vasco.
- López, M., Piñas, S., y López, M. 2009. *Isobioclimas de la provincia de Málaga y su Cartografía*. V Congreso Español de Biogeografía: Biogeografía Scientia Biodiversitatis: 9-12 septiembre 2008, (págs. 121-130). Málaga.
- Mateo, R., Felicísimo, G.A.M. y Muñoz, J. 2011. Species distributions models: A synthetic revision. *Revista Chilena de Historia Natural* 84, 217-240.
- Mateo, R.G., Aroca-Fernández, M.J., Gastón, A., Gómez-Rubio, V., Saura, S. y García-Viñas, J.I. 2019. Looking for an optimal hierarchical approach for ecologically meaningful niche modelling. *Ecological Modelling* 409, 108735.
- Mateo, R.G., Broennimann, O., Normand, S., Petitpierre, B., Araújo, M.B., Svenning, J.-C., Baselga, A., Luoto, M., Fernández, F., Gómez-Rubio, V., Muñoz, J., Suarez, G.M., Laenen, B., Désamoré, A., Guisan, A. y Vanderpoorten, A. 2016. The mossy North: an inverse latitudinal diversity gradient in European bryophytes. *Scientific Reports* 6, 25546.
- Mateo, R.G., Broennimann, O., Petitpierre, B., Muñoz, J., van Rooy, J., Laenen, B., Guisan, A. y Vanderpoorten, A. 2015. What is the potential of spread in invasive bryophytes? *Ecography* 38, 480-487.
- Mateo, R.G., Croat, T.B., Felicísimo, Á.M. y Muñoz, J. 2010a. Profile or group discriminative techniques? Generating reliable species distribution models using pseudo-absences and target-group absences from natural history collections. *Diversity and distributions* 16 (1), 84-94.
- Mateo, R.G., de la Estrella, M., Felicísimo, A.M., Muñoz, J. y Guisan, A. 2013. A new spin on a compositionalist predictive modelling framework for conservation planning: A tropical case study in Ecuador. *Biological Conservation* 160, 150-161.
- Mateo, R.G., Felicísimo, Á.M. y Muñoz, J. 2010b. Effects of the number of presences on reliability and stability of MARS species distribution models: the importance of regional niche variation and ecological heterogeneity. *Journal of Vegetation Science* 21, 908-922.
- Mateo, R.G., Felicísimo, A.M., Pottier, J., Guisan, A. y Muñoz, J. 2012. Do stacked species distribution models reflect altitudinal diversity patterns? *PLoS ONE* 7, e32586.
- Mccullagh, P. y Nelder, J.A. 1989. *Generalized linear models*. Chapman & Hall, London.
- Patiño, J., Mateo, R.G., Zanatta, F., Marquet, A., Aranda, S., Borges, P., Dirkse, G., Gabriel, R., Gonzalez-Mancebo, J.M., Guisan, A., Muñoz, J., Ruas, S., Sim-Sim, M. y Vanderpoorten, A. 2016. Climate threat on the Macaronesian endemic bryophyte flora. *Scientific Reports* 6, 29156.
- Rivas Martínez, S. 2004. *Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial*, versión 27-08-2004. Centro de Investigaciones Fitosociológicas: <https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/tabla.htm> (Último acceso 20-12-2020).

Rivas-Martínez, S. y Rivas-Sáenz. S. 1996-2017. *Worldwide Bioclimatic Classification System*, Phytosociological Research Center, Spain. <http://www.globalbioclimatics.org> (Último acceso 20-12-2020).

Rivas-Martínez, S., Díaz, T.E., Fernández-González, F., Izco, J., Loidi, J., Lousã, M. y Penas, A. 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the Syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica* 1-2 (15), 5-922.

Rivas-Martínez, S., Fernández-González, F., Loidi, J., Lousã, M. y Penas, A. 2001. Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica* 14, 5-341.

Anexos

ANEXO 1.

**PROPUESTA DE INDICADORES PARA
LA MONITORIZACIÓN DE LOS IMPACTOS
DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS HÁBITATS
DE LA CAPV**

ANEXO 2.

**LISTADO DE INDICADORES INICIALES
VALORADO PARA ELABORAR EL ÍNDICE
DE VULNERABILIDAD**

ANEXO 3.

**CUESTIONARIO PARA LA SELECCIÓN
DE LOS INDICADORES DEL ÍNDICE
DE VULNERABILIDAD**

ANEXO 4.

**CORRESPONDENCIAS ENTRE LA CODIFICACIÓN
DE LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO
Y REGIONAL**

ANEXO 1

PROPUESTA
DE INDICADORES PARA
LA MONITORIZACIÓN
DE LOS IMPACTOS
DEL CAMBIO CLIMÁTICO
SOBRE LOS HÁBITATS
DE LA CAPV



Tabla I. Propuesta de indicadores para la monitorización de los impactos del cambio climático sobre los hábitats terrestres en la CAPV.

ID	GRUPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO	PERIODICIDAD DE REPORTE	ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE	FUENTES DE INFORMACIÓN/ REFERENCIAS
IS-01	Evolución de parámetros meteorológicos básicos	Temperatura	El análisis de la evolución de las temperaturas en periodos amplios de tiempo proporciona elementos de valoración relevantes a la hora de evaluar posibles impactos climáticos.	Se podría reportar la temperatura media anual, media de cada mes, máxima y mínima absoluta de cada mes registrada en varias estaciones representativas (por ejemplo, 10) localizadas próximas a Hábitats de Interés para la CAPV tanto dentro como fuera de la Red Natura 2000.	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁵⁵
IS-02		Precipitación	El análisis de la evolución de las precipitaciones en periodos amplios de tiempo proporcionará elementos de valoración relevantes a la hora de evaluar posibles impactos climáticos.	Se podría reportar la precipitación anual y mensual registrada en varias estaciones representativas (por ejemplo, 10) localizadas próximas a Hábitats de Interés para la CAPV tanto dentro como fuera de la Red Natura 2000.	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁵⁵

[.../...]

⁵⁵ <http://www.euskalmet.euskadi.eus> (Último acceso 20-12-2020).

ID	GRUPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO	PERIODICIDAD DE REPORTE	ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE	FUENTES DE INFORMACIÓN/ REFERENCIAS
IS-03	Evolución de los tipos climáticos	Bioclimas	El bioclima se define como el espacio biofísico delimitado por unos determinados tipos de vegetación y sus correspondientes valores climáticos.	<p>El bioclima dentro de los macrobioclimas mediterráneo y templado depende de los siguientes índices:</p> <p>I_c: Índice de Continentalidad.</p> $I_c = T_{max} - T_{min}$ <p>I_o: Índice Ombrotérmico.</p> $I_o = \frac{P_p}{T_p} * 10$ <p>Donde,</p> <p>T_{max}: temperatura media mensual del mes más cálido.</p> <p>T_{min}: temperatura media mensual del mes más frío.</p> <p>P_p (precipitación positiva anual): es el sumatorio de la precipitación en mm de todos los meses del año cuya Tmedia>0).</p> <p>T_p (temperatura positiva anual): sumatorio, en décimas de grado) de las temperaturas medias mensuales de los meses del año cuya Tmedia>0).</p>	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁵⁶ Clasificación bioclimática de Rivas Martínez (2004) ⁵⁷
IS-04		Termotipos	Los termotipos son unidades que dependen de la temperatura y para las que se reconoce una secuencia altitudinal o latitudinal asociada.	<p>Los termotipos dependen de los siguientes índices:</p> <p>I_t (I_{tc}): Índice de Termicidad.</p> $I_{tc} = (T + 2T_{min}) \cdot 10 + C_i$ <p>T_p (temperatura positiva anual): sumatorio, (en décimas de grado) de las temperaturas medias mensuales de los meses del año cuya Tmedia>0).</p> <p>Donde,</p> <p>C_i: valor de compensación, se calcula atendiendo a la latitud y a la continentalidad.</p> <p>T: temperatura media anual.</p> <p>T_{min}: temperatura media mensual del mes más frío del año.</p>	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁵⁸ Clasificación bioclimática de Rivas Martínez (2004) ⁵⁹

⁵⁶ <http://www.euskalmet.euskadi.eus> (Último acceso 20-12-2020).

⁵⁷ http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm (Último acceso 20-12-2020).

⁵⁸ <http://www.euskalmet.euskadi.eus> (Último acceso 20-12-2020).

⁵⁹ http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm (Último acceso 20-12-2020).

[.../...]

ID	GRUPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO	PERIODICIDAD DE REPORTE	ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE	FUENTES DE INFORMACIÓN/ REFERENCIAS
IS-05	Evolución de los tipos climáticos	Ombrotipos	Los ombrotipos expresan la distribución geográfica de la evaporación creciente con el incremento de temperatura.	Los ombrotipos dependen del Índice Ombrotérmico (I_o): $I_o = \frac{P_p}{T_p} * 10$ Donde, P_p (precipitación positiva anual) : es el sumatorio de la precipitación en mm de todos los meses del año cuya $T_{media} > 0$. T_p (temperatura positiva anual) : sumatorio (en décimas de grado) de las temperaturas medias mensuales de los meses del año cuya $T_{media} > 0$.	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁶⁰ Clasificación bioclimática de Rivas Martínez (2004) ⁶¹
IS-06	Registro de eventos extremos	Periodos secos	Número anual de días sin lluvia en periodo estival.	Se podría reportar el número anual de días sin lluvia en junio, julio y agosto registrado en varias estaciones representativas (por ejemplo, 10) localizadas próximas a Hábitats de Interés para la CAPV tanto dentro como fuera de la Red Natura 2000.	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁵⁵
IS-07		Heladas tardías	Número anual de días con helada tardía.	Se podría reportar el número anual de días con helada entre los meses de abril y noviembre registrado en varias estaciones representativas (por ejemplo, 10) localizadas próximas a Hábitats de Interés para la CAPV tanto dentro como fuera de la Red Natura 2000.	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁵⁵
IS-08		Vientos	Número de horas anual con vientos extremos.	Se podría reportar el número anual de horas con velocidad de viento superior a 20 m/s registrado en varias estaciones representativas (por ejemplo, 10) localizadas próximas a Hábitats de Interés para la CAPV tanto dentro como fuera de la Red Natura 2000.	Anual	Gobierno Vasco	Euskalmet ⁵⁵

[.../...]

⁶⁰ <http://www.euskalmet.euskadi.eus> (Último acceso 20-12-2020).

⁶¹ http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm (Último acceso 20-12-2020).

[.../...]

ID	GRUPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO	PERIODICIDAD DE REPORTE	ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE	FUENTES DE INFORMACIÓN/ REFERENCIAS
IS-09	Registro de eventos extremos	Riesgo de incendios forestales	Superficie categorizada como de alto o muy alto riesgo.	Se podría llevar a cabo una actualización periódica de la cartografía de riesgo de incendios forestales para evaluar la evolución de los parámetros que determinan este riesgo.	Recomendable cada 6 años	Gobierno Vasco	Riesgo de incendio forestal y parámetros empleados para su cálculo. LiDAR 2012 ⁶²
IS-10		Incendios forestales	Superficie quemada por año.	A partir de las estadísticas generadas se propone dar seguimiento al número de incendios anual, superficies afectadas (totales y por tipo de formación), así como el ratio de superficie media afectada por incendio.	Anual	Gobierno Vasco	Incendios forestales en la CAE 2014-1995 ⁶³
IS-11	Evolución de la sensibilidad de los hábitats	Fragmentación	Número de áreas de un hábitat aisladas entre sí por una matriz con propiedades diferentes a la del hábitat original. Un hábitat fragmentado presentará una mayor sensibilidad al cambio climático	$F = \frac{\text{Superficie total del hábitat}}{(n^\circ \text{ de manchas} \cdot R_c)}$ <p>Donde, dispersión de las manchas (R_c)</p> $R_c = 2 \cdot d_c \left(\frac{\lambda}{\pi} \right)$ <p>d_c = distancia media desde una mancha (su centro o centroide) hasta la mancha más cercana.</p> <p>λ = densidad media de manchas.</p> $\lambda = \left(\frac{n^\circ \text{ de manchas}}{\text{superficie total del área de estudio en hectáreas}} \right) \cdot 100 = \frac{n^\circ \text{ manchas}}{\text{por cada 100 ha}}$	Recomendable cada 6 años	Gobierno Vasco	Gurrutxaga (2003)

⁶² <http://www.euskadi.eus/riesgo-de-incendio-forestal-y-parametros-empleados-para-su-calculo-lidar-2012/web01-a2estadi/es> (Último acceso 20-12-2020).

⁶³ <http://www.euskadi.eus/incendios-estadisticas/web01-a2estadi/es/> (Último acceso 20-12-2020).

[.../...]

[.../...]

ID	GRUPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO	PERIODICIDAD DE REPORTE	ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE	FUENTES DE INFORMACIÓN/ REFERENCIAS
IS-12	Evolución geográfica de los hábitats	Estado de conservación	Un hábitat con un buen estado de conservación presentará una menor vulnerabilidad ante las presiones, incluyendo las derivadas de cambio climático.	<p>El estado de conservación de cada tipo de Hábitat de Interés Comunitario se encuentra disponible por mancha de cada hábitat en la cartografía de GeoEuskadi.</p> <p>Para los Hábitats de Interés Regional no existe dicha información. Para estos hábitats se puede buscar una analogía con el Hábitat de Interés Comunitario más similar, identificando dentro del Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats (Gobierno Vasco, 2013) y bajándole un escalón su estado de conservación. Este informe presenta un valor de estado de conservación para hábitats de la CAPV en su conjunto, sin distribuir geográficamente por manchas.</p>	Cada 6 años	Gobierno Vasco	GeoEuskadi ⁶⁴ Gobierno Vasco (2013)
IS-13		Presiones	Valoración agregada de las presiones y amenazas que se reportan para los hábitats (incendios, plagas, pastoreo, etc.), algunas de ellas además directamente influenciadas por previsible cambios en el clima.	<p>Las presiones y amenazas de cada tipo de Hábitat de Interés Comunitario se encuentran disponibles en el Informe sexenal del estado de conservación de los hábitats según el Artículo 17 de la Directiva Hábitats (Gobierno Vasco, 2013). Para cada hábitat se podría calcular el sumatorio de número de presiones y amenazas por grado de presión o amenaza (A= 3 puntos; B= 2 puntos; C= 1 punto).</p> <p>Para los otros Hábitats de Interés Regional no existe dicha información. Para estos hábitats podría buscar una analogía con el Hábitat de Interés Comunitario más similar (la misma que para el indicador IS-12) y proceder de la misma forma.</p>	Cada 6 años	Gobierno Vasco	GeoEuskadi ⁶⁵ Gobierno Vasco (2013)

⁶⁴ <https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/> (Último acceso 20-12-2020).

⁶⁵ <https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/> (Último acceso 20-12-2020).

[.../...]

[.../...]

ID	GRUPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO	PERIODICIDAD DE REPORTE	ENTIDAD RESPONSABLE DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE	FUENTES DE INFORMACIÓN/ REFERENCIAS
IS-14	Evolución geográfica de los hábitats	Huella espacial	Delimitación geográfica de las teselas que definen los hábitats de la CAPV. Este parámetro facilitaría una indicación directa de la evolución espacial de los hábitats que podría tener relación directa con fenómenos climáticos.	<p>Siguiendo y manteniendo los criterios y protocolos de definición geográfica establecidos, se propone que periódicamente se delimiten los hábitats naturales.</p> <p>Se podría reportar la superficie total (por tipo de hábitat y por tesela) respecto a los periodos de referencia (línea de base).</p>	Recomendable cada 6 años	Gobierno Vasco	<p>Agencia Europea del Medio Ambiente⁶⁶</p> <p>GeoEuskadi⁶⁷</p>
IS-15		Altitud	A partir de la delimitación geográfica de los hábitats se podría reportar periódicamente sobre los rangos de altitud que estos espacios ocupan.	A partir de la delimitación geográfica periódica de los hábitats se podrían obtener los valores de altitud máxima, mínima y media que registra cada tipo de hábitat.	Cada 12 años	Gobierno Vasco	GeoEuskadi ⁶⁸

⁶⁶ <http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp> (Último acceso 20-12-2020).

⁶⁷ <https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/> (Último acceso 20-12-2020).

⁶⁸ <https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/> (Último acceso 20-12-2020).

ANEXO 2

LISTADO DE INDICADORES INICIALES VALORADO PARA ELABORAR EL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Tabla II. Posibles características de los hábitats que indicarían sensibilidad al cambio climático, los indicadores asociados y la correlación con respecto al valor de sensibilidad: positiva (a mayor valor del índice, mayor sensibilidad) o negativa (a menor valor del índice, mayor sensibilidad).

CARACTERÍSTICA A MEDIR	INDICADOR	CORRESPONDENCIA
Fragmentación de hábitats.	Índice de fragmentación	Positiva
Estado de conservación del hábitat.	Indicador de conservación de hábitats	Negativa
Hábitats con especies endémicas amenazadas.	Grado de la presión sobre el hábitat	Positiva
Presiones sobre los hábitats: especies invasoras.	Grado de la presión sobre el hábitat	Positiva
Presiones sobre los hábitats: pastoreo, agrícola, infraestructuras, etc.	Grado de la presión sobre el hábitat	Positiva
Presiones sobre los hábitats: plagas, pestes, etc.	Grado de la presión sobre el hábitat	Positiva
Presiones sobre los hábitats: incendios.	Grado de la presión sobre el hábitat	Positiva
Necesidad de masas de agua dulce.	Relacionar tipo de hábitats con necesidades de masas de agua dulce	Positiva
Coefficiente de temperatura Q_{10} : relaciona la sensibilidad de suelos y raíces a los cambios en temperatura.	Asociar un coeficiente Q_{10} a cada tipo de hábitat	Positiva
Riesgo de erosión.	Niveles de estados erosivos	Positiva
Riesgos de desertificación.	Niveles de riesgo de desertificación	Positiva
Hábitats que retienen carbono como parte de su proceso (humedales, turberas, etc.).	Relación del tipo de hábitat con su capacidad para retener carbono	Negativa
Islas y zonas aisladas como las islas edáficas, los sistemas de alta montaña y los ecotonos o las zonas de transición entre sistemas.	Localización de estos espacios dentro de la CAPV	Positiva
Ambientes endorreicos, lagos, lagunas, ríos y arroyos de alta montaña, humedales costeros, ambientes dependientes de las aguas subterráneas y hábitats dependientes de la disponibilidad hídrica (castaños).	Localización de estos espacios dentro de la CAPV	Positiva
Zonas de altas elevaciones que sufren un impacto más rápido por el aumento de la temperatura debido al cambio climático.	Localización de las zonas altas por las curvas de nivel de la orografía de la CAPV	Positiva
Zonas de explotación de recursos naturales.	Localización de estos espacios dentro de la CAPV	Positiva

[.../...]

[.../...]

CARACTERÍSTICA A MEDIR	INDICADOR	CORRESPONDENCIA
Zonas muy pobladas con desarrollos urbanísticos recientes y con sectores socio-económicos sensibles como turismo, industria, etc.	Núcleos urbanos, datos de población, datos de desarrollo sectorial, planes urbanísticos	Positiva
Zonas donde los eventos extremos son más habituales/frecuentes.	Establecer las zonas con mayor riesgo de inundabilidad, sequías, zonas de vulnerabilidad, etc.	Positiva
Zonas con altas humedades relativas del aire (menor vulnerabilidad a incendios).	(Por definir)	Positiva
Áreas donde las sequías prolongadas sean más raras.	Relación de precipitación en el tiempo // zonas sin riesgo de inundación	Positiva
Las zonas forestales más productivas son más propensas a sufrir cambios en el régimen de incendios.	Relación entre las zonas de mayor productividad forestal con las zonas de la CAPV	Positiva

Tabla III. Posibles características de los hábitats que indicarían capacidad de adaptación frente al cambio climático, los indicadores asociados y la correlación con respecto al valor de capacidad de adaptación: positiva (a mayor valor del índice, mayor capacidad de adaptación) o negativa (a menor valor del índice, mayor capacidad de adaptación).

CARACTERÍSTICA A MEDIR	INDICADOR	CORRESPONDENCIA
Conectividad: existencia de corredores ecológicos.	Existencia de conexión o no entre hábitats	Positiva
Velocidad de crecimiento del hábitat.	Asociar una velocidad de crecimiento a cada tipo de hábitat	Positiva
Productividad Forestal.	Índice de productividad forestal	Positiva
Densidad masas forestales.	Número de pies por hectárea	Positiva
Edad de masas forestales.	Edad de masas forestales	Positiva
Biodiversidad de los hábitats.	Índice de biodiversidad	Positiva
Existencia de zonas de amortiguación a los limitantes antropogénicos.	Superficie apta para ecosistemas naturales (zonas no urbanizables y no productivas)	Positiva
Plasticidad fenotípica de las especies que conforman un hábitat (capacidad de la especie de cambiar cualquier característica en respuesta a una variación en el ambiente).	(Por identificar)	Positiva
Eficiencia del sistema de drenaje natural de los hábitats para hacer frente a inundaciones derivadas del cambio climático.	Tipos de suelos junto con zonas con riesgo de inundabilidad	Positiva
Estimador de persistencia de un hábitat.	Intersección entre la Superficie Potencial (SPA) y la Superficie Potencial Futura (SPF)	Positiva
Superficie Potencial Futura compatible (SPF _c).	Porcentaje de la superficie potencial que presenta usos compatibles con los hábitats	Positiva

ANEXO 3

CUESTIONARIO PARA LA SELECCIÓN DE LOS INDICADORES DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Proyecto KLIMATEK 2017:
«Vulnerabilidad y adaptación
al cambio climático
de la Red Natura 2000
en la CAPV»

Objetivo de este cuestionario

El presente cuestionario busca incorporar diferentes perspectivas para conformar un Índice de vulnerabilidad al cambio climático que servirá como base para analizar el riesgo climático de los diferentes hábitats terrestres de la CAPV.

La vulnerabilidad se define como la propensión o predisposición de un sistema —en este caso los hábitats terrestres— a verse afectado negativamente por el cambio climático. La vulnerabilidad se calcula como la combinación entre sensibilidad y capacidad de adaptación.

Este índice se configura a través de la combinación de varios indicadores de sensibilidad y de capacidad de adaptación. La selección de los indicadores debería basarse en los siguientes criterios:

- Tratar de buscar un Índice de vulnerabilidad que pueda recalcularse en el futuro para monitorizar la vulnerabilidad al cambio climático: interesa, por tanto, que sean indicadores que se puedan calcular periódicamente.
- A partir de información existente. Preferentemente cartográfica.
- Utilizar en la medida de lo posible indicadores que se calculen en la actualidad para otras aplicaciones para no tener que realizar cálculos adicionales.
- Orientado a las acciones de adaptación al cambio climático que se pueden implementar.
- Evitar duplicidades (no se pueden utilizar dos indicadores sobre la misma característica).
- Equilibrio entre complejidad y detalle. En total no debería haber más de 8 indicadores en el Índice de vulnerabilidad al cambio climático.

Instrucciones de este cuestionario

Se trata de realizar aportaciones para la selección de los indicadores de sensibilidad y de capacidad de adaptación que compondrán el índice de vulnerabilidad. Para ello, se ha realizado una primera propuesta de posibles indicadores de sensibilidad (**Tabla A**) y de capacidad de adaptación (**Tabla B**) para los diferentes hábitats terrestres de la CAPV.

Para facilitar las aportaciones se recomienda llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Revisar los indicadores asociados a cada característica que se propone medir y las fuentes de información propuestas en las tablas y hacer recomendaciones (para ello, hacer uso de la columna «Comentarios»).
2. Pensar características de sensibilidad y de capacidad de adaptación que sería interesante medir, adicionales a las recogidas en las **Tablas A y B**, y añadirlas al final de dichas tablas en las filas habilitadas para ello.
3. Seleccionar 5 características a medir de la **Tabla A** (sensibilidad):
 - a. Priorizarlas del 1 al 5 (siendo el 1 la característica de mayor prioridad).
 - b. Pensar el peso que deberían tener cada una de las 5 características seleccionadas en el cálculo de la sensibilidad (en %). La suma de las 5 características debe ser igual al 100%.
4. Seleccionar 3 características a medir de la **Tabla B** (capacidad de adaptación):
 - a. Priorizarlas del 1 al 3 (siendo el 1 la característica de mayor prioridad).
 - b. Pensar el peso que deberían tener cada una de las 3 características seleccionadas en el cálculo de la capacidad de adaptación (en %). La suma de las 3 características debe ser igual al 100%.

Tabla A. Tabla de recopilación de características a medir para establecer la sensibilidad de los diferentes hábitats de la Red Natura 2000 de la CAPV.

CARACTERÍSTICAS A MEDIR	INDICADOR A UTILIZAR	FUENTE DE INFORMACIÓN	GRADO DE PRIORIDAD (1-5)	FACTOR DE PESO (%)	COMENTARIOS
Fragmentación de hábitats.	Por definir.	Cartografía Red Natura 2000.			
Estado de conservación del hábitat.	Indicador de conservación de hábitats.	<i>Standard Dataforms</i> Natura 2000 // Informe sobre los principales resultados de la vigilancia en virtud del Artículo 17.			
Presiones sobre los hábitats: especies invasoras.	Grado de la presión sobre el hábitat.	Informe sobre los principales resultados de la vigilancia en virtud del Artículo 17.			
Presiones sobre los hábitats: pastoreo, agrícola, infraestructuras, etc.	Grado de la presión sobre el hábitat.	Informe sobre los principales resultados de la vigilancia en virtud del Artículo 17.			
Presiones sobre los hábitats: plagas, pestes.	Grado de la presión sobre el hábitat.	Informe sobre los principales resultados de la vigilancia en virtud del Artículo 17.			
Presiones sobre los hábitats: incendios.	Grado de la presión sobre el hábitat.	Informe sobre los principales resultados de la vigilancia en virtud del Artículo 17 // Cartografía de riesgo de incendio del Inventario Forestal.			
Necesidad de masas de agua dulce.	Relacionar tipo de hábitats con necesidad de masas de agua dulce.	Tipos de hábitat de agua dulce del MAPAMA// Informe sobre los principales resultados de la vigilancia en virtud del Artículo 17.			

Tabla B. Tabla de recopilación de características a medir para establecer la capacidad de adaptación de los diferentes hábitats de la Red Natura 2000 de la CAPV.

CARACTERÍSTICAS A MEDIR	INDICADOR A UTILIZAR	FUENTE DE INFORMACIÓN	GRADO DE PRIORIDAD (1-3)	FACTOR DE PESO (%)	COMENTARIOS
Conectividad: Existencia de corredores ecológicos entre espacios Natura 2000.	Existencia de conexión o no entre espacios Natura 2000.	Cartografía red de corredores ecológicos.			
Velocidad de crecimiento del hábitat.	Velocidad de fijación de carbono.	Sumideros de carbono de la CAPV. Capacidad de secuestro y medidas para su promoción.			
Productividad forestal⁶⁹.	Índice de productividad forestal.	Calculado a partir de datos climáticos.			
Densidad de masas forestales⁷⁰.	Número de pies por hectárea.	Cartografía del Inventario Forestal.			
Edad de masas forestales⁷¹.	Edad de masas forestales.	Cartografía del Inventario Forestal.			
Biodiversidad de los hábitats.	Índice de biodiversidad.	Evaluación de los ecosistemas del milenio de Euskadi.			

⁶⁹ Sólo para hábitats forestales.

⁷⁰ Sólo para hábitats forestales.

⁷¹ Sólo para hábitats forestales.

[.../...]

CARACTERÍSTICAS A MEDIR	INDICADOR A UTILIZAR	FUENTE DE INFORMACIÓN	GRADO DE PRIORIDAD (1-3)	FACTOR DE PESO (%)	COMENTARIOS
Limitantes a la expansión de los hábitats.	Superficie apta para ecosistemas naturales (zonas no urbanizables y no productivas).	Cartografía de usos del territorio.			

ANEXO 4

CORRESPONDENCIAS ENTRE LA CODIFICACIÓN DE LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO Y REGIONAL

Tabla IV. Correspondencias entre los Hábitats EUNIS (2009) y los Hábitats de Interés Comunitario de la Directiva Hábitats (92/43/CE) utilizadas en el presente proyecto.

HÁBITATS EUNIS (2009)	HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (92/43/CE)
A - Hábitats marinos	
A2 - Sedimentos litorales	
A2.5 - Salinas costeras y depósitos salinos	
A2.51 - Concreciones salinas	
A2.511 - Lechos de <i>Zostera noltii</i>	1110
A2.6 - Marismas y carrizales costeros	
A2.62 - Lechos marinos de <i>Cyperaceae</i>	
A2.627 - Formaciones de <i>Baccharis halimifolia</i>	
A2.63 - Marismas medias/superiores y carrizales salinos	
A2.636 - Juncales marismeños de <i>Juncus maritimus</i>	1410
A2.63C - Carrizales salinos de <i>Phragmites australis</i>	
A2.65 - Vegetación pionera de marismas	
A2.651 - Marismas pioneras de <i>Salicornia</i> , <i>Suaeda</i> y <i>Salsola</i>	1310
A2.654 - Praderas de <i>Spartina maritima</i> y <i>S. alterniflora</i>	1320
A2.658 - Marismas de <i>Sarcocornia perennis</i>	1420
B - Hábitats costeros	
B1 - Dunas y arenales costeros	
B1.1 - Comunidades del límite superior de pleamar en playas arenosas	
B1.2 - Playas arenosas situadas por encima del límite de la pleamar	
B1.21 - Playas arenosas sin vegetación	
B1.3 - Dunas costeras móviles	
B1.31 - Dunas móviles con vegetación embrionaria	2110
B1.32 - Dunas blancas móviles	2120
B1.4 - Herbazales de las dunas costeras estables	
B1.42 - Dunas grises (fijadas)	2130*
B2 - Playas de guijarros	
B2.1 - Hábitats de los bordes de playas pedregosas	
B2.12 - Vegetación anual sobre desechos marinos acumulados	1210

B3 - Rocas y acantilados costeros, incluyendo el supralitoral

B3.1 - Rocas supralitorales (zonas de líquenes o salpicadura)	
B3.11 - Rocas supralitorales con algas y líquenes	
B3.2 - Acantilados, repisas costeras e islotes sin vegetación	
B3.23 - Acantilados y rocas costeras sin vegetación	
B3.3 - Repisas y acantilados costeros, con angiospermas halófitas	
B3.31 - Repisas y acantilados costeros con angiospermas halófilas	1230

C - Aguas superficiales continentales**C1 - Láminas de agua estancada naturales**

C1.(X) - Vegetación de aguas estancadas permanentes	
C1.3 - Lagos, estanques y charcas eutróficas permanentes	
C1.32 - Comunidades de <i>Lemna</i> en aguas eutróficas permanentes	3150
C1.33 - Vegetación acuática sumergida de aguas eutróficas permanentes	3150
C1.34 - Vegetación acuática flotante de aguas eutróficas permanentes	3150
C1.6 - Aguas estancadas temporales del interior	3170*
C1.66 - Aguas estancadas salobres temporales (cubetas endorreicas)	

C2 - Láminas de agua corriente de ríos y arroyos

C2.1 - Vegetación de manantiales	3260
C2.12 - Vegetación de aguas manantías petrificantes tofícolas (travertinos)	7220*
C2.12(X) - Tobas y travertinos con vegetación escasa	7220*
C2.3 - Vegetación de aguas lentas	3260
C2.4 - Láminas de agua de estuarios-rías, sin vegetación vascular	

C3 - Franjas litorales de masas de agua del interior

C3.2 - Formaciones de grandes helófitos	
C3.21 - Carrizales de <i>Phragmites</i>	
C3.22 - Formaciones de <i>Scirpus lacustris</i>	
C3.23 - Espadañales de <i>Typha spp.</i>	
C3.24 - Formaciones de grandes cárices y/o <i>Iris pseudacorus</i>	7230
C3.26 - Formaciones densas de <i>Phalaris arundinacea</i>	

[.../...]

HÁBITATS EUNIS (2009)	HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (92/43/CE)
C3.4 - Lechos pobre en especies de franjas acuáticas de bajo crecimiento o vegetación anfibia	
C3.42 - Comunidades anfibias de depresiones temporalmente encharcadas	3120
C3.5 - Vegetación efímera y pionera de zonas periódicamente inundadas	
C3.52 - Comunidades de fangos temporalmente inundables	3170*
C3.55 - Vegetación de graveras fluviales inundadas periódicamente	
D - Turberas y zonas fangosas	
D1 - Turberas altas y de cobertura	
D1.2 - Turberas de cobertura	7130
D2 - Mires de valle, turberas pobres y mires de transición	
D2.3 - Trampales acidófilos-esfagnales	7140
D2.3H - Turba y arena húmeda, abierta y ácida, con <i>Cyperaceae</i> y <i>Drosera</i>	
D2.3H1 - Vegetación de depresiones muy húmedas con <i>Drosera intermedia</i>	7150
D4 - Turberas ricas en bases y mires calcáreas	
D4.1 - Turberas ricas, incluyendo turberas eútricas de hierbas altas y encharcamientos calcáreos	
D4.11 - Trampal basófilo mediterráneo con <i>Schoenus nigricans</i>	7230
D4.14 - Trampal basófilo de influencia pirenaica o continental	7230
D4.15 - Trampal basófilo atlántico y subatlántico	7230
D5 - Junqueras y carrizales de suelos no encharcados	
D5.1 - Carrizales generalmente sin aguas libres	
D5.11 - Carrizales de <i>Phragmites</i> , sin agua libre observable	
D5.13 - Espadañales de <i>Typha spp.</i> , sin agua libre observable	
D5.2 - Lechos de grandes ciperáceas generalmente sin aguas libres	
D5.21 - Formaciones de grandes cárcices y/o <i>Iris pseudacorus</i> , sin agua libre observable	7230
D5.24 - Trampales de <i>Cladium mariscus</i>	7210*
D5.3 - Juncales dominados por <i>Juncus effusus</i> y otros grandes juncos	
D6 - Zonas fangosas y carrizales salobres y salinas del interior	
D6.2 - Zonas salinas o salobres del interior sin agua libre estancada	
D6.21 - Carrizales de <i>Phragmites</i> en cubetas endorreicas (halófilos)	

[.../...]

[.../...]

HÁBITATS EUNIS (2009)	HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (92/43/CE)
E - Prados y hábitats de herbáceas	
E1 - Pastos secos	
E1.2 - Pastos calcáreos perennes y estepas básicas	
E1.26 - Lastonares y pastos del Mesobromion	6210*
E1.27 - Pastos calcáreos petranos	6210
E1.3 - Pasto xerófilo mediterráneos	
E1.31 - Pasto xerófilo de <i>Brachypodium retusum</i>	6220*
E1.4 - Herbazales mediterráneos y estepas de <i>Artemisia</i>	
E1.42 - Espartal	1430
E1.5 - Pastos mediterráneo-montanos	
E1.53 - Pastos parameros de <i>Festuca hystrix</i>	
E1.53(X) - Pastos parameros dominados por <i>Stipa spp.</i>	
E1.6 - Pastos subnitrófilos mediterráneos asociados a la presencia de ganado	
E1.7 - Pastos cerrados ácidos y neutros secos no mediterráneos	
E1.71 - Cervunales de <i>Nardus stricta</i>	6230*
E1.72 - Praderas montanas de <i>Agrostis</i> y <i>Festuca</i>	6230*
E1.72(X) - Praderas silicícolas con <i>Cynodon</i>	6230*
E1.73 - Praderas silicícolas de <i>Deschampsia flexuosa</i>	6230*
E1.9 - Pastos secos abiertos ácidos o neutros no mediterráneos, incluyendo pastos de dunas interiores	
E1.91 - Pastos síliceos de suelos arenosos, no mediterráneos	2330
E1.A - Pastos síliceos secos mediterráneos	
E2 - Prados mesófilos	
E2.1 - Pastos mesotrófos permanentes y prados pastoreados	
E2.11 - Prados pastados y pastos no manipulados	
E2.11(X) - Prados sembrados inicialmente y cultivos forrajeros	
E2.13 - Pastos abandonados	
E2.13(X) - Barbechos que tienden a lastonar o a otros pastos mesófilos	
E2.13(Y) - Prados abandonados con especies ruderales	
E2.2 - Prados de siega de zonas bajas y de media altitud	
E2.21 - Prados de siega atlánticos, no pastoreados	6510
E2.6 - Céspedes mejorados y campos deportivos	

[.../...]

E3 - Prados húmedos

E3.1 - Prados-junciales basófilos mediterráneos con <i>Scirpus holoschoenus</i>	6420
E3.1(X) - Prados húmedos basófilos dominados por <i>Molinia</i>	6410
E3.2 - Junciales bajos en depresiones temporalmente inundadas	
E3.4 - Prados húmedos eútrofos y mesótrofos	
E3.41 - Prados-junciales basófilos atlánticos	
E3.5 - Prados húmedos oligotróficos	
E3.51 - Prados húmedos acidófilos dominados por <i>Molinia</i>	6410
E3.52 - Junciales acidófilos	

E5 - Herbáceas altas de hoja ancha

E5.3 - Helechales de <i>Pteridium aquilinum</i>	
E5.31 - Helechales sub-atlánticos	
E5.31(X) - Helechales atlánticos y subatlánticos, colinos	
E5.31(Y) - Helechales atlánticos y subatlánticos, montanos	
E5.33 - Helechales supramediterráneos	
E5.4 - Comunidades naturales de herbáceas altas de prados húmedos	
E5.43(X) - Formaciones de bambú	
E5.5 - Megaforbios subalpinos húmedos	
E5.6 - Herbáceas de hoja ancha en hábitats antropogénicos	
E5.6(X) - Formaciones de <i>Fallopia japonica</i>	

E6 - Comunidades de herbáceas halófilas del interior

E6.1 - Prados salinos mediterráneos	1410
E6.11 - Estepas de <i>Limonium</i>	1510*
E6.13 - Comunidades pioneras nitrófilas mediterráneas	
E6.13(Y) - Comunidades halo-nitrófilas anuales de enclaves salinos	1510*

F - Matorrales y arbustos**F2 - Matorrales alpinos y subalpinos**

F2.2 - Matorrales alpinos y subalpinos de hoja perenne	
F2.23 - Matorrales de <i>Juniperus communis subsp. alpina</i>	4060

F3 - Matorrales templados o mediterráneo-montanos

F3.1 - Matorrales templados

F3.11 - Matorrales de suelos ricos (Zarzales y espinares)

F3.11(X) - Espinares atlánticos calcícolas

F3.11(Y) - Zarzal calcícola (*Rubus ulmifolius*)F3.12 - Matorrales de *Buxus sempervirens*

F3.12(X) - Bujedo calcícola

5110

F3.12(Y) - Bujedo acidófilo atlántico

5110

F3.13 - Zarzal acidófilo atlántico, con espinos (*Rubus gr. glandulosus*)F3.15 - Argomales de *Ulex europaeus*F3.15(X) - Argomal subatlántico de *Ulex europaeus*F3.15(Y) - Argomal atlántico de *Ulex europaeus*

F3.17 - Avellaneda

F3.2 - Matorrales mediterráneos y montanos de frondosas caducas

F3.22 - Espinar no atlántico

F4 - Brezales

F4.1 - Brezales húmedos

F4.12 - Brezal húmedo con *Erica ciliaris* y *E. tetralix*

4020*

F4.2 - Brezales secos

F4.21 - Brezales submontanos de *Calluna* y *Vaccinium*

F4.21(X) - Arandanal

4030

F4.21(Y) - Brezal alto de *Erica arborea*

4030

F4.22 - Brezal subatlántico

4030

F4.23 - Brezales atlánticos de *Erica* y *Ulex*F4.23(X) - Brezal atlántico dominado por *Ulex sp.*

4030

F4.231 - Brezal costero de *Erica vagans*

4040*

F4.237 - Brezal atlántico típico con *Erica vagans* y *E. cinerea*

4030

F5 - Maquis y arbustos termo-mediterráneos

F5.1 - Matorrales arborescentes

F5.13 - Enebral

HÁBITATS EUNIS (2009)	HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (92/43/CE)
F5.132 - Sabinar-bujedo	5210
F5.2 - Maquis	
F5.21 - Maquis alto	
F5.21(X) - Maquis alto mediterráneo con <i>Erica arborea</i> y <i>Arbutus unedo</i>	
F5.21(Y) - Bortal o maquis alto termoatlántico	
F5.22 - Maquis bajo mediterráneo con <i>Erica scoparia</i>	
F5.24 - Maquis bajo con <i>Cistus</i>	
F5.246 - Maquis bajo mediterráneo con <i>Cistus crispus</i>	
F6 - Garrigas	
F6.1 - Garrigas occidentales	
F6.11 - Garrigas occidentales de <i>Quercus coccifera</i>	
F6.11(X) - Coscojar riojano	
F6.11(Y) - Coscojar submediterráneo	
F6.11(Z) - Coscojar atlántico	
F6.12 - Romeral	
F7 - Matorrales espinosos calcícolas	
F7.4 - Brezales calcícolas	
F7.44 - Brezales calcícolas Franco-Ibéricos	
F7.44(X) - Brezal calcícola con genistas, subatlántico	4090
F7.44(X1) - Brezal calcícola subatlántico con <i>Spiraea</i>	4090
F7.44(X2) - Brezal calcícola subatlántico con <i>Genista eliasseanenii</i>	4090
F7.44(Y) - Brezal calcícola con genistas, atlántico	4090
F7.44(Y2) - Brezal calcícola atlántico con <i>Genista legionensis</i>	4090
F7.44(Z) - Brezal calcícola con genistas, margoso	4090
F9 - Riberas arbustivas	
F9.1 - Matorrales ribereños de <i>Salix</i>	
F9.12 - Matorrales ribereños de <i>Salix</i> de zonas bajas y colinas	
F9.12(X) - Saucedá ribereña de suelos no pedregosos	
F9.12(Y) - Saucedá ribereña de suelos pedregosos	
F9.2 - Matorrales de zonas fangosas con <i>Salix</i>	

HÁBITATS EUNIS (2009)

HÁBITATS DE INTERÉS
COMUNITARIO (92/43/CE)

F9.2(X) - Saucedada de borde de láminas de agua y suelos fangosos

F9.2(Y) - Saucedada no riparia, de laderas rezumantes

FA - Setos

FA.1 - Seto de especies alóctonas

FA.3 - Seto de especies autóctonas

FB - Plantaciones de arbustos

FB.4 - Viñedos**G - Bosques naturales y plantaciones forestales****G1 - Bosques de frondosas de hoja caduca**

G1.2 - Bosques ribereños mixtos

G1.21 - Fresneda ribereña eurosiberiana 91E0*

G1.21(X) - Aliseda acidófila de transición 91E0*

G1.21(Y) - Aliseda de transición 91E0*

G1.21(Z) - Aliseda ribereña eurosiberiana 91E0*

G1.3 - Bosques mediterráneos de ribera

G1.31 - Chopera (con aliso) ribereña mediterránea 92A0

G1.33 - Fresneda ribereña mediterránea

G1.5 - Bosque acidófilo turboso de hoja ancha

G1.51 - Bosques turbosos 91D0*

G1.6 - Hayedos

G1.62 - Hayedo acidófilo atlántico 9120

G1.64 - Hayedo basófilo o neutro

G1.66 - Hayedo basófilo xerotermófilo 9150

G1.7 - Bosques termófilos de hoja caduca

G1.71 - Quejigal de *Quercus gr. pubescens*G1.77 - Bosques termófilos de *Quercus*

G1.77(T) - Quejigal atlántico 9240

G1.77(V) - Quejigal subatlántico 9240

[.../...]

HÁBITATS EUNIS (2009)	HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (92/43/CE)
G1.77(X) - Quejigal submediterráneo	9240
G1.77(Y) - Quejigal con boj	9240
G1.77(Z) - Quejigal silicícola	9240
G1.7B - Melojares	
G1.7B1 - Marojal eurosiberiano	9230
G1.7B2 - Marojal submediterráneo	9230
G1.7D - Bosques o plantaciones viejas de castaños	9260
G1.8 - Bosques acidófilos dominados por <i>Quercus</i>	
G1.82 - Hayedo-robleal ácido atlántico	
G1.86 - Bosque acidófilo dominado por <i>Quercus robur</i>	
G1.86(X) - Robledal acidófilo de <i>Quercus petraea</i>	
G1.9 - Bosques de <i>Betula</i> , <i>Populus tremula</i> o <i>Corylus avellana</i>	
G1.92 - Bosque de <i>Populus tremula</i>	
G1.A - Bosques mixtos de frondosas, meso y eutróficos	
G1.A1 - Bosque mixto de frondosas mesótrofo, atlántico	
G1.A1(X) - Robledal mesótrofo atlántico	
G1.A1(Y) - Robledal mesótrofo subatlántico	9160
G1.A4 - Bosque mixto de pie de cantil calizo	9180*
G1.B - Alisedas no riparias	
G1.B2 - Aliseda no riparia	
G1.C - Plantaciones artificiales de frondosas caducas	
G1.C(X) - Plantaciones de <i>Platanus sp.</i>	
G1.C(Y) - Otras plantaciones de frondosas caducas	
G1.C1 - Plantaciones de <i>Populus sp.</i>	
G1.C2 - Plantaciones de <i>Quercus rubra</i>	
G1.C3 - Plantaciones de <i>Robinia pseudoacacia</i>	
G1.D - Cultivos de Frutales	
G1.D(X) - Plantaciones de otros frutales	
G1.D3 - Plantaciones de almendros	

[.../...]

G2 - Bosques de frondosas de hoja perenneG2.1 - Bosques mediterráneos de *Quercus perennes*

G2.11 - Alcornocal 9330

G2.12 - Bosques de *Quercus ilex*

G2.121 - Encinar cantábrico 9340

G2.121(X) - Encinar del interior (carrascal estellés) 9340

G2.124(X) - Carrascal mesomediterráneo seco 9340

G2.124(Y) - Carrascal supramediterráneo subhúmedo 9340

G2.124(Z) - Carrascal con boj 9340

G2.8 - Plantaciones artificiales de frondosas perennes

G2.81 - Plantaciones de *Eucalyptus sp.*

G2.83 - Plantaciones de otras frondosas perennes

G2.83(X) - Plantaciones de *Quercus ilex*

G2.9 - Huertos siempre verdes

G2.91 - Olivar

G3 - Bosques de coníferasG3.4 - Pinares de *Pinus sylvestris*G3.49 - Pinares de *Pinus sylvestris*

G3.7 - Pinares mediterráneos

G3.71 - Pinares de *Pinus pinaster* 9540G3.74 - Pinares de *Pinus halepensis* 9540

G3.F - Plantaciones artificiales de coníferas

G3.F(L) - Plantaciones de *Pinus sylvestris*G3.F(M) - Plantaciones de *Pinus pinaster*G3.F(N) - Plantaciones de *Pinus halepensis*G3.F(O) - Plantaciones de *Pinus pinea*G3.F(P) - Plantaciones de *Pinus radiata*G3.F(Q) - Plantaciones de *Pinus nigra*

G3.F(R) - Plantaciones de otros pinos

G3.F(S) - Plantaciones de *Larix sp.*

HÁBITATS EUNIS (2009)

HÁBITATS DE INTERÉS
COMUNITARIO (92/43/CE)G3.F(T) - Plantaciones de *Chamaecyparis lawsoniana*G3.F(U) - Plantaciones de *Pseudotsuga menziesii*G3.F(V) - Plantaciones de *Picea sp.*G3.F(X) - Plantaciones de *Cedrus sp.*

G3.F(Y) - Plantaciones de otras coníferas

G3.F(Z) - Plantaciones mixtas de coníferas

G4 - Bosques mixtos, de coníferas y frondosasG4.(M) - Bosque mixto de *Quercus faginea* y *Quercus rotundifolia*

G4.(X) - Bosque mixto acidófilo, con tejos y abedules

9580*

G4.(Y) - Bosque mixto de pie de cantil calizo, con tejos abundantes

9580*

G4.(Z) - Bosque mixto de *Quercus robur* y *Quercus ilex*G4.C - Bosque mixto de *Pinus sylvestris* y *Quercus faginea*G4.E - Bosque mixto de *Pinus sylvestris* y *Quercus rotundifolia***G5 - Bosques recién talados, repoblaciones jóvenes y bosques jóvenes**

G5.6 - Bosques naturales y seminaturales muy jóvenes

G5.61 - Bosques naturales jóvenes de frondosas

G5.62 - Bosques naturales jóvenes mixtos de coníferas y frondosas

G5.63 - Bosques naturales jóvenes de coníferas

G5.7 - Monte bajo y plantaciones forestales muy jóvenes

G5.72 - Plantaciones jóvenes de frondosas caducas

G5.73 - Plantaciones jóvenes de frondosas perennes

G5.74 - Plantaciones jóvenes de coníferas

G5.75 - Plantaciones jóvenes mixtas de coníferas y frondosas

G5.8 - Bosques talados recientemente

G5.81 - Frondosas recientemente taladas

G5.82 - Coníferas recientemente taladas

H - Hábitats continentales sin vegetación o de vegetación dispersa**H2 - Gleras**

H2.5 - Gleras silíceas y ácidas de zonas montañas cálidas

H2.52 - Vegetación de gleras silíceas

8130

[.../...]

HÁBITATS EUNIS (2009)	HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO (92/43/CE)
H2.6 - Gleras calcáreas de zonas montanas cálidas	
H2.64 - Vegetación de gleras calcáreas	8130
H3 - Barrancos, suelos y afloramientos rocosos del interior	
H3.1 - Vegetación de roquedos silíceos	8220
H3.1(X) - Vegetación de plataformas semidesnudas, sobre los roquedos silíceos	8230
H3.2 - Vegetación de roquedos básicos	8210
H5 - Otras zonas interiores con vegetación abierta o sin vegetación	
H5.3 - Substratos minerales con vegetación escasa o sin ella	
H5.31 - Zonas con vegetación escasa por erosión natural	
H5.5 - Zonas quemadas recientemente	
H5.6 - Zonas pisoteadas	
I - Terrenos agrícolas y jardines	
I1 - Terrenos arados y huertas	
I1.1(X) - Monocultivos intensivos en terrenos arenosos	
I1.2 - Huertas y viveros	
I1.5 - Terrenos arados desnudos o en barbecho	
I2 - Jardines y parques cultivados	
I2.1 - Grandes parques y jardines ornamentales	
I2.2 - Pequeños parques y jardines ornamentales	
I2.3 - Malas hierbas de jardines recientemente abandonados	
J - Construcciones y hábitats artificiales	
J1 - Construcciones de pueblos y ciudades con alta densidad	
J2 - Construcciones de baja densidad	
J3 - Zonas de extracción industrial	
J3.2 - Canteras y otros lugares de extracción a cielo abierto	
J3.3 - Areas extractivas abandonadas	
J4 - Redes de transporte y terrenos relacionados	
J4.1 - Vegetación asociada a terrenos asfaltados	
J4.2 - Redes de carreteras	

[.../...]

[.../...]

HÁBITATS EUNIS (2009)

HÁBITATS DE INTERÉS
COMUNITARIO (92/43/CE)

J4.3 - Redes ferroviarias

J4.4 - Aeropuertos

J4.5 - Puertos marinos

J4.6 - Otros hábitats artificiales

J4.7 - Cementerios

J5 - Construcciones artificiales ligadas al agua

J5.1 - Construcciones ligadas a la obtención de sal común

J5.3 - Embalses y balsas de agua dulce, de origen humano

J6 - Vertederos
