



Entregable DC6.1.1:

Guía Temática de Paisaje y Cambio Climático

Action C6.1. Actualizado Junio 2021

Grant Agreement nº. LIFE 16 IPC/ES/000001
Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre

[LIFE-IP NAdapta-CC]

LIFE 2016 INTEGRATED PROJECTS CLIMATE ACTIONS

Project start date: 2017-10-02

Project end date: 2025-12-31

Coordinator:

Partners:

PU	Public	<input checked="" type="checkbox"/>
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	<input type="checkbox"/>
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including Commission Services)	<input type="checkbox"/>
CC	Confidential, only for members of the consortium (including Commission Services)	<input type="checkbox"/>

Authors: Navarra de Suelo y Vivienda, S.A. (NASU-
Vinsa), con la asistencia Técnica de TECNALIA

Raquel López, Sigmatec Medio Ambiente SL.
Francisco Castillo, Abtemas SL.
Pablo Sánchez, Sigmatec Medio Ambiente SL.
María Eugenia López, Sigmatec Medio Ambiente SL.
Elena Pajarón, Sigmatec Medio Ambiente SL.
Manuel Borobio, Abtemas SL.

Junio de 2022.

3ª Revisión.

ESTRUCTURA DE LA GUÍA

PARTE 1: INTRODUCCIÓN Y RESUMEN EJECUTIVO

PARTE 2: CONTEXTUALIZACIÓN Y PUNTO DE PARTIDA

PARTE 3: AMENAZA Y EXPOSICIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. EVOLUCIÓN DE
LOS ÁMBITOS PAISAJÍSTICOS NAVARROS

PARTE 4: RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN ADAPTATIVA
DE LOS PAISAJES NAVARROS

Anexo 1. Tablas resumen de los elementos de paisaje de Navarra y los servicios ecosistémicos asociados a los elementos testigo.

Anexo 2. Paisajes agrarios en el contexto del cambio climático.

Anexo 3. Los incendios en el contexto del cambio climático y su potencial afección a los paisajes de Navarra.

Anexo 4. Medidas propuestas.

Anexo 5. Matriz de correspondencia entre los OCP y las Líneas Estratégicas.

Anexo 6. Metodología y criterios aplicados



Entregable DC6.1.1 – PARTE 2

Guía Temática [de integración] de Paisaje y Cambio Climático
PARTE 2: CONTEXTUALIZACIÓN Y PUNTO DE PARTIDA

Action C6.1.

Junio de 2022.

3ª Revisión.

CONTROL DE VERSIONES

<i>Versión 1</i>	<i>Diciembre 2020</i>	<i>Entregable correspondiente al contrato asociado al desarrollo de la Guía Temática de paisaje y Cambio climático</i>
<i>2ª Revisión</i>	<i>Junio 2021</i>	<i>En mayo de 2020, se publicaron en AdapteCCa unas nuevas proyecciones climáticas con sesgo corregido. TECNALIA procedió entonces a actualizar el “Estudio de variabilidad climática” (Entregable DC6.2.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC), versión de marzo de 2020, puesto que los análisis no reflejaban de forma adecuada la realidad climática en algunas áreas de la Comunidad Foral de Navarra. El efecto de estas nuevas series de datos e índices afectaron al análisis de la vulnerabilidad del paisaje, no así al diseño y descripción de las medidas de gestión adaptativa</i>
<i>3ª Revisión</i>	<i>Junio 2022</i>	<p><i>PARTES 1, 2 y 3: revisión de erratas</i></p> <p><i>PARTE 4: RIESGO FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN ADAPTATIVA DE LOS PAISAJES NAVARROS:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Cálculo de nuevo escenario (2006-2019) para todas las especies ‘testigo’.</i> <i>Revisión de cuestiones relacionadas con las medidas de gestión.</i> <i>Revisión del modelo de riesgo del Haya.</i> <p><i>Anexo 6. Metodología y criterios aplicados. Revisión del modelo de riesgo del Haya</i></p>

Table of contents

0.	Introducción.....	9
0.1	El desafío del cambio climático y su incidencia en la ordenación territorial	9
0.2	La visión sistémica del paisaje. Una aproximación holística y multiescalar	11
0.2.1	Dinámicas socio-ecológicas. Los servicios ecosistémicos.....	12
0.2.2	El clima como factor modelador del paisaje	14
0.3	El cambio climático. El estado de la cuestión.....	15
0.3.1	La crisis climática actual. El umbral crítico de los 1.5°C.....	16
0.3.2	Escenario de cambio climático para el territorio Navarro. Estudios previos	17
1.	El cambio climático como multiplicador de amenazas. Las cadenas de impacto.....	19
1.1	Escenarios proyectados. Resultados del estudio de variabilidad climática.....	19
1.2	Cadenas de impacto	21
1.2.1	Concepto.....	21
1.2.2	Cadenas de impacto definidas. Vulnerabilidad y riesgos sobre los servicios ecosistémicos.....	25
1.2.3	Impactos asociados a las cadenas definidas	32
2.	La gestión adaptativa del paisaje navarro.....	33
2.1	Marco de referencia sobre estrategias y medidas de gestión adaptativa para el paisaje 35	
2.1.1	La adaptación basada en los ecosistemas [AbE]	35
2.1.2	La Infraestructura Verde como eje vertebrador.....	36
2.1.3	Los Documentos de paisaje.....	42
2.2	Integración del cambio climático en la definición de objetivos de calidad paisajística 45	
2.2.1	Líneas estratégicas. Bloques de medidas.....	45
2.2.2	Medidas de seguimiento. Gestión dinámica.....	56
2.3	Resultado. Propuesta de aplicación.....	57
3.	Bibliografía.....	59
3.1	Biodiversidad y servicios ecosistémicos.....	59
3.2	Cambio climático antropogénico.....	61
3.3	Paisaje	63



Tables

Tabla 1-1 Impactos y riesgos potenciales asociados a las cadenas de impacto definidas.....	32
Tabla 2-1 Correspondencia entre elementos de la IV Navarra y los Paisajes propuestos	38

Figures

Figura 1 Evolución del índice de biodiversidad y su proyección al año 2050. Fuente: Mace et al., 2018.....	13
Figura 2 Esquema escenarios futuros según emisiones con el límite del 1.5°C. Fuente: V Informe IPCC [2015].....	17
Figura 3 Mapas de temperatura media del periodo normal observados 1961-1990 (clima pasado) y 1991-2019 (clima presente) y proyectados 2021-2050, 2051-2080.	19
Figura 4 Mapas de la precipitación anual de los periodos observados 1961-1990 (clima pasado) y 1991-2019 (clima presente) y proyectados 2021-2050, 2051-2080.....	20
Figura 5 Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. Fuente: NASUVINSA. Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, Acción C1.1.....	21
Figura 6 Esquema metodológico Cadenas de Impacto en el Paisaje. Elaboración propia.....	22
Figura 7 Relaciones de sistemas: combinación de sistemas socioeconómicos y ecológicos. Fuente: Developing the AQUACROSS Assessment Framework, 2017	24
Figura 8 Beneficios de la Naturaleza.....	25
Figura 9 Tipología clasificatoria de las medidas según el IPCC.....	33

0. Introducción.

La Guía va dirigida, en primera instancia, a los equipos técnicos responsables de la elaboración de los documentos estratégicos de ordenación territorial y gestión del paisaje en Navarra. La obra pretende inducir una profunda reflexión sobre la crisis ambiental global en la que nos encontramos inmersos, y en la que el cambio climático es la manifestación más inquietante. Para ello, se ofrece una síntesis del estado de la cuestión y de las claves que se deberán abordar inevitablemente en materia de adaptación al cambio climático en la Comunidad Foral. Sin embargo, dada la transcendencia del tema, la Guía aspira a llegar al conjunto de la ciudadanía. Por ello, se ha procurado modular el discurso y cuidar el mensaje en clave didáctica y divulgativa. Conviene recordar que uno de los objetivos establecidos en la “Acción por el clima” –objetivo de desarrollo sostenible número 13 de Naciones Unidas– es el de “Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana” [13.3 ODS, Agenda para el Desarrollo Sostenible-Naciones Unidas, 2015]

0.1 El desafío del cambio climático y su incidencia en la ordenación territorial

En el Marco de Sendai Riesgo Mundial 2015-2030 [2015] se estableció con total rotundidad que los peligros interactúan entre sí en formas cada vez más complejas y que la vulnerabilidad puede tener innumerables dimensiones. El cambio climático interactúa con la alarmante pérdida de biodiversidad y la alteración de los grandes ciclos biogeoquímicos, dibujando un escenario de crisis ambiental global. Una década antes, el informe de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio [2005] ya apuntó en esa misma dirección al aseverar que “...*Durante los últimos cincuenta años, los seres humanos han cambiado los ecosistemas más rápida y extensivamente que en ningún otro período comparable de la historia humana [...]. Esto se ha traducido en una pérdida sustancial y tremendamente irreversible de la diversidad de la vida en la Tierra*”. Este es el contexto de crisis global –ambiental y social– en el que estamos inmersos y en el que el cambio climático es el motor de arrastre, que nos sitúa ante un escenario absolutamente preocupante que no deja margen a la especulación.

Es necesario asumir que ya resulta imposible evitar el cambio climático en todas sus dimensiones y que, por tanto, tenemos que incrementar exponencialmente nuestra capacidad de adaptación. Y este urgente desafío debe de ser abordado de forma global y coordinada. El desafío del cambio global es de naturaleza transversal, con un estrecho vínculo con la totalidad de las políticas públicas. Por ello, urge, en primera instancia, actualizar los programas y documentos estratégicos de ordenación territorial, mediante una revisión en profundidad de sus diagnósticos de situación; así como, de las directrices y objetivos de calidad paisajística propuestos para las próximas décadas. En todos ellos, la búsqueda de una adecuada adaptación y resiliencia a los escenarios de cambio climáticos deberían ser sus ejes prioritarios. Esta imprescindible coordinación y transversalidad de las políticas va más allá de los límites administrativos de la Comunidad Foral. En todas las agendas internacionales el cambio climático ocupa un lugar prioritario.

Así, tal y como afirmaba el Observatorio Territorial de Navarra [2013] “ ... *El cambio climático requiere soluciones de cooperación internacional a escala global y regional.*” Nuestro referente próximo lo constituye la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático [COM(2021)82], en el que se fijan las grandes medidas estratégicas con las que se alinean los contenidos de la presente Guía.

El paisaje se erige en una privilegiada referencia para evaluar el alcance de los impactos derivados del cambio climático; así como y diseñar estrategias de adaptación. Además, el paisaje, en tanto que concepto inmediato y perceptible por el hombre, se convierte en un importante referente para sensibilizar sobre los efectos del cambio climático.

El cambio climático desplegará toda una serie de efectos encadenados con incidencia directa sobre la biodiversidad y la actividad primaria. Estos impactos derivarán en una mayor inestabilidad de los paisajes navarros, viéndose afectadas su estructura y dinámicas, tanto naturales como antrópicas. Es decir, el carácter de los diferentes paisajes navarros sufrirá alteraciones evidentes. Para el caso de los paisajes agrarios, la disponibilidad de agua y el estrés térmico forzarán el despliegue de medidas adaptativas. El patrimonio natural navarro se verá presionado debido a las amenazas a las que quedarán expuestas formaciones emblemáticas de los paisajes de la Comunidad. Y, finalmente, los incendios forestales serán otro factor a tener en cuenta en esta transformación, favorecidos por el aumento de la temperatura y disminución de la humedad relativa previsible, así como la previsible prolongación de los periodos secos.

Las políticas de ordenación territorial deben abordar con urgencia la puesta en marcha de medidas de gestión adaptativas. Porque, tal y como se recoge en el Convenio Europeo del Paisaje en su artículo 5 de medidas generales, la gestión del paisaje se ha de integrar en las “*las políticas de ordenación territorial y urbanística y en sus políticas en materia cultural, medioambiental, agrícola, social y económica, así como en cualesquiera otras políticas que puedan tener un impacto directo o indirecto sobre el paisaje*”.

Finalmente, conviene recordar que existen diferentes documentos europeos.¹, en especial la Estrategia Europea para la Infraestructura Verde, que coinciden en recomendar la disciplina de la ordenación territorial (*spatial planning*) como la más adecuada para la gestión de la infraestructura verde y los servicios ecosistémicos que, como tendremos ocasión de demostrar, constituyen los pilares fundamentales sobre los que construir una adecuada política de adaptación al cambio climático.

¹ Documento disponible en: <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf> ; SWD(2013) 155 final: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0155&from=EN>.

0.2 La visión sistémica del paisaje. Una aproximación holística y multiescalar

El paisaje es la expresión de un territorio, de un lugar, manifestación sintética de las condiciones y circunstancias geomorfológicas, fisiográficas, climáticas y biológicas, así como la transformación que haya podido darse por las culturas que lo han habitado y lo habitan. Según el Convenio Europeo del Paisaje, es cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos [Sánchez Ramos, P. et al, 2021].

Un paisaje es el resultado de diversas dinámicas que operan a escalas espaciotemporales diferentes y que generan una convergencia de comportamiento en términos sistémicos. El paisaje es un producto social que debe interpretarse como un sistema socio-ecológico, fruto de un acoplamiento funcional entre la matriz biofísica y las culturas que, a lo largo del tiempo, la han transformado mediante múltiples operaciones, para la obtención de un amplio abanico de servicios esenciales: cobijo, alimento, agua, energía y materias primas, entre otros.

Por tanto, los paisajes operan como sistemas complejos, que deben procurar el equilibrio entre las dinámicas naturales y socioeconómicas para no comprometer la continuidad de tales servicios ecosistémicos. A ello hay que añadir que las diferentes culturas, que transforman y gestionan la matriz biofísica a lo largo del tiempo hasta construir sus paisajes, les han otorgado diferentes valores simbólicos, hasta el punto de reconocerlos como parte sustancial de sus identidades colectivas.

Al abordar la ordenación y gestión de los paisajes, esta aproximación socio-ecológica nos obliga a considerar de forma conjunta, tanto las operaciones culturales, como las dinámicas ecológicas que mantienen la salud ambiental de su matriz biofísica. Llegar a comprender el paisaje requiere desentrañar los factores que esculpieron su impronta material en unos casos, e inmaterial en otros. Desde los grandes procesos responsables de las geoformas, los dominios climáticos o la distribución espacial de la biota –que operan a escalas geológicas y que conforman la “raíz del paisaje”–; hasta aquellas otras dinámicas, fruto de la acción del ser humano, que a lo largo del tiempo han transformado esa matriz, modificando radicalmente sus texturas, otorgando valores a la realidad y llenando los lugares de significados, de vida, de historia... de carácter e identidad. El prolongado uso del territorio por parte de los grupos humanos ha ido acumulando un sinfín de testimonios, que forman parte de esa vieja e inconclusa narración en la que se convierte todo paisaje. La empresa de leer esa obra es tan atractiva, como difícil. El reto al que nos enfrentamos consiste en desentrañar los procesos, ritmos y tiempos que transforman el paisaje, con la intención de ordenar y gestionar sus inevitables cambios. No obstante, el objeto del presente estudio se ciñe al estudio de los cambios potenciales en el paisaje derivados del forzamiento climático. Por tanto, los resultados modelizados se centran en aquellos componentes paisajísticos más directamente condicionados por la variable climática: las formaciones vegetales, la componente hídrica, los procesos de meteorización y el capital edáfico. Es obvio, que en la distribución de la vegetación también juega un papel determinante las condiciones edáficas, pero por

carencia de las fuentes adecuadas, éstas no han sido parametrizadas en los modelos trabajados. Modelos, por tanto, que se centran en aquellas dinámicas naturales afectadas. En todo caso, y dada la naturaleza del paisaje como sistema socioecológico, el estudio se aproxima de forma cualitativa a los posibles efectos derivados del cambio climático en la dimensión productiva, social y perceptiva del paisaje.

0.2.1 Dinámicas socio-ecológicas. Los servicios ecosistémicos

Los procesos y funciones de los ecosistemas describen las relaciones biofísicas que tienen lugar en ellos, independientemente de si los humanos se benefician o no. Mientras que entendemos por servicios ecosistémicos, **aquellos procesos y funciones** que benefician a las personas directa o indirectamente. Ellos **contribuyen al bienestar humano** y no pueden ser definidos independientemente [Braat, 2013]. Así, Naciones Unidas entiende el concepto de “**servicios ecosistémicos**” como aquel que engloba las características, funciones y procesos ecológicos que contribuyen directa o indirectamente al bienestar humano [Costanza et al., 1997; Ecosistema del Milenio Evaluación (MEA), 2005]. Existen servicios de los ecosistemas que generan beneficios directos, como la disponibilidad de agua, alimentos, fibras, medicamentos y otros indirectos, pero no menos esenciales, como los que contribuyen a regular el clima, filtrar el aire y el agua o mitigar el impacto de los eventos naturales extremos.

La **biodiversidad, garante de tales servicios, está en riesgo debido al cambio global**. Durante las últimas décadas, la actividad humana ha afectado gravemente los hábitats y los recursos naturales de los cuales dependen la vida silvestre y la humanidad, como los océanos, los bosques, los arrecifes de coral, los humedales y los manglares. Baste señalar que el 20% de la Amazonía, por ejemplo, ha desaparecido en los últimos 50 años [vid. Cambio Climático Global: Evidencias. Cambio climático global y calentamiento global, NASA, 2008].

Según numerosos estudios [WWF, 2018; EME, 2011], cerca de 15 de las 24 categorías de servicios de los ecosistemas están en declive, debido al uso excesivo de los recursos. El panorama no puede ser más desolador. Tal y como se puede observar en el esquema siguiente.

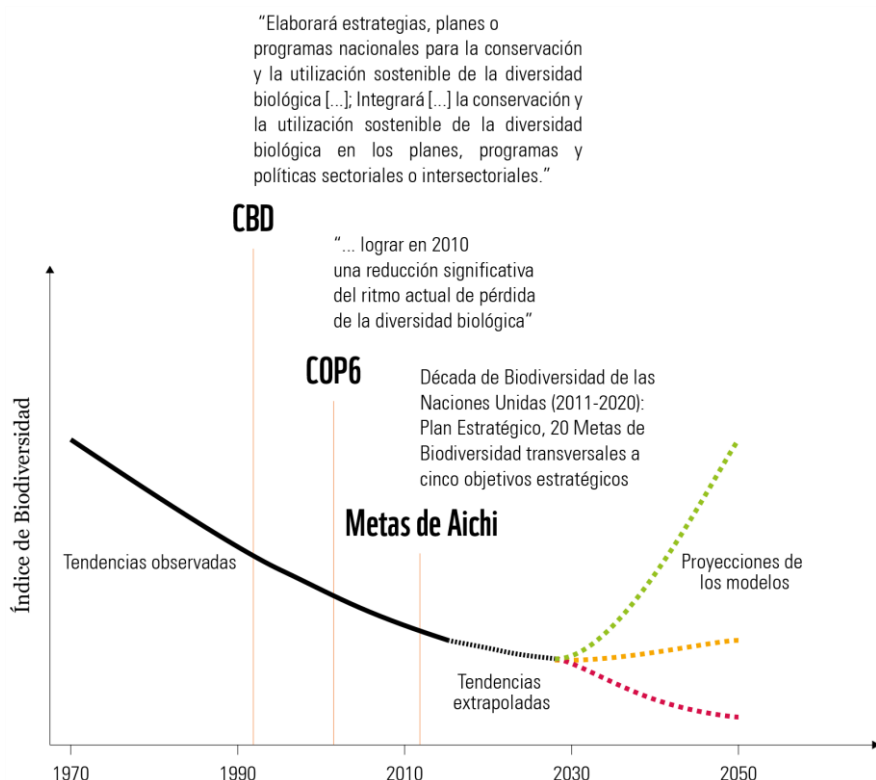


Figura 1 Evolución del índice de biodiversidad y su proyección al año 2050. Fuente: Mace et al.,2018

Ante tal estado de cosas, debemos recordar una verdad universal que se nos olvida con facilidad; a saber, que el **bienestar y la supervivencia de los humanos dependen del resto de la naturaleza** y que el *Homo sapiens* es una parte integral de la biosfera. Los humanos, como el resto de las especies "utilizan" su entorno como fuente de recursos para sobrevivir y, en nuestro caso, prosperar [cultura y competitividad en el uso de recursos]. Si no reconocemos esta interdependencia con el resto de la naturaleza, **estamos poniendo en riesgo el bienestar de nuestra especie y, al mismo tiempo, la de los ecosistemas globales.**

La conclusión es tan obvia como difícil de llevar a cabo: necesitamos transitar hacia una economía verde y circular, neutra en emisiones de carbono, capaz de reducir significativamente las demandas de capital natural y limitar el aumento de las temperaturas globales. **Estamos obligados a acelerar los cambios en nuestros hábitos en aspectos vitales, como la alimentación o la movilidad, entre otros.**

Las administraciones públicas [AA.PP] tienen la responsabilidad de enseñar a adaptarse a un **clima cambiante**, para poder reducir la vulnerabilidad a los efectos más perjudiciales, como el incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, la subida del nivel del mar o la inseguridad alimentaria y de agua potable derivada del calentamiento global. También, claro está, se deben aprovechar las oportunidades que puedan derivarse como, por ejemplo, temporadas de crecimiento más largas o mayores rendimientos agrícolas en algunas regiones.

0.2.2 El clima como factor modelador del paisaje

El clima es un paciente escultor que modela de manera constante los paisajes, de dinámica natural, al ejercer un fuerte control sobre las geoformas y las formas vivas; condicionando así los paisajes de dinámica antrópica, al motivar las necesarias respuestas y adaptaciones culturales del ser humano. Todo ello genera, a la postre, un rico mosaico de dominios bioclimáticos de límites difusos.

Las condiciones atmosféricas constituyen el principal motor de la meteorización física y química. Se encuentran, por lo tanto, en la génesis misma de los sistemas morfoclimáticos; que constituyen el almacén de los paisajes actuales. Los parámetros climáticos que mayor peso ejercen en la construcción de los paisajes son la temperatura, la precipitación y el balance hídrico; ya que condicionan fuertemente la actividad biológica; hasta el punto de que la distribución zonal de las comunidades vegetales es, como sabemos, una función directa de las variables climáticas y edáficas.

En una escala de detalle, la disposición y características del relieve interactúan con las variables climáticas, de modo que la altitud, la orientación o el albedo superficial establecen los matices climáticos de nuestros paisajes. El contraste entre las condiciones térmicas y la disponibilidad hídrica de las vertientes de solana y umbría introducen, por ejemplo, matices sustanciales en la distribución de especies potenciales y cultivos.

La temperatura es uno de los elementos de mayor trascendencia en la caracterización paisajística. Ella interviene en los procesos de transformación de los estados del agua, está directamente implicada en la actividad de los organismos vivos, en su capacidad transpirativa; así como, en la productividad de las especies vegetales. Influye, igualmente, en los procesos de meteorización de las rocas y en la edafogénesis. Finalmente, cabe recordar que, en el plano de las actividades humanas, las temperaturas han condicionado históricamente los asentamientos, sus tipologías y las soluciones arquitectónicas alcanzadas. Y, sobre todo, las actividades productivas, en especial las agrarias, estableciendo, junto al potencial agrológico de los suelos, los umbrales de tolerancia de los diferentes tipos de cultivos y ganadería.

La precipitación es el elemento que, junto a la temperatura, influye de manera más directa en la configuración e individualización de los medios naturales. Su régimen temporal y su distribución espacial condicionan los procesos geomorfológicos y la distribución de las principales especies vegetales y animales. Además, hoy día, la disponibilidad de recursos hídricos constituye un reto ambiental de primer orden. Y una parte importante del problema reside en la propia naturaleza de la precipitación en nuestras latitudes. En ellas, la lluvia se erige en un fenómeno de elevada variabilidad espacio-temporal. De hecho, tendremos ocasión de demostrar como este particular comportamiento de la precipitación, complica sobre manera su estudio y, sobre todo, los intentos por proyectar comportamientos futuros.

0.3 El cambio climático. El estado de la cuestión

La quema acelerada de combustibles fósiles que trajo consigo la Revolución Industrial es considerado hoy, a la luz del conocimiento que poseemos, posiblemente como un insensato experimento que puede tener efectos de escala geológica; que ha provocado la emisión a la atmósfera de ingentes cantidades de gases de efecto invernadero en un brevísimo periodo de tiempo. Como recordaba en noviembre de 2018 el secretario general de la Organización Meteorológica Mundial –OMM, Petteri Taalas; desde 1990, ha habido un aumento del 41% en el llamado “forzamiento radiativo total” [OMM, 2018]. Esta etapa de la historia de la Humanidad, que algunos han calificado como la de “la Gran Aceleración”, ha afectado gravemente a los hábitats y los recursos naturales de los cuales dependen la vida silvestre y la humanidad..²

En la década de los sesenta del pasado siglo, se celebró en la ciudad norteamericana de Boulder–Colorado, un Congreso sobre cambio climático, en cuyas actas de conclusiones se puede leer lo siguiente: *“Estamos delante de un sistema complejo, en equilibrio precario y que comienza a enseñarnos una inquietante capacidad para cambiar de manera espectacular por sí mismo o por la acción coadyuvante de la acción antrópica y con mayor rapidez de la que ninguno imaginó”*. [Climate Change Congress, Boulder-Colorado, 1965]. Un aviso que apenas tuvo eco más allá de la comunidad científica, a pesar de que se estaba dando la voz de alarma sobre uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta la humanidad. Desde aquel lejano 1965, los avances en investigación, al amparo de diversos organismos internacionales [IPCC, WMM, etc.], han perfilado con nitidez la magnitud del problema. Así, el quinto informe del IPCC – *Climate Change: The Physical Science Basis. GT1*– se expresa, con un 95% de certeza, en los siguientes términos: *“el cambio climático es un hecho inequívoco y la actividad humana es la causa dominante del mismo desde mediados del siglo XX”*.

Vivimos una **crisis climática** que trasciende al “*principio de prudencia*” en nuestro comportamiento como especie. Resulta urgente adoptar medidas de calado que refuercen la resiliencia de los ecosistemas, más allá de que el sistema climático –arquetipo del problema con sorpresas– [Duplessy, J.C. et al., 1993], evolucione en una u otra dirección. Porque lo que no da pie a discusión, es que estamos en un período en el que hemos alcanzado el estatus de fuerza condicionante de la evolución global del sistema Tierra. Así, muchos científicos ya hablan abiertamente de un nuevo periodo geológico: el Antropoceno.

En el año 2006, el economista británico Nicholas Stern hacía públicas las conclusiones de un informe elaborado junto a un equipo de expertos sobre los aspectos económicos del cambio climático. En dicho trabajo se afirma con total rotundidad que *“las pruebas científicas son hoy apabullantes: el cambio climático es una grave amenaza mundial y exige una respuesta global urgente [...] el cambio climático afectará a los elementos básicos de la vida de las personas de todo el mundo: el acceso al agua, la producción de alimentos, la salud y el medio ambiente”*. Pero lo más interesante de este estudio es la demoledora conclusión de que los costes y riesgos

² Vid. Scranton, R. [2015]. Learning to Die in the Anthropocene. Reflections on the End of a Civilization, City Lights Books, San Francisco.

totales derivados del cambio climático, equivaldrían a una pérdida anual permanente de, al menos, un 5% del PIB mundial –cálculos efectuados hace más de diez años-. Mientras que los costes de actuar –entre otros los derivados de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero- podrían limitarse hasta no superar el 1% del PIB. La conclusión resulta obvia: **¡Es rentable invertir en la lucha contra el cambio climático! Pero el tiempo se nos agota.** El problema tiene una evidente lectura ética, la investigadora *Lera St.Clair* [2010] afirmaba con acierto que “...*el cambio climático es más que un problema ambiental: es un problema social, un problema del desarrollo y un problema ético que está estrechamente vinculado con la seguridad de la humanidad*”.

0.3.1 La crisis climática actual. El umbral crítico de los 1.5°C

En el Informe Especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5°C y las sendas de emisión relacionadas dentro del ciclo del Sexto Informe de Evaluación [AR6, en elaboración, 2018]³; publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica se establecen **tres rotundas conclusiones**, avaladas por el conjunto de la comunidad científica internacional:

El calentamiento global inducido por el hombre ha alcanzado en 2017 aproximadamente 1°C sobre el nivel preindustrial. Si las emisiones continuasen al ritmo actual [0.2°C/década] se alcanzará un calentamiento de 1,5°C entre 2030 y 2052. [vid. Figura 2]

El cumplimiento de los actuales compromisos de mitigación bajo el Acuerdo de París no es suficiente para limitar el calentamiento global a 1,5°C, incluso si viene complementado con medidas ambiciosas y a gran escala después de 2030.

Los riesgos para los sistemas naturales y humanos son menores para un calentamiento de 1,5°C que para uno de 2°C, incluyendo la frecuencia e intensidad de extremos, impactos en la biodiversidad terrestre y marina, en los ecosistemas y sus servicios, la ganadería, suministros de agua y alimentos, salud y seguridad humana, infraestructuras y crecimiento económico. Se pueden sobrepasar umbrales de irreversibilidad con calentamientos entre 1,5°C y 2°C.

³ Vid. AEMET y OECC [2018]. Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C. Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid

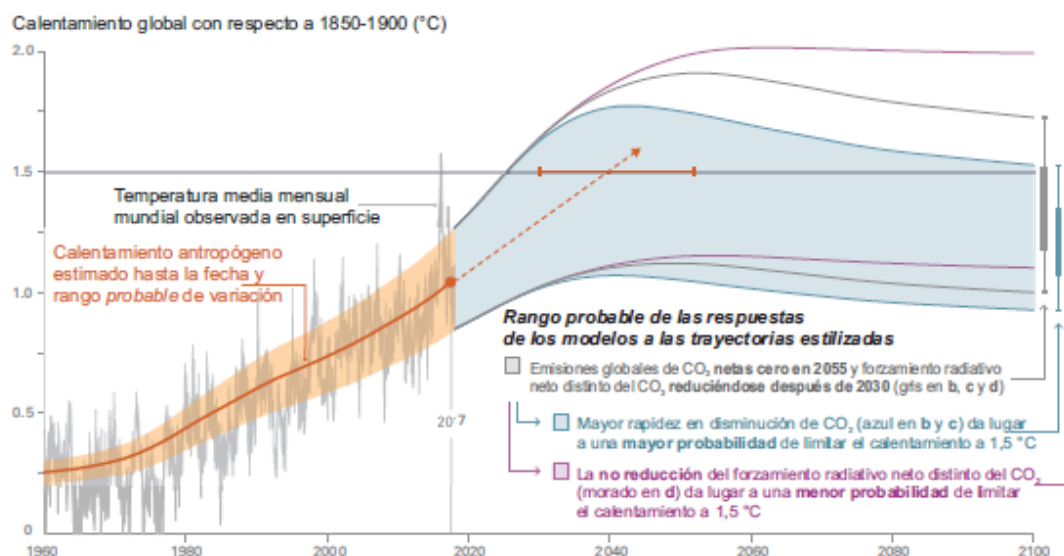


Figura 2 Esquema escenarios futuros según emisiones con el límite del 1.5°C.⁴ Fuente: V Informe IPCC [2015]

0.3.2 Escenario de cambio climático para el territorio Navarro. Estudios previos

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático [PNACC].⁵ recopila las principales fuentes de información sobre el cambio climático regional [Vid. Fernández, J. et al. 2018]. Entre dichas fuentes se encuentra la reciente “Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir del IPCC-AR5 publicado por la AEMET en 2017”.⁶ En ella se afirma, respecto a los valores medios de las variables analizadas, que **las temperaturas máximas y mínimas en la Península Ibérica muestran un claro aumento progresivo a lo largo del siglo XXI**, bajo todos los escenarios analizados, siendo muy significativo para finales de siglo y bajo el escenario RCP8.5.

Por lo que respecta las precipitaciones se sostiene que existe una ligera disminución en la mayor parte de España para finales de la actual centuria, más fiable en las cuencas hidrográficas del sur peninsular.

En el informe realizado en 2017 por la Delegación Territorial de la AEMET en Navarra sobre la evolución de algunas variables climáticas, utilizando como referencia el periodo 1961-1990.⁷ y

⁴ Las emisiones de CO₂ acumuladas y el forzamiento radiativo futuro distinto del CO₂ determinan la probabilidad de limitar el calentamiento a 1,5 grados centígrados. Imagen extraída de la web de la organización meteorológica mundial en español.

⁵ Vid. Escenarios-PNACC [2012]. http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/datos_mensuales/ayuda <http://www.meteo.unican.es/escenarios-pnacc>

⁶ Amblar Francés, P. et al. [2017]

⁷ Oria Iriarte, P. [2017].

que sirvió de base para la Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra [KLINA.], se afirma lo siguiente:

En primer lugar, que las tendencias de calentamiento son coincidentes con estudios similares de regiones vecinas y con la tendencia general del clima en Europa occidental, en torno a 0.15-0.2°C/década. El estudio para las series del tiempo observado ya establece un claro aumento de las temperaturas medias, del número de olas de calor, días y noches cálidas; así como una “mediterraneización” del régimen pluviométrico, como consecuencias de una mayor variabilidad en los regímenes anuales y en la tipología de la precipitación; aunque el volumen de precipitación anual sólo muestra una ligera disminución en la horquilla del 5-10%, según estaciones.

Por lo que respecta al clima futuro, el estudio termométrico concluye de forma consistente, que habrá un aumento generalizado de las temperaturas para finales del siglo XXI. Una subida que se asocia al aumento en la intensidad y frecuencia de olas de calor, así como a la subida del porcentaje de noches cálidas y la reducción del número de días de heladas. Mientras que la pluviometría ofrece una cierta tendencia negativa en torno al 20% en los volúmenes anuales. Los resultados muestran también, una disminución de los días de lluvia intensa (sobre todo bajo el escenario RCP 8.5⁸), principalmente a partir del 2060.

Estudio de variabilidad climática de Navarra [entregable DC6.2.1 del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC]

Con todos estos precedentes científicos, a diferentes escalas de análisis espacio temporales, en el mencionado entregable DC6.2.1, se abordó el trabajo de caracterización del clima navarro y su proyección futura, arrojando unos resultados que precisan las conclusiones apuntadas en este breve repaso al estado de la cuestión. Estos resultados constituyen la base de modelización del presente estudio de la vulnerabilidad del paisaje frente al forzamiento climático. Por tanto, todas las salidas de los modelos desarrollados son susceptibles de variar, conforme estas proyecciones se vayan ajustando, bien por datos más precisos o cambios metodológicos en la modelización de las evoluciones del sistema climático para el contexto regional en el que nos encontramos.

⁸ Se ha realizado el estudio de variabilidad climática respecto a este escenario porque se está convirtiendo en el tendencial, como muestra la diferencia entre el clima pasado y el presente: 0,2°C por década.

1. El cambio climático como multiplicador de amenazas. Las cadenas de impacto.

1.1 Escenarios proyectados. Resultados del estudio de variabilidad climática

De forma resumida se considera que las evidencias de calentamiento global son claras en el territorio navarro.

Las conclusiones del estudio presentan un panorama futuro para el territorio navarro caracterizado por un clima más cálido, con temperaturas extremas, con un mayor porcentaje de días y noches cálidas, acompañado de un incremento de las olas de calor. El incremento de la temperatura media sería bastante homogéneo espacialmente, aunque algo más marcado quizá en las zonas medias de Navarra y algo menor en los valles pirenaicos.

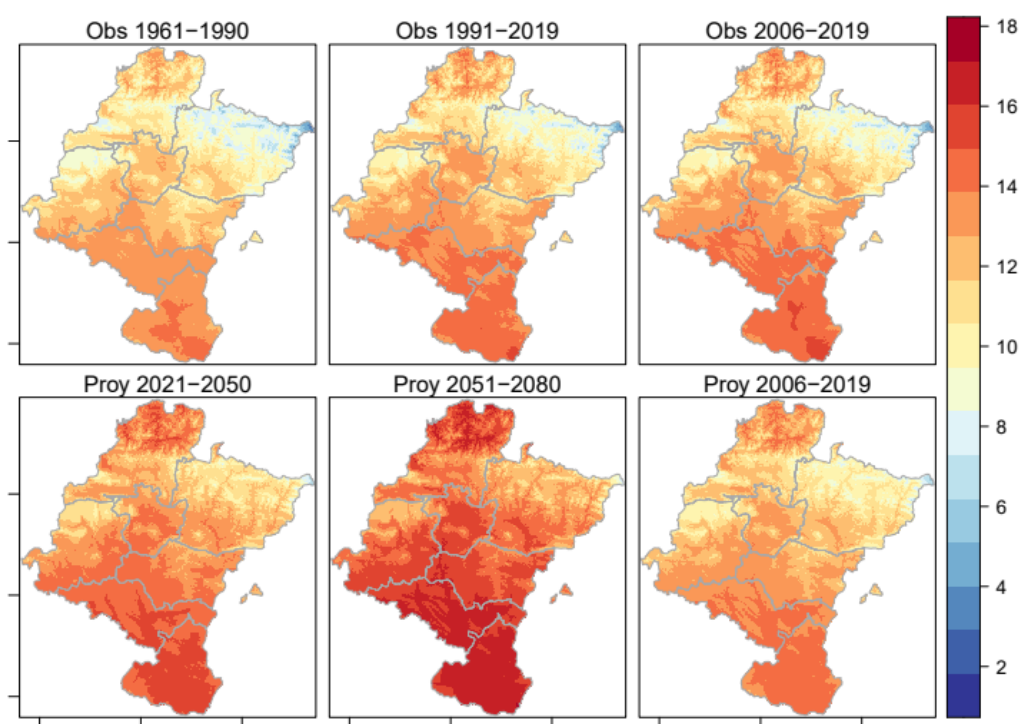


Figura 3 Mapas de temperatura media del periodo normal observados 1961-1990 [clima pasado] y 1991-2019 [clima presente] y proyectados 2021-2050, 2051-2080.

De los indicadores de temperaturas mínimas se deduce que los días de helada se reducirían, hasta prácticamente la mitad en el periodo 2021-2050, y las noches tropicales aumentarían, en consonancia con el aumento del porcentaje de noches cálidas [pasarían a doblarse en el segundo periodo proyectado].

Otro tanto se puede decir de los indicadores asociados a las temperaturas máximas. De este modo, disminuirían los días de hielo y aumentarían los días de verano. El porcentaje de días fríos

y de días cálidos nos señalaría que las comarcas del sur de Navarra serían las que experimentarían una mayor tasa de cambio.

Las olas de calor reforzarían esa última idea. Aumentarían significativamente tanto la frecuencia de las olas de calor, como su magnitud y duración. La Ribera y la mitad sur son las que pudieran sufrir los mayores rigores de las olas de calor. El número de eventos se va duplicando en cada periodo climático, y en la Ribera pasa de uno a una previsión de hasta ocho. La duración de la mayor ola de calor podría alcanzar hasta diez días y, además, el calor también sería más intenso.

En el caso de la **precipitación**, el cambio es un progresivo descenso medio para Navarra [0.3% en 1991-2019, 7% en 2021-2050 y 11% en 2051-2080] respecto a 1961-1990 [periodo de referencia establecido por la OMM].

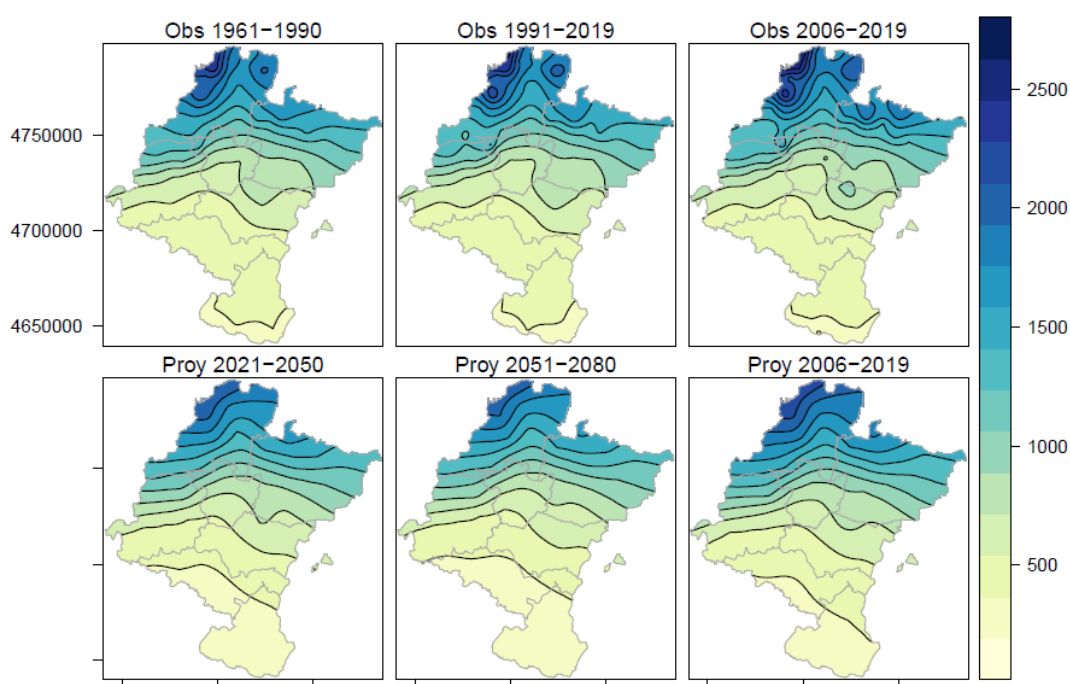


Figura 4 Mapas de la precipitación anual de los periodos observados 1961-1990 [clima pasado] y 1991-2019 [clima presente] y proyectados 2021-2050, 2051-2080.

En cuanto al número de días húmedos, parece que descienden a medida que avanza la segunda mitad el siglo XXI. Otro tanto sucedería con el número de días de precipitaciones abundantes (≥ 10 mm) e intensas (≥ 20 mm). El indicador de días secos consecutivos, en el periodo 2051-2080, también presenta un ligero aumento. La combinación de ambos indicadores hace prever incrementos de riesgos erosivos al precipitar de forma intensa sobre suelo seco.

En definitiva, estos resultados parecen indicar que, en el futuro, sobre todo en la segunda mitad del siglo XXI, cabría esperar episodios de precipitaciones más intensas, seguidos de periodos de sequía ligeramente más largos.

La **evapotranspiración potencial** [ETP] se ha obtenido de a partir de los valores de temperatura media, mediante el método de Thornthwaite. Así, al igual que ocurriera con la evolución de la anomalía térmica, también cabría esperar un incremento en la ETP a lo largo del siglo.

En cuanto a la **aridez**, parece que evoluciona progresivamente hacia valores más bajos, con las categorías seco y semiárido ganando terreno. Esto sería especialmente así en el periodo 2051-2080, que es cuando se aprecian más los cambios, con una profundización hacia valores más áridos. Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2019, los resultados para el futuro parecen bastante confiables.

Respecto a la **oceanidad**, aunque dentro de un contexto oceánico, se aprecia claramente que hay una tendencia progresiva a ir perdiendo ese carácter, acercándose el sur de la Comunidad Foral hacia la categoría semicontinental. Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2019, los resultados para el futuro parecen razonablemente confiables, aunque un tanto suavizados.

Para finalizar, comentar que la disparidad entre modelos climáticos de estaciones es grande. Los basados en la técnica de regresión lineal SDSM proyectan temperaturas más altas y precipitaciones más bajas que aquellos basados en análogos. En especial, las diferencias en la precipitación son más que notables. Quizá hubiera sido una buena opción descartar de partida esos modelos para dicha variable.

1.2 Cadenas de impacto

1.2.1 Concepto

El V Informe de Evaluación del IPCC-AR5 [2014] estableció un esquema conceptual para facilitar la aproximación metodológica a los impactos derivados de los escenarios de cambio climático [vid Figura 1]. Una propuesta basada en cuatro componentes clave: amenaza-peligro [*hazard*], exposición, vulnerabilidad e impacto. En consecuencia, el cambio y los factores de riesgo climático, junto a los factores de exposición y vulnerabilidad se pueden estructurar a través del concepto de “cadenas de impacto”.

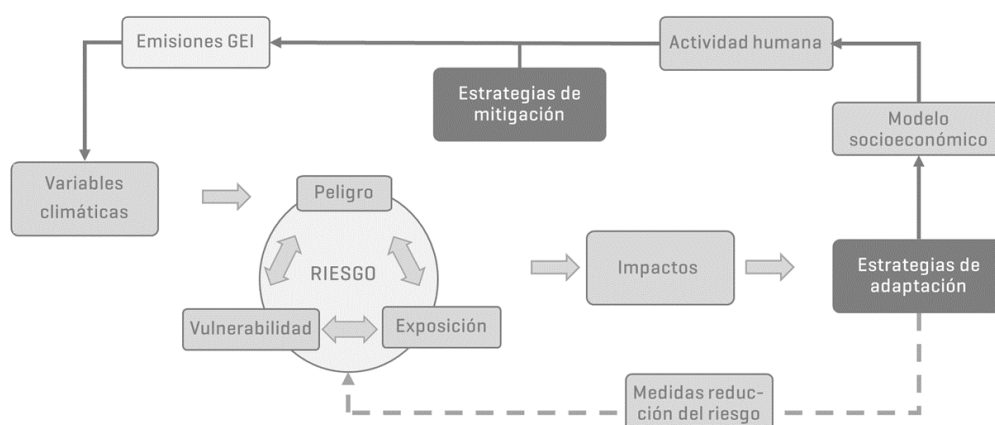


Figura 5 Cadenas de Impacto y Riesgo Climático. Fuente: NASUVINSA. Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, Acción C1.1.

En base a tales planteamientos metodológicos, la acción C1.1 del proyecto LIFE-IP-NADAPTA-CC, define el riesgo como “la conjunción de tres elementos: vulnerabilidad, exposición y peligro.

Si este riesgo se materializa, genera un impacto que puede producir efectos, tanto en los sistemas naturales, como en los sistemas humanos”.

El marco metodológico del presente trabajo sobre el impacto del cambio climático en los paisajes navarros ha sido abordado, tal y como se recoge en la Figura 6.

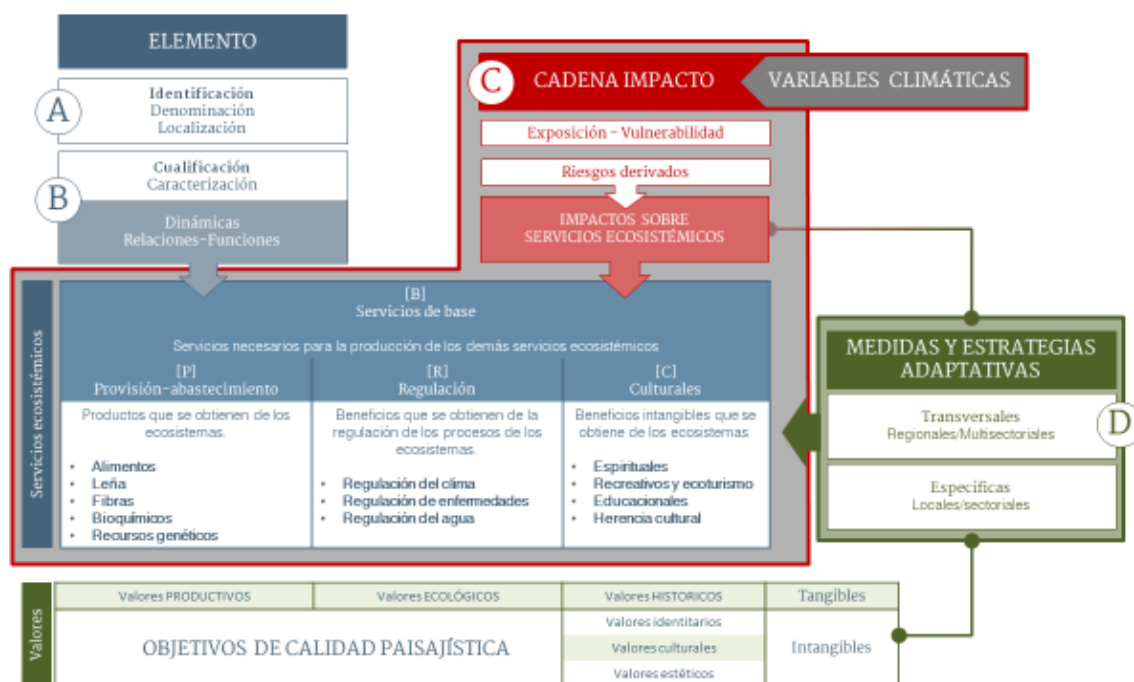


Figura 6 Esquema metodológico Cadenas de Impacto en el Paisaje. Elaboración propia.

El proceso se inició con el **análisis y valoración de las variables climáticas disponibles** (temperatura media, máxima y mínima, ETP, precipitación, índice Köppen, índice de aridez Rivas Martínez, índice de continentalidad) aportadas por el equipo de Meteorología.⁹ para la caracterización de los riesgos (*hazard*) que se ciernen sobre el paisaje navarro, derivados del escenario RCP8.5 del IPCC [AR 5].

Esta caracterización se completa con la definición de la exposición y vulnerabilidad de los **Servicios Ecosistémicos**.¹⁰ [SE], considerados como **receptores directos** de las amenazas/riesgos identificados, **y que incidirán de manera inmediata sobre las personas y sus medios de producción y organización social**. Finalmente, a la luz de tales escenarios, se avanzan estrategias de adaptación, expresadas en medidas concretas –comprensibles, eficaces y viables– a diferentes escalas, para cada uno de los elementos vulnerables identificados en el paisaje navarro. La vulnerabilidad hace referencia a la valoración de los elementos y componentes paisajísticos, en función de su propensión o predisposición a verse afectado por una amenaza climática.

⁹ Vid. DC6.2.1. ESTUDIO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA. NASUVINSA. 2019. Entregable proyecto LIFE-IP NAdapta-CC.

¹⁰ Evaluación Ecosistemas del Milenio, Constanza, R., 1997; De Groot et al., 2002; MEA.EEM, 2003-2005; Wallace, 2007; Turner, 2008; CICES: Common International Classification for Ecosystem Services V5.1., 2018]

Se explica a través de dos componentes: la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la capacidad para hacerle frente y superar los efectos o capacidad adaptativa.

Las relaciones causa-efecto que se pueden establecer entre las condiciones climáticas y el paisaje tienen un marcado carácter no lineal. Esto dificulta el análisis y la narrativa sobre los impactos del cambio climático sobre el paisaje, entendido éste como un sistema socio-ecológico altamente complejo. El meollo de la cuestión es encontrar un discurso comprensible que nos permita transmitir al lector el grado de vulnerabilidad/exposición de los paisajes actuales frente a los escenarios futuros de cambio climático. En esta Guía se utiliza la oportunidad que brinda **el enfoque metodológico de los servicios ecosistémicos**⁷ [SE]; concebidos, como señalábamos, como los **receptores directos de los impactos climáticos previsibles**. Recordemos que los SE son aquellos procesos y funciones que contribuyen al bienestar humano, directa o indirectamente [Braat, 2013].

En Navarra, por ejemplo, el conjunto de bosques actuales, además de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento evidentes, proporciona otros servicios vitales en el plano hidrológico, al contribuir a la filtración natural del agua y a la regulación de flujos hídricos [Platais y Pagiola, 2002]. Sin embargo, estos servicios hidrológicos suelen escaparse en los balances de efectos derivados de la deforestación. Esta es la clave de lectura sistémica que se aplica en el presente estudio.

Se subraya la importancia de contemplar la complejidad de relaciones que operan en el territorio. En el ejemplo anterior, una potencial pérdida de bosques por impacto del cambio climático tendrá efectos palpables no sólo en disminución de la biodiversidad, sino también en forma de inundaciones y pérdida de la calidad del agua. Esto se relaciona con el concepto de efecto multiplicador de los impactos, que provocará, sin duda, un incremento en la vulnerabilidad.

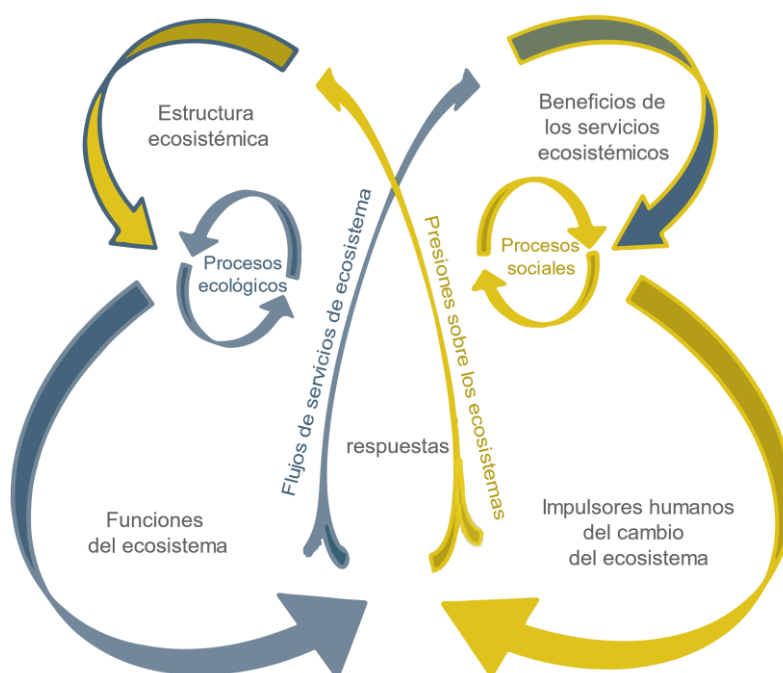


Figura 7 Relaciones de sistemas: combinación de sistemas socioeconómicos y ecológicos. Fuente: Developing the AQUACROSS Assessment Framework, 2017.¹¹

El documento de Naciones Unidas, denominado Evaluación de los Ecosistemas del Milenio realizado [MEA, 2005], asumió el concepto de servicios ecosistémicos como herramienta para la evaluación de los ecosistemas y de los servicios que ellos proveen –capital natural–; y establecer las bases para conservar y utilizar los ecosistemas de una manera sostenible. El cambio climático, concebido como un “impulsor directo”, [Vid. CICES, 2018].¹² está implicado en todos los procesos críticos que comprometen las funciones ecológicas y los servicios que sustentan la vida, tales como la biodiversidad, la productividad primaria, la fertilidad de los suelos y la calidad del agua. Por tanto, el enfoque de los servicios ecosistémicos será el nexo conceptual y narrativo [“la *piedra roseta*”].¹³ entre el análisis del paisaje y el clima, permitiéndonos afinar en nuestras propuestas de estrategias adaptativas.

¹¹ Gómez et al. (2016) Developing the AQUACROSS Assessment Framework. Deliverable 3.2, AQUACROSS, European Union’s Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation Grant Agreement No. 642317

¹² La clasificación Internacional Común de los Servicios de los Ecosistemas [CICES] ha sido desarrollada a partir del trabajo sobre contabilidad ambiental realizado por la Agencia Europea de Medio Ambiente [EEE]. Respaldó su contribución a la revisión del Sistema de contabilidad ambiental y económica [SEEA], que actualmente está liderado por la División de Estadística de las Naciones Unidas [UNSD].

¹³ La *piedra roseta* fue clave para descifrar la escritura jeroglífica egipcia, al ser una estela en piedra con gravados en tres escrituras diferentes.



Figura 8 Beneficios de la Naturaleza.¹⁴

En el presente trabajo se ha puesto el acento en el grado de vulnerabilidad y los peligros asociados a las cadenas de impacto sobre los elementos del paisaje. Teniendo como referencia los grandes sectores estratégicos-temáticos recogidos en LIFE-IP NAdapta-CC con mayor incidencia paisajística, tales como el **agua, la biodiversidad, los bosques, los suelos y la actividad agraria, quedando el** espacio construido urbano como objeto de atención específico en otro estudio vinculado a este proyecto.

1.2.2 Cadenas de impacto definidas. Vulnerabilidad y riesgos sobre los servicios ecosistémicos

Los subsistemas que integran cualquier paisaje y que, *grosso modo*, coinciden con los grandes sectores estratégicos manejados en el presente proyecto: suelo, agua, biodiversidad-bosques, sector agrícola; no pueden analizarse como compartimentos estancos, sujetos a amenazas particulares. Nuestra aproximación se desarrolla desde una mirada holística, considerándolos como subsistemas acoplados con una elevada interdependencia. Esta aproximación sistémica al paisaje está presente en las evaluaciones de vulnerabilidad; así como, en las medidas de adaptación que se plantean.

A continuación, se exponen en detalle las cadenas de impacto finalmente definidas para el territorio navarro.

¹⁴ Informe Planeta Vivo - 2018: Apuntando más alto. Adaptado de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de 2005. WWF. 2018. Grooten, M. y Almond, R.E.A. [Eds]. WWF, Gland, Suiza.

1.2.2.1 *Tendencia a la mediterraneización*

Amparados en la literatura científica y en los resultados arrojados por el estudio “ad hoc” realizado sobre escenarios futuros de cambio climático, podemos afirmar que los principales impactos para los ecosistemas atlánticos derivarán, fundamentalmente, de la tendencia a la mediterraneización de las condiciones termoplumiométricas; siendo especialmente vulnerables aquellos elementos de la matriz biofísica situados en su límite ecológico o geográfico; como por ejemplo, la vegetación de alta montaña en Pirineos, los árboles y arbustos caducifolios sensibles a la sequía o ciertas formaciones de zonas semi áridas, actualmente sometidas a riesgo cierto de desertificación. Los estudios manejados [2005, 2018]¹⁵ coinciden en señalar como fenómenos genéricos más probables los siguientes:

- Migraciones altitudinales y extinciones locales.
- Alteración de la fenología y de las interacciones entre especies.
- Determinadas especies invasoras y plagas se verán favorecidas.
- Sobre el sector de recursos hídricos el riesgo se puede resumir en un incremento de la variabilidad hidrológica y una disminución de la captación.
- Aumento del riesgo de incendio, así como de su tipología, con aumento de su virulencia.

CADENA 1. Aumento temperaturas medias y reducción disponibilidad hídrica [C1]

La subida de las temperaturas está relacionada con un incremento de los valores medios anuales y estacionales, el aumento del porcentaje de días y noches cálidas; así como con una previsible reducción del número de días con heladas. Todos estos hechos nos sitúan ante un clima futuro más cálido.

Este escenario termométrico ofrecerá, previsiblemente, una estación invernal con valores por encima de la actual (hablamos de tendencias, sin que ello invalide la ocurrencia de adversos fríos) y un estío más caluroso [González-Hidalgo et al., 2015]. Este contraste se traducirá, por tanto, en un aumento moderado de la amplitud térmica anual. Las proyecciones prevén no sólo que es un verano más caluroso sino también más prolongado (también el periodo vegetativo). Y el invierno sigue siendo frío, pero se acorta el periodo de riesgo de heladas, que como se dice no significa ausencia de ocurrencia: y esos son los riesgos mayores una helada temprana o tardía en ese “escenario” de prolongación del periodo vegetativo.

Por su parte, el comportamiento pluviométrico futuro se nos presenta menos cierto, aunque debemos esperar, según se desprende de los estudios manejados, un descenso de la precipitación media y, sobre todo, un patrón de distribución anual más variable y complejo. El efecto combinado de un aumento de las temperaturas medias estivales, de las medias de las máximas y de

15 Vid. Moreno Rodríguez, J.M. [2005]. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. OECC, UCLM. Ministerio de Medio Ambiente. CLIVAR [2018]. Volumen especial sobre el clima en la Península Ibérica: una visión científica global y coordinada por el Comité CLIVAR-España. Ministerio para la Transición Ecológica Agencia Estatal de Meteorología Madrid.

la evapotranspiración se traducirá, con alta probabilidad, en un incremento de las sequías estivales que podrán derivar en una sensible reducción de la disponibilidad hídrica en suelo para esta época del año.

Presentamos a continuación una relación de los riesgos asociados a esta cadena de impacto para el territorio navarro. Éstos se ciernen sobre los diferentes elementos vulnerables identificados en el paisaje navarro. En las fichas que se han elaborado para los ámbitos y elementos paisajísticos más vulnerables se caracterizarán con detalle dichas amenazas. En todo caso, adelantamos a continuación tales riesgos. Así para esta **primera cadena de impacto** definida [C1.], los impactos y riesgos previsibles [IRP] serían los siguientes:

Pérdida Biodiversidad y alteraciones en la composición florística. Existe el riesgo de que se puedan llegar a producir extinciones locales de especies altamente vulnerables. El límite inferior del bosque determinado por la aridez es donde con mayor rapidez se podrán sentir los efectos del forzamiento climático. [IRP01].

Reajuste en la distribución a través de migraciones espaciales y altitudinales de las especies. Las zonas donde las especies se encuentren en el límite de su área de distribución, así como, los ecosistemas situados en su límite ecológico o geográfico (formaciones cuyo balance hídrico es próximo a cero, ecosistemas dominados por especies relictas, ecosistemas de alta montaña, ciertas formaciones de zonas áridas) son los más vulnerables. [IRP02].

Riesgo extremo en las zonas de transición. La pérdida de biodiversidad y los reajustes espaciales en la distribución de las especies será crítico en las áreas de transición. Sobre todo, en aquellas caracterizadas por situaciones de alta vulnerabilidad derivadas de la presencia de especies relictas, en los ecosistemas de alta montaña o, en ciertas formaciones de zonas áridas [IRP03].

Modificaciones fisiológicas y fenológicas en especies arbóreas y decrecimiento de la vegetación (estos impactos no será posible verificarlos con precisión por falta de datos sobre variables claves como la insolación) que podrían alterar la composición específica o desencadenar efectos de diferente signo sobre su productividad. Algunas de estas alteraciones en la fisiología podrían incidir en la fecundidad, tasas de actividad, *sex ratio*, resistencia a enfermedades o supervivencia; o incluso, en la morfología. Se trataría de alteraciones como la Pérdida de vitalidad/decaimiento forestal: defoliaciones, reducciones en el crecimiento y aumentos en la mortalidad [La reducción de las precipitaciones se asocia a un mayor decaimiento forestal, que se caracteriza por una reducción en las tasas de crecimiento del arbolado y una mayor mortalidad en algunas especies forestales y mayor incidencia de defoliaciones [Carnicer et al., 2011]]. En general, es previsible esperar un debilitamiento de las masas, decaimiento y mortalidad, debido al déficit hídrico, sequías extremas [IRP04].

Riesgo de aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios. El estrés hídrico y térmico contribuirá al aumento en la frecuencia, intensidad y magnitud de los incendios forestales. Se adjunta un anejo específico dedicado a este impacto y riesgo previsible. [IRP05].

Descenso de las reservas hídricas en suelo y para consumo agrario e incremento de la incertidumbre en la gestión hídrica. Actualmente, los sectores que demandan una mayor cantidad de agua en Navarra son el doméstico (8%), industrial (6%) y riego (86%) [Gobierno de Navarra, 2017]. El incremento previsto de las temperaturas generaría un incremento de la demanda de agua, tanto de los ecosistemas terrestres como de los sistemas agrícolas. Por tanto, las áreas de mayor demanda hídrica para el consumo humano y para los sistemas agrícolas son las áreas más vulnerables. Así, el incremento de la temperatura prevista podría provocar una mayor demanda evapotranspirativa en los cultivos y un incremento del estrés hídrico, como consecuencia del aumento de las necesidades de riego. [IRP06].

Riesgo de pérdida de calidad del agua. Respecto a la calidad del agua, el incremento de la temperatura del aire provocará el aumento de la temperatura del agua en los ríos; lo que inducirá una menor disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua. El incremento de la temperatura ambiente también podría provocar una reducción de la formación de hielo. En los últimos años el deshielo en los ríos se ha adelantado entre 15 y 20 días, en comparación a la década de 1950 [AEMA, 2009]. [IRP07].

Riesgo de desertización. El incremento de la temperatura incidirá en los suelos, aumentando el riesgo de desertización y podría afectar a la tasa de descomposición y causar una reducción en el contenido de carbono orgánico de los suelos. Otras propiedades que se podrían ver afectadas son la salinización o fertilidad física, química y biológica. [IRP08].

Pérdida del capital edáfico. Aumento del suelo desnudo como consecuencia de una tendencia a una progresiva desertización, que será más acusada en las tierras meridionales de la Comunidad Foral de Navarra. [IRP10].

Expansión de especies invasoras y plagas [IRP13].

Dificultades en la regeneración natural causadas por un riesgo en el incremento de episodios de sequía. Así como, problemas en la regeneración por menor producción de semillas, semilla con menor capacidad reproductiva, condiciones edafoclimáticas más áridas y desacoplamiento entre los procesos de fructificación y las condiciones óptimas para la instalación y supervivencia de las plántulas. Mayor predación e incremento de la herbivoría. [IRP14].

Riesgo de incremento en la frecuencia e intensidad de episodios de plagas y enfermedades. Expansión del área de actuación de plagas y enfermedades limitadas por frío o de sus períodos de actividad / Alteración de las condiciones de salud de los bosques y posible desequilibrio con las comunidades de agentes patógenos. / Riesgo de episodios más severos y frecuentes de plagas y enfermedades. Aumento de plagas y enfermedades emergentes. [IRP15]

Alteración de la productividad de los bosques y del papel de los bosques como sumideros de carbono [disminución de la capacidad de secuestro de carbono] / Disminución de la productividad por sequía. / Reducción del crecimiento y la capacidad de fijar carbono, a causa principalmente del déficit hídrico. [IRP16]

Existe riesgo de desplazamiento de las áreas de idoneidad de los cultivos y pastos, así como variaciones significativas en los rendimientos y la calidad de diferentes cultivos, en determinadas producciones. [IRP17].

Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones. [IRP18]

Riesgo de incremento de expansión de plagas y enfermedades agrícolas y ganaderas. [IRP19].

Tendencia hacia la simplificación del paisaje [IRP21]. Por último, pero no menos importante, dentro de la Cadena 1, uno de los impactos previsibles de difícil cuantificación será simplificación del paisaje como consecuencia de la pérdida de elementos. Su reemplazo natural por especies adaptadas, hasta que formen formaciones desarrolladas, superará la escala generacional para que lleguemos a percibirlo.

1.2.2.2 Tendencia hacia un clima más incierto y extremo.

Los riesgos vinculados al cambio climático derivados de episodios extremos, como olas de calor o eventos de precipitación extrema ya son considerados en los informes del IPCC [AR5] como moderados [nivel de confianza alto] y altos, en un escenario de calentamiento adicional de 1°C. Igualmente, las proyecciones regionales de los modelos predictivos apuntan a ese posible incremento de fenómenos extremos tanto termométricos como de precipitación. Los ecosistemas naturales son los elementos más eficaces a la hora de amortiguar los efectos derivado de los fenómenos meteorológicos extremos. Este hecho constituye uno de los pilares sobre el que sustentar cualquier estrategia adaptativa. Resulta vital mantener la salud y funcionalidad de nuestros ecosistemas para enfrentarse con ciertas garantías a un clima más incierto y extremo.

CADENA 2. Pluviometría más incierta y extrema. [C2]

Esta cadena de impacto conlleva alteraciones en los patrones de precipitación e incremento en la frecuencia e intensidad de eventos pluviométricos torrenciales en cualquier estación del año en el seno de una atmósfera con un mayor intercambio energético.

Dada la propia naturaleza de este meteoro, estas proyecciones se mueven todavía en un grado de confianza bajo. Asumiendo que el porcentaje de certidumbre en la variable pluviométrica es bajo, los estudios apuntan, con una moderada certeza, hacia un futuro escenario climático que se caracterizará por un incremento del rango de variabilidad en los volúmenes recogidos y en los patrones de distribución anuales. En este incremento de la incertidumbre en el *input* hídrico contribuirá notablemente el aumento en la frecuencia e intensidad de episodios torrenciales extremos. La aproximación, por tanto, al fenómeno pluviométrico desde el análisis de riesgos requiere manejar dos parámetros esenciales, que son la intensidad y la duración de los episodios de lluvia, pues de ellos depende en primera instancia, el comportamiento de la esorrentía. Un incremento en la frecuencia de episodios adversos caracterizados por virulentos aguaceros se podrá traducir de forma coherente en un aumento de la frecuencia e intensidad de episodios de inundación. Estos eventos, altamente erosivos se traducirán en un aumento de

la pérdida potencial de suelo, y llevarán sobre todo aparejadas, pérdidas materiales en las áreas definidas como de alto riesgo de inundación en el territorio navarro.

Pérdida del capital edáfico. Aumento del suelo desnudo como consecuencia de una tendencia a una progresiva desertización, que será más acusada en las tierras meridionales de la Comunidad Foral de Navarra. [IRP10].

Incremento riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos, tanto termométricos como pluviométricos, sobre todo aquellos que se produzcan en aquellos momentos del año en los que las cosechas son más vulnerables. [IRP11].

Riesgo sobre la productividad animal. En el sector ganadero, el incremento en la intensidad y frecuencia de extremos termopluviométricos puede afectar los aspectos relacionados con la productividad animal. Así, por ejemplo, los eventos extremos de estrés térmico aumentarían el riesgo de mortalidad de animales, sobre todo en explotaciones de producción de carne de cerdo y pollo. [IRP12].

Riesgo de incremento en la frecuencia e intensidad de episodios de plagas y enfermedades. Expansión del área de actuación de plagas y enfermedades limitadas por frío o de sus períodos de actividad / Alteración de las condiciones de salud de los bosques y posible desequilibrio con las comunidades de agentes patógenos. / Riesgo de episodios más severos y frecuentes de plagas y enfermedades. Aumento de plagas y enfermedades emergentes [IRP15].

Alteración de la productividad de los bosques y del papel de los bosques como sumideros de carbono [disminución de la capacidad de secuestro de carbono] / Disminución de la productividad por sequía. / Reducción del crecimiento y la capacidad de fijar carbono, a causa principalmente del déficit hídrico. [IRP16].

Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones. [IRP18]

Riesgo de incremento de expansión de plagas y enfermedades agrícolas y ganaderas. [IRP19].

Cambios en la producción y la calidad de los pastos / Reducción del rendimiento de la producción agrícola a causa de la mayor variabilidad climática derivada del aumento en la frecuencia de eventos extremos. [IRP20].

Tendencia hacia la simplificación del paisaje [IRP21]

CADENA 3 Termometría más incierta y extrema. [C3]

Esta cadena de impacto conlleva un aumento en el número e intensidad de olas tanto de calor, como de frío.

Respecto a los extremos termométricos, cabe señalar que una atmósfera más energética se va a traducir en nuestras latitudes en un incremento de la variabilidad termométrica, en un contexto general de calentamiento, tal y como se define en la primera cadena de impacto. Esto se traducirá en un incremento del porcentaje de días y noches cálidas, acompañado de un aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor. A ello habría que añadir los efectos derivados de una tendencia a la reducción del número de heladas. Y en este contexto de extremos cálidos, los episodios extremos de signo contrario, es decir, olas de frío intensas, compartirán la escena, complicando las predicciones atmosféricas y la planificación del conjunto de nuestras actividades económicas.

Por tanto, los peligros derivados asociados a esta cadena de impacto, cuyo denominador común es el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, se resumirían del siguiente modo:

Riesgo sobre la pérdida de suelo e incremento de los procesos erosivos. La torrencialidad y virulencia de extremos de precipitación incrementarán los procesos erosivos y el consiguiente riesgo de pérdida de suelo, materia orgánica y biodiversidad. Una amenaza que se traducirá en un aumento del suelo desnudo como consecuencia de la desertización, especialmente acusada en las tierras semiáridas de la Comunidad Foral. [IRP09].

Un incremento del riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos pluviométricos, sobre todo aquellos que se produzcan en aquellos momentos del año en los que las cosechas son más vulnerables. [IRP11].

En el sector ganadero, el incremento en la intensidad y frecuencia de extremos termo pluviométricos puede afectar los aspectos relacionados con la productividad animal. Así, por ejemplo, los eventos extremos de estrés térmico aumentarían el **riesgo de mortalidad de animales**, sobre todo en explotaciones de producción de carne de cerdo y pollo. [IRP12].

Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones. [IRP18].

Cambios en la producción y la calidad de los pastos; así como una reducción del rendimiento de la producción agrícola a causa de la mayor variabilidad pluviométrica y de los eventos climáticos extremos. [IRP20].

Tendencia hacia la simplificación del paisaje [IRP21].

1.2.3 Impactos asociados a las cadenas definidas

En el siguiente cuadro se resumen los impactos asociados a las cadenas definidas, esta información se completa con la relativa a la vulnerabilidad y la exposición recogida en las fichas de cada uno de los elementos.

Tabla 1-1 Impactos y riesgos potenciales asociados a las cadenas de impacto definidas.

Cadena	Impacto y riesgo potencial			Biodiversidad – Bosques	Aqua	Suelos	Actividades agrarias
	1	2	3				
X		IRP01	Pérdida Biodiversidad y alteraciones en la composición florística	X			
X		IRP02	Reajuste en la distribución a través de migraciones espaciales y altitudinales de las especies	X			
X		IRP03	Riesgo extremo en las zonas de transición.	X			
X		IRP04	Modificaciones fisiológicas y fenológicas en especies arbóreas y decrecimiento de la vegetación	X			
X		IRP05	Riesgo de aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios.	X			
X		IRP06	Descenso de las reservas hídricas en suelo y para consumo agrario e incremento de la incertidumbre en la gestión hídrica.		X		
X		IRP07	Riesgo de pérdida de calidad del agua.		X		
X		IRP08	Riesgo de desertización			X	
	X	IRP09	Riesgo sobre la pérdida de suelo e incremento de los procesos erosivos.			X	
X	X	IRP10	Pérdida del capital edáfico.			X	
	X	X	IRP11	Incremento riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos,			X
	X	X	IRP12	Riesgo sobre la productividad animal.			X
X		IRP13	Expansión de especies invasoras y plagas	X			X
X		IRP14	Dificultades en la regeneración natural causadas por un riesgo en el incremento de episodios de sequía.	X			X
X	X	IRP15	Riesgo de incremento en la frecuencia e intensidad de episodios de plagas y enfermedades.	X			X
X	X	IRP16	Alteración de la productividad de los bosques y del papel de los bosques como sumideros de carbono	X			
X		IRP17	Existe riesgo de desplazamiento de las áreas de idoneidad de los cultivos y pastos				X
X	X	X	IRP18	Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones			X
X		IRP19	Riesgo de incremento de expansión de plagas y enfermedades agrícolas y ganaderas.				X
	X	X	IRP20	Cambios en la producción y la calidad de los pastos			X
X	X	X	IRP21	Tendencia hacia la simplificación del paisaje	X		X

2. La gestión adaptativa del paisaje navarro

El IPCC entiende por adaptación el conjunto de Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático. De modo que las opciones de adaptación frente al cambio global se extienden a un amplio abanico de opciones. En primer lugar, resulta determinante establecer una metodología y unas herramientas eficaces para la correcta evaluación de los impactos y vulnerabilidades para todos los sectores socioeconómicos y los sistemas ecológicos navarros. En ese sentido, la información recogida en la presente guía ofrece esos mimbres metodológicos y operativos. La guía conlleva un esfuerzo divulgativo, ya que entendemos que la difusión para el conjunto de la ciudadanía de los resultados alcanzados en este estudio puede calificarse de medida de adaptación. Es más, consideramos que la sensibilización y toma de conciencia del alcance de la crisis ambiental en la que nos encontramos es, sin duda, un pilar esencial en toda estrategia de adaptación.

La adaptación al cambio global apela a diversas políticas. El IPCC establece una tipología clasificatoria de grandes medidas, que aparece recogida en la Figura 9.

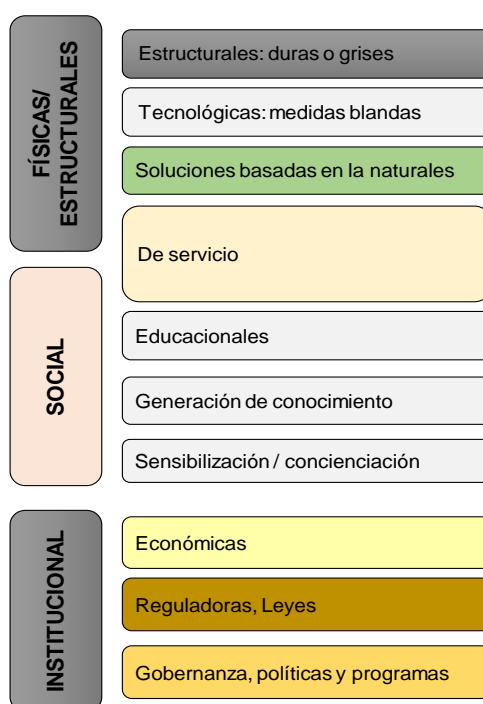


Figura 9 Tipología clasificatoria de las medidas según el IPCC

Las medidas de gestión adaptativas que se deberán integrar en las políticas de ordenación territorial se concretan para cada uno de los Elementos del paisaje vulnerables al cambio climático que configuran los ámbitos paisajísticos [apartado 4.3]. Se materializan en **Parte 4 de la Guía: riesgo frente al cambio climático y gestión adaptativa de los paisajes navarros**. Con el objeto de garantizar la solidez y viabilidad de nuestras propuestas se ha decidido que todas las estrategias y medidas adaptativas incorporadas en las fichas de elementos vulnerables, fueran

aquellas que tuviesen un refrendo en documentos normativos, estratégicos y científicos de rango internacional, europeo, estatal y autonómico.

A continuación, se recogen los principales documentos de referencia que han sido consultados:

Nivel internacional:

- Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas [objetivo, nº 13 Acción por el Clima]. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [UNDP] Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio climático [CMNUCC].
- Conclusiones del II Grupo de Trabajo de Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad recogido en el V Informe de Evaluación del IPCC.
- Recomendaciones derivadas de la X Conferencia de la Convención de la Diversidad Biológica. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP].
- Informes de los grupos de trabajo de la OMM y la FAO.

Nivel europeo:

- Estrategia de la Unión Europea para la Adaptación/Mitigación del Cambio Climático, 2013 [Plataforma de Adaptación al clima -Climate_Adpt- de la Agencia Europea del Medio Ambiente].
- Nueva estrategia de adaptación al cambio climático. comisión europea. COM [2021]82.
- Estrategia Europea de Biodiversidad hasta 2020. VII
- Programa de Acción en Materia de Medio Ambiente 2014-2020 [objetivo prioritario nº 1].
- Estrategia Europea 2020. Pilares I y II de la PAC [Política Agraria Comunitaria].

Nivel Estatal:

- Plan Nacional Adaptación al Cambio Climático [PNACC, 2006]. Los programas de trabajo [WP2 y WP3] derivados del PNACC y que tienen entre sus ejes de actuación: Incorporación de la adaptación al cambio climático en las regulaciones sectoriales y herramientas de planificación.
- El Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España, [PIMA Adapta].
- Plan Estratégico del Patrimonio Natural y Biodiversidad 2011-2017.
- Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Genéticos Forestales. Estrategia Española de Desarrollo Sostenible [EEDS]

Nivel Foral:

- Hoja de ruta Cambio climático de Navarra [HCCN-KLINA], 2017.
- Proyecto LIFE-Nadapta.
- Unidades Ambientales_POT.
- Infraestructura Verde Navarra.

2.1 Marco de referencia sobre estrategias y medidas de gestión adaptativa para el paisaje

2.1.1 La adaptación basada en los ecosistemas (AbE)

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC, 1992], la **Adaptación basada en los Ecosistemas [AbE]**, fundamentada en la conservación y **gestión sostenible de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos**, se erige en una “Estrategia de Adaptación General”. Los **objetivos de la AbE** se pueden sintetizar en los siguientes términos: **mantener los procesos y estructuras ecológicas** a todos los niveles, **garantizando las funciones esenciales** de absorción y filtración de nutrientes, absorción y retención de agua, descomposición de materia orgánicas, etc.; reduciendo las presiones sobre los ecosistemas naturales para garantizar **la conservación de la biodiversidad**. Las medidas derivadas de este enfoque estratégico tienen la ventaja, frente a otras estrategias físico-estructurales posibles – ingeniería, tecnológicas –, de poseer una muy buena relación coste/efectividad, así como, de generar beneficios, no sólo ecológicos, sino sociales, económicos y culturales.

Para implementar esta **Estrategia general** es necesario definir las funciones ecosistémicas esenciales de los distintos paisajes/dominios climáticos del territorio navarro, y diseñar medidas para mantener esas variables dentro de los parámetros que garantizan la funcionalidad de los ecosistemas en su conjunto; bajo la presión de las amenazas derivadas del cambio global en el que estamos inmersos [Harris et al. 2006].

Este “enfoque verde” [incluido en la clasificación del IPCC dentro de las medidas Físicas-estructurales], **centrado en los servicios ecosistémicos**, contribuirá de manera efectiva a la adaptación del paisaje a los escenarios proyectados de cambio climático. El principio esencial que inspira dicho enfoque es el siguiente: **los ecosistemas saludables y funcionales ayudan a reducir la vulnerabilidad al forzamiento climático, ya que limitan la exposición física y amortiguan los posibles daños sobre los servicios ecosistémicos**.

Los servicios ecosistémicos son, como apuntábamos en el capítulo 2, los destinatarios directos de las amenazas que se derivan de los escenarios de cambio climático y, por tanto, **las medidas de adaptación deben centrarse en su preservación**.

No olvidemos que, como se señala en los diferentes informes técnicos de la Convención de la Diversidad Biológica [CBD], los servicios ecosistémicos son los que sustentan los medios de vida humanos, proporcionando bienes esenciales como los alimentos y el agua.¹⁶

¹⁶ Vid. Synthesis Report on experiences with Ecosystem-Based Approaches to Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, CBD Technical Series No. 85, 2016].

En esta línea de pensamiento, la Unión Europea propone como instrumentos contra el cambio climático, medidas que fomenten la conservación de espacios naturales, favorezcan la integridad de los ecosistemas y su resiliencia y promuevan la conectividad y permeabilidad de los espacios naturales especialmente protegidos.¹⁷ Evidentemente, esta consideración nos remite, en una primera derivada, a la estrategia de la Infraestructura Verde.

En los paisajes navarros en los que dominan las dinámicas naturales, controladas en buena medida por los ciclos y procesos biogeoquímicos, **las propuestas de adaptación deben facilitar, si es factible, el ajuste de los servicios ecosistémicos a las nuevas condiciones climáticas** que se proyectan hoy, a partir del nivel de conocimiento actual sobre el forzamiento climático.

En definitiva, el conjunto de medidas recogidas en el presente trabajo está planteado para que contribuya a la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y su adaptación y resiliencia frente a las cadenas de impacto establecidas.

La recopilación de medidas propuesta se implementará **bajo el principio de gestión adaptativa**, para poder responder con agilidad a los cambios relevantes derivados del avance en el conocimiento de las cadenas de impacto y de los escenarios futuros de cambio climático.

En base a tales postulados, las estrategias y medidas se conciben como respuesta al “cambio global”. Unas actuaciones que se orientarán a la limitación de los impactos, la reducción de las vulnerabilidades y el incremento de la resiliencia, tanto de los sistemas naturales como culturales, incluyendo la biodiversidad-bosques, el sector agrario y la red hídrica. Estas líneas de actuación aspiran a conseguir una matriz biofísica diversificada, saludable y resiliente frente a las amenazas derivadas del cambio global que garantice los servicios ecosistémicos de los paisajes navarros.

Para facilitar el acceso a estos servicios desde los elementos y componentes del paisaje se expone en el anejo 5 una matriz con la correspondencia existente entre ellos, así como una tabla por cada elemento en el que se expresan los servicios asociados de una forma más detallada. El conocer estas relaciones, nos ayudará a comprender qué servicios están en riesgo en función de los elementos del paisaje que los provee.

2.1.2 La Infraestructura Verde como eje vertebrador.

La Comisión Europea definió la Infraestructura Verde como “aquella red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales que está planificada, diseñada y gestionada de manera estratégica para la prestación de una gama de servicios ecosistémicos” [European Comisión, 2013]. **Una adecuada infraestructura verde [IV] permite garantizar el capital natural de los territorios y mejorar los flujos de servicios de los ecosistemas.** Pero, sobre todo, encierra un enorme potencial para encarar con éxito los cruciales desafíos ambientales presentes y futuros. Más allá de su evidente contribución a la conectividad, **su naturaleza mul-**

¹⁷ Vid. Plan Estratégico del Patrimonio Natural y Biodiversidad, 2011-2017.

tifuncional brinda un amplio abanico de “soluciones adaptativas frente al cambio climático”. Por ello, el bloque de medidas que se propone en la presente Guía busca vincularse a la estrategia de IV, ya que ésta puede otorgarle coherencia y, sobre todo, multiplicar la eficacia de las medidas planteadas.

La IV debe concebirse, por tanto, como **una estrategia integral** que supera esa errónea dicotomía entre el medio urbanizado y el rural como objetos de ordenación diferenciados. Las ciudades no son entes territoriales aislados, sino, justamente, los espacios que más dependen de los flujos de materia y energía del medio natural. Necesitamos concentrar los esfuerzos en la preservación de la funcionalidad de la matriz biofísica y de los servicios ecosistémicos, garantes, en última instancia, de la salud y el bienestar de la ciudadanía. Y estas decisiones de calado, que afectan al conjunto de las políticas, no pueden demorarse más, porque estamos inmersos en una crisis ambiental global, cuyos efectos ya están produciéndose a escala regional y local.

El paisaje actual que hoy conocemos está abocado a una transformación de enorme calado, bajo los escenarios de cambio climático previsibles para finales de siglo. Toda Navarra está expuesta y resulta vulnerable a las amenazas que se derivan de un clima mediterraneizado, en el que se incrementará la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos. Y este previsible escenario climático futuro va a modificar sustancialmente el rostro y las funcionalidades de nuestros paisajes.

Es urgente, por tanto, que esta conclusión se integre y se obre en consecuencia en todos los instrumentos estratégicos de alcance territorial. Se trata, en definitiva, de potenciar una nueva forma de planificación territorial integral que propicie paisajes sostenibles y resilientes, capaces de hacer frente a las múltiples perturbaciones que se derivan de la crisis climática.

Por lo tanto, las líneas prioritarias de actuación que se plantean en la presente Guía se vertebrarían, precisamente, sobre la estrategia de la Infraestructura Verde, que, no sólo ayuda a reconectar las áreas naturales existentes; sino, sobre todo, a **mejorar la calidad ecológica global de la matriz biofísica, por ser soporte y contexto del sistema socioeconómico [fundamentalmente agrario]; así como a mantener la salud de los ecosistemas para que puedan seguir prestando servicios vitales para la sociedad.**

Los objetivos prioritarios de cualquier IV de cara a la adaptación y resiliencia frente al cambio global son:

- La protección de la biodiversidad del territorio y la salud de los ecosistemas que la conforman.
- La mejora de las funciones ecológicas y la preservación de los servicios ecosistémicos.
- La promoción de un desarrollo económico verde basado en una gestión sostenible del territorio.
- La búsqueda de una mejora de la calidad de vida de las poblaciones.

En relación directa con estos objetivos de la IV, se pueden articular los siguientes **ejes adaptativos**:

- La conservación y restauración ecológica para el aumento de la biodiversidad y garantizar la salud de los ecosistemas y mantener los servicios ecosistémicos.
- La gestión sostenible de ríos, humedales y aguas subterráneas.
- La conservación “ex situ” y el desarrollo de bancos de semillas.
- La gestión y manejo adaptativo del uso de la tierra.

Todos estos ejes han servido de referencia para la redacción de las líneas estratégicas de adaptación presentes en este trabajo [Parte 4 de la Guía: *riesgo frente al cambio climático y gestión adaptativa de los paisajes navarros* y en el anejo 4 *Medidas propuestas*].

Durante el periodo de elaboración del presente trabajo vio la luz la Estrategia de la infraestructura verde de Navarra [mayo de 2019]. En ella, se identifican todos aquellos elementos que conforman dicha infraestructura. Las líneas estratégicas de adaptación al cambio climático que se plantean en el presente trabajo se vinculan, precisamente, a la práctica totalidad de tales elementos.

La propuesta de los grupos de medidas y recomendaciones de actuación recogidas en la Parte 4 de la Guía: *riesgo frente al cambio climático y gestión adaptativa de los paisajes navarros* y en el anejo 4 *Medidas propuestas*, se han de entender como la base para gestionar la adaptación al cambio de las especies, incluida la humana, en sus ecosistemas y vertebrar actuaciones puntuales, evaluables y medibles de forma clara y concreta. Por lo tanto, el desarrollo de la IV navarra debería acoger las citadas líneas estratégicas, para contribuir a la adaptación efectiva del territorio foral a los escenarios de cambio climático proyectados.

Así, para facilitar la incorporación de las recomendaciones de actuación en la planificación, diseño y gestión de la IV, se establece en la Tabla 2-1 la correspondencia entre los elementos de la IV y los paisajes identificados y definidos a partir de sus elementos y componentes característicos.

Tabla 2-1 Correspondencia entre elementos de la IV Navarra y los Paisajes propuestos

Elemento IV	Descripción elemento IV	Paisaje
IV01 TERRITORIO FLUVIAL:	Vertebra y conecta el territorio en todas las escalas y entre las diferentes altitudes, cumple múltiples servicios ecosistémicos y, en ocasiones, funciona complementariamente con otros elementos, como pueden ser acuíferos, humedales, paisajes de montaña o sistemas forestales y agrícolas.	Paisajes del agua.
IV02 RED NATURA 2000:	Asegura la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo a mantener y evitar la pérdida de biodiversidad. Funciona como componente de alta naturalidad aportando servicios múltiples.	Paisajes litológicos Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales

Elemento IV	Descripción elemento IV	Paisaje
IV03 RED DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS (RENA):	Constituyen áreas de valor ecológico y en buen estado de conservación. Completan o se integran en la Red Natura 2000, afianzando el papel y servicios del conjunto. Encaminada a la conservación y mejora de la biodiversidad, los suelos, los ecosistemas y las singularidades naturales en Navarra, con importantes valores paisajísticos, culturales, recreativos y didácticos en el caso de las Áreas Naturales Recreativas y los Monumentos Naturales.	Paisajes litológicos Paisajes del agua Paisajes forestales
IV04 SISTEMAS FORESTALES DE ALTO VALOR NATURAL	Se trata de zonas con usos forestales seminaturales, caracterizados por unas prácticas de manejo tradicionales sostenibles, a las que se asocian valores ambientales reconocibles. Cumplen funciones productoras, protectoras y de estabilidad, además de proveer múltiples funciones y servicios: madera, leña, biomasa, pastos, caza, pesca, frutos, hongos, uso recreativo, didáctico y científico, etc. Actúan como grandes sumideros de CO ₂ , regulan el ciclo del agua y frenan la erosión. Contribuyen de manera decisiva a la composición del paisaje y son piezas clave de conectividad ecológica.	Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales
IV05 HUMEDALES.	Son reservorios de agua naturales, seminaturales (represamientos a partir de pequeños humedales o lagunas endorreicas) o artificiales (balsas). Albergan ecosistemas singulares y frágiles, así como el registro sedimentario evolutivo de la flora del lugar. Constituyen puntos clave en el territorio al tratarse de ecosistemas altamente fértiles y sustentar una comunidad botánica y faunística de gran diversidad y complejidad. Un grupo de humedales y su relación con los cursos fluviales puede aumentar la conectividad y la biodiversidad de un territorio si se desarrolla como un sistema, y constituyen piezas del paisaje	Paisajes del agua
IV06 VEGETACIÓN DE ESPECIAL INTERÉS:	Se trata de formaciones vegetales naturales, valiosas por su singularidad. Cumplen funciones de representación de formaciones vegetales raras o singulares, con valores naturales a conservar. Contribuyen a la biodiversidad y mejora de suelos en los ámbitos donde aparecen, favorecen la conectividad aportando diversidad al sistema. Como formaciones vegetales pueden aportar otros servicios: previenen la erosión de los suelos, actúan como sumideros de CO ₂ , etc.	Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales
IV07 CONECTIVIDAD TERRITORIAL	Estos espacios puestos en valor por los Planes de Ordenación del Territorio constituyen un elemento base para la Infraestructura Verde	Paisajes litológicos Paisajes del agua Paisajes forestales Paisajes agroforestales Paisajes agrarios
IV08 LUGARES DE ESPECIAL INTERÉS GEOLÓGICO	Son zonas con un interés científico, didáctico o turístico que, por su carácter único y/o representativo, son necesarias para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos españoles, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica.	Paisajes litológicos
IV09 PAISAJES NATURALES:	Constituyen ámbitos de elevada naturalidad en los que la influencia antrópica pasa desapercibida. Destacan por su importancia en el contexto paisajístico y se asocian a estructuras topográficas abruptas, de amplia panorámica y fragilidad	Paisajes litológicos Paisajes del agua

Elemento IV	Descripción elemento IV	Paisaje
	visual elevada, como son los cortados, y de gran singularidad escénica como son las foces, gargantas, cañones y desfiladeros fluviales.	
IV11 SUELOS DE ELEVADA CAPACIDAD AGROLÓGICA	Suelos muy valiosos para el abastecimiento de alimentos. El valor a proteger es la capacidad real o potencial productiva de estos suelos. Su importancia se relaciona así mismo con el ciclo hidrológico, la protección del suelo y la contribución a la mitigación de los efectos de cambio climático	Paisajes agroforestales Paisajes agrarios
IV14 PAISAJES CULTURALES AGROPECUA- RIOS	Se caracterizan por la existencia de un paisaje con un alto grado de heterogeneidad que dotan de diversidad y permeabilidad al sistema. Están formados por un mosaico de parcelas pequeñas de distintos usos, entremezcladas entre sí y con la presencia de MICROELEMENTOS del paisaje. Se incluyen los SISTEMAS AGRARIOS DE ALTO VALOR NATURAL de Navarra [SAVN], contemplados en la reglamentación europea de las Política Agraria Común, donde la práctica agropecuaria se combina con altos niveles de biodiversidad. Aquí también se han incluido las Áreas de Importancia para la Conservación de la Avifauna Esteparia de Navarra [AICAENA], con valor alto y muy alto [varias de ellas son también SAVN], que constituyen paisajes cerealistas de secano, localizados en la Zona Media y sur de Navarra, que albergan especies amenazadas y contribuyen a la resiliencia del conjunto del territorio.	Paisajes agroforestales Paisajes agrarios

Con esta relación establecida y, atendiendo a los elementos vulnerables identificados en cada uno de los ámbitos paisajísticos definidos, se estructuran las actuaciones de intervención; considerando las funciones y dinámicas dominantes. Ya sean estas naturales, agrológicas o antrópicas, lo que permitirá su incorporación final en los diferentes instrumentos de planificación y diseño de la IV conforme al siguiente esquema de partida:

2.1.2.1 Dinámica natural

Para los elementos vulnerables al cambio climático, pertenecientes a los paisajes con dominancia de dinámica natural, asociados en su mayoría a los paisajes forestales, pero también a los paisajes del agua y a los paisajes litológicos; se presta especial atención a los servicios de regulación en las Zonas Núcleo de los Espacios Naturales, así como a los conectores y zonas de corredor, entre otros. En este caso, el acento recae en los servicios vinculados a la regulación de temperatura, y calidad del aire [secuestro de gases de efecto invernadero, retención de partículas], regulación hídrica [prevención de inundaciones], control de la erosión, minimización del riesgo de incendios. En estas zonas se definen, fundamentalmente, actuaciones para la gestión de las funciones ecológicas de conectividad a gran escala.

Este objetivo pone en relación los siguientes elementos de la IV:

IV01 TERRITORIO FLUVIAL

IV02 RED NATURA 2000

IV03 RED DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS [RENA]

IV04 SISTEMAS FORESTALES DE ALTO VALOR NATURAL

IV05 HUMEDALES

IV06 VEGETACIÓN DE ESPECIAL INTERÉS

IV07 CONECTIVIDAD TERRITORIAL

IV08 LUGARES DE ESPECIAL INTERÉS GEOLÓGICO

IV09 PAISAJES NATURALES

2.1.2.2 *Dinámica agrológica*

Para los paisajes humanizados, con una dinámica antrópica moderada, correspondiente con zonas de interfaces natural-urbano derivada del manejo y control producido por la especie humana, asociados a los paisajes agroforestales y agrarios.

En estas zonas, además de los anteriores, se pone especial atención en los servicios de abastecimiento definidos en el Informe de los Ecosistemas del Milenio. En estas zonas se definen, fundamentalmente, actuaciones para el mantenimiento y gestión adaptativa vinculados a los paisajes agrarios, forestales y ganaderos, con especial atención a las zonas frontera entre los ecosistemas naturales y antrópicos moderados, tanto para garantizar el tránsito de los animales para su provisión de pastos o agua, así como la diversidad suficiente en sus estructuras morfo-tipo-lógicas (cierres vegetales, caminos no necesariamente asfaltados...), como para posibilitar la existencia de especies que favorezcan la polinización y diversificación de los cultivos, así como la mejora genética de los mismos.

Este objetivo pone en relación los siguientes elementos de la IV:

IV02 RED NATURA 2000

IV04 SISTEMAS FORESTALES DE ALTO VALOR NATURAL

IV06 VEGETACIÓN DE ESPECIAL INTERÉS

IV07 CONECTIVIDAD TERRITORIAL

IV11 SUELOS DE ELEVADA CAPACIDAD AGROLÓGICA

IV14 PAISAJES CULTURALES AGROPECUARIOS

2.1.2.3 *Dinámica antrópica*

Para los paisajes contruidos, con una dinámica antrópica intensa, vinculada a las zonas urbanas donde la especie dominante es la humana y, por lo tanto, las medidas a desarrollar se relacionan con el diseño de la infraestructura verde en su interior para mejorar los servicios de regulación y garantizar así la seguridad, salud y bienestar, se vinculan, por ejemplo, con la reducción del efecto de la isla de calor, del riesgo de inundación o la incorporación de medidas como las recogidas en la fase 5 y que son objeto de un estudio separado.

2.1.3 Los Documentos de paisaje

2.1.3.1 *Aspectos generales que emanan de los POT.*

Los Documentos de paisaje son documentos técnicos que integran y desarrollan las bases establecidas en los Planes de Ordenación Territorial (POT) en materia de paisaje. Analizan, identifican, caracterizan, evalúan, planifican y proponen un modelo de gestión de los paisajes de su ámbito territorial. El objetivo principal es promover la protección, gestión y ordenación de los diferentes paisajes, y facilitar la implementación de las medidas planteadas en las diferentes escalas (local, comarcal y regional) mediante determinaciones aplicables a planes y proyectos.

Los Documentos de paisaje tienen como mandato dado por el POT, ser el punto de encuentro entre la planificación estructurante y la planificación municipal o sectorial, integrando y desarrollando las bases establecidas en dicho Plan. Parte pues, de los principios y fundamentación de su Memoria Justificativa y del Estudio de Incidencia Ambiental, con el fin de desarrollar las directrices y determinaciones paisajísticas establecidas tanto en su normativa como en los Anexos Temáticos, y en particular en el PN9 Paisaje.

En este sentido, cabe recordar, en primer lugar, los objetivos generales de actuación que establece el POT en dicho anejo para la ordenación del paisaje como principal instrumento de política sectorial:

La consideración del paisaje como un recurso para la actividad económica, vinculado a valores culturales, ecológicos y ambientales.

La valorización de la diversidad y multifuncionalidad de los paisajes regionales, protegiendo la riqueza paisajística del medio rural.

La protección, preservación y recuperación de los valores paisajísticos sobresalientes, de carácter suprarregional, regional y subregional, así como de los paisajes identitarios y cotidianos, para la mejora de la calidad de vida y como recurso al servicio del desarrollo económico.

En dicho anejo encontramos una referencia al Cambio Climático, cuando se refiere al contexto derivado de la Estrategia Territorial de Navarra (ETN). En ella dice que La Ordenación del paisaje da respuesta a lo indicado en la ETN y su directriz número 72, que alude a la necesidad de “Desarrollar una política de conservación y mejora de los paisajes de Navarra”. Todo ello en coherencia con lo expuesto en la Estrategia Territorial Europea (ETE, 1999) que alude en su Capítulo 1 a la “Gestión prudente de la naturaleza y el patrimonio cultural” como potencial de desarrollo de calidad de vida y de valoración testimonial del paisaje, **especialmente en un escenario que incorpora el cambio climático y su repercusión en el patrimonio natural y cultural.**

Para el logro de estos objetivos, el POT considera que la protección del paisaje debe basarse en las siguientes líneas de actuación:

- Identificación de aquellos enclaves que, debido a su relevancia o singularidad deban ser objeto de protección.

- Establecimiento de criterios que garanticen una protección extensiva y no reduccionista del paisaje.
- Identificación de aquellos lugares y entornos que, debido a una alteración grave de los valores naturales o rasgos característicos de su humanización histórica, deberían ser restaurados paisajísticamente.

Estas tres líneas de actuación han sido consideradas a la hora de definir las líneas estratégicas, así como los bloques de medidas y recomendaciones de actuación.

2.1.3.2 Los Objetivos de Calidad Paisajística

Finalmente, tal y como determina el CEP, es imprescindible incorporar la percepción que tiene la población sobre los paisajes, por lo que ha de desarrollarse un proceso paralelo de obtención de la **Visión Social del Paisaje [VSP]**. Dicha visión es fundamental para lograr conocer la percepción que la ciudadanía y los agentes territoriales tienen de sus paisajes y, a su vez, permite transmitir la relevancia que adquiere el paisaje en el campo cultural, ecológico, ambiental, social y económico y buscar la implicación de la población en la gestión y conservación del paisaje, para lo cual se debe establecer una serie de **Objetivos de Calidad Paisajística [OCP]**.

Estos objetivos han de ser la base sobre la que se sustenten y desarrollen las diferentes políticas territoriales que responden a las particularidades propias de cada territorio, así como a la VSP y concreción técnica. El estudio parte del análisis de los OCP ya identificados en Navarra en el desarrollo de los Documentos de Paisaje asociados a los Planes de Ordenación Territorial [POT]. Unos ya finalizados, como la Navarra Atlántica [POT 2] o la Zona Media [POT 4] y otros en procesos de elaboración paralelos al presente estudio, y llevados a cabo por el mismo equipo técnico: Pirineos [POT 1] y Eje del Ebro [POT 5]. En cualquier caso, el Anejo 9 que acompaña a los distintos POT ofrece una información inicial que permite una primera aproximación.

En los documentos elaborados nos encontramos con diferentes situaciones respecto a la consideración del cambio climático. De forma sintética, enumeramos a continuación las referencias explícitas encontradas:

En el documento de paisaje del POT2, subárea de Bortziriak, hay una ausencia total de menciones al cambio climático.

En los documentos de paisaje del POT4 Occidental y POT4 Oriental. Por un lado, hay una mención de carácter genérico en la visión social del paisaje, relativa al cambio climático como un riesgo para el paisaje. Por otro lado, en los elementos “Ladera con bosques caducifolios” y “Vegas de río en llanuras”, hay sendas e idénticas menciones en los apartados de 1.3.3 Dinámicas y procesos que inciden en el paisaje; 1.4 Prospección de la evolución del elemento de paisaje y 2.1 Fragilidad paisajística.

En el documento de paisaje del POT4 Central, hace mención del cambio climático para decir que “*puede incidir notoriamente en la mayoría de las unidades, es si cabe una amenaza más manifiesta en esta unidad, dado que la conservación de este paisaje está condicionada por el mantenimiento de la lámina de agua y los hábitats asociados a ella.*” [Documento I, página 72]

En la misma línea que la anterior, pero incorporando además alguna referencia en los elementos más vulnerables, aparece recogido el cambio climático en el documento de paisaje de las restantes áreas del POT2.

Con un enfoque diferente se han elaborado los documentos de paisaje del POT5 y POT1, en los cuales el cambio climático ha sido uno de los ejes vertebradores del trabajo desarrollado, hasta el punto de hablar de Objetivos de Calidad Paisajística y Adaptación al Cambio Climático.

Con independencia de la consideración que, en relación con el Cambio Climático, se ha tenido en cada uno de los Documentos de Paisaje mencionados, cabe hacer los siguientes tratamientos:

En el caso de los primeros documentos de paisaje elaborados, se propone llevar a cabo su revisión y actualización para unificar criterios y metodologías, haciéndolas más acorde con los últimos documentos elaborados. [POT5 y POT1]. No obstante, de forma subsidiaria en tanto en cuanto esa adaptación no sea considerada, se adjunta en el anexo 5 una matriz de correspondencia entre los OCP definidos y las Líneas Estratégicas planteadas. De este cotejo, se concluye la necesidad de corregir levemente los OCP para incorporar aquellas recomendaciones de actuación planteadas en el presente estudio y que emanan de cada bloque de medidas identificado.

En el caso de los documentos de paisaje del POT5 y POT1, que ya han incorporado la perspectiva de adaptación al cambio climático de forma detallada, se considera que pueden servir de base para la metodología de actualización de los anteriores y los nuevos documentos de paisaje que se elaboren. No obstante, se aconseja la incorporación de la información más detallada elaborada en el marco de este proyecto, y recogida en las fichas de los elementos y componentes indicadores contenidas en el Parte 4 de la Guía: *riesgo frente al cambio climático y gestión adaptativa de los paisajes navarros*,

Para los nuevos documentos, la recomendación es centrar los esfuerzos en el análisis de los diferentes paisajes y su relación con los posibles impactos en los Servicios Ecosistémicos, de forma que se alinee con la evaluación de los servicios ecosistémicos cuyas tablas se adjuntan en el anejo 1.2 asociada por cada uno de los elementos y componentes indicadores. Identificando en todo caso el papel que juega en la estrategia de la infraestructura verde, y las líneas estratégicas conforme Parte 4 de la Guía: *riesgo frente al cambio climático y gestión adaptativa de los paisajes navarros* y en el anejo 4 *Medidas propuestas*.

En todo caso se deberá mantener una coherencia con los documentos estratégicos elaborados [ETN, POT, HCCN-KLINA] para integrar la perspectiva de cambio climático y las estrategias de adaptación en los Documentos de Paisaje en redacción; así como en los previstos para el futuro, priorizando aquellos aspectos derivados del análisis de vulnerabilidad y riesgo conforme recogido en el presente estudio [fase 3].

2.2 Integración del cambio climático en la definición de objetivos de calidad paisajística

Como ya se ha expuesto, mediante los OCP, los documentos de paisaje recogen las aspiraciones derivadas de la visión social del paisaje; así como, del análisis técnico y experto en relación con cada uno de los elementos del paisaje; que han sido analizados desde la perspectiva de su vulnerabilidad al cambio climático en el apartado 4.2 de la presente guía.

El conjunto de Líneas estratégicas con sus correspondientes bloques de medidas vinculadas, que se exponen a continuación, se erige en el referente para acomodar la redacción de los futuros OCP a las exigencias de los escenarios de cambio climático. De tal modo que, los planteamientos de dichos objetivos, que nacerán de los correspondientes procesos de participación ciudadana, deberán dar respuesta a tales líneas estratégicas de adaptación, en tanto que son condicionantes del devenir de los paisajes navarros.

2.2.1 Líneas estratégicas. Bloques de medidas

El conjunto de medidas de gestión adaptativa al cambio climático se agrupa en grandes bloques de medidas formuladas para alcanzar grandes objetivos de adaptación al cambio climático, enunciados como líneas estratégicas. Todas, las líneas estratégicas y los bloques de medidas [vid. a Parte 4 de la Guía: *riesgo frente al cambio climático y gestión adaptativa de los paisajes navarros* y en el anejo 4 *Medidas propuestas*], van dirigidas al conjunto de Elementos y Componentes del paisaje navarro identificados con relación a los condicionantes climáticos [Guía Temática de Paisaje y Cambio Climático, Parte 3, *Amenaza y exposición al cambio climático. evolución de los ámbitos paisajísticos navarros*].

- L01.- Conservación, gestión y restauración forestal sostenible.
- L02.- Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje.
- L03.- Gestión sostenible ríos, humedales y aguas subterráneas.
- L04.- Conservación de la diversidad biológica agrícola.
- L05.- Estrategia sobre sistemas agroforestales en tierras agrícolas.
- L06.- Estrategia de protección, gestión y restauración suelos agrícolas.
- L07.- Estrategia de educación y sensibilización sobre crisis climática.
- L08. Desarrollo de un marco legislativo acorde a las circunstancias actuales y futuras que garantice la gestión sostenible del territorio navarro.

2.2.1.1 Conservación, gestión y restauración forestal sostenible (L01)

Como hemos señalado en la introducción a este capítulo, la biodiversidad es el pilar esencial sobre el que construir cualquiera estrategia adaptativa. Por tanto, los esfuerzos deben concentrarse, en primer lugar, en **garantizar la funcionalidad de los ecosistemas que conforman la matriz biofísica del territorio navarro**. Y, en segunda instancia, en recuperar y mejorar la eficacia de los flujos de materia, energía e información; es decir, en **mantener una adecuada conectividad**.

Esta línea estratégica va dirigida, por lo tanto, al conjunto de Elementos y componentes del Paisaje forestal, y aquellos componentes de bosques integrados en otros Elementos.

Resulta de sobra conocido, que los bosques albergan una buena parte de la diversidad biológica terrestre (FAO, 2014), prestando una amplia variedad de Servicios Ecosistémicos (SE). Los servicios esenciales aportados por los bosques – asociados a los ciclos biogeoquímicos y nutrientes; así como los de regulación – climática e hídrica – están interconectados con el resto de los ofertados por los ecosistemas de la matriz biofísica de nuestros paisajes. La reducción del impacto del forzamiento climático sobre los bosques navarros se erige en un objetivo de adaptación indiscutible, para mejorar la resiliencia del conjunto de ecosistemas, al menos a corto plazo (Joyce et al., 2008).

El fundamento del manejo adaptativo es que la gestión debe partir de ‘experimentos’ a escala real basados en nuestro conocimiento científico a modo que se puedan probar las hipótesis subyacentes y comprobar la validez de las predicciones para con los resultados obtenidos mejorar nuestra gestión (Serrada, R. 2008).

Aunque sus resultados son en muchos casos recientes, pues han requerido varios años de toma de datos, son numerosos los estudios sobre la gestión adaptativa que muestran que en masas vulnerables al riesgo climático una selvicultura adaptada favorece su resiliencia y concede cierto margen de actuación y mejora. La mayoría coinciden en la necesidad de aclarar las masas con claras de mayor intensidad que las prescritas por la selvicultura tradicional para que disminuya la competencia por los recursos (humedad edáfica, luz y nutrientes...) y los pies puedan responder mejor a las perturbaciones ocasionales o recurrentes. Además, abrir el bosque, siempre respetando en cada caso el equilibrio del ecosistema forestal, aumenta su periodo vegetativo y el crecimiento acumulado. También se incide en actuaciones que favorezcan la irregularización de las masas coetáneas y la pluriespecificidad.

La selección de métodos, la planificación, las técnicas selvícolas o los medios, son aspectos donde propietarios y técnicos forestales de la Sección de Gestión Forestal de Navarra son los profesionales cualificados que mejor pueden identificar las mejores alternativas disponibles según cada caso, consensuadas con los sectores implicados y los respectivos órganos consultivos, el Consejo Agrario y el Consejo Navarro de Medio Ambiente.

En el Parte 4 de la Guía: *riesgo frente al cambio climático y gestión adaptativa de los paisajes navarros*, se ofrece una batería específica de medidas adaptativas de los Elementos ‘testigo’. La

principal razón para implementar un programa de manejo adaptativo es que, en la situación de alta incertidumbre el conocimiento científico que se puede obtener es indispensable para dar respuestas a los nuevos escenarios.

Al amparo de esta primera línea estratégica, se proponen siete bloques de medidas adaptativas. Destacar que muchas de ellas se están llevando a cabo en Navarra:

- E01. Conservación de formaciones boscosas.
- E02. Conservación y restauración de bosques riparios.
- E03. Mantenimiento de la cobertura forestal en zonas de cabeceras cuenca.
- E04. Fomento de Bosques mixtos y espesuras bajas.
- E05. Incremento de la diversidad genética de bosques.
- E06. Diseño de medidas específicas para la lucha y reducción de incendios.
- E07. Diseño de medidas específicas para la lucha y reducción de la incidencia de plagas y enfermedades. Desarrollo de investigaciones de la posible incidencia y la intensidad de nuevas enfermedades y sus posibles efectos.
- E08. Gestión de ecosistemas de alto valor y reducción de presiones sobre espacios protegidos.
- E09. Monitorización de formaciones forestales de interés con alto riesgo potencial.
- E10. Gestión especial de formaciones forestales en situación ambiental actual crítica, que tenga en cuenta las dinámicas esperables, dirigidas a reducir el riesgo de incendio, valorizar los productos forestales y favorecer la regeneración natural de especies adaptadas a las nuevas condiciones.
- E11. Forestación/reforestación con especies más adaptadas a las condiciones climáticas futuras y que favorezcan la captura de CO₂ atmosférico y el desarrollo de cultivos forestales energéticos.
- E12. Valoración económica de los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques que permita establecer una recaudación solidaria de parte de los beneficios que generan, en especial como reguladores climáticos y de captación de recursos hídricos, que ayuden al buen estado de la masa.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINa, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINa: OBJ.3

AD-L1 Restauración y Conservación.

Life Nadapta: ACCIÓN C-3 BOSQUES

"ACCIÓN C3.2 Selección de fuentes de semillas de especies autóctonas adaptadas al medio ambiente

ACCIÓN C3.3 Analizar modelos integrales de gestión en sistemas agroforestales mediterráneos para aumentar su valor ecológico y minimizar riesgos

ACCIÓN C3.4 Análisis de herramientas de planificación para incorporar medidas de gestión adaptativa para los diferentes tipos de masas

ACCIÓN C3.5 Desarrollar y aplicar modelos de crecimiento forestal bajo diferentes escenarios CC para poder evaluar los cambios en la productividad de las masas forestales."

Unidades ambientales de los POT

Mejorar los SE, coherencia global de redes conservación y su resiliencia y respuesta mejorada al cambio climático [cresta]+Protección de la flora y fauna amenazadas y taxones singulares - endemismos regionales- con respuesta potencial al cambio climático + recuperación de los SE de los bosques en galería y de las formaciones zonales periféricas depuradoras de las aguas corrientes e infiltradas, con una productividad muy alta [Valles].

2.2.1.2 Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje (L02)

A gran escala la mejor estrategia para potenciar la biodiversidad es conservar la heterogeneidad del paisaje y con ello, apuntalar las medidas adaptativas frente al cambio climático basadas en los ecosistemas [Camprodon, 2007]. Así pues, el objetivo esencial de esta segunda línea estratégica es el de **mantener y mejorar el mosaico de hábitats existente**. En este sentido, esta línea, a escala de paisaje, contribuye plenamente a la conservación de la biodiversidad. Igualmente, se han considerado en la propuesta, las recomendaciones derivadas de los principios del Convenio Europeo del Paisaje [2000], en relación con los estilos y modos de vida reflejados en los usos que mantienen los distintos sistemas naturales y culturales. **Es decir, mantengamos, tanto la diversidad biológica, como la cultural.**

De cara al control general del territorio, se recomienda la ampliación de las superficies de pastos para crear nuevos mosaicos que favorezcan una mejor gestión territorial de cara a la defensa contra incendios. Identificar y ejecutar Áreas cortafuegos, apoyadas en los Puntos estratégicos de gestión. Los Puntos estratégicos de gestión son localizaciones identificadas por los Servicios Forestales de Navarra, en lugares que condicionan el movimiento y alcance final de los incendios, basado en el análisis y estudio del patrón del histórico de incendios forestales. Enclaves identificados para el control de grandes incendios forestales, permite a los sistemas de extinción concentrar recursos que permitirán establecer maniobras de control seguras y eficaces. Para su integración en el paisaje, se recomienda ejecutarlos con contornos irregulares, y posibilidad de usos mixtos, imitando zonas de pastos y siguiendo siempre las directrices contenidas en los Planes de Gestión pertinentes en relación con los pastizales y matorrales. Aunque es necesario un estudio específico y puede resultar obvia la recomendación, la apertura de zonas de pastos puede dirigirse en zonas con problemas fitosanitarios, tanto en el arbolado como en el estrato arbustivo.

El bloque de medidas derivadas de esta segunda línea es:

E01. Reducción de la fragmentación y de las bajas densidades forestales para contribuir a la conectividad.

E02. Manejo sostenible de explotaciones forestales y bajo monte.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINA: OBJ.3

AD-L1 Restauración y Conservación.

Life NAdapta: ACCIÓN C-6 INTEGRAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL PAISAJE Y LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.

ACCIÓN C6.1 Gestión adaptativa del paisaje.

Unidades ambientales de los POT

Mantenimiento de la matriz territorial y reforzamientos de las estructuras de conectividad, asociadas a formaciones reticuladas y franjas polifitas agrosilvopastoriles de las laderas. CONECTIVIDAD ECOLÓGICA. UNIDAD AMBIENTAL [LADERA]

2.2.1.3 Gestión sostenible ríos, humedales y aguas subterráneas [medidas naturales retención agua NWRM]. [L03]

El agua como recurso natural estratégico es altamente vulnerable a los escenarios de cambio climático proyectados. Una vulnerabilidad que engloba, además, al conjunto de procesos gequímicos y edáficos que están ligados al ciclo hidrológico. **Tal y como se recoge en los fundamentos teóricos de las Unidades Ambientales de los POT [Anexo PN2, POT 5, 2011], el agua “juega un papel importante en la calidad de la matriz territorial y los méritos asignados a los usos del suelo en el Modelo de desarrollo territorial en la escala regional de Navarra”. Su gestión de alcance estratégico, junto a la Biodiversidad [líneas estratégicas 1 y 2] deberá perseguir una optimización del consumo; así como, garantizar su calidad.**

La incertidumbre que se ciernen sobre la pluviometría en los climas futuros proyectados nos obliga a una planificación del recurso hídrico que potencie la eficiencia. Actualmente, los sectores que demandan una mayor cantidad de agua en Navarra son el doméstico [8%], industrial [6%] y riego [86%] [Gobierno de Navarra, 2017]. Con el incremento previsto de las temperaturas **se prevé un aumento de la demanda de agua, tanto de los ecosistemas terrestres como de los sistemas agrícolas y urbanos.** Por tanto, las áreas en las que se requiere el recurso hídrico para el consumo humano y para los sistemas agrícolas son las áreas más vulnerables y propensas a crear un déficit crónico del recurso.

El bloque de medidas derivadas de esta segunda línea se conforma de:

E01. Renaturalización de cauces, restauración y rehabilitación de los ríos.

E02. Adaptación de los recursos hídricos a los escenarios de cambio.

E03. Protección, conservación, gestión y restauración de humedales

E04. Protección, conservación, gestión de aguas subterráneas.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINa, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINa: OBJ.2

AD-L4 Gestión del agua y prevención de inundaciones.

Life NAdapta: ACCIÓN C-2 AGUA

ACCIÓN C2.6 Redacción de anteproyectos/proyectos de recuperación del espacio fluvial como estrategia de conservación y reducción del impacto de inundaciones

ACCIÓN C2.7 Evaluación de recursos hídricos derivados de escenarios de cambio climático y del modelo de explotación de demanda. Plan de gestión de la demanda (abastecimiento, regadío, etc.)

Unidades ambientales de los POT

Prevención del riesgo de inundación y la reducción de la contaminación de los acuíferos. Mejora de los sistemas de retención, conducción y regulación de caudales en infraestructuras hidráulicas. Recuperación de los sistemas fluviales y aplicación de la directiva del agua.

2.2.1.4 Conservación diversidad biológica-agrícola (L04).

Los cultivos en su totalidad requieren agua, luz solar y una temperatura adecuada para su crecimiento. Los escenarios de cambios apuntan a efectos directos sobre el conjunto de la actividad agraria. Así, los modelos para el sur de Europa apuntan a que, el aumento de la temperatura, los eventos de calor extremos y la reducción de la disponibilidad hídrica afectarán de forma directa a la productividad de los cultivos. También se espera que los rendimientos sean más variables, debido a los fenómenos meteorológicos extremos y demás factores relacionados con el cambio global, como plagas y enfermedades.

La Comisión Europea considera que los **programas de desarrollo rural** deben constituir, junto con otras actuaciones, **una herramienta esencial** para la **conservación de los agrosistemas de alto valor natural** [objetivo vinculado a las líneas estratégicas 1 y 2]; y contribuir de una forma efectiva, a la consolidación de la infraestructura verde en sus vertientes forestal y agraria [Estrategia Europea para la Biodiversidad, 2011]. La vulnerabilidad de este sector en Navarra es elevada debido a que el 38% de la superficie corresponde a suelo agrícola. Tanto los cultivos de secano, como los de regadío se consideran vulnerables al cambio climático. Junto a los efectos derivados del recurso hídrico, hay que indicar que se producirá un incremento del riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos, tanto termométricos como pluviométricos.

El bloque de medidas derivadas de esta segunda línea se compone de:

E1. Conservación de la diversidad genética agrícola.

E2. Lucha contra las especies exóticas invasoras.

E3. Fortalecimiento de las estrategias fitosanitarias.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINa, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINa: OBJ.4

AD-L1 Restauración y conservación.

AD-L 3 Agroambiente y clima.

Life Nadapta: ACCIÓN C-4 AGRICULTURA Y GANADERÍA. Mejorar la adaptabilidad de los Agrosistemas con estrategias innovadoras de manejo del suelo, material vegetal y agua para el riego.

ACCIÓN C4.1 Optimización de la adaptabilidad de los agrosistemas al cambio climático mediante estrategias de gestión del suelo, la materia orgánica y los cultivos.

ACCIÓN C4.3 Adaptación ambiental al cambio climático del material vegetal.

ACCIÓN C4.6 Lucha contra incendios mediante la gestión silvopastoral, pastos y ganado.

2.2.1.5 Agricultura regenerativa en sistemas agroforestales y paisajes agrarios [L05]

Entre las principales bases ecológicas para la adaptación, cobran especial importancia [Noss, 2001; Julius et al., 2008; Thompson et al., 2009] las medidas destinadas al mantenimiento de la diversidad genética, la complejidad estructural y la diversidad funcional [tanto a nivel de masa como de paisaje]; así como a mantener la conectividad y las áreas refugio climáticas. Esta línea estratégica interactúa de forma sinérgica con la L2 [Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje]

El bloque de medidas derivadas de esta línea cinco son:

E1. Diversificación cultivos e integración de actividades ganaderas, selvícolas y agrícolas.

E2. Mejora retención aguas en tierras agrícolas.

E3. Valoración económica de los servicios ecosistémicos que ofrecen los sistemas agroforestales extensivos que permita establecer una recaudación solidaria de parte de los beneficios que genera, que ayuden a compensar la pérdida de rentabilidad frente a sistemas intensivos

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINa, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINa: OBJ.4

AD-L1 Restauración y conservación.

AD-L 3 Agroambiente y clima.

Life Nadapta: ACCIÓN C-4 AGRICULTURA Y GANADERÍA. Mejorar la adaptabilidad de los Agrosistemas con estrategias innovadoras de manejo del suelo, material vegetal y agua para el riego.

ACCIÓN C4.2 Adaptación al CC desde la gestión del agua en el sector agrario

ACCIÓN C4.4 Sistema de Alertas de plagas y enfermedades emergentes

ACCIÓN C4.5 Adaptación a las enfermedades animales emergentes provocadas por el cambio climático

2.2.1.6 Estrategias protección, gestión y restauración suelos agrícolas. [L06]

La agricultura ha contribuido mucho a la biodiversidad de Europa gracias a siglos de tradiciones agrarias. Ello ha construido una amplia gama de paisajes agrícolas en el viejo continente. Sin embargo, como en otras partes del mundo, las prácticas agrícolas han cambiado drásticamente a lo largo de las últimas décadas. Muchas explotaciones han intensificado sus actividades y se han mecanizado a fondo; mientras que las que no pudieron hacerlo, han ido quedando marginadas, viéndose obligadas, en ocasiones, al abandono de tierras, con consecuencias igualmente devastadoras para la diversidad natural y cultural. Según se reconoce en el informe ministerial sobre los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario (Medina, 2015), la mayoría de los estudios centrados en esta cuestión se basan únicamente en criterios productivos, sin **integrar aspectos tan relevantes como la biodiversidad, la funcionalidad y el carácter del paisaje**. Otro de los déficits identificados en el citado informe se refiere a la **ausencia del cálculo integrado de los costes económicos que se pudieran derivar de las medidas de adaptación**.

Como principio rector, las estrategias que se pongan en marcha deben comportar, inevitablemente, un **incremento de la eficiencia en la utilización de los recursos naturales**. Sin olvidar, lógicamente, que, dada la complejidad del sector y los numerosos agentes implicados, **se deben de evaluar los costes de las medidas propuestas**.

El bloque de medidas derivada de esta segunda línea es la **E1. Planificación Adaptación Integral usos del suelo** que, a grandes rasgos lo que busca es procurar laboreos mínimos para reducir la erosión del mismo y la pérdida de materia orgánica; así como incentivar la cobertura del suelo con *mulching*. Con ello, se pretende reducir la erosión hídrica (puesto que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia) y eólica sobre el terreno, aumentar la conservación de agua en el suelo y la materia orgánica. Procurar el desarrollo de coberturas vegetales entre hileras de árboles para aprovechar los beneficios agronómicos y medioambientales que se derivan. La implantación de márgenes multifuncionales entre las hileras de los árboles, en las que se lleve a cabo una siembra con mezcla de semillas de flores que favorezcan la existencia de polinizadores. Su ubicación deberá perjudicar lo menos posible la mecanización. Estas franjas ayudarán a reducir la erosión por escorrentía en las parcelas de cultivo producida por la actividad agrícola. Esta medida con el objetivo de aumentar la biodiversidad; además, si los márgenes están en el borde de cauces de agua, evitarán la entrada de residuos de productos fitosanitarios a dichos cauces.

Con esta línea estratégica se estaría dando respuesta a objetivos de la HCCN-KLINA, del LIFE-IP NAdapta-CC, así como a los planteados para las unidades ambientales de los POT.

HCCN-KLINa: OBJ.4

AD-L1 Restauración y conservación.

AD-L 3 Agroambiente y clima.

Life Nadapta: ACCIÓN C-4 AGRICULTURA Y GANADERÍA.

Mejorar la adaptabilidad de los Agrosistemas con estrategias innovadoras de manejo del suelo, material vegetal y agua para el riego.

Unidades ambientales de los POT

Protección de los suelos de vega y de las tierras con mayor potencial edáfico, el mantenimiento de los agrobiosistemas con fijación estable de carbono en suelo, mejorable con técnicas de laboreo adecuadas

2.2.1.7 Coordinación de programas conjuntos de actuación en materia de ordenación y planificación territorial y educación y cultural de formación, divulgación y sensibilización en materia Cultura y percepción del paisaje. [L07]

Esta última línea estratégica persigue establecer una coordinación eficaz entre las diferentes políticas sectoriales del Gobierno Foral. La adaptación al cambio global concierne a todas las instancias de la administración, así como al conjunto de la ciudadanía. Bien es verdad, que el mayor peso específico se concentra en la ordenación territorial. Pero, existen otras medidas no menos trascendentes en materia de cultura, formación, divulgación y sensibilización que deberían desplegarse en el marco general de adaptación.

La cultura permite a las personas y a los grupos percibir el paisaje de forma determinada. Los cambios climáticos no se perciben de forma sensorial. Sólo algunos efectos o impactos, bien de forma drástica como incendios o plagas, bien de forma gradual como cambios en los cultivos. Por ello, estamos persuadidos de que la resiliencia al cambio climático requiere también de una “transición cultural”

El paquete de medias derivada de esta línea transversal es:

- E1 Actualización de los diferentes instrumentos vigentes de ordenación territorial y urbanística. En especial, los objetivos de calidad paisajística de los POT
- E2 Incentivar la elaboración de estudios de detalle a diferentes escalas territoriales a partir de las líneas abiertas en la presente guía.
- E3 Diseñar planes estratégicos de formación, divulgación y sensibilización dirigidos a diferentes agentes sociales y sectores, en especial, el educativo para iniciar la necesaria “transición cultural”

2.2.1.8 *Desarrollo de un marco jurídico acorde a las necesidades actuales y futuras que garantice la gestión adaptativa al cambio climático de los paisajes navarros (L08.)*

Por último, la puesta en marcha de buena parte de las medidas debería encajar en marco jurídico acorde a las necesidades actuales y futuras que garantice la gestión adaptativa al cambio climático de los paisajes navarros. Las medidas se agruparían en el bloque L08-E01: Adecuación del marco legislativo e instrumental. Herramientas de seguimiento.

En los escenarios de cambio climático previstos, mantenerse dentro de unos mínimos de precaución requiere el amparo legal para la propuesta del cambio de ciertos modelos de gestión, o la aceleración de su puesta en marcha. Las distintas normativas de gestión deberán ampararse en una evaluación técnica que oriente, por un lado, en cuales son las mejores acciones y técnicas en cada caso, así como los recursos necesarios para implementarlas. Por otro, en el coste económico y social que supondría el no llevarlo a cabo.

El Anteproyecto de Ley Foral de Cambio Climático y Transición Energética [LFCCTE] prevé algunas medidas sobre la necesaria actualización de instrumentos de ordenación, de manera que incorporen los escenarios de los efectos del cambio climático, la vulnerabilidad territorial al mismo, así como el seguimiento de las afecciones y las medidas implementadas. Entre otros aspectos, los distintos planeamientos deberán incorporar una serie de determinaciones sobre la gestión adaptativa al cambio climático del medio natural, del medio rural y del medio urbano. Deberán contemplar soluciones basadas en la visión holística del paisaje, de la sostenibilidad y de los servicios ecosistémicos a través de la infraestructura verde. Esto puede suponer también cambios en la legislación básica en materia de ordenación territorial y urbanística, el régimen del suelo urbano y Suelo No Urbanizable [SNU] y en el alcance de los Instrumentos de ordenación.

La futura Ley Foral de Cambio Climático y Transición Energética deberá establecer el marco conceptual y alcance para **“Convertir a Navarra en un referente de territorio sostenible y resiliente en materia de adaptación al cambio climático”** [artículo 1 LFCCTE]. El territorio es el conjunto del paisaje, de todos los elementos que lo integran [naturales, transformados, contruidos...] y se construye mediante un proceso iterativo entre los elementos disponibles de un espacio geográfico y la sociedad que lo habita. En un doble proceso dialéctico, una sociedad conoce su entorno y elige como utilizar y gestionar los recursos. Este proceso transforma esa realidad y comienza la construcción del territorio. En este sentido, es una definición solapada a la de Paisaje. Por ese motivo, estas competencias administrativas van juntas, según reconoce diversa documentación europea y estatal.



La finalidad de la Ley Foral de Ordenación Territorial y urbanismo es el “desarrollo territorial sostenible de Navarra” [artículo 2]. Por tanto, la conceptualización y alcance del desarrollo territorial sostenible [DTS] es también competencia del órgano que ejerce la competencia de ordenación territorial.

Para establecer el alcance del concepto desarrollo territorial sostenible es necesario acudir a los Instrumentos de ordenación territorial: Estrategia Territorial de Navarra [ETN, aprobada en 2005] y los cinco Planes de Ordenación territorial [POT, aprobados en 2011]. Para la disciplina territorial DTS es equivalente a COHESIÓN TERRITORIAL. Los principios del DTS en NAVARRA son: accesibilidad, conservación, competitividad, cohesión social, policentrismo e identidad [o gestión inteligente del patrimonio]. Estos principios provienen de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: dimensión social, económica y ambiental [ver “Informe de Seguimiento de la Agenda 2030 en Navarra [2020], página 3]. Los otros tres principios: desarrollo territorial policéntrico y nueva relación entre campo y ciudad; accesibilidad [acceso equivalente a las infraestructuras y el conocimiento, e identidad [gestión inteligente del patrimonio], provienen de la Estrategia Territorial Europea [1999].

El cambio climático también tiene efecto en **los indicadores de seguimiento** y en la aplicación, cualitativa y conceptual, de los principios del DTS. A cada principio están asociados una serie de indicadores que permiten ver la evolución del estado territorial de la Comunidad Foral. El efecto del cambio climático en dichos principios debiera tener reflejo en el eventual informe de vulnerabilidad territorial [y paisajística] que también prevé el Anteproyecto de LFCCTE.

El seguimiento del estado del territorio [del paisaje] es una herramienta de gobernanza para las competencias en la materia. Además de la descripción de las competencias e instrumentos de ordenación territorial y urbanística, se sugiere reforzar el papel de la web (<https://paisaje.navarra.es/>), que articule el seguimiento administrativo y científico del conjunto de documentos de paisaje [a modo de estrategia de paisaje, observatorio de paisaje o simplemente, seguimiento del estado del paisaje en Navarra]. Los indicadores de seguimiento del estado de paisaje [Actividad NAdapta C6.1.4] también tendrán un papel importante en esta web.

2.2.2 Medidas de seguimiento. Gestión dinámica

El diseño y puesta en práctica de cualquiera de las medidas previstas en la presente guía requiere un seguimiento continuo. La gestión dinámica permite que una vez puestas en marcha las medidas diseñadas, no se frene en seco su actividad. En primer lugar, porque ningún proceso adaptativo está finalizado frente a un escenario de cambio climático, del que tenemos una comprensión fragmentada e incompleta de sus posibles líneas evolutivas, sobre todo a escala de detalle. Y, en segundo término, porque están implicadas diferentes instancias de las AA.PP que se verán obligadas a coordinarse para acompasar sus actuaciones. La adaptación, por tanto, es una política permanente que requiere de herramientas para una adecuada evaluación de los aciertos y errores [dinámica y flexible en la toma de decisiones]. Y, sobre todo, con la suficiente agilidad para poder redefinir, tanto los objetivos como las estrategias y medidas, como consecuencia de un cambio sustancial en las condiciones de forzamiento climático y de vulnerabilidad territorial.

La magnitud y complejidad del problema del cambio global plantea desafíos para el seguimiento de la efectividad de las medidas adaptativas. Por ello, se debe profundizar en la investigación aplicada y avanzar en el diseño de redes de seguimiento y monitorización del territorio para ajustar, rechazar o proponer nuevos objetivos de adaptación frente a giros inesperados para garantizar una adecuada resiliencia. Y todo ello, sin perder de vista que este desafío tiene alcance global y, por tanto, la gestión adaptativa interpela a todas las políticas. Así, diversas experiencias están demostrando que la reducción de los factores de estrés no climáticos sobre los ecosistemas puede contribuir al incremento de su resiliencia. No podemos permitirnos dar una respuesta parcial o sesgada al forzamiento climático. Como se indica en la obra del Word Resources Institute, titulada “Making Adaptation Count Concepts and Options for Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation GIZ/WRI”, en su página 65: “la adaptación es un proceso, no un resultado”.

La gestión adaptativa se debe entender, en consecuencia, como un proceso continuo de seguimiento y revisión de las medidas, sus resultados y el contexto de cambio a diferentes escalas – al menos, municipal, POT y Comunidad Foral. El objetivo básico es acometer ajustes inmediatos a raíz de la detección temprana de desviaciones en los objetivos, las fases intermedias o en los indicadores o estándares definidos. Sin embargo, el monitoreo y seguimiento también genera información que puede usarse para evaluaciones en profundidad de los proyectos o programas globales.

El primer paso, por lo tanto, será la unificación en una única cartografía el conjunto de mapas de Elementos y componentes del paisaje generada en los diferentes Documentos de paisaje y teniendo en cuenta las distintas unidades de paisaje en la que estos las localizan. Con ellos, se pretende unificar la terminología y agrupar los conceptos, de tal forma que permita el análisis uniforme y la lectura continua del territorio, que, en definitiva, permita evaluar los servicios ecosistémicos para la gestión y evaluación de las actuaciones para la adaptación al cambio climático. A su vez permitirá una mejor actualización de los POT, así como la elaboración posterior de los correspondientes PDAT, utilizando de base la revisión cartográfica mencionada.

Este sistema deberá plantearse de tal manera que el mantenimiento de cada una de las capas recaiga en los diferentes organismos responsables, con el objeto de implementar herramientas que permitan el seguimiento y evolución de cada elemento, así como activar, mediante la línea estratégica 07 dedicada a la formación y sensibilización, mecanismos de participación y conciencia social. Unos procesos que son tan importantes como los derivados de los esfuerzos técnicos y científicos.

En paralelo resulta fundamental monitorizar aquellos enclaves donde se ha estimado que se localizan Elementos de interés [paisajístico, ecosistémico...] con alto riesgo como consecuencia del cambio climático. Se requiere del establecimiento de un sistema de seguimiento espacio temporal de las áreas de distribución de Elementos vulnerables en Navarra que permita obtener buenos resultados con el menor coste posible. Las actuales técnicas de evaluación disponibles sobre imágenes de satélite, ortofotografías y los vuelos Lidar, serán una herramienta fundamental a tales efectos. Una vez implementado, lo oportuno será extenderlo a todo el territorio. Sin embargo, resulta imprescindible contar con inventarios *in situ* que verifiquen el seguimiento, e identifiquen el seguimiento de especies indicadoras de cambio climático. La finalidad última es detectar con antelación dinámicas de cambio que inviten a implementar la oportuna gestión de adaptación.

2.3 Resultado. Propuesta de aplicación

En este capítulo de cierre se ofrece al lector las claves interpretativas del presente trabajo. La intención es dar respuesta a la pregunta de cómo usarla adecuadamente. El fin último de la presente guía es ofrecer una hoja de ruta para la comprensión y valoración del impacto del cambio climático sobre el paisaje navarro. Para ello, la guía ofrece al lector tres vías de aproximación al fenómeno.

La primera, permitirá descifrar las claves de la emergencia climática para todo el territorio de la Comunidad Foral. Las consideraciones que operan a esta escala macro se encuentran recogidas en el capítulo dedicado a las “líneas estratégicas” de adaptación. Dichas líneas representan una antología de soluciones de alcance territorial, basada en una exhaustiva revisión de la literatura científica. Éstas, a su vez, se despliegan a través de un conjunto ordenado de “bloques de medidas”. Éstos contienen una prolija relación de recomendaciones de actuación, que pretenden dar soluciones adaptativas genéricas para cada uno de los elementos del paisaje identificados como vulnerables. En las fichas elaboradas al efecto para cada bloque, se ha hecho también el esfuerzo de encontrar el encaje de dichas recomendaciones con aquellos componentes de la infraestructura verde [IV] de Navarra con los que guarden algún tipo de relación operativa; ya que entendemos que la IV constituye un excelente marco para desplegar las líneas estratégicas de adaptación al cambio climático.

La segunda vía de aproximación ofrece al usuario de la guía una lectura de mayor detalle. Una vez que éste se haya situado en un paisaje concreto del territorio navarro, ya sea de naturaleza forestal, agraria, etc., la guía facilita una serie de fichas detalladas dedicadas a cada uno de los



diferentes elementos indicadores/testigos del cambio climático presentes en ese paisaje concreto. Unas fichas en las que se caracteriza el estado actual del elemento en cuestión y se evalúa la vulnerabilidad de éste, así como la de los servicios ecosistémicos asociados. Esto, entendemos que permite una comprensión de cómo está funcionando el elemento –por ejemplo, el hayedo– frente al forzamiento climático y cuáles son impactos a los que se verá sometido en los escenarios futuros proyectados, y con él, los servicios ecosistémicos que ofrece.

Además, la guía ofrece para cada ámbito concreto –paisajístico o de gestión territorial– una reflexión de cómo se integra y opera cada uno de esos elementos en el conjunto del paisaje. Es aquí donde se ha buscado el encaje con los objetivos de calidad paisajística definidos. Un esfuerzo que permitirá, en los diferentes POT, la revisión y en su caso, la incorporación de las conclusiones obtenidas en la fase de análisis; así como de las medidas de adaptación al impacto del cambio climático. Finalmente, entendemos que esta vía nos ayudará a incorporar el cambio climático en los procesos dedicados a la integración de la visión social del paisaje en cada unidad territorial.

Finalmente, no se puede poner punto y final a este capítulo de cierre sin dejar constancia de la necesidad de disponer de una adecuada cartografía de servicios ecosistémicos desde la aproximación holística defendida en el presente trabajo. Y, por supuesto, estamos persuadidos que el éxito de todas estas estrategias adaptativas frente al cambio climático requiere poner en marcha una intensa “transición cultural y social” que, con miras al futuro inmediato, garantice la efectiva sensibilización frente al ingente reto al que nos enfrentamos y que, en segunda instancia, active todo el potencial cívico que la sociedad navarra posee para convertirse en protagonista de las políticas adaptativas que se puedan poner en marcha. Unas políticas que nacerán también de las propuestas sugeridas por los diferentes agentes sociales. En esta transición hacia un territorio resiliente, capaz de adaptarse a los nuevos paisajes, la educación juega un papel crítico. Por ello, esta guía invita a que las propuestas incluidas en el bloque de medidas de la línea estratégica 07, sean consideradas y puedan activarse en los próximos meses.

3. Bibliografía

3.1 Biodiversidad y servicios ecosistémicos

- Abella, Ignacio [2007]: La memoria del bosque: crónicas de la vieja selva europea. Cultos y culturas, mitos, leyendas y tradiciones. Barcelona. Integral, ISBN: 978-84-7901-941-9.
- Braat, L.C., [2013]. The value of the Ecosystem Services concept in economic and biodiversity policy. Chapter 10, in: S. Jacobs, N. Dendoncker, H. Keune [eds.] Ecosystem Services, Global Issues, Local Practices, Amsterdam
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. [2012] Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters 15: 365–377.
- Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sánchez, G., Peñuelas, J. [2011]. Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. Proceedings of the National Academy of Sciences 108(4): 1474–1478.
- COM [2011] 244 final. Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020: nuestro seguro de vida y capital natural. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Bruselas.
- Costanza, R.; R. d’Arge; R. de Groot; S. Farber; M. Grasso; B. Hannon; K. Limburg; S. Naeem; R.V. O’Neill; J.M. Paruelo; R.G. Raskin; P. Sutton and M. van den Belt. [1997]. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. Nature 387: 253–260
- Costanza R. [2008]. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. Biological Conservation, 141: 350–352.
- Castro, A., García-Llorente, M., Martín-López, B., Palomo, I., Iniesta-Arandia, I. [2014]. Multidimensional approaches in ecosystem services assessment. Earth Observation of Ecosystem Services 20: 427–454.
- de Groot, R.S.; M.A. Wilson and R.M.J. Boumans. [2002]. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics 41: 393–408.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España [EME] [2011]. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Ehrlich, P. R., and A. H. Ehrlich. 1981. Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species. Random House, New York. 305 pp.

- Ehrlich, P. R., and H. A. Mooney. [1983]. Extinction, substitution, and ecosystem services. *BioScience* 33(4):248–254
- García, C., R Garza y J.R. Picatoste. 2015. Marco normativo de la adaptación al cambio climático en España. En: Herrero A. y Zavala M.A. editores [2015] *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Gómez et al. [2016] Developing the AQUACROSS Assessment Framework. Deliverable 3.2, AQUACROSS, European Union's Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation Grant Agreement No. 642317
- González-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M., Cortesi, N. [2015]. Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland [1951–2010]: from warming to hiatus. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.4519.
- Lo, V. [2016]. Synthesis report on experiences with ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction. Technical Series No.85. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- Lobo, J.M., Aragón, P., Sánchez Fernández, D. [2011] *Las Especies*. En: Álvarez-Uriá, P., De la Cruz, J.L.[Coords.]. *Biodiversidad en España. Base de la Sostenibilidad ante el Cambio Global*, pp. 323–333. Observatorio de la Sostenibilidad de España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. España.
- Loidi, J., Báscones, J.C. [2006]: *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra*. Pamplona. Gobierno de Navarra.
- Lloret, F. [2012] Vulnerabilidad y resiliencia de ecosistemas forestales frente a episodios extremos de sequía. *Ecosistemas* 21(3):85–90.
- Lloret, F.; A. Escudero, J.M. Iriondo, J. Martínez-Villalta, F. Valladares. 2015. Mecanismos de estabilización y resiliencia de la vegetación frente a eventos climáticos extremos. En: Herrero A. y M.A. Zavala [editores]. 2015. *Los bosques y la Biodiversidad frente al cambio climático: impactos, vulnerabilidad y adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Martín-López, Berta & Gómez-Baggethun, Erik & Garcia Llorente, Marina & Montes, Carlos. [2014]. Trade-Offs across Value-Domains in Ecosystem Services Assessment. *Ecological Indicators*. 37. 220–228. 10.1016/j.ecolind.2013.03.003.
- Medina Martín, F. [2015]. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario: Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

Munang et al. [2013] The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion In Environmental Sustainability* 5: 47-52.

Raymond, C.M., Berry, P., Breil, M., Nita, M.R., Kabisch, N., de Bel, M., Enzi, V., Frantzeskaki, N., Geneletti, D., Cardinaletti, M., Lovinger, L., Basnou, C., Monteiro, A., Robrecht, H., Sgrigna, G., Munari, L. and Calfapietra, C. [2017]. An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom ISBN: 978-1-906698-62-1

Santos-Martín, F.; García Llorente, M.; Quintas-Soriano, C.; Zorrilla-Miras, P.; Martín-López, B.; Loureiro, M.; Benayas, J. y Montes, M. [2016]. Spanish National Ecosystem Assessment: Socio-economic valuation of ecosystem services in Spain. Synthesis of the key findings. Biodiversity Foundation of the Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment. Madrid. Spain. ISBN: 978-84-608-8776-8

Turner RK, Georgiou S, Fisher B. [2008]. Valuing Ecosystem Services: The Case of multi-functional wetlands. London: Cromwell Press, 240.

Wallace KJ. [2007]. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*; 139: 235-246.

WWF. 2018. Informe Planeta Vivo – 2018: Apuntando más alto. Grooten, M. y Almond, R.E.A. [Eds]. WWF, Gland, Suiza.

3.2 Cambio climático antropogénico

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp

Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra. 2017-2030-2050. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. Navarra]

Unión Europea [2013]. The EU Strategy on adaptation to climate change, adopted by the European Commission. http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm doi:10.2834/5599

European Environment Agency [2015] Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards EEA Technical report No 12/2015. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015 ISSN 1725-2237

- AEMET y OECC [2018]. Cambio Climático: Calentamiento Global de 1,5°C. Agencia Estatal de Meteorología y Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid
- Amblar Francés, P. et al. [2017]: Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5. AEMET, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. NIPO: 281-14-002-7
- Bladé I., Castro Díez, Y., 2010: Tendencias atmosféricas en la Península Ibérica durante el periodo instrumental en el contexto de la variabilidad natural. En: Clima en España: pasado, presente y futuro [Pérez F. Fiz y Boscolo Roberta, eds.], 25-42 pp.
- Brunet, M., O. Saladié, P.D. Jones, P.D., J. Sigró, E. Aguilar, A. Moberg, D. Lister, A. Walther, D. López and C. Almarza [2006], The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series [SDATS] [1850-2003], International Journal of Climatology, 26 [13]: 1777-1802, doi: 10.1002/joc.1338
- Brunet, M., Casado, M.J., Castro, M., Galán, P., López, J.A., Martín, J.M., Pastor, A., Petisco, E., Ramos, P., Ribalaygua, J., Rodríguez, E., Sanz, I., Torres, L. [2009]. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España. Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino. 158 pp,
- CLIVAR [2018]. Volumen especial sobre el clima en la Península Ibérica: una visión científica global y coordinada por el Comité CLIVAR-España. Ministerio para la Transición Ecológica Agencia Estatal de Meteorología Madrid. Versión en español publicada por AEMET, con autorización de CLIVAR.
- Cuadrat, J. M., Serrano, R., Saz, M. A., Tejedor, E., Prohom, M., Cunillera, J., Esteban, P., Soubeyrou, J.M., y Deaux, N. [2013]. Creación de una base de datos homogeneizada de temperaturas para los Pirineos [1950-2010]. GEOGRAPHICALIA [2013], 63-64, 63-74.
- Elguindi, N., Rauscher, S. A., Giorgi, F. [2013]. Historical and future changes in maximum and minimum temperature records over Europe, Climate Change, 117, 1-2, 415.
- Felicísimo, Á. M. [coord.] [2011]. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Flora y vegetación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- Fernández, J. et al. [2018]. Proyecciones de clima regional sobre España: atmósfera. Proyecciones de clima futuro. En Volumen especial sobre el clima en la Península Ibérica: una visión científica global y coordinada por el Comité CLIVAR-España. Ministerio para la Transición Ecológica Agencia Estatal de Meteorología Madrid.
- Gallego, M. C., R. M. Trigo, J. M. Vaquero, M. Brunet, J. A. García, J. Sigró, and M. A. Valente. [2011]. Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century, Journal Geophysical Research, 116, D02109. Gutiérrez L, García G, García I, Gea A,

Lopez A, 2017. ‘Soluciones Naturales’ para la adaptación al cambio climático en el ámbito local de la Comunidad Autónoma del País Vasco. IHOBE, Bilbao

Kerstin Fritzsche; Stefan Schneiderbauer; Philip Bubeck; Stefan Kienberger; Mareike Buth, Marc Zebisch and Walter Kahlenborn [2014]. The Vulnerability Sourcebook Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ] GmbH. Bonn. Germany.

MAGRAMA [2016]. Impactos del cambio climático en los procesos de desertificación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. NIPO: 280-16-281-4

Oria Iriarte, P. [2017]. Evolución de indicadores climáticos en Navarra. Delegación Territorial de AEMET en Navarra. Recogido en Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra. 2017-2030-2050. Gobierno de Navarra [2017] Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local.

3.3 Paisaje

Arribas, P., Abellán P., Velasco J., Bilton D.T., Lobo J.M., Millán A., Sánchez-Fernández D. [2012] La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. Ecosistemas 21 (3): 79-84.

Battisti, A. [2008] Forests and climate change - lessons from insects. iForestBiogeosciences and Forestry 1:1-5.

Berlan-Darqué, Martine; Luginbühl, Yves; Terrasson, Daniel [eds.] [2008]: Landscape: from knowledge to action. Versailles. Éditions Quae. ISBN: 978-2-7592-0060-3

Bertrand, C.; Bertrand, G. [2006]: Geografía del Medio Ambiente. El Sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje. Universidad de Granada, 403pp. Granada.

Bonesio Luisa; Micotti Luca [eds.] [2008]: Paesaggio: l'anima dei luoghi. Reggio Emilia. Diabasis ISBN 978-88-81035510.

Cortina, A.; Queralt, A. [Coords.]. 2007. Convenio Europeo del Paisaje. Textos y comentarios.

Consejo De Europa. 2000. Convención Europea del Paisaje. Consejo de Europa

Español Echániz, I. [2009]: El paisaje, de la percepción a la gestión. Ed. Liteam. Madrid.

Estévez, Xerardo; Fernández, María José [eds.] [2007]: Territorio, paisaxe e identidade: foros do instituto de estudos das identidades Santiago de Compostela: Museo do Pobo Galego. ISBN: 978-84-88508-40-9.

Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J. And Santos, J.A. [2012]. An overview of climate change impacts on European viticulture. Food and Energy Security 1(2): 94-110.

- Harris, J. A., R. J. Hobbs, E. Higgs, and J. Aronson. 2006. Ecological restoration and global climate change. *Restoration Ecology* 14:170– 176
- Hervás Más, J. [2009]: Ordenación del territorio, urbanismo y protección del paisaje. Ed. Bosch
- Llop, Carles [coord.]. 2009. Paisatges en transformació: intervenció i gestió paisatgístiques. Diputació de Barcelona, Barcelona. ISBN: 978-84-9803-229-1.
- Medrano, H., Pou, A., Balda, P., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Gulias J., Gago, X., Hernández Montes, E., Tortosa, I. Y Escalona, J.M. [2016]. El agua y la vid: consumos, eficiencias y mejora potencial. Actas II Jornadas del grupo de viticultura de la SECH. 3-4 de noviembre. Madrid.
- Mace, G. M. et al [2018]: Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss. *Nature Sustainability* 1: 448-451.
- Morey, M.; Montoya, R. [Coords.], 2000. El paisaje y el hombre: valoración y conservación del paisaje natural, rural y urbano. Ministerio de Medio Ambiente / Organismo Autónomo de Parques Nacionales
- Naveh, Z.; Lieberman, A.S.; Sarmiento, F.O.; Ghera, C.M.; León, R.J.C. [2002]: Ecología de paisajes. Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, 571pp., Buenos Aires.
- Ramil Rego, P. et al.2005. La expresión territorial de la biodiversidad. Paisajes y hábitats. IBADER, Universidade de Santiago de Compostela.
- Resco, P. [2015]. Viticultura y Cambio Climático en España: vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica. Madrid, 194 pp.
- Schultz, H.R. And Jones, G.V. [2010]. Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *Journal of Wine Research*, 21: 2, pp. 137-145.
- Sousa, A.; García-Barrón, L.; Jurado, V. [Coords.] [2007]. El cambio climático en Andalucía: Evolución y consecuencias medioambientales Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Sánchez Ramos, P y López Hernández R. [Coords] [2021]. Documento de paisaje Plan de Ordenación Territorial Área Central [POT 3]. Empresa pública Navarra de Suelo y Vivienda S.A. [NASUVINSA].
- Tonietto y Carbonneau, 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*. 124 pp. 81-97
- Universidad Autónoma de Madrid [2004]. Atlas de los Paisajes de España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.



- VV.AA. [2006]: Bases ecológicas para la gestión de los tipos de Hábitat de Interés Comunitario presentes en España [Directiva 92/43/CEE]. Manual descriptivo y fichas, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- VV.AA. [2006]: Ambientes terrestres de España y Regiones Naturales para el desarrollo de Natura 2000. Documento de síntesis, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- VV.AA. [2009]: Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España, Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- VV.AA. [2012]: El reto de la gestión del paisaje en Andalucía, IMA 2011. Informe de Medio Ambiente en Andalucía, pp. 90-111, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

