



GUIA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y PAISAJE EN NAVARRA

GUÍA 07

GUÍA DIVULGATIVA DE **CAMBIO CLIMÁTICO Y PAISAJE** EN NAVARRA

GUÍA DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA **07**

Título	GUÍA DIVULGATIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y PAISAJE EN NAVARRA
Autoría	ABTEMAS SL
Equipo redactor	Manuel Borobio Sanchiz (ABTEMAS SL) Francisco Castillo Rodríguez (Asesor ABTEMAS SL) Dalia María Alende Ferrín (ABTEMAS SL) Gemma García Blanco (Tecnalia) Elfrén Feliu Torres (Tecnalia)
Equipo gráfico	Manuel Borobio Sanchiz (ABTEMAS SL) Isabel Guillén Barres (ABTEMAS SL) Ibon Doval Martínez (unodosmil) Andrea Paola Cultiva Chavarro
Agradecimientos	Lara del Valle Andrade (unodosmil)
©	Navarra de suelo y vivienda (NASUVINSA)
Dirección	Gobierno de Navarra / Nafarroako Gobernua Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Proyectos Estratégicos
Coordinación	Beatriz San Martín Zaragueta y Dámaso Munárriz Guezala (NASUVINSA)
Fotografía y figuras	Se indica en pie de cada figura
Fotografía de portada	Sierra de Aralar Valle de Araitz. Javier Campos. "Otoño" 16/07/2020. Turismo de Navarra
Fotografía de contraportada	Sierra de Lokiz. Javier Campos "Paisaje Natural" 28/11/2010. Vistas de pueblos/ciudades. Turismo de Navarra
Diseño gráfico	ABTEMAS SL
Cartografía	Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra (IDENA) Sistema de Información Territorial de Navarra (SITNA) Paisaje en Navarra (NASUVINSA)
Tratamiento	ABTEMAS SL
Impresión:	
ISBN:	
D.L.:	Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar, escanear o hacer copias digitales de algún fragmento de esta obra.
Promoción y distribución:	Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra C/ Navas de Tolosa, 21. 31001 Pamplona Teléfono: 848 427 121 fondo.publicaciones@navarra.es https://publicaciones.navarra.es

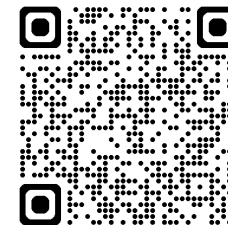
PROYECTO EUROPEO

Este documento corresponde al resultado de la actividad de la acción C6.1 **"Gestión adaptativa del paisaje"** del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC (LIFE IPC/ES/000001), "Hacia una implementación completa, coherente e integrada de la política de adaptación al cambio climático en la región de Navarra - Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre".

Este proyecto pertenece a la categoría de proyectos LIFE integrados - LIFE Integrated Projects, y está ejecutado con la contribución financiera del programa LIFE de la Unión Europea.



El contenido de esta Guía Divulgativa se ha elaborado a partir de los materiales realizados en el marco de la acción 6.1.1 **"Guía temática de paisaje y cambio climático"**. NASUVINSA, con la asistencia técnica de TECNALIA, ABTEMAS y SIGMATEC



QR1. Escanéame para saber más sobre la acción 6.1

Índice

A. Nociones generales	4	4. Fichas de las líneas estratégicas de adaptación.....	36
1. Introducción.....	6	Conservación, gestión y restauración forestal sostenible	37
1.1. Introducción. Contexto y objetivo de la guía.....	6	Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje.....	45
1.2. Contenido y estructura.....	6	Agricultura regenerativa en sistemas agroforestales y paisajes agrarios	51
2. Paisajes y cambio climático	7	Conservación diversidad biológica-agrícola	57
2.1. El paisaje. Conceptualización y reconocimiento jurídico	7	Protección, gestión y restauración de suelos agrícolas.....	63
2.2. Cambio climático antropogénico. Un problema existencial global	8	Gestión sostenible ríos, humedales y aguas subterráneas (medidas naturales de retención de agua-NWRM-)	69
3. El diagnóstico del riesgo climático en Navarra	12	C. Bibliografía	74
3.1. El clima como escultor del paisaje. El Cambio Climático ya está aquí.....	12	1. Biodiversidad, servicios ecosistémicos y paisaje.....	75
3.2. Clima, biodiversidad y paisaje	14	2. Cambio climático antropogénico	76
3.3. Las cadenas de impacto como herramienta conceptual para analizar el riesgo climático.	16	3. Referencias de buenas prácticas	78
3.4. Evaluación del riesgo.....	19	3.1. Conservación, gestión y restauración forestal sostenible.	78
3.5. Diagrama resumen.....	22	3.2. Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje.....	78
B. Cómo actuar	24	3.3. Agricultura regenerativa en sistemas agroforestales y paisajes agrarios	78
1. La adaptación al cambio climático como estrategia global	25	3.4. Conservación diversidad biológica-agrícola.....	78
1.1. Introducción a la estrategia de adaptación al cambio climático.....	25	3.5. Protección, gestión y restauración de suelos agrícolas.....	78
1.2. Conocimiento y acción: Claves para la gestión de la adaptación	26	3.6. Gestión sostenible ríos, humedales y aguas subterráneas.....	78
1.3. Corresponsabilidad en La adaptación al cambio	27	4. Documentos Proyecto	79
2. La adaptación basada en los ecosistemas. El enfoque verde	28	D. Relación de figuras	80
2.1. La adaptación	28		
2.2. Los servicios ecosistémicos como referencia.....	29		
2.3. La infraestructura verde como marco de actuación	29		
3. Objetivos generales y líneas estratégicas para la adaptación	30		
3.1. Objetivos generales de adaptación	30		
3.2. Las medidas de adaptación	30		
3.3. La gestión adaptativa.....	34		
3.4. Esquema de contenidos de la ficha de cada línea estratégica.....	35		

A. **Nociones generales**

1. Introducción	6	3. El diagnóstico del riesgo climático en Navarra	12
1.1. INTRODUCCIÓN. CONTEXTO Y OBJETIVO DE LA GUÍA.....	6	3.1. EL CLIMA COMO ESCULTOR DEL PAISAJE. EL CAMBIO CLIMÁTICO YA ESTÁ AQUÍ.....	12
1.2. CONTENIDO Y ESTRUCTURA	6	A. Las variables climáticas que modelan los paisajes de Navarra	12
2. Paisajes y cambio climático.....	7	B. Caracterización del clima navarro y su proyección futura.....	12
2.1. EL PAISAJE. CONCEPTUALIZACIÓN Y RECONOCIMIENTO JURÍDICO	7	B.1. La temperatura.....	12
A. ¿Qué entendemos por paisaje?	7	B.2. El régimen de precipitación.....	13
B. El paisaje como objeto de derecho.....	7	3.2. CLIMA, BIODIVERSIDAD Y PAISAJE.....	14
C. El paisaje como objeto de estudio. ¿Quién y cómo estudiar el paisaje?	7	A. Consideraciones de partida	14
D. El paisaje como producto social	7	B. Ámbitos y pisos bioclimáticos y sus especies de referencia.	14
2.2. CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO. UN PROBLEMA EXISTENCIAL GLOBAL	8	3.3. LAS CADENAS DE IMPACTO COMO HERRAMIENTA CONCEPTUAL PARA ANALIZAR EL RIESGO CLIMÁTICO.	16
A. Una mirada desde la ética y la economía.....	8	A. Cadenas de impacto	16
B. La gestión del riesgo.....	9	A.1. Aumento temperaturas medias y reducción disponibilidad hídrica (Cadena de impacto C1)	16
C. El análisis del riesgo climático	10	A.2. Pluviometría más incierta y extrema (Cadena de impacto C2)	16
C.1. Los componentes del riesgo. Amenazas, Exposición, Vulnerabilidad.....	10	A.3. Termometría más incierta y extrema (Cadena de impacto C3)	17
C.2. Los servicios ecosistémicos como elementos de referencia para el análisis del riesgo.	11	B. Impactos asociados a las cadenas definidas.....	17
		C. Tendencias observadas.....	18
		C.1. Tendencia a la mediterraneización.....	18
		C.2. Tendencia hacia un clima más incierto y extremo.	18
		3.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO	19
		A. Datos climáticos, escenarios de cambio climático.....	19
		B. Evaluación del riesgo de los componentes forestales	20
		B.1. Metodología	20
		B.2. Resultados: evaluación del riesgo de componentes forestales.....	20
		C. Evaluación del riesgo de componentes agrarios y agroforestales	21
		C.1. La campaña atlántica	22
		C.2. El viñedo	22
		3.5. DIAGRAMA RESUMEN.....	22

1. Introducción

1.1. INTRODUCCIÓN. CONTEXTO Y OBJETIVO DE LA GUÍA

La crisis climática en la que estamos inmersos es uno de los retos más importante al que nos enfrentamos como sociedad, ya que compromete las condiciones de vida de las generaciones presentes y, sobre todo, futuras. Un cambio climático que interactúa con otros fenómenos como la pérdida de biodiversidad o la alteración de los ciclos biogeoquímicos; dibujando escenarios de “riesgos múltiples”, en un contexto de crisis ambiental global, que no debería dejar margen a la especulación o el escepticismo.

La comunidad científica internacional reconoce que los efectos del cambio climático son ya inevitables, por lo que las estrategias de adaptación deben ser incorporadas de forma inmediata en la ordenación territorial. Una adaptación transformacional a largo plazo que reduzca la vulnerabilidad socio-ecológica del territorio. Este desafío no se circunscribe al ámbito de responsabilidad de los gobiernos, sino que interpela al conjunto de la ciudadanía. Todas las personas somos parte de las causas de la emergencia climática, pero también parte de la solución. La adaptación ha de ser un empeño colectivo o no será. En el año 2019, conscientes de que el paisaje navarro, que es un valioso bien colectivo, ya sufre los impactos del cambio climático se decidió elaborar, en el marco del proyecto europeo LIFE-IP NAdapta-CC Life 2016, una Guía temática de Paisaje y cambio climático en Navarra. Un ambicioso proyecto en el que participó un nutrido grupo de especialistas.

La guía que presentamos hoy constituye una derivada de dicho proyecto, para acercar a la ciudadanía las conclusiones alcanzadas en él, al entender que su interés va más allá del ámbito científico y de gestión. Con una clara vocación divulgativa, se ha sintetizado la ingente cantidad de información aportada en la guía original; ayudando al lector y lectora no experta a valorar en su justa medida los riesgos que se ciernen sobre los paisajes de Navarra. La guía tiene vocación de facilitar el acceso a la complejidad de fenómenos muy dinámicos. Somos conscientes que, a pesar de ser una guía divulgativa, accesible a la mayor parte de las personas, éstas deben tener un conocimiento previo de la complejidad del paisaje y del cambio climático.

Esta guía elaborada desde el rigor científico y a través de un lenguaje claro y accesible, pretende dar a conocer diferentes estrategias de adaptación de los paisajes navarros. Todas ellas inspiradas en soluciones basadas en los ecosistemas; en un intento por contribuir a mejorar el manejo y la gestión del territorio que nos acoge.

1.2. CONTENIDO Y ESTRUCTURA

La obra está organizada en dos grandes capítulos que responden a una sencilla línea expositiva.

El primero nos presenta la dimensión del problema con un lenguaje asequible. Basándose en los informes del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y en los resultados de los modelos predictivos del clima en Navarra, se ofrece al lector el análisis de los riesgos climáticos a los que están expuestos los paisajes navarros.

Y el segundo capítulo nos invita a reflexionar sobre las soluciones, sobre cómo adaptar los paisajes al cambio climático. Se nos presentan las estrategias de adaptación, concebidas en base al análisis de los impactos que sufrirán los elementos de referencia de la vegetación de los paisajes navarros. Una interesante metodología que ha permitido expresar, a través de una cuidada cartografía, el alcance de tales impactos. Y, finalmente, para ilustrar, tanto la evolución previsible de los pisos bioclimáticos, como las estrategias adaptativas más adecuadas, se han elaborado unos cuidados montajes gráficos. Seis “infografías” correspondientes a otros tantos ámbitos paisajísticos en los que, tomando como referente la panorámica de un paisaje representativo, reconocible por la ciudadanía, para cada ámbito, se nos cuenta, de forma sencilla, la línea estratégica de adaptación preferente, según sus características bioclimáticas.

Estamos ante una obra con una inequívoca vocación divulgativa que quiere contribuir al arraigo en el cuerpo social de la importancia de adaptar los paisajes navarros a los escenarios climáticos futuros.

Señalar finalmente, que esta guía se terminó de redactar apenas unos días después de las inundaciones catastróficas de Valencia, como consecuencia de una inusual DANA que devastó un enorme territorio y se cobró más de doscientas vidas humanas. Un episodio extremo cuya frecuencia e intensidad se están viendo incrementadas a lo largo del presente siglo como consecuencia del cambio climático antropogénico. Sirva esta obra de recuerdo y homenaje a todas las personas que perdieron su vida y seres queridos en dicho evento.

2. Paisajes y cambio climático

2.1. EL PAISAJE. CONCEPTUALIZACIÓN Y RECONOCIMIENTO JURÍDICO

A. ¿Qué entendemos por paisaje?

El paisaje es un concepto complejo y con una enorme capacidad evocadora. Es nuestro entorno vital y la expresión formal del manejo humano sobre el medio a lo largo del tiempo. Un término rico en significados, que nos remite a una realidad que se concreta en sus manifestaciones territoriales -relieves, construcciones, etc., pero que está llena de referencias estéticas y culturales de toda índole. Es objetivo y subjetivo, es tangible e intangible, es formal y estructural. Su complejidad, en definitiva, radica en las diferentes dimensiones que alberga: la físico-ecológica, la histórico-cultural y la perceptiva-estética en tanto que es proceso cognitivo.

B. El paisaje como objeto de derecho

La Carta Europea del Paisaje o Convenio del Paisaje provocó un cambio radical en la concepción normativa del paisaje, al elevarlo a categoría de derecho⁽¹⁾, en tanto que componente del bienestar y calidad de vida de las personas. La idea innovadora, desde un punto de vista jurídico, es la de reconocer que cada territorio se manifiesta paisajísticamente en una fisonomía singular y en plurales imágenes sociales, convirtiéndolo en un aspecto clave del capital territorial de las poblaciones.

C. El paisaje como objeto de estudio. ¿Quién y cómo estudiar el paisaje?

La comprensión del paisaje es un proceso cognitivo completo, en el que tienen cabida el rigor científico, la sensibilidad y la experiencia vital en nuestros entornos. La ciencia del paisaje es, en realidad, un campo de conocimiento transdisciplinar y ecléctico, una disciplina mestiza que se enriquece de diferentes miradas. Nadie posee la llave maestra del conocimiento del paisaje.

D. El paisaje como producto social

El paisaje es un sistema socio-ecológico, resultado de la interacción entre la naturaleza y las culturas que lo han transformado para obtener servicios esenciales como

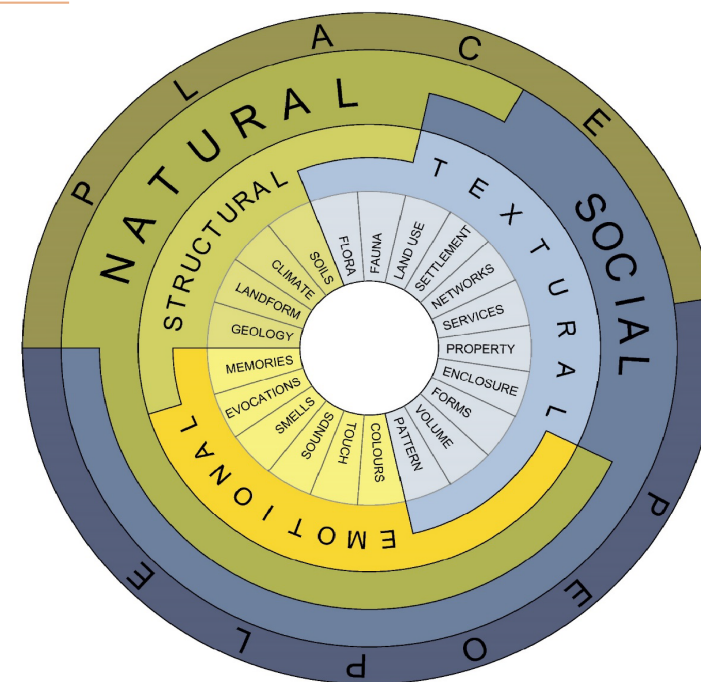


Figura 1. Esquema de Dinámicas y procesos del paisaje. (Borobio et al. 2013)

cobijo, alimento, agua, energía y materias primas. Las poblaciones han atribuido valores simbólicos a sus paisajes, integrándolos en sus identidades colectivas. La gestión del paisaje requiere considerar tanto las operaciones culturales como las dinámicas ecológicas que mantienen la funcionalidad de la matriz biofísica.

Comprender el paisaje implica analizar los factores materiales e inmateriales que lo moldean, desde los procesos geológicos hasta las intervenciones humanas que han transformado su matriz y otorgado significados históricos y culturales. El prolongado uso del territorio por la humanidad ha acumulado testimonios que convierten el paisaje en una narración colectiva. El desafío es entender los procesos asociados al cambio climático que transformarán el paisaje, para gestionar adecuadamente su evolución. Las evidencias científicas nos obligan a analizar los impactos derivados, enfocándose en formaciones vegetales, recursos hídricos, suelos y actividades agrarias.

¹ España ratificó el Convenio Europeo del Paisaje en 2007, entrando en vigor el 1 de marzo de 2008. Puedes consultar el Instrumento de Ratificación en el BOE, disponible en este enlace y en el BOE número 31, de 5 de febrero de 2008, páginas 6259-6263

2.2. CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO. UN PROBLEMA EXISTENCIAL GLOBAL

A. Una mirada desde la ética y la economía

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 afirmaba 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"*. Lo más interesante de este estudio es la conclusión de que los costes y riesgos totales derivados del cambio climático serían 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"*.

Hoy en día, la comunidad científica mantiene un consenso generalizado sobre el hecho de que el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), resultado de la quema acelerada de combustibles fósiles que trajo consigo la Revolución Industrial, es la causa inequívoca del actual calentamiento de la atmós-

Cambio en la temperatura global en superficie (media anual) **observado y simulado** utilizando **factores humanos y naturales** y solo factores **naturales** (ambos 1850 - 2020)

Fuente: Figura RRP1.b | Historia del cambio de la temperatura global y causas del calentamiento reciente.

Durante el periodo de varios siglos más cálidos en al menos, los últimos 100.000 años, que se produjo hace unos 6.500 años durante el actual periodo interglacial (Holoceno). El último periodo interglacial, hace unos 125.000 años, es el siguiente candidato más reciente en periodo de temperatura más elevada. Estos periodos cálidos pasados fueron causados por variaciones orbitales lentas (multimilenarias). El sombreado gris con líneas diagonales blancas muestra los rangos muy probables de las reconstrucciones de temperatura.

Figura 2. Evolución de la temperatura media global (1850-2020): Comparación entre dos escenarios. [Fuente: IPCC AR6, 2021]

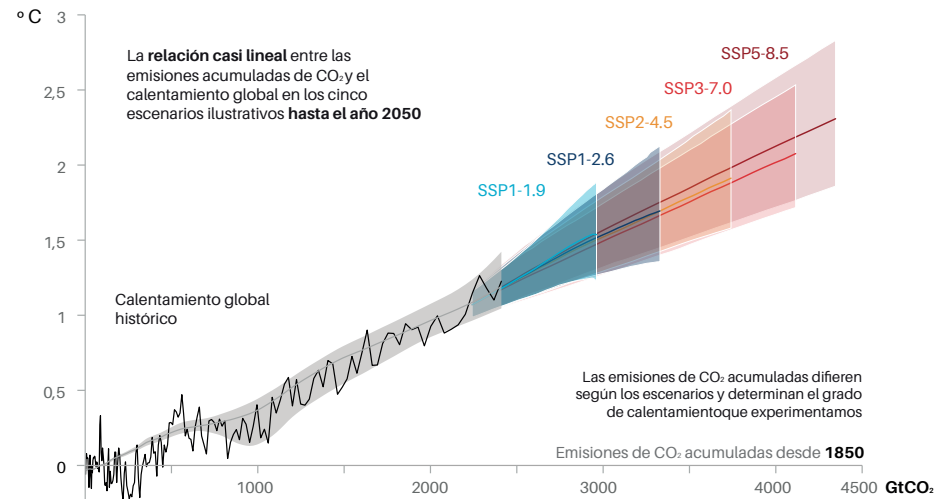
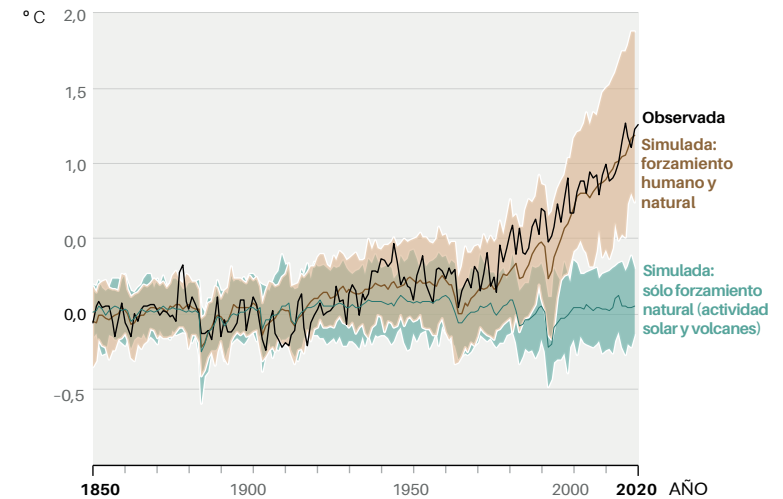


Figura 3. Evolución de la temperatura media del planeta desde 1850 a 2100 de acuerdo con los escenarios del Sexto Informe de Evaluación del IPCC que describen futuros de desarrollo socioeconómico alternativos (SPP). [Fuente: IPCC AR6, 2021] IPCC, 2022. "Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2022.

fera, los océanos y la tierra. Esta conclusión, claramente presentada en los informes de evaluación Quinto (2014) y Sexto (2021) del IPCC subraya que este calentamiento provoca un cambio climático a una velocidad sin precedentes.

En 2022, las Naciones Unidas reconoció el cambio climático y la pérdida de biodiversidad como una crisis planetaria interconectada. El cambio climático es un factor significativo en la pérdida de biodiversidad, y la degradación de los ecosistemas debilita tanto la resiliencia humana como la natural ante los desafíos y factores de estrés relacionados con el clima. **Abordar estos desafíos sociales requiere una acción urgente y responsable.**

Las interacciones complejas entre el clima, la sociedad y la naturaleza que explican el cambio climático, se manifiestan, por un lado en un cambio progresivo en los patrones de temperatura y precipitación, y el aumento del nivel del mar; por otro en un incremento en la frecuencia y severidad de los eventos extremos, como inundaciones y olas de calor, y finalmente por la aparición de estos fenómenos en zonas del planeta que antes no estaban expuestas y que varía según la región geográfica, lo que requiere una gestión de riesgos.

B. La gestión del riesgo

El calentamiento global inducido por la humanidad alcanzó aproximadamente 1 °C sobre el nivel preindustrial en 2017. Si la emisión de GEI continúa al ritmo actual, se alcanzará 1,5 °C entre 2030 y 2052 (Figura 4).

Los actuales compromisos de mitigación bajo el Acuerdo de París adoptado en 2015 por 196 países no parecen ser suficientes para limitar el calentamiento global respecto a niveles preindustriales. Para lograrlo, las emisiones de GEI deben reducirse de forma drástica en 2075 para conseguir mantener al planeta por debajo de los 2 °C y en 2050 para 1,5 °C.

El Sexto Informe de evaluación del IPCC concluye que, incluso con la eliminación inmediata de emisiones de GEI, ciertos daños, como el deshielo polar y la subida del nivel del mar, ya son irreversibles. Por lo tanto, la reducción de emisiones es esencial pero insuficiente. Las estrategias de adaptación se vuelven imprescindibles para facilitar la resiliencia de los hábitats a las nuevas condiciones climáticas.

La adaptación al cambio climático implica la implementación de ajustes en sistemas humanos y naturales para enfrentar estímulos climáticos actuales o proyectados, y para afrontar, evitar o moderar sus impactos. Este proceso busca reducir la exposición y sensibilidad de la población, infraestructuras y actividades económicas a las amenazas climáticas, con el objetivo de minimizar los impactos y daños asociados.

Sabemos que

"El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero (GEI). Los equivalentes de dióxido de carbono (CO₂e) permiten medir el impacto de los distintos GEI sobre el clima."

Idea fuerza

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 periodo 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.

Para saber más:

Ámbitos paisajísticos: Se definen como territorios con un carácter paisajístico propio diferenciando entre sí, identificados bajo el prisma de sus condiciones bioclimáticas y clasificados bajo aspectos reconocidos por la población navarra. Estos se definen como territorios con un carácter paisajístico propio diferenciando entre sí, identificados bajo el prisma de sus condiciones bioclimáticas y clasificados bajo aspectos reconocidos por la población navarra

Recordemos que:

Los humanos, como el resto de las especies "utilizan" su entorno como fuente de recursos para sobrevivir y 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 en relación con este principio es tan obvia, como difícil de llevar a cabo: necesitamos transitar hacia una economía verde, caracterizada por la circularidad y neutralidad en emisiones GEI, capaz de reducir significativamente las demandas de capital natural y limitar el aumento de las temperaturas globales, así como incorporar en la dimensión macroeconómica los efectos de la sostenibilidad. Eso significa que todos estamos obligados a acelerar los cambios en nuestros hábitos en aspectos cotidianos, como la alimentación o la movilidad, entre otros.

C.El análisis del riesgo climático

El análisis de los riesgos derivados del cambio climático es una etapa clave en el ciclo de la adaptación, que permite conocer y afrontar sus potenciales impactos, y orientar la definición e implementación de las medidas más oportunas.

El enfoque de análisis de riesgo climático empleado en esta Guía sigue el propuesto por el IPCC, en sus dos ya mencionados últimos informes de evaluación Quinto y Sexto, y adoptado de manera generalizada por la comunidad internacional. (ver Figura 4).

C.1. Los componentes del riesgo. Amenazas, Exposición, Vulnerabilidad.

El IPCC define el riesgo asociado al cambio climático como la posibilidad de que se produzcan consecuencias adversas para los sistemas humanos o ecológicos, y que resulta de la conjunción de tres componentes clave: Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad.

Amenaza o peligro: entendida como la ocurrencia potencial de un evento o tendencia física, natural o inducida por el ser humano, que puede causar la pérdida de vidas, daños u otros impactos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, me-

dios de vida, prestación de servicios, ecosistemas y recursos naturales.

Exposición: hace referencia a la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructuras o activos económicos, sociales o culturales, en lugares y entornos que podrían verse afectados por una amenaza o peligro.

Vulnerabilidad: se define como la propensión o predisposición de aquello que está expuesto a ser afectado negativamente por el cambio climático y abarca una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad, o susceptibilidad al daño, y la falta de capacidad para afrontarlo y adaptarse.

Si este riesgo se materializa, genera unos impactos que puede producir efectos, tanto en los sistemas naturales, como en los sistemas humanos.

En el contexto del cambio climático, el análisis del riesgo con los factores de amenaza, exposición y vulnerabilidad puede estructurarse mediante el concepto de "cadenas de impacto" que se aborda en profundidad en el apartado 3.3.A.

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 5.

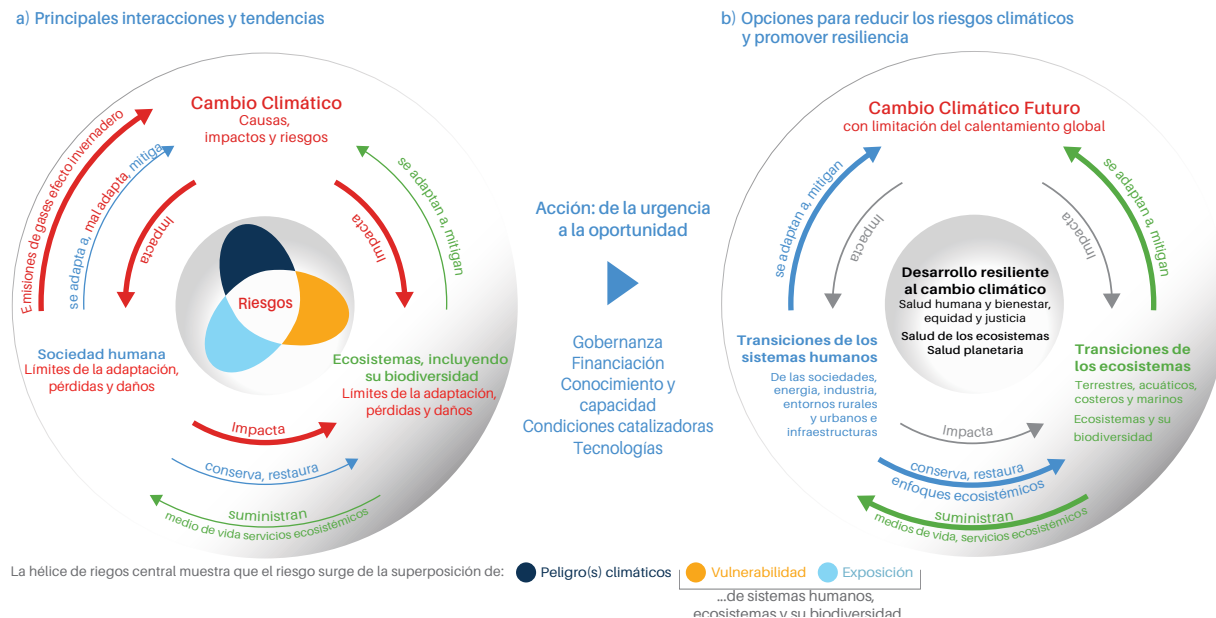
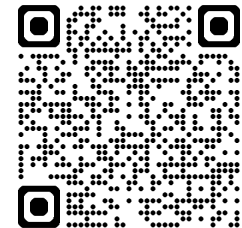


Figura 4. De los riesgos climáticos al desarrollo resiliente al cambio climático: clima, ecosistemas (incluyendo su biodiversidad) y sociedad humana como sistemas interconectados. Fuente: Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022). Figura SPM.1



QR2. Escanéame para saber más sobre análisis de vulnerabilidad y riesgo.

C.2. Los servicios ecosistémicos como elementos de referencia para el análisis del riesgo.

El cambio climático, concebido como un “impulsor directo”, (Vid. CICES, 2018)⁽¹⁾ 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.

Con la premisa de explicar el grado de exposición y vulnerabilidad de los paisajes navarros actuales frente a los efectos del cambio climático, en esta Guía se emplea el enfoque metodológico de los servicios ecosistémicos.

Los servicios ecosistémicos son aquellos procesos y funciones que contribuyen al bienestar humano, directa o indirectamente (Braat, 2013). Estos pueden incluir servicios de soporte, como la biodiversidad; de regulación de procesos naturales, como el del ciclo del agua y de la temperatura; de aprovisionamiento, como la producción de alimentos y materias primas; y también servicios ecosistémicos de carácter cultural. **Los servicios ecosistémicos se conciben como los receptores directos de los potenciales impactos climáticos.** (Figura 5).

En Navarra, por ejemplo, el conjunto de bosques actuales, además de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, 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 esca-

parse en los balances de efectos derivados de la deforestación. Una posible pérdida de bosques por impacto del cambio climático tendrá efectos palpables en la disminución de la biodiversidad, también en 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.

Por tanto, el enfoque de los servicios ecosistémicos será el nexo conceptual y narrativo. Es “la piedra roseta”⁽²⁾ entre el análisis del paisaje y el clima, permitiéndonos afinar en nuestras propuestas de estrategias adaptativas.

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

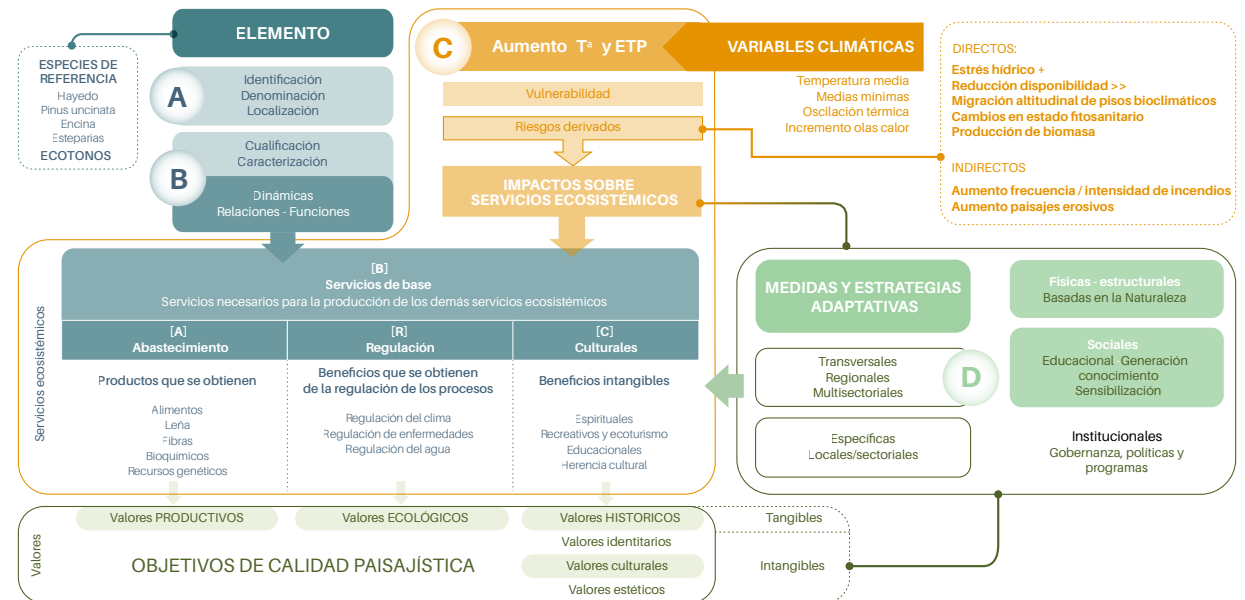


Figura 5. Metodología para el análisis del impacto del cambio climático en el paisaje navarro. Donde A y B son los elementos de referencia, el apartado C corresponde con los impactos identificados que afectarán a los servicios ecosistémicos prestados y, el apartado D en el que se indican las medidas y estrategias adaptativas. Fuente: Equipo gráfico

1 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 Eu-ropea de Medio Ambiente (EEE). Respalda su contribución a la revisión del Sistema de contabilidad ambiental y eco-nómica (SEEA), que actual- mente está liderado por la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSD)

3. El diagnóstico del riesgo climático en Navarra

3.1. EL CLIMA COMO ESCULTOR DEL PAISAJE. EL CAMBIO CLIMÁTICO YA ESTÁ AQUÍ

El clima es un paciente escultor que modela de manera constante los paisajes al ejercer un fuerte control sobre el relieve y las formas vivas, condicionando el manejo humano del entorno, afectando a la estructura del territorio. **Los parámetros climáticos que mayor control ejercen en los paisajes son la temperatura, la precipitación y el balance hídrico**, ya que condicionan la actividad biológica hasta el punto de que la distribución zonal de las comunidades vegetales es una función directa de las variables climáticas y edáficas.

A. Las variables climáticas que modelan los paisajes de Navarra

La **temperatura** es esencial en la caracterización paisajística, ya que afecta la transformación del agua, la actividad y transpiración de los organismos, y la productividad vegetal. También incide en la meteorización y la formación de suelos. Históricamente, las temperaturas han condicionado los asentamientos, la arquitectura y las actividades productivas, en especial la agricultura, al establecer junto al potencial agrológico de los suelos, los límites de diferentes tipos de cultivos y ganadería.

La **precipitación**, junto a la temperatura, modela el medio natural e influye en la geomorfología y en la distribución de especies. 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. Su variabilidad temporal y espacial constituye un desafío ambiental, dificultando su estudio y las proyecciones futuras de recursos hídricos.

B. Caracterización del clima navarro y su proyección futura

Para evaluar la vulnerabilidad de los paisajes navarros ante los efectos del cambio climático, se ha realizado un análisis del comportamiento de las variables climáticas que más influyen en su modelado. Por un lado, el análisis de las series climáticas históricas de datos observados de Navarra brinda una línea base para comprender las tendencias y patrones del clima en la región, clave para evaluar cambios futuros y prever la distribución climática hasta finales de siglo.

Por otro lado, el análisis de proyecciones futuras con modelos climáticos que consideran distintos escenarios de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) y otros factores, permiten visualizar cómo podrían evolucionar la temperatura y las precipitaciones en Navarra. Comparando datos históricos con proyecciones, se identifican áreas que experimentarán cambios significativos sobre las que se preparan estrategias de adaptación.

El periodo histórico abarca de 1961 a 2019, dividido en dos: 1961-1990 y 1991-2019. Para el futuro, se consideran dos subperiodos: 2021-2050 y 2051-2080¹. A partir del análisis de los datos observados y proyectados, se han generado los mapas (ver Figura 6 y Figura 7), que describen estas dos principales variables climáticas. Se han incluido los datos del periodo de solape 2006-2019 a modo de contraste entre los observados y los proyectados.

1. Teniendo en cuenta los modelos disponibles, así como las series observacionales, de la Plataforma de AdapteCCa se han obtenido series de proyecciones RCP8.5 (correspondiente a las emisiones de GEI más altas) de doce estaciones para temperatura (máxima y mínima diaria) y veintitrés estaciones de precipitación de ocho y nueve modelos respectivamente. Los modelos desarrollados son susceptibles de variar, conforme 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.

B.1. La temperatura

Del análisis de los mapas climáticos se observa que las temperaturas medias presentan una clara tendencia al alza hacia finales del siglo XXI. Este incremento térmico se distribuiría de manera bastante uniforme en el territorio, aunque sería más pronunciado en la mitad norte durante el primer periodo proyectado en comparación con el clima actual. En el segundo periodo, las anomalías térmicas se intensificarían en los Pirineos y en algunas zonas de la vertiente cantábrica.

Las temperaturas mínimas muestran una reducción en los días de helada, que disminuirán a la mitad entre 2021 y 2050, junto con un aumento significativo en el número de noches tropicales. Las temperaturas máximas indican una reducción en los días de hielo y un incremento en las noches tropicales (temperaturas superiores a 20°C), siendo el sur de Navarra la región que experimentará los cambios más marcados.

El porcentaje de días de verano (con temperaturas superiores a 25°C) también aumentará, y este, junto con una mayor evapotranspiración, incrementará la frecuencia e intensidad de las sequías estivales.

Se prevé un aumento en la magnitud, frecuencia y duración de las olas de calor, con la posibilidad de que la ola más extensa dure entre 30 y 40 días en la comarca de la Ribera. El incremento en las temperaturas medias prolongará la estación de crecimiento, es decir, el periodo en que las plantas pueden desarrollarse.

La comparación entre los datos observados y los proyectados en el periodo de solapamiento (2006-2019) revela que los modelos proyectados tienden a subestimar ligeramente los valores, principalmente debido a una mayor anomalía en las temperaturas máximas.

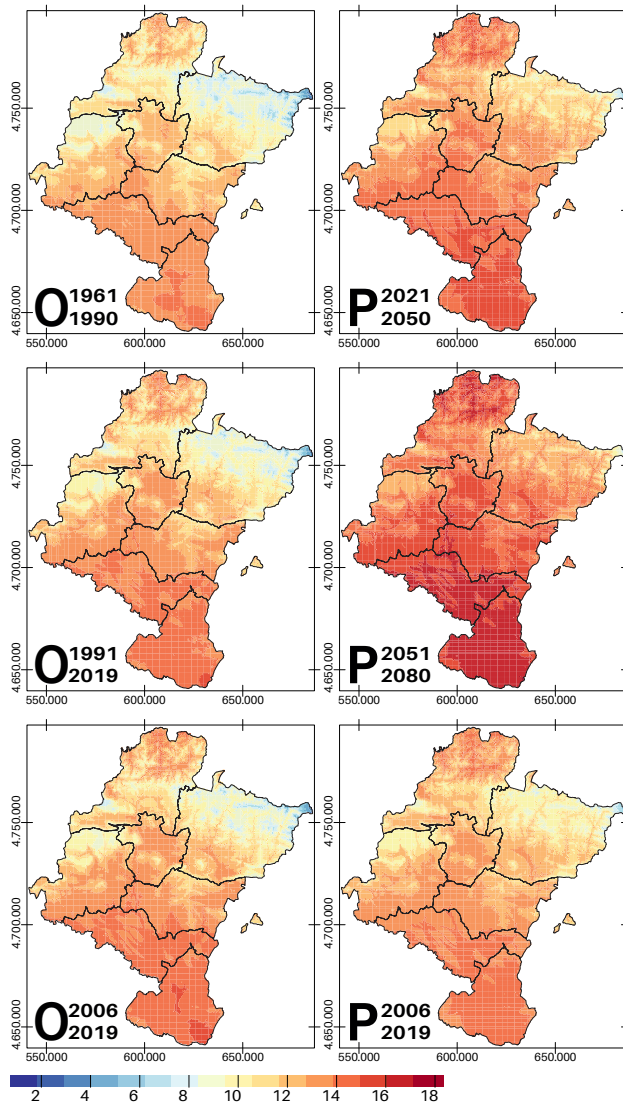


Figura 7. Mapas de temperatura media anual para los periodos 1961-1990 (clima pasado); 1991-2019 (presente) y proyectados (2021-2050, 2051/2080)

B.2. El régimen de precipitación

Del análisis de los mapas climáticos se observa un cambio progresivo en el régimen de precipitaciones. Hacia la segunda mitad del siglo XXI, se espera un ligero aumento en el número de días secos consecutivos y en los episodios de precipitaciones intensas seguidos de periodos de sequía.

A lo largo del siglo, se proyecta un incremento en la evapotranspiración potencial (ETP), en concordancia con la evolución de la anomalía térmica.

Las estimaciones del índice de aridez de Rivas-Martínez indican una tendencia hacia condiciones más áridas, con un aumento en las áreas clasificadas como secas y semiáridas, especialmente entre 2051 y 2080. Por otro lado, las proyecciones del índice de continentalidad de Rivas-Martínez sugieren una pérdida gradual del carácter oceánico, con el sur de Navarra acercándose progresivamente a condiciones semicontinentales.

Aunque los datos proyectados tienden a sobreestimar la precipitación en el periodo de solapamiento (2006-2019), se prevé una disminución en el número de días húmedos y de precipitaciones abundantes, junto con un aumento en las precipitaciones intensas.

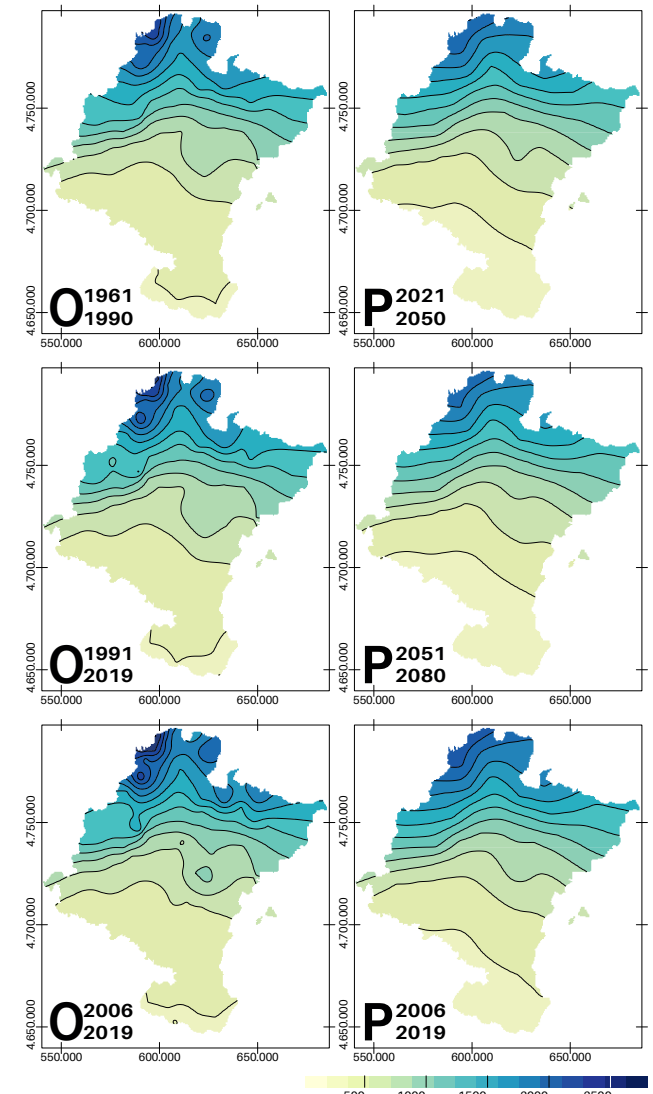


Figura 6. Mapas de precipitación total anual (mm) para los periodos 1961-1990 (clima pasado); 1991-2019 (presente) y proyectados (2021-2050, 2051/2080)

3.2. CLIMA, BIODIVERSIDAD Y PAISAJE

A. Consideraciones de partida

La vegetación es uno de los principales elementos del paisaje de cualquier territorio. Su distribución viene determinada por las condiciones climáticas y edáficas. Por ello, el estudio de la evolución de los paisajes navarros ante los escenarios de cambio climático se ha abordado desde la identificación de los Ámbitos paisajísticos y áreas bioclimáticas de Navarra.

El procedimiento para la identificación de las áreas bioclimáticas parte de la clasificación climática de Rivas-Martínez. En ella se establece **una primera división en función de la existencia o no de sequía estival**, que da lugar a la diferenciación **entre la región eurosiberiana y la mediterránea**. Dentro de cada conjunto se definen una serie de pisos con un criterio exclusivamente térmico, basado en los índices de termicidad. Esta clasificación se completa con la definición de ombrotipos basados en la precipitación anual.

A grandes rasgos, en Navarra es posible relacionar la mayoría de los pisos bioclimáticos con un paisaje vegetal característico, a los que se asocian especies arbóreas, arbustivas y tipos de cultivo representativos. **Su presencia actual, junto con la cartografía de vegetación potencial de Navarra, ha servido como indicador para la definición de los pisos bioclimáticos.** Es decir, la presencia o ausencia de tales especies ha validado la distribución de pisos resultante o ha aconsejado establecer nuevas clases, para explicar la variabilidad y riqueza del paisaje navarro.

Las áreas bioclimáticas definen grandes ámbitos con rasgos climáticos comunes, idóneos para determinadas comunidades vegetales. El análisis se ha

centrado en los aspectos climáticos, aunque hay otros factores de los que depende el desarrollo de las distintas formaciones, como las características del suelo (contenido en bases, profundidad, etc.) o la topografía (pendiente, exposición), cuya influencia modula localmente los parámetros climáticos y condiciona la presencia de otras especies.

Conviene recordar que estos factores locales explican en gran medida la aparición de las comunidades vegetales fuera de lo que se ha definido como su área bioclimática característica. Como ejemplo, se pueden nombrar los carrascales presentes en la zona templada, ocupando litosuelos y solanas venteadas, cuyas condiciones más xéricas permiten que resistan en la competencia frente a otras especies eurosiberianas más exigentes en humedad.

B. Ámbitos y pisos bioclimáticos y sus especies de referencia.

Los pisos bioclimáticos representan distintos tipos o conjuntos de ambientes que se organizan en un gradiente altitudinal o latitudinal. Su delimitación se basa en factores térmicos (termotipos), determinados a partir de índices de termicidad (como It, Itc, y Tp), y en factores ombroclimáticos (ombrotipos), medidos mediante el índice Io que relaciona directamente la precipitación y la temperatura anuales, con el fin de establecer una relación entre vegetación y clima. Cada piso alberga formaciones y comunidades vegetales específicas.

El análisis de pisos y ámbitos bioclimáticos en Navarra ha dado lugar a las siguientes doce áreas bioclimáticas, distribuidas en las tres regiones analizadas:

1. Región eurosiberiana, sin sequía estival

- Piso subalpino
- Piso montano, horizonte altimontano
- Piso montano, horizonte mesomontano
- Piso colino
- Piso termocolino

2. Región eurosiberiana, con sequía estival

- Piso montano (altimontano)
- Piso montano (mesomontano)
- Piso colino

3. Región mediterránea

- Piso supramediterráneo
- Piso mesomediterráneo ombrotipo subhúmedo
- Piso mesomediterráneo, ombrotipo seco
- Piso mesomediterráneo, ombrotipo semiárido

Sabías que

Las condiciones climáticas locales. 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 umbria introducen, por ejemplo, matices sustanciales en la distribución de especies potenciales y cultivos.

El Índice de Termicidad de Rivas Martínez pondera y cuantifica la intensidad del frío invernal, factor limitante para la vegetación. Se calcula sumando T (temperatura media anual), M (temperatura media de las máximas del mes más frío), y m (temperatura media de las mínimas del mes más frío), y se expresa en décimas de grado centígrado: $It = (T + M + m) \times 10$

Índice de Termicidad Compensado de Rivas Martínez en adelante Itc (para latitudes $> 23^\circ$, siendo Am = Amplitud térmica anual). Como el Índice de Termicidad se ve muy afectado por la amplitud térmica anual, necesita una compensación para poder comparar localidades. Así el Índice de Termicidad Compensado no es más que el valor del It más un valor de compensación Ci, de modo que $I_{tc} = It + C_i$

Índice Ombrotérmico-Io- de Rivas Martínez sirve para medir el confort hídrico de que disfruta las formas vivas en las distintas zonas terrestres. Dicho índice relaciona la precipitación (Pp) con la temperatura (Tp) -utilizando los parámetros de precipitación y temperatura positiva-. Su fórmula sería: $Io = (Pp / Tp) \times 10$

Zonas Paisajísticas	Áreas bioclimáticas		Elemento de referencia
	Región	Piso	
La montaña eurosiberiana	Montaña (alta y media)	Subalpino	Pinares de pino negro (<i>Pinus uncinata</i>).
		Altimontano	Bosques mixtos de hayas (<i>Fagus sylvatica</i>) y pino royo (<i>Pinus sylvestris</i>), así como asociación de haya y abetal (<i>Abies alba</i>)
		Mesomontano	Bosques donde domina el haya con alguna presencia de robles (<i>Quercus robur</i>) y menor proporción de pino royo y abeto
	Valles atlánticos	Colino	Robledales atlánticos de roble pedunculado (<i>Quercus robur</i>) como especie dominante junto a las fresnedas (<i>Fraxinus excelsior</i>) y en condiciones húmedas presencia del haya.
		Termocolino	A los robledales y fresnedas se le une la presencia del encinar cantábrico (<i>Quercus ilex subsp. ilex</i>) y otras frondosas perennifolias termófilas como el labiérnago o el laurel.
Zona media de transición	Sierras y valles submediterráneos	Eurosiberiana Sin sequía estival	
		Altimontano	Robledales de roble pubescente (<i>Quercus humilis</i>) como especie más característica con presencia de las variantes submediterráneas del hayedo y abetal, así como pinares de pino royo.
		Mesomontano	Quejigo (<i>Quercus subpyrenaica</i>) con presencia de Robledales de roble pubescente.
	Sierras y valles mediterráneos subhúmedos	Colino	Encinares (<i>Quercus ilex</i> , principalmente subespecie ballota) junto al quejigo
		Supramediterráneo	Quejigares de quejigo (<i>Quercus faginea</i>) como especie más característica, con presencia de roble pubescente en áreas de transición, acompañados por brezos (<i>Erica vagans</i>), madresevas (<i>Lonicera etrusca</i>) y gramíneas como <i>Brachypodium retusum</i> y <i>Bromus erectus</i> .
La Ribera	Valles	Mesomediterráneo subhúmedo	Encinares como formación más característica, acompañados por quejigares en umbrías y áreas más húmedas. También destacan los viñedos (<i>Vitis vinifera</i>), asociados a laderas y piedemontes, que contribuyen a la identidad agrícola del paisaje, junto con un sotobosque mediterráneo diverso que incluye lentisco (<i>Pistacia lentiscus</i>) y coscoja.
		Mesomediterráneo seco	Viñedos y pinares de pino carrasco (<i>Pinus halepensis</i>) y estepas cerealísticas , conforman un mosaico representativo del paisaje de este piso. Las estepas, dominadas por cultivos de secano como trigo y cebada, presentan barbechos y eriales con mosaicos de cultivos y matorrales xerofíticos. Los pinares, abiertos y acompañados por coscoja, romero y lentisco, se desarrollan sobre suelos calizos y pedregosos, mientras los viñedos ocupan terrazas y planicies alomadas, adaptados al clima árido de la región.
		Mesomediterráneo semiarido	Pinares de carrasco (<i>Pinus halepensis</i>) y coscojares en el semiárido (aunque también en el seco en zonas con presencia de yesos en suelos someros)
			Estepas cerealistas y viñedos. La presencia de La Ribera del Ebro y otros grandes ríos condiciona

Tabla 1 Relación de ámbitos y pisos bioclimáticos con sus especies de referencia

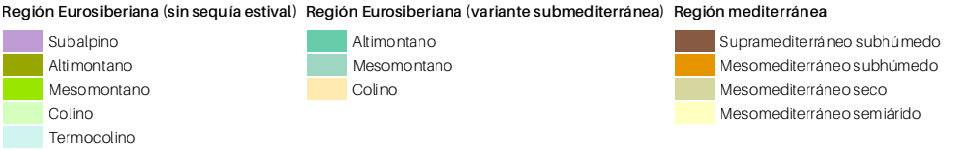
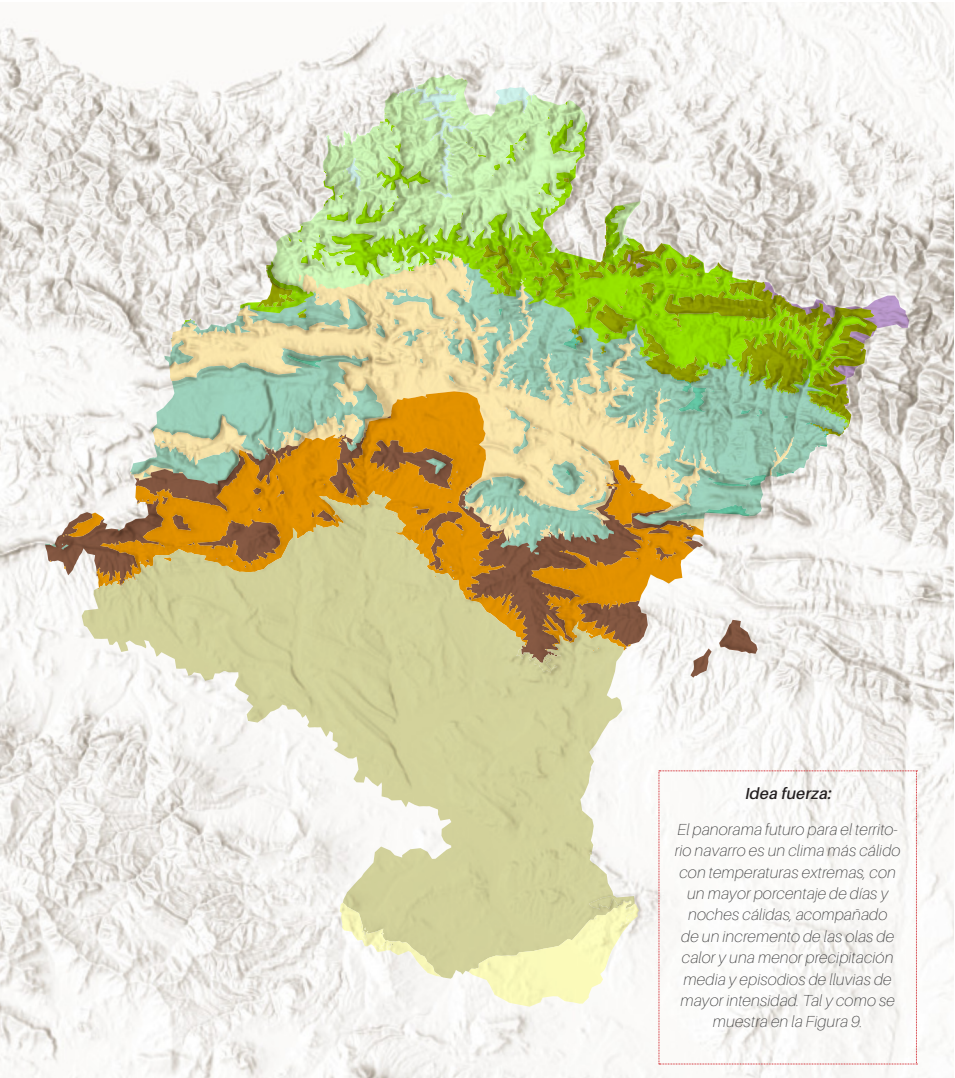


Figura 8. Mapa de áreas y pisos bioclimáticos de Navarra. Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra.

3.3. LAS CADENAS DE IMPACTO COMO HERRAMIENTA CONCEPTUAL PARA ANALIZAR EL RIESGO CLIMÁTICO.

A. Cadenas de impacto

En el contexto del cambio climático, las relaciones de causa y efecto entre las condiciones climáticas y el paisaje se analizan a través del concepto de cadenas de impacto. Aunque estas relaciones son marcadamente no lineales —dado que el paisaje es un sistema socio-ecológico altamente complejo—, el enfoque de las cadenas de impacto permite abordar esta complejidad de manera efectiva.

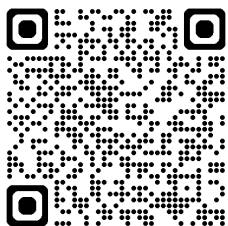
A.1. Aumento temperaturas medias y reducción disponibilidad hídrica (Cadena de impacto C1)

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 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 en un aumento moderado de la amplitud térmica anual. Las proyecciones prevén un verano más caluroso y prolongado (también el periodo vegetativo). Y el invierno seguirá siendo frío, pero se acorta el periodo de riesgo de heladas, lo que no significa ausencia de ocurrencia. 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 la evapotranspiración, se traducirá en un incremento de las sequías estivales que derivarán en una reducción de la disponibilidad hídrica en suelo para esta época.

A.2. Pluviometría más incierta y extrema (Cadena de impacto 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 la disponibilidad hídrica 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 escorrentía. 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.



QR3. Escanéame para saber más sobre las cadenas de impacto

A.3. Termometría más incierta y extrema (Cadena de impacto C3)

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

En cuanto a los extremos termométricos, una atmósfera más energética se traducirá, en nuestras latitudes, en un incremento de la variabilidad termométrica, en un contexto general de calentamiento, como se ha definido 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.

De esta manera se han identificado los peligros derivados asociados a esta cadena de impacto, cuyo denominador común es el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos.

B. 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 paisajes utilizados de referencia.

Cadena			Impacto y riesgos potencial		BDV	AGU	SLS	AGR
C1	C2	C3	IRP	Descripción				
X			01	01.- 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 se sentirán los efectos del forzamiento climático con mayor rapidez.	X			
X			02	02.- 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 (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.	X			
X			03	03.- 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.	X			
X			04	Modificaciones fisiológicas y fenológicas en especies arbóreas y decrecimiento de la vegetación 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. En general, es previsible esperar un debilitamiento de las masas, decaimiento y mortalidad, debido al déficit hídrico, sequías extremas.	X			
X			05	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.	X			
X			06	Descenso de las reservas hídricas en suelo y para consumo agrario e incremento de la incertidumbre en la gestión hídrica. El incremento de las temperaturas generaría un incremento de la demanda de agua, tanto de los ecosistemas terrestres como de los sistemas agrícolas. Las áreas de mayor demanda hídrica para el consumo humano y para los sistemas agrícolas son las áreas más vulnerables. 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.		X		
X			07	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).		X		
X			08	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 pueden ver afectadas son la salinización o fertilidad física, química y biológica.			X	
		X	09	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.			X	
X	X		10	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 Navarra.			X	
	X	X	11	Incremento riesgo de pérdidas de cosechas por diferentes adversos 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.				X
	X	X	12	Riesgo sobre la productividad animal En el sector ganadero, el incremento en la intensidad y frecuencia de extremos termo pluviométricos puede afectar 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.				X
X			13	Expansión de especies invasoras y plagas	X			X
X			14	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 áridas y desacoplamientos entre los procesos de fructificación y las condiciones óptimas para la instalación y supervivencia de las plántulas. Mayor predación e incremento de la herbivoría.	X			X
X	X		15	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 periodos 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.	X			X
X	X		16	Alteración de la productividad de los bosques y del papel de los bosques como sumideros de carbono Disminución de capacidad de secuestro de carbono y de productividad por sequía / Reducción del crecimiento y capacidad de fijar carbono por el déficit hídrico.	X			
X			17	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.				X
X	X	X	18	Cambios en los rendimientos y la calidad de los cultivos, en determinadas producciones				X
X			19	Riesgo de incremento de expansión de plagas y enfermedades agrícolas y ganaderas.				X
	X	X	20	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.		X		X

Tabla 2 Cadenas de impacto asociadas. Donde BDV: Biodiversidad y bosques; AGU: Agua; SLS: Suelos y AGR: Agricultura

C. Tendencias observadas

En el análisis de las cadenas de impacto del cambio climático sobre el paisaje navarro, se han observado dos tendencias diferenciadas.

C.1. Tendencia a la mediterraneización

Amparados en la literatura científica y en los resultados del estudio “ad hoc” realizado, podemos afirmar que la evolución prevista de la aridez y temperaturas en Navarra es el origen de los principales impactos sobre los ecosistemas atlánticos; 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) 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 y tipología.

Asociada a esta tendencia se identifica, en el caso de Navarra, el aumento de temperaturas medias y reducción de disponibilidad hídrica (C1)

C.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 (AR6) 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 derivados 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.

Asociada a esta tendencia se identifican dos cadenas de impacto:

- Pluviometría más incierta y extrema (C2)
- Termometría más incierta y extrema (C3)



QR4. Escanéame para saber más sobre la evolución del clima

3.4. EVALUACIÓN DEL RIESGO

La evaluación del riesgo del cambio climático sobre los paisajes navarros, centrándonos en los entornos forestales, agrarios y agroforestales, ha permitido la identificación de las vulnerabilidades específicas de cada tipo de paisaje, así como los posibles impactos del cambio climático en su composición y funcionamiento. Los hallazgos brindan una visión integral de cómo las variaciones climáticas pueden afectar la biodiversidad, la producción agrícola y la sostenibilidad de estos ecosistemas en Navarra.

A. Datos climáticos, escenarios de cambio climático

Aunque existen otros factores condicionantes, los parámetros climáticos son los que más impactan la distribución de las especies, especialmente aquellos relacionados con la temperatura y el agua.

Se ha seleccionado para el análisis las siguientes variables climáticas:

- **T:** Temperatura media anual
- **P:** Precipitación anual
- **Ios3:** Índice ombrotérmico estival, para los meses de junio, julio y agosto.
- **Tx:** Temperatura media anual de las máximas
- **Tn:** Temperatura media anual de las mínimas
- **Ic:** Índice de continentalidad de Rivas-Martínez
- **Hs:** Número de meses de helada segura (en los que $T_m \leq 0^\circ\text{C}$)

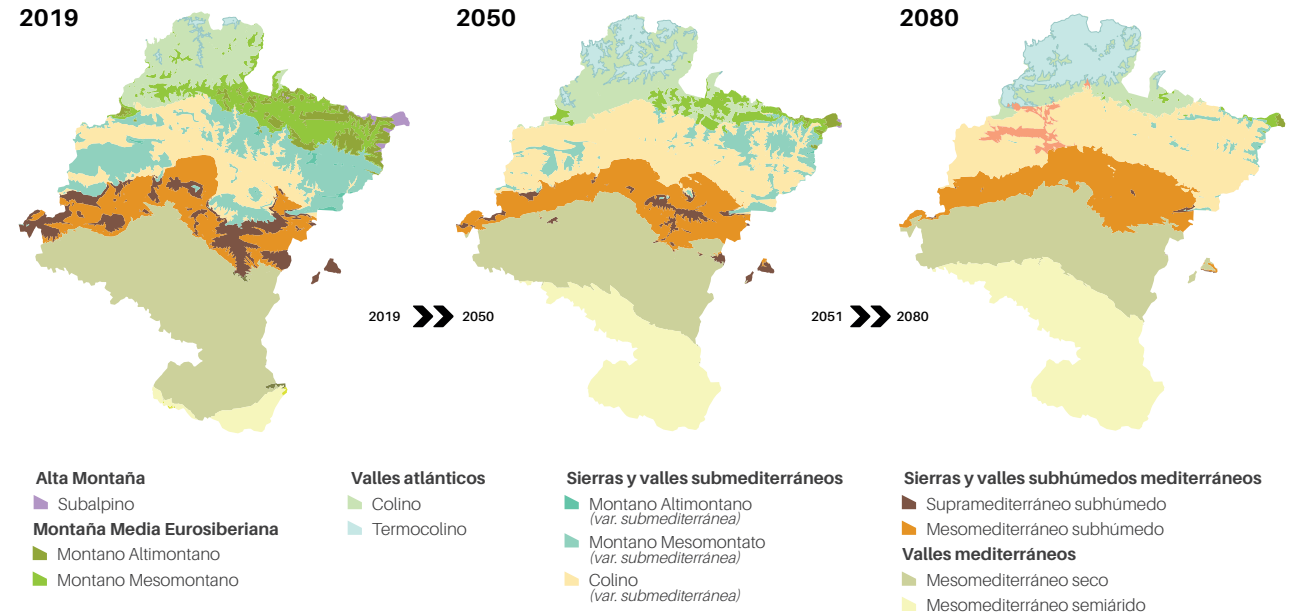


Figura 9. Modificaciones previstas en la distribución de los pisos bioclimáticos a partir de los modelos climáticos en los horizontes temporales: 2050 y 2080. Fuente: Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra." (ver Behalur pisos bioclimáticos)

Una vez obtenidos los valores de mínimos, máximos y percentiles, que determinan los intervalos correspondientes a los hábitats central, marginal y extramarginal, se clasifican los datos correspondientes a los parámetros seleccionados en cada uno de los periodos analizados bajo el escenario de emisiones RCP 8.5:

- **E0:** Periodo 1991-2019.
- **E1:** Periodo 2021-2050.
- **E2:** Periodo 2051-2080.

De esta manera, para cada especie, parámetro climático y periodo, se clasifica navarra según 5 clases o intervalos: hábitat central, marginal inferior y superior y hábitat extramarginal inferior y superior.

Lo que se pretende es localizar en Navarra aquellas zonas en las que ahora está presente la especie estudiada, en unos rangos de valores que dan lugar al hábitat central (correspondiente al 90% de las masas actuales),

o marginal (10 % restante) y que en los periodos E1 o E2 pasarán a estar fuera de esas condiciones, bajo intolerancia para la especie, según los resultados del estudio estadístico de masas actualmente.

Al hacer el mismo ejercicio de combinación de resultados trasladado a las condiciones climáticas que proporcionan los escenarios futuros, podemos visualizar cómo puede evolucionar dicha idoneidad climática para cada especie, qué masas se pueden ver afectadas por los cambios de condiciones y hacia dónde se desplazan en su caso las condiciones óptimas.

Posteriormente, y para traducir estos resultados en términos de vulnerabilidad de los componentes del paisaje navarro al cambio climático, se consideran especialmente los extremos de cada parámetro climático más limitantes para las plantas, es decir, por falta de agua, altas temperaturas, alta continentalidad, frío extremo y probabilidad de helada.

B. Evaluación del riesgo de los componentes forestales

Para saber más:

Algunas cuestiones metodológicas: El modelo empleado para componer la evaluación de todos los parámetros analizados e incluir los aspectos relativos a los pisos bioclimáticos y a los ombrotipos, se basa en las siguientes consideraciones para cada especie estudiada y cada periodo de análisis:

Por un lado, se combinan todos los datos de riesgo obtenidos para cada parámetro (reclasificados en riesgo bajo, medio y alto según pertenezcan al intervalo central, marginal o extramarginal respectivamente). La combinación de todos se reclasifica nuevamente.

Todos los parámetros se encuentran en su hábitat central: Riesgo bajo.

Dos o más parámetros se encuentran fuera de los rangos registrados en la actualidad para dichos parámetros y esa especie: Riesgo alto.

En las restantes situaciones, es decir uno o más parámetros climáticos en situación marginal, y/o un parámetro en situación extramarginal, se realiza una evaluación adicional, que tiene en cuenta la posible compensación entre estos parámetros en lo que respecta a los requerimientos vegetales. Como resultado de esta evaluación, estas situaciones se clasifican en Riesgo bajo, Riesgo medio o alto.

Por último, el resultado se matiza con los datos de pisos bioclimáticos calculados por el equipo con la metodología de Rivas Martínez para los tres periodos analizados. Los pisos bioclimáticos tienen una relación clara con las comunidades vegetales y su consideración pretende incorporar el efecto combinado de distintas variables climáticas. Para ello se reclasifican los pisos (termotipos y ombrotipos) en función de su idoneidad para la especie. En aquellos pisos considerados poco aptos para la especie, los valores bajos pasan a medios y los medios pasan a altos.

Idea fuerza:

En Navarra, además, hay que considerar como factor relevante al evaluar las posibles consecuencias, la gran biodiversidad de su territorio, relacionada con su situación biogeográfica entre el mundo mediterráneo, el atlántico y el alpino, que le concede mayor resiliencia ante los rápidos cambios bioclimáticos de los modelos.

B.1. Metodología

El estudio de la posible afección del cambio climático al paisaje navarro parte de dos condicionantes previos. En primer lugar, de la dificultad de establecer un modelo complejo que cuantifique todas las variables de las que depende la localización de los componentes vulnerables del paisaje, con relación a las especies que los caracterizan en un determinado lugar.

En segundo lugar, de la incertidumbre sobre cómo afectarán a estos componentes los rápidos cambios climáticos que aventuran los múltiples modelos manejados por la comunidad científica sobre sus especies, y se suman las proyecciones calculadas en este estudio.

Desde el reconocimiento de la complejidad de ambas premisas, cuyo estudio excede al objetivo de esta guía, se ha diseñado una metodología basada en el estudio de la curva de abundancia de las principales especies vegetales arbóreas navarras según factores climáticos seleccionados, o sea, de su gradiente ambiental.

Estas curvas, similares a una campana de Gauss, permiten establecer los rangos de los parámetros climáticos de las zonas donde habitan para localizar aquellas masas que ante un cambio de las condiciones climáticas serán más vulnerables por situarse en el nuevo escenario próximo o fuera de los límites entre los que se pueden dar.

La identificación de tales masas permite priorizar los esfuerzos de cara a la identificación de los primeros síntomas de cambio en el estado fitosanitario de los bosques y, en su caso, para iniciar medidas de gestión tempranas.

La metodología parte de los conceptos definidos por Gandullo y Sánchez-Palomares (1994) a partir de las curvas de abundancia de un factor ambiental, en este caso de naturaleza climática. Así, para una especie concreta, y una serie de factores condicionantes de su distribución, se define:

- **Un hábitat óptimo o central:** corresponde con el rango óptimo de valores del factor, en el que se encuentran la mayoría de las localizaciones de la especie que caracteriza el paisaje de referencia.
- **Un hábitat marginal:** comprende los valores que quedan por debajo y por encima del anterior intervalo, pero dentro de los límites de tolerancia, en los extremos de la curva que refleja su abundancia con respecto al factor.
- **Un hábitat extramarginal:** comprende los valores que quedan fuera de los límites de tolerancia de la especie, es decir, valores inferiores al mínimo y valores superiores al máximo registrado. Se corresponde con la zona de intolerancia para la especie, en la que se encuentra ausente.

B.2. Resultados: evaluación del riesgo de componentes forestales

El resultado de la aplicación de la metodología para cada Componente seleccionado se ofrece en fichas independientes para cada uno de ellos [vid. anejo 8.3], donde se muestra el riesgo frente al cambio climático. Las fichas, además de apartados referentes a su localización en Navarra, sus principales características y dinámicas, integran aspectos relacionados con la gestión adaptativa al cambio climático.

Los resultados obtenidos de la aplicación a los datos climáticos proyectados para los periodos 2021-2050 y 2051-2080 de la metodología explicada para la determinación de áreas bioclimáticas, son reveladores de un acusado cambio de las características bioclimáticas de Navarra.

Lo más destacado en una primera aproximación es el importante desplazamiento hacia el norte de la línea que separa las regiones eurosiberiana y mediterránea, pasando a ser mediterránea gran parte de la franja que en la actualidad es eurosiberiana submediterránea. Por otra parte, destaca la conversión de la franja eurosiberiana sin sequía estival, asociada a los verdes paisajes de prados mesófilos y bosques de frondosas caducifolias, parte indudable de la identidad del norte de Navarra, a la variante submediterránea, más propia de paisajes en los que se dejan ver los efectos de cierta sequía estival, y donde los bosques dominantes son los de frondosas marcescentes, como el roble pubescente.

Además, según los resultados, los pisos bioclimáticos tenderán a ascender en altura, produciéndose una disociación entre las bandas altitudinales y sus condiciones bioclimáticas características, tal y como las conocemos en la actualidad.

El piso bioclimático subalpino, asociado a la alta montaña, ascenderá en altitud y, dado que las cotas en el pirineo navarro no superan los 2.500 m podría acabar prácticamente por desaparecer.

Los pisos bioclimáticos característicos de sierras y montañas de altitud moderada, tanto eurosiberianas (piso montano) como mediterráneas (piso supramediterráneo), también se desplazarán en altitud y reducirán su

extensión al avanzar sobre su límite altitudinal inferior los pisos colino y mesomediterráneo, respectivamente.

En la parte baja de los valles también hay cambios bioclimáticos reseñables. Especialmente destacada es la aparición y expansión del termocolino en la Navarra septentrional, asociado habitualmente a zonas más próximas a la costa cantábrica, si bien es cierto que algunos autores mencionan la existencia de especies termófilas bioindicadoras de este

En la Navarra meridional, en el ámbito denominado Valles mediterráneos, los cambios son escasos y únicamente cabe mencionar el aumento del semiárido en el periodo 2051-2080, desde el extremo sur hasta la ribera del Ebro en Tudela.

Las consecuencias ecológicas y paisajísticas que traerá consigo el cambio climático es difícil de acotar en toda su dimensión. La complejidad de los ecosistemas naturales y el rápido ritmo de cambio climático previsto plantea numerosas incógnitas a la comunidad científica y conduce inevitablemente a la especulación ante la falta de registros históricos comparables.

El aumento de la sequía tenderá a provocar en general formaciones arbóreas cada vez más abiertas en espesura, lo que podría favorecer el establecimiento de otras especies, entre las que con carácter general cabe destacar los pinos, silvestre o royo en las localizaciones eurosiberianas y carrasco y laricio en las mediterráneas.

En las formaciones arbustivas, también disminuirá la cobertura del suelo a medida que disminuya la disponibilidad hídrica. Aumentarán las adaptaciones morfológicas para reducir la evapotranspiración, y las especies mediterráneas y submediterráneas se desarrollarán en

latitudes más septentrionales mientras que las especies higrófilas serán las primeras que empiecen a sufrir las consecuencias de aparición de sequía estival en zonas donde antes no se daba esta circunstancia.

Además, el aumento generalizado de las temperaturas tendrá como consecuencia previsible el progresivo ascenso altitudinal de las especies en busca de menores temperaturas según sus características ecológicas.

Estos desplazamientos en latitud y altitud, por las limitaciones propias de las plantas, serán más o menos lentos y progresivos y dependerán del banco de semillas presente en el suelo y de las posibilidades migratorias y de ascenso altitudinal que en cada situación proporcione la topografía del relieve.

C. Evaluación del riesgo de componentes agrarios y agroforestales

La mayoría de los estudios actuales auguran un efecto importante del cambio climático sobre el campo (vid. anejo 8.5). La mayor probabilidad de eventos meteorológicos extremos (cadenas de impacto C2 y C3), la subida generalizada de las temperaturas y los problemas de disponibilidad hídrica (cadena de impacto C1) ante un aumento de la sequía tendrá importantes consecuencias negativas en la producción agrícola, tanto cuantitativa como cualitativamente. Sus efectos variarán o intensificarán las diferencias de rentabilidad, aconsejarán cambios de especies y variedades, instalaciones de riego más eficientes y aplicación de nuevos tratamientos culturales, entre otras cosas, y todo ello traerá consigo consecuencias en el paisaje. Por otra parte, como se comenta, la evaluación de este riesgo de cambio paisajístico de los paisajes agrícolas y agroforestales por el

cambio climático es complicada, pues las dinámicas de los cultivos obedecen a aspectos muy complejos derivados del cambio global donde los aspectos climáticos son un factor más, pero no el único que interviene directamente en su evolución.

Como ejemplo de los paisajes agrícolas se han seleccionado para su análisis dos de los más representativos: "La Campiña atlántica", del paisaje eurosiberiano, y "El viñedo", del paisaje mediterráneo.

C.1. La campiña atlántica

Para intentar abordar el estudio de la campiña atlántica y la difícil tarea de localizar zonas en posible riesgo de sufrir alteraciones como consecuencia del cambio climático, se asumen dos simplificaciones de partida: la campiña atlántica se da en las mismas localizaciones en las que puede darse el roble pedunculado (*Quercus robur*), y que, al igual que este árbol, la campiña va ligada al piso colino de rasgos netamente oceánicos.

Con esta hipótesis de partida, se aplica a la campiña atlántica, formada por un mosaico de praderas de siega y de diente, algunos cultivos atlánticos y huertas, helechales y bosquetes de robles pedunculados y de otras especies caducifolias, el mismo modelo de cálculo diseñado para el roble pedunculado, en el que coinciden los mismos umbrales para los parámetros climáticos de estudio.

El resultado ofrece zonas de campiña que quedan dentro de los umbrales considerados adecuados para el roble pedunculado y por tanto se asume que también para este tipo de paisaje agroforestal, mientras que otras áreas quedan entre umbrales marginales o extramarginales.

C.2. El viñedo

En este caso su viabilidad no parece estar comprometida sino más bien al contrario, el avance del clima mediterráneo hacia el norte ampliaría sus posibilidades de expansión y la producción de vino seguiría siendo viable en su localización actual, aunque más dependiente del riego. El problema vendrá asociado a la potencial pérdida para producir vinos de alta calidad como los actuales por el ascenso acusado de las temperaturas, especialmente la temperatura nocturna del mes previo a la vendimia, muy relacionado con la calidad del vino.

En la actualidad el conjunto de las DO navarras se localizan prácticamente en su totalidad dentro de la clase de aptitud vitivinícola con alto potencial climático, propia de la producción de vino tinto de calidad. Según las proyecciones manejadas, el incremento de las temperaturas causará un cambio importante en esta zonificación por el avance hacia el norte de las clases desfavorables del índice de Huglin, del índice de frescor nocturno o de ambos simultáneamente. En el último periodo, 2051-2080, la mayor parte de los viñedos en las DO actuales se enmarcarán simultáneamente en las categorías desfavorables de IH cálido e IFN de noches templadas. Solo el norte de las zonas de producción de La Rioja, Tierra Estella, Valdezcarbe y Baja Montaña, junto con Etxauri y Eriete, seguirá clasificada como IH Templado cálido, aunque la alta temperatura de las noches de septiembre (IFN templadas) afectará ya a estas zonas y a gran parte de la mitad norte de Navarra, a excepción de las altitudes propias de zonas de montaña.

3.5. DIAGRAMA RESUMEN

En la Figura 10 se sintetiza la evolución esperada de los diferentes pisos bioclimáticos navarros como consecuencia del cambio climático. Dichos pisos aparecen ordenados de norte a sur en el seno de sus correspondientes regiones bioclimáticas: Eurosiberiana y Mediterránea y sus respectivas áreas intermedias de transición.

Cada rama del diagrama corresponde con un piso bioclimático, en la que se nos informa sobre los intervalos óptimos de temperatura y los valores medios de precipitación anual que, en la actualidad, garantizan la pervivencia de aquellas especies arbóreas, que han sido empleadas como especies de referencia de los paisajes presentes en cada piso bioclimático. Así como, la cota altitudinal en la que estas especies se encuentran en la actualidad.

Para facilitar la lectura de cada piso bioclimático parte otra rama, en la que se informa de manera sintética la evolución esperada para el periodo 2051-2080; indicando los previsibles desplazamientos altitudinales de cada piso y, por lo tanto de los elementos paisajísticos de referencia en la búsqueda de su confort climático, así como algunos otros impactos significativos esperados.

Para ilustrar espacialmente estos desplazamientos previstos de los pisos bioclimáticos, el diagrama incluye dos mapas, correspondientes a su localización actual y a la prevista, según los modelos desarrollados en la Guía de paisaje y cambio climático, en base a los escenarios climáticos proyectados para finales del presente siglo. La información sobre los riesgos previstos -amenazas, exposición y vulnerabilidad- y que afectarán a los diferentes paisajes navarros para finales del presente siglo está recogida en la segunda parte de esta guía.

Región biogeográfica

MONTAÑA EUROSIBERIANA

EUROSIBERIANA

ALTA MONTAÑA EUROSIBERIANA

SUBALPINO

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e04 Pino negro
EVOLUCIÓN ESPERADA

Rango térmico óptimo (°C)
1,5 - 9,5

Volumen anual pluviométrico óptimo (mm)
>900

Cota altimétrica actual (metros sobre el nivel del mar)
1600-2100

Evolución bioclimática esperada (Nuevas cotas proyectadas en el escenario 2051-2080)
1800-2200

1600-2100 m en umbrías y los 1700 m en solanas. Paisaje de transición: altas cumbres y el bosque altimontano.

En el periodo 2021-2050, el piso subalpino será prácticamente reemplazado por el altimontano quedando relegado, según los datos climáticos aportados, a las altas cumbres.

MONTAÑA MEDIA EUROSIBERIANA

MONTANO (Altimontano y mesomontano)

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e01 Hayedo
e03 Abetal
e07 Pino royo
EVOLUCIÓN ESPERADA

6 - 14
5,5 - 11,5
6 - 14

>670
860
630

600-1600

La cota inferior asociada al inicio del montano, está ascendiendo entre 100 y 200 m en el último periodo analizado. Para el periodo 2051-2080, se espera que el piso montano se restrinja altitudinalmente debido a la pérdida de condiciones climáticas adecuadas.

VALLES ATLÁNTICOS

COLINO Y TERMOCOLINO

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e02 Robledal
e10 Campiña atlántica
EVOLUCIÓN ESPERADA

8 - 14,5
10 - 14

1000
1000 - 1500

400-800

Estos pisos se desplazarán hacia el norte y cotas más altas por el incremento de las temperaturas. Se moverá entre los 500 y 1000 m con una notable reducción en las áreas de menor altitud, especialmente en las laderas más expuestas y con menor disponibilidad hídrica.

SIERRAS

ALTIMONTANO VARIANTE SUBMEDITERRÁNEA

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e05 Roble pubescente
EVOLUCIÓN ESPERADA

7,5 - 13,5

570 - 2100

400 - 1000

Los robles podrían verse beneficiados por las nuevas condiciones atmosféricas de mayor temperatura y menor precipitación esperadas para Navarra (INRA, 2009), aumentando su superficie de expansión potencial.

MESOMONTANO VARIANTE SUBMEDITERRÁNEA

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e06 Quejigares
EVOLUCIÓN ESPERADA

7 - 16

575 - 1500

400 - 1200

Estos cambios traerán una disociación entre las bandas altitudinales y sus áreas bioclimáticas, provocando efectos sobre el paisaje. Así el Quejigo, como especie típica del mesomontano podrá encontrarse en altitudes que alcanzan los 1200-1400 m en condiciones de refugio climático.

VALLES

COLINO Y TERMOCOLINO VARIANTE SUBMEDITERRÁNEA

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e09 Encinares
e11 Monte cultivo submediterráneo
EVOLUCIÓN ESPERADA

7 - 18
7 - 16

>230
600 - 1000

300-800

La encina muestra una sensibilidad marcada al cambio climático, atribuida a su limitada tolerancia a sequías severas, baja eficiencia en el uso hídrico bajo estrés y el envejecimiento de las masas forestales. En ambos casos, las formaciones más afectadas serán aquellas situadas en zonas donde ya hay una mayor restricción hídrica, con escaso suelo y, por ello, escasa capacidad de retención de agua y en solana.

SIERRAS Y VALLES MEDITERRÁNEOS SUBHÚMEDOS

SUPRAMEDITERRÁNEO

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e06 Quejigares
EVOLUCIÓN ESPERADA

7 - 16

575 - 1500

600 - 900

Reducción de la disponibilidad hídrica, asociada a una mayor aridez y mediterraneización del paisaje. Sustitución de parte del piso por el mesomediterráneo subhúmedo en cotas inferiores. Pérdida de áreas óptimas de especies como el Quejigo, migrarán a zonas más protegidas y húmedas como fondos de barranco.

MESOMEDITERRÁNEO SUBHÚMEDO

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e09 Encinares
EVOLUCIÓN ESPERADA

11 - 16

450 - 900

360 - 750

Reducción de la disponibilidad hídrica, asociada a una mayor aridez y mediterraneización del paisaje. Sustitución de parte del piso por el mesomediterráneo subhúmedo en cotas inferiores. Pérdida de áreas óptimas de especies como el quejigo, migrarán a zonas más protegidas y húmedas como fondos de barranco.

MESOMEDITERRÁNEO SECO

ELEMENTOS DE REFERENCIA
e08 Pino carrasco
e12 Viñedo
e15 Estepas cerealistas
EVOLUCIÓN ESPERADA

9,5 - 18
13 - 16 / 25 - 30
0 / 30

200 - 1000
400 - 700
300 - 450

300 - 750

Experimentará un aumento de la aridez y el estrés hídrico, lo que implicará importantes transformaciones en sus elementos clave: el pino carrasco se expandirá hacia áreas más altas y degradadas debido a su tolerancia a la sequía, el viñedo migrará hacia cotas mayores y explorará nuevas variedades y técnicas para mantener la calidad del vino frente a las altas temperaturas, y la estepa cerealista verá reducida su productividad, lo que podría acelerar el abandono de tierras marginales y el avance del matorral xerófilo.

ELEMENTOS AZONALES

e13 Planicies aluviales cultivadas
e14 Glacis, terrazas y planas cultivadas

Su ubicación depende más de la presencia de humedad freática y la topografía asociada a los cursos fluviales que de las condiciones bioclimáticas locales. Las precipitaciones son variables dependiendo de la localización dentro de los valles, pero estas áreas suelen beneficiarse de la disponibilidad de agua de los ríos principales (regadíos), por lo que el régimen hídrico natural no es tan limitante. Se encuentran en las llanuras de inundación y terrazas fluviales más bajas, habitualmente a altitudes inferiores a los 400-500 m en relación con los cursos de agua principales (Ebro y sus afluentes).

Localizadas en áreas de transición mediterránea, suelen corresponder a un rango de 12°C a 15°C, dependiendo de la altitud y la influencia climática. Estas áreas suelen situarse en zonas con precipitaciones medias anuales entre 450 y 800 dependiendo del régimen climático de la zona (mesomediterráneo seco o semiárido). Oscilan entre 300 m y 600 m, generalmente situadas en zonas más altas que las planicies aluviales, pero aún dentro de la influencia de los grandes ríos o sistemas de glacis y terrazas.

MESOMEDITERRÁNEO SEMIÁRIDO

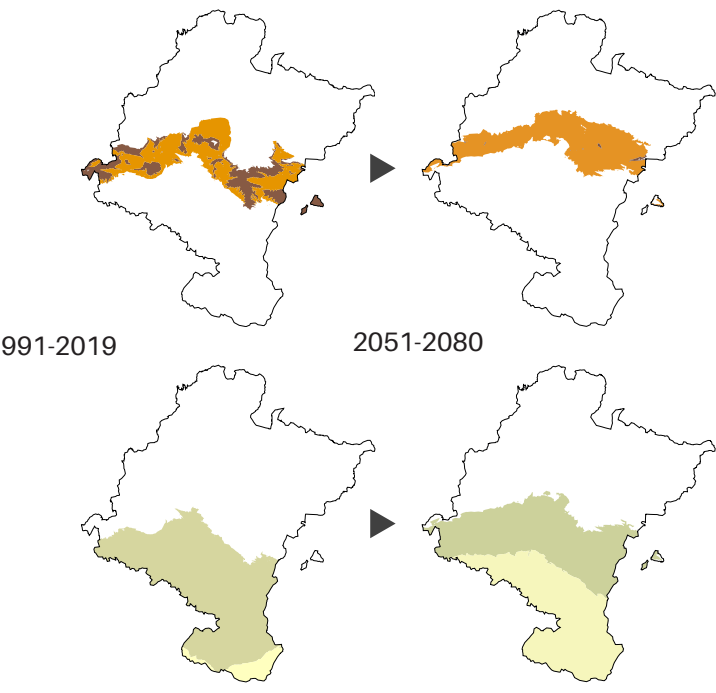
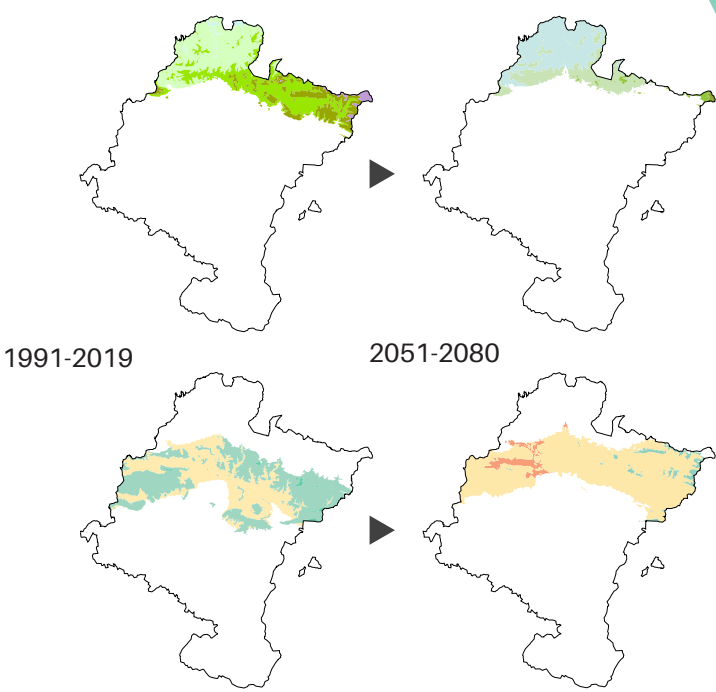
ELEMENTOS DE REFERENCIA
e16 Cárcavas y barrancos
EVOLUCIÓN ESPERADA

6 - 9 (Invierno)
26 - 29 (Verano)

Medias trimestrales
50 - 80 (Invierno)
10 - 20 (Verano)

400 - 1200

La tendencia proyectada hacia 2051-2080 muestra una ligera disminución en las precipitaciones anuales totales, manteniendo este patrón estacional. Se preve un ascenso significativo de cota debido al aumento de las temperaturas y la aridificación del territorio. Pudiendo alcanzar los 1000 m metros en zonas de transición



QR5. Escandeme para saber más sobre la evolución del clima y su impacto en los elementos de referencia

Figura 10. Zonas biogeográficas de Navarra. Pisos bioclimáticos y su influencia en el paisaje. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra

B. Cómo actuar

1. La adaptación al cambio climático como estrategia global.....	25
1.1. INTRODUCCIÓN A LA ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	25
A. Marco normativo.....	25
B. Los principios de proactividad y precaución	25
1.2. CONOCIMIENTO Y ACCIÓN: CLAVES PARA LA GESTIÓN DE LA ADAPTACIÓN	26
1.3. CORRESPONSABILIDAD EN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO	27
A. La dimensión social del cambio.....	27
B. Fundamentos de la adaptación al cambio climático.....	27
2. La adaptación basada en los ecosistemas. El enfoque verde	28
2.1. LA ADAPTACIÓN	28
2.2. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS COMO REFERENCIA	29
2.3. LA INFRAESTRUCTURA VERDE COMO MARCO DE ACTUACIÓN	29
3. Objetivos generales y líneas estratégicas para la adaptación	30
3.1. OBJETIVOS GENERALES DE ADAPTACIÓN	30
3.2. LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN.....	30
3.3. LA GESTIÓN ADAPTATIVA	34
3.4. ESQUEMA DE CONTENIDOS DE LA FICHA DE CADA LÍNEA ESTRATÉGICA.....	35

1. La adaptación al cambio climático como estrategia global

1.1. INTRODUCCIÓN A LA ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

A. Marco normativo

La construcción de una política europea de adaptación arranca en 2013 con la primera Estrategia de Adaptación de la Unión Europea (UE)⁽¹⁾, orientada a progresar, desde la comprensión de los riesgos al desarrollo de soluciones, y desde la planificación a la aplicación de medidas, para avanzar hacia una Europa climáticamente neutra, adaptada y resiliente frente al cambio climático para 2050, en línea con el Acuerdo de París y la Ley del Clima comunitaria. La Ley Climática Europea (2021) incluye:

- Un objetivo legal para que la Unión alcance la neutralidad climática para 2050.
- El reconocimiento de la necesidad de mejorar el sumidero de carbono de la UE a través de una regulación LULUCF (Uso del suelo, Cambio de Uso del suelo y Silvicultura por sus siglas en inglés) más ambiciosa.
- Disposiciones más estrictas sobre la adaptación al cambio climático.

La recientemente aprobada Ley de Restauración de la Naturaleza de la UE (2024) representa un hito histórico e incluye objetivos vinculantes para restaurar los ecosistemas degradados en Europa.

A nivel estatal, la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética de España, constituye el principal instrumento legal en materia de cambio climático en España. En el objeto de la ley (artículo 1) se incluye *"Promover la adaptación a los impactos del cambio climático y la implantación de un modelo de desarrollo sostenible que genere empleo decente y contribuya a la reducción de las desigualdades"*. Además, En su disposición final cuarta, esta ley modifica el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, aprobado por el Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre⁽²⁾, incorporando la necesidad de considerar los riesgos derivados del cambio climático en la ordenación de usos del suelo.

Es importante subrayar que, en el artículo 17 de esta Ley, se le otorga al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) el estatus de *"instrumento de planificación básico para promover la acción coordinada y coherente frente a los efectos del cambio climático en España"*. El PNACC (2021-2030) enfatiza la necesidad de diseñar estrategias adaptativas de los territorios desde un enfoque sistémico, superando una visión estrictamente sectorial.

En este marco, la Ley Foral 4/2022, de 22 de marzo, de Cambio Climático y Transición Energética de Navarra, complementa la normativa estatal, reforzando la necesidad de incorporar las estrategias climáticas en la gestión del territorio navarro. Esta ley establece directrices específicas para abordar los retos del cambio climático en Navarra, asegurando una transición energética sostenible y justa en la región.

Según este principio, las líneas estratégicas para Navarra, que presentamos a continuación, están articuladas para permitir sinergias entre ellas, procurando multiplicar los efectos adaptativos perseguidos.

B. Los principios de proactividad y precaución

La adaptación es un componente clave de la respuesta al cambio climático a largo plazo. Es necesario asumir que ya resulta imposible evitar el cambio en todas sus dimensiones y que, por tanto, tenemos que incrementar exponencialmente nuestra capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir nuestra vulnerabilidad.

La Península Ibérica en general y Navarra en particular, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, se enfrentan a importantes riesgos derivados del cambio climático, que inciden directa o indirectamente sobre un amplísimo conjunto de sectores económicos y sobre todos los sistemas ecológicos españoles, acelerando el deterioro de recursos esenciales para nuestro bienestar como el agua, el suelo fértil o la biodiversidad y amenazando la calidad de vida y la salud de las personas.

La acción temprana propiciaría claros beneficios económicos al poder anticipar daños potenciales y minimizar, a su vez, las amenazas identificadas y que tendrían como receptores a los ecosistemas, la salud humana, las infraestructuras y la prosperidad económica. Se trata de acometer una adaptación planificada y multisectorial y no soluciones urgentes e improvisadas frente a las diferentes crisis ambientales que se suceden con mayor frecuencia en los últimos años, algunas de las cuales llegan a la categoría de catástrofes. Las políticas de adaptación y mitigación del cambio climático son eficientes en términos de costes y generan considerables beneficios para los ecosistemas, la salud y la economía.

¹ . Revisada y aprobada la nueva Estrategia en 2021

² <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11723>

1.2. CONOCIMIENTO Y ACCIÓN: CLAVES PARA LA GESTIÓN DE LA ADAPTACIÓN

Las evaluaciones de los riesgos climáticos presentan diversas **fuentes de incertidumbre**, tales como imprecisiones en los datos, variabilidad interna del sistema climático, limitaciones de los modelos matemáticos y proyecciones inciertas sobre emisiones de GEI, comportamiento humano y factores no climáticos (demográficos, tecnológicos, ambientales). Estas incertidumbres deben abordarse en términos de confianza y probabilidad.

Es preferible un conocimiento imperfecto a un desconocimiento total. La incertidumbre no debe impedir la acción. Las evaluaciones, aunque tengan limitaciones permiten acotar y reducir la incertidumbre.

La magnitud y complejidad del cambio global plantea desafíos para evaluar la efectividad de las medidas adaptativas. Por ello, se debe **profundizar en la investigación aplicada y diseñar redes de seguimiento y monitorización** del territorio para ajustar, descartar o redefinir objetivos de adaptación frente a giros inesperados para garantizar una adecuada resiliencia.

La adaptación requiere de herramientas para una adecuada evaluación de los aciertos y errores (una gestión 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 gestión adaptativa es un proceso continuo de seguimiento y revisión de las medidas a diferentes escalas (municipal, territorial, comarcal y regional) con

el objetivo de hacer **ajustes inmediatos** cuando se detecten desviaciones en los objetivos o indicadores establecidos.

La urgencia en la acción climática debe combinarse con un pensamiento estratégico a largo plazo.

El tiempo es crucial tanto para la reducción de emisiones como para la adaptación, ya que la anticipación a los riesgos no solo permite evitar daños, sino también reducir los costes de recuperación. Sin embargo, cuanto más tardemos en actuar, menos efectivos serán nuestros esfuerzos y menor será el impacto de las medidas implementadas.

Toda estrategia adaptativa contempla dos fases:

Fase de planificación (finalizada) que incluye:

*Evaluación del riesgo y la vulnerabilidad. La definición de las cadenas de impacto
Definición de las líneas estratégicas y el conjunto de estrategias y recomendaciones de actuación que se derivan de ellas.*

Fase desarrollo (futura) que incluirá:

Implementación y ejecución de las medidas y acciones.

Seguimiento y evaluación de la eficacia de las medidas mediante un sistema de indicadores.

Además, de forma concurrente con las dos fases se deben desarrollar dos procesos transversales:

Gobernanza-proceso participativo. Los avances significativos en la reducción del riesgo en la escala local se alcanzarán mediante la participación plena de la totalidad de actores gubernamentales y del conjunto de la sociedad civil.

Información y divulgación de la estrategia

1.3. CORRESPONSABILIDAD EN LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO

La adaptación al cambio climático requiere de un **enfoque holístico que involucre a todos los actores de la sociedad**, desde las instituciones públicas hasta la ciudadanía en general. Si bien la ordenación territorial juega un papel fundamental, es crucial el despliegue de medidas de formación, divulgación y sensibilización en el marco general de la adaptación para lograr una **“transición cultural”** que modifique nuestra forma de relacionarnos con el entorno y que fomente la resiliencia.

A. La dimensión social del cambio

Las vinculaciones entre la vida cotidiana y el cambio climático son múltiples y en ellas reside la clave de la eficacia de la adaptación a los escenarios futuros a los que nos enfrentamos en las décadas venideras. En nuestros estilos de vida y consumo, así como en las actividades productivas resulta difícil encontrar comportamientos que no contribuyen, directa o indirectamente, a la emisión de GEI.

El esfuerzo colectivo debe centrarse, en primer lugar, en reconocer y valorar tales comportamientos para poder lanzar mensajes en positivo que contribuyan a la movilización de la ciudadanía. **Es vital asumir la necesidad de adaptación de todas nuestras actuaciones y conductas frente a un futuro inquietante en términos socioambientales.**

En este sentido, la sociedad debe tomar la iniciativa para favorecer el compromiso, la discusión y el debate entre todos los agentes sociales en diferentes foros y contextos. **Este compromiso debe conseguir un objetivo**

básico: que el cuerpo social interiorice el principio de que todos nosotros somos parte de las causas de la emergencia climática, pero también parte de la solución.

B. Fundamentos de la adaptación al cambio climático

La complejidad del cambio climático exige una comprensión holística que permita abordar análisis integrados. La adaptación es un proceso continuo que se caracteriza por los siguientes aspectos:

- **Estrategia territorial específica:** Cada territorio presenta un panorama único de vulnerabilidades socio-ecológicas que requiere estrategias de adaptación específicas. Un enfoque supramunicipal permite trabajar en sintonía con los procesos naturales, identificar las problemáticas en origen y diseñar soluciones más efectivas.
- **Coordinación administrativa:** La adaptación requiere una coordinación institucional que garantice un marco normativo y financiero estable para implementar las medidas planificadas. Las administraciones locales son actores clave en este proceso, ya que cuentan con competencias específicas para integrar consideraciones climáticas en sus políticas de planificación y desarrollo urbano. El éxito de la adaptación dependerá, en gran medida, de su capacidad para ejecutar estas estrategias a nivel local.
- **Medidas versátiles y sistémicas:** Las medidas de adaptación deben ser versátiles para hacer frente a diferentes escenarios y sistémicas para generar sinergias positivas que permitan resolver múltiples retos de forma simultánea. Es crucial actuar con urgencia,

proactividad y precaución, enfatizando la renaturalización y las sinergias entre adaptación y mitigación.

- **Estrategias resilientes:** Es fundamental identificar un abanico de posibles futuros y desarrollar estrategias robustas que funcionen en diferentes escenarios. El IPCC distingue diferentes tipos de adaptación: anticipatoria vs. reactiva, autónoma vs. planificada, e incremental vs. transformacional. La adaptación incremental busca mantener la esencia de un sistema, mientras que la transformacional implica cambios fundamentales para anticiparse al cambio climático.

2. La adaptación basada en los ecosistemas. El enfoque verde

2.1. LA ADAPTACIÓN

La adaptación se define en los sistemas humanos como el proceso de ajuste al clima real o previsto, para moderar los daños y aprovechar las oportunidades. Mientas que en los sistemas naturales, hace referencia a sus procesos de ajuste, facilitados por la intervención humana.

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". Este "enfoque verde" (incluido en la clasificación del IPCC dentro de las medidas Físicas-estructurales), centrado en los servicios ecosistémicos ha inspirado el paquete de medidas propuestas.

La gestión adaptativa del paisaje pasa por asegurar el capital natural del territorio y los flujos de servicios ecosistémicos.

Una fórmula avalada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992) y por la Unión Europea, quien, en esta línea, propone como instrumentos contra el cambio climático, medidas que:

1. Fomenten la conservación de la biodiversidad
2. Promuevan la conectividad y permeabilidad de los espacios naturales
3. Favorezcan la salud e integridad de los ecosistemas
4. Garanticen las funciones ecológicas y preservación de los servicios ecosistémicos.
5. Contribuyan a un desarrollo económico verde basado en una gestión sostenible del territorio.
6. Permitan una mejora de la calidad de vida de las poblaciones.

Las ventajas que caracteriza a este enfoque son, entre otras:

1. Una muy buena relación coste/efectividad
2. La generación de beneficios ecológicos, sociales, económicos y culturales.

En definitiva, el principio esencial de este "enfoque verde" es que los ecosistemas saludables y funcionales ayudan a reducir el riesgo, ya que limitan la exposición física y amortiguan los posibles daños sobre los servicios ecosistémicos.

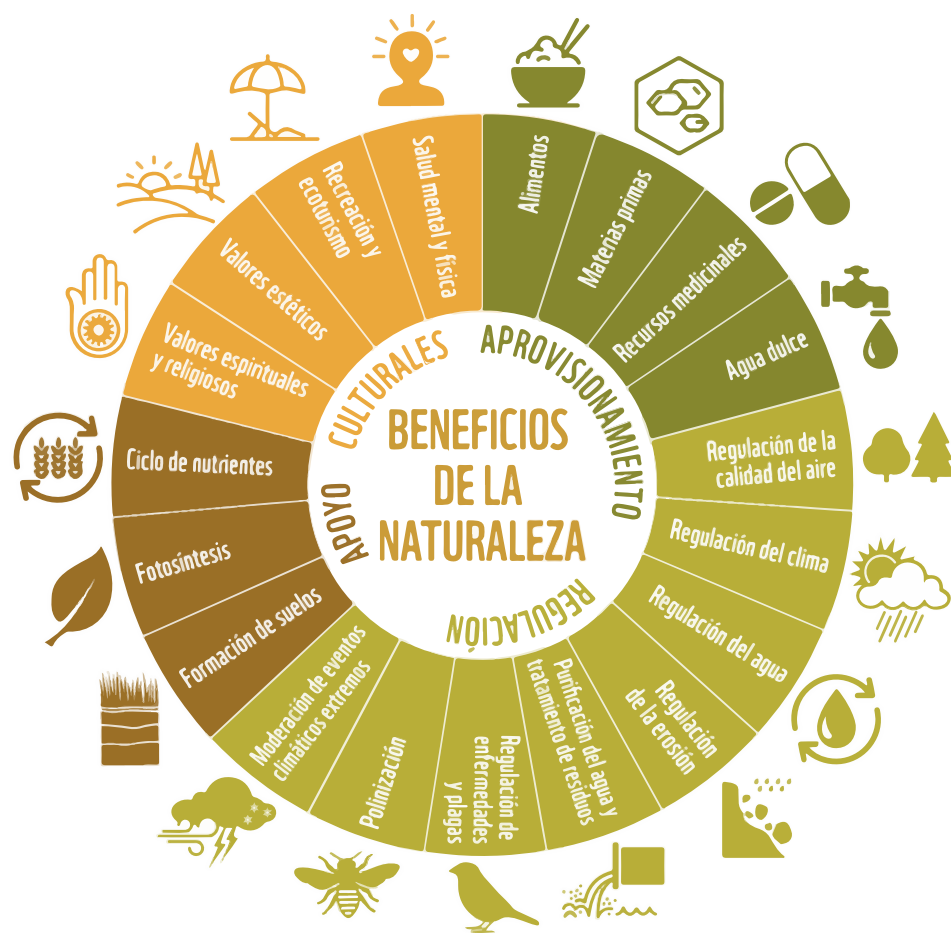


Figura 11. Beneficios de la Naturaleza

2.2. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS COMO REFERENCIA

Los servicios ecosistémicos son 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 y puesta en valor a partir de la restauración de los ecosistemas degradados. Como se señala en 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.

2.3. LA INFRAESTRUCTURA VERDE COMO MARCO DE ACTUACIÓN

La formulación e implementación de estrategias de renaturalización, e infraestructuras verdes buscan no solo mitigar riesgos, sino también promover la sostenibilidad y la resiliencia, integrando elementos naturales en la planificación urbana. En este contexto, la adaptación basada en los ecosistemas y las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) como medidas de adaptación y mitigación al cambio climático están tomando una especial relevancia.

Según la Comisión Europea (2023) son “soluciones inspiradas y respaldadas por la naturaleza que proporcionan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos y contribuyen a fortalecer la resiliencia”. Por lo tanto, las soluciones basadas en la naturaleza deben beneficiar a la biodiversidad y respaldar la prestación de una variedad de servicios ecosistémicos. Este enfoque pone en valor la multifuncionalidad y los co beneficios ambientales, sociales y económicos de las SbN pudiendo dar respuesta de forma simultánea a distintos retos urbanos además con buenos ratios de coste- efectividad.

La Unión Europea la considera “el marco estratégico para dar soluciones integradas a múltiples retos”. Este potencial de la Infraestructura Verde deriva de su capacidad de articular políticas y acciones en materia de conservación de la biodiversidad, gestión del riesgo de catástrofes y mitigación y adaptación al cambio climático. Por tanto, una parte sustancial de las líneas de actuación planteadas se deberían desarrollar en el marco de la Estrategia de la Infraestructura Verde (IV) de Navarra. Una estrategia que, no sólo ayuda a reconectar las áreas naturales existentes; sino, sobre todo, a mejorar la calidad ecológica global de la matriz biofísica.

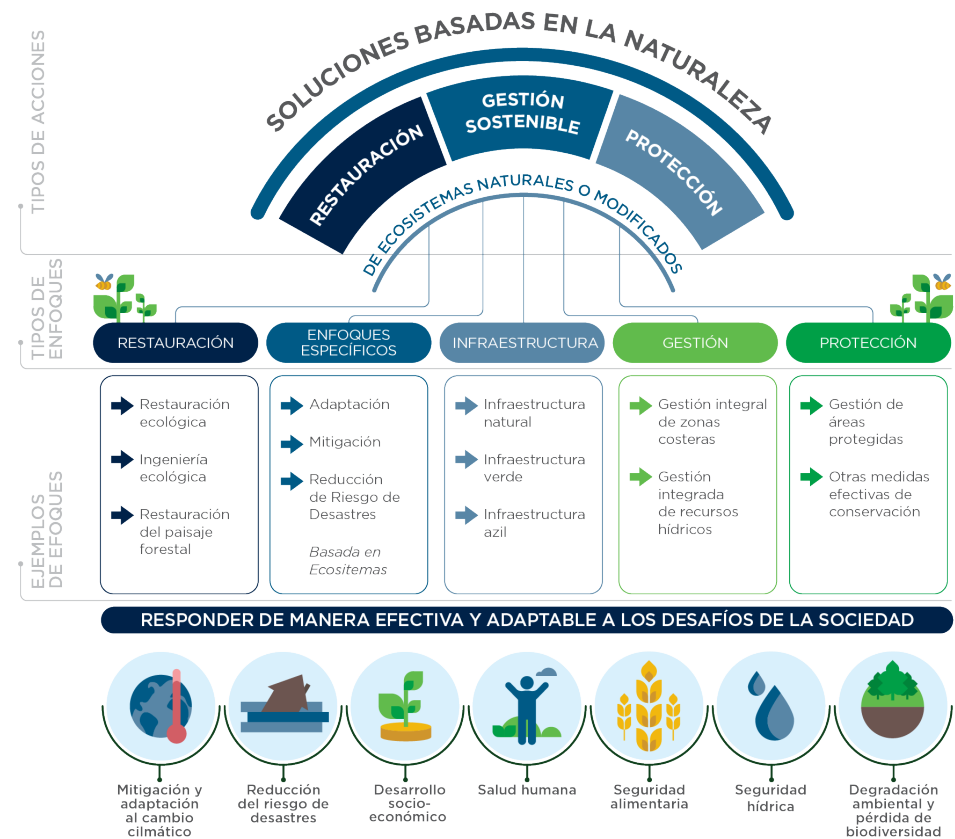


Figura 12. Esquema de enfoques y acciones de las SbN [Fuente La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza]

3. Objetivos generales y líneas estratégicas para la adaptación

3.1. OBJETIVOS GENERALES DE ADAPTACIÓN

Para el territorio navarro, los objetivos de gestión adaptativa de sus paisajes se pueden sintetizar en los siguientes términos:

1. Mantener y propiciar la adaptación de los procesos y estructuras ecológicas a todos los niveles.
2. Garantizar las funciones esenciales de absorción y filtración de nutrientes, absorción y retención de agua, descomposición de materia orgánicas, etc.
3. Reducir presiones sobre los ecosistemas naturales.
4. Garantizar la conservación y la mejora de la biodiversidad.

3.2. LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Este documento presenta un conjunto de estrategias y medidas para la adaptación al cambio climático en Navarra. El objetivo es limitar los impactos, reducir las vulnerabilidades y aumentar la resistencia de los sistemas naturales y culturales de la región, incluyendo la biodiversidad, los bosques, el sector agrario, los suelos y la red hídrica.

El enfoque estratégico para lograr este objetivo establece una estructura en tres niveles:

1. **Líneas Estratégicas (L):** Definen los grandes objetivos de adaptación al cambio climático en Navarra.
2. **Estrategias (E):** Agrupan medidas específicas para alcanzar los objetivos de cada línea estratégica, considerando diferentes escalas de actuación.
3. **Recomendaciones de Actuación (RA):** Detallan las acciones concretas que se derivan de cada estrategia.

Las medidas se aplicarán a cada elemento vulnerable del paisaje navarro mediante una gestión integrada en la Estrategia de la Infraestructura Verde y el resto de documentos de planificación y gestión territorial.

Cada línea estratégica aborda los impactos previstos en un sistema específico del territorio (bosques, mosaico agrícola, red hídrica, etc.).

A continuación se presenta, de forma sintética, los objetivos fundamentales de cada línea estratégica en relación a los grandes sistemas que conforman el territorio sobre el que incide.

Para contribuir a una mejor comprensión de los diferentes paquetes de medidas se han elaborado ilustraciones y esquemas gráficos a partir de imágenes actuales en las que se recrean los impactos previsibles, así como las actuaciones que se deberían ir implementando para conseguir reducir la vulnerabilidad de los paisajes navarros.

La recomendación que lanzó la Guía original de Cambio climático y paisaje fue la de no demorar la aplicación de tales medidas, más allá de los próximos cinco años.

1. F1. CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL SOSTENIBLE.

- a. E01: Conservación de formaciones boscosas.
- b. E02: Conservación y restauración bosques riparios.
- c. E03: Mantenimiento de la cobertura forestal en cabecera de cuenca.
- d. E04: Fomento de bosques mixtos.
- e. E05: Incremento de la diversidad genética de los bosques.
- f. E06: Medidas específicas para la lucha y reducción de incendios.
- g. E07: Gestión de ecosistemas de alto valor y reducción presiones espacios protegidos.

2. F2. POTENCIACIÓN DE LA CONECTIVIDAD, HETEROGENEIDAD Y MULTIFUNCIONALIDAD DEL PAISAJE

- a. E01: Reducción fragmentación y bajas densidades forestales para contribuir a la conectividad.
- b. E02: Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje.

3. H. GESTIÓN SOSTENIBLE RÍOS, HUMEDALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS (MEDIDAS NATURALES DE RETENCIÓN DE AGUA -NWRM-)

- a. E01: Renaturalización de cauces. Restauración/rehabilitación de ríos.
- b. E02: Adaptación de los recursos hídricos a los escenarios de cambio.
- c. E03: Protección, conservación, gestión y restauración de humedales y aguas subterráneas.

4. A1. AGRÍCULTURA REGENERATIVA EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y PAISAJES AGRARIOS

- a. E01: Diversificación de cultivos e integración de actividades ganaderas, silvícolas y agrícolas
- b. E02: Mejora de retención aguas en tierras agrícolas.

5. A2. CONSERVACIÓN DIVERSIDAD BIOLÓGICA-AGRÍCOLA

- a. E01. Conservación de la diversidad genética agrícola.
- b. E02. Lucha contra especies exóticas invasoras.
- c. E03: Fortalecer estrategias fitosanitarias.

6. S. PROTECCIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

- a. E01: Planificación y adaptación Integral usos del suelo.

7. FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN. TOMA DE CONCIENCIA Y CORRESPONSABILIDAD. LA TRANSICIÓN SOCIAL

- a. E01: Educación y sensibilización en cambio climático
- b. E02: Gobernanza y corresponsabilidad social.

SISTEMA FORESTAL

F1**CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL SOSTENIBLE**

Línea estratégica centrada en la preservación de los servicios ecosistémicos prestados por los bosques navarros.

Además de albergar una importante biodiversidad, juegan un papel determinante en la regulación climática e hídrica, así como en los servicios relacionados con los ciclos biogeoquímicos como el carbono -claves en la mitigación y adaptación-. Sin olvidar, que los bosques están interconectados con el resto de los ecosistemas de la matriz biofísica de nuestros paisajes y que su funcionalidad y buena salud son un pilar clave en la adaptación al cambio climático.

F2**POTENCIACIÓN DE LA CONECTIVIDAD, HETEROGENEIDAD Y MULTIFUNCIONALIDAD DEL PAISAJE**

La heterogeneidad del paisaje constituye un garante de la resiliencia y capacidad adaptativa al cambio climático de los paisajes navarros.

Por ello, esta línea estratégica busca mantener y mejorar el mosaico de hábitats existente, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y a la reducción de la vulnerabilidad de los territorios. Una conservación y adecuada gestión tanto de la diversidad biológica, como cultural, reivindicando los manejos tradicionales de los territorios, como muestra de la riqueza paisajística, sin desprestigiar, al contrario, los avances tecnológicos que contribuyan a un desarrollo equilibrado y sostenible de los diferentes mosaicos paisajísticos.

SISTEMA AGRÍCOLA

A1**AGRICULTURA REGENERATIVA EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y PAISAJES AGRARIOS**

La conservación y restauración de la biodiversidad de los agrosistemas de alto valor ecológico son, sin duda, los ejes fundamentales de esta línea estratégica.

Contribuirá de forma efectiva, no sólo a la consolidación de la infraestructura verde en sus vertientes forestal y agraria; sino, sobre todo, a la reducción de la vulnerabilidad del sector agroforestal navarro (el 38% de la superficie de la Comunidad corresponde a suelo agrícola). Una línea que contempla un paquete de actuaciones dirigidas, tanto a los cultivos de secano, como a los de regadío. Ambos vulnerables a los efectos de la sequía; así como, a los riesgos de pérdidas de cosechas por diferentes extremos meteorológicos.

A2**CONSERVACIÓN DIVERSIDAD BIOLÓGICA-AGRÍCOLA**

Esta segunda línea estratégica dirigida a los paisajes agrarios pone especial acento en el mantenimiento de la valiosa diversidad genética de las especies agrícolas, junto a la potenciación de la complejidad estructural y la diversidad funcional, tanto a nivel de masa como de paisaje.

Se interesa, por supuesto, por el imprescindible control de plagas y enfermedades emergentes en el contexto del cambio climático. Hay que señalar que esta línea interactúa de forma intensa con las medidas diseñadas para la potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje.

SISTEMA SUELO

S**PROTECCIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN SUELOS AGRÍCOLAS**

El recurso edáfico resulta determinante en cualquier política que persiga potenciar la biodiversidad y garantizar las actividades primarias agroforestales.

Por ello esta línea estratégica pone el acento en la conservación de los suelos forestales y agrícolas, protegiendo, en estos últimos su potencial agrológico.

Esta línea estratégica dedicada al capital suelo de los paisajes navarros, a veces no considerado en su justa medida, es vital para alcanzar el objetivo final perseguido de incremento sustancial de la capacidad adaptativa y resiliencia de nuestros paisajes.

SISTEMA AGUA

H**GESTIÓN SOSTENIBLE RÍOS, HUMEDALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Es indiscutible el papel determinante que juega el agua en el mantenimiento de la funcionalidad de la matriz biofísica a todas las escalas.

Además de constituir un recurso esencial para la sociedad. Su gestión, en escenarios de cambio climático, adquiere, sin duda, rango estratégico. Por ello, esta línea estratégica persigue optimizar el consumo y garantizar su calidad en las próximas décadas. Una eficiencia imprescindible en las próximas décadas, en las que se prevé un aumento de la demanda hídrica, tanto de los ecosistemas terrestres como de los sistemas agrícolas y urbanos. En un intento vital por proteger las áreas más vulnerables y propensas a un déficit crónico del recurso.

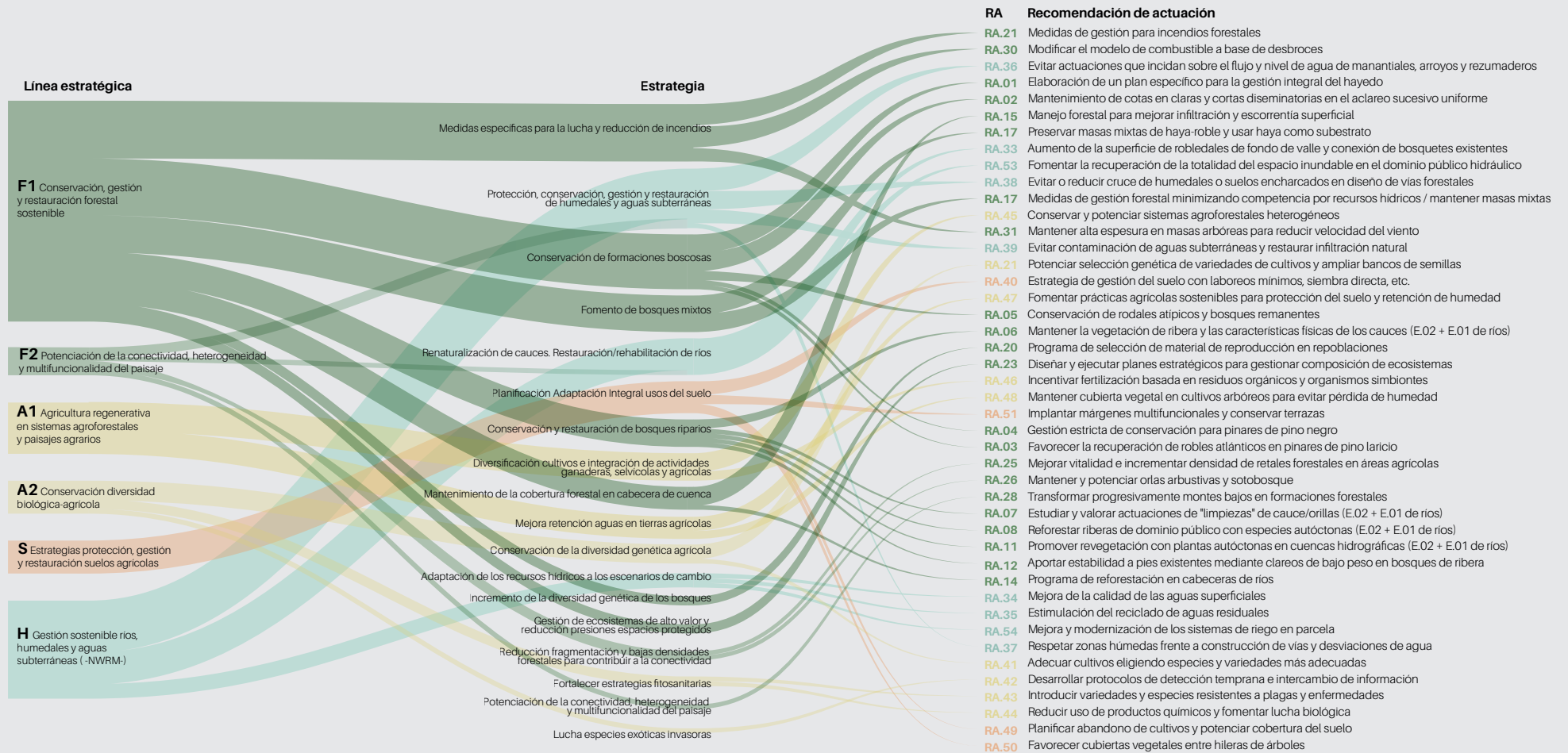
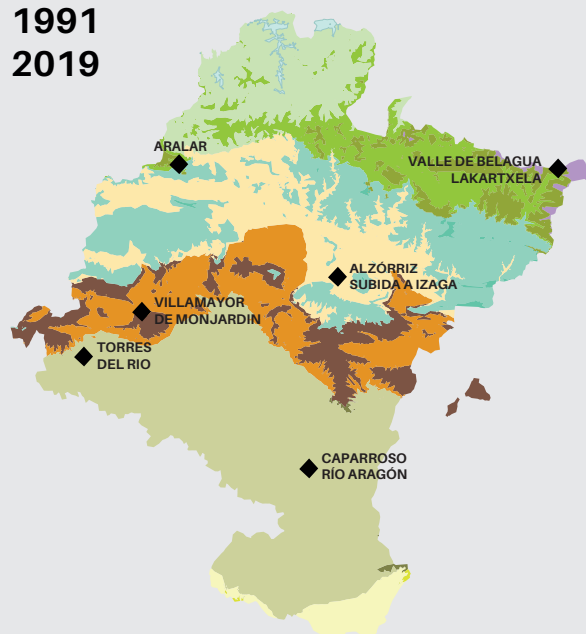


Figura 13. Gráfico en el que se recogen el conjunto de estrategias y recomendaciones asociadas a cada línea estratégica de adaptación. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra

1991
2019



2051
2080



Alta Montaña
 Subalpino
Montaña Media Eurosiberiana
 Montano Altimontano
 Montano Mesomontano

Valles atlánticos
 Colino
 Termocolino

Sierras y valles submediterráneos
 Montano Altimontano (var. submediterránea)
 Montano Mesomontano (var. submediterránea)
 Colino (var. submediterránea)

Sierras y valles subhúmedos mediterráneos
 Supramediterráneo subhúmedo
 Mesomediterráneo subhúmedo
Valles mediterráneos
 Mesomediterráneo seco
 Mesomediterráneo semiárido

Figura 14. Mapas de evolución pisos bioclimáticos periodos 1999-2019 a 2050-2080 y localización de escenas de referencia. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra

3.3. LA GESTIÓN ADAPTATIVA

Las líneas estratégicas diseñadas tienen como objetivo fundamental la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas socio-ecológicos ante los efectos reales o esperados del cambio climático.

Estas estrategias han sido concebidas bajo el principio de la gestión adaptativa. Es decir, todas ellas deberán responder con agilidad a las posibles desviaciones que puedan producirse entre las futuras condiciones climáticas y las previsiones de los modelos matemáticos empleados. Para ello, la gestión adaptativa exige un seguimiento y monitorización constantes de las variables ambientales y socioeconómicas del territorio navarro. Y, por supuesto, tienen que ser capaces de incorporar los avances científicos en materia de adaptación que se alcancen en los próximos años. El conjunto de medidas que se exponen a continuación busca reducir la vulnerabilidad y limitar los impactos en los grandes sistemas naturales con mayor exposición y vulnerabilidad: -Forestal (F), red hídrica (H), sector agrario (A) y el capital edáfico (S). En un intento por conseguir una matriz biofísica diversificada, saludable y resiliente que garantice los servicios ecosistémicos del paisaje navarro.

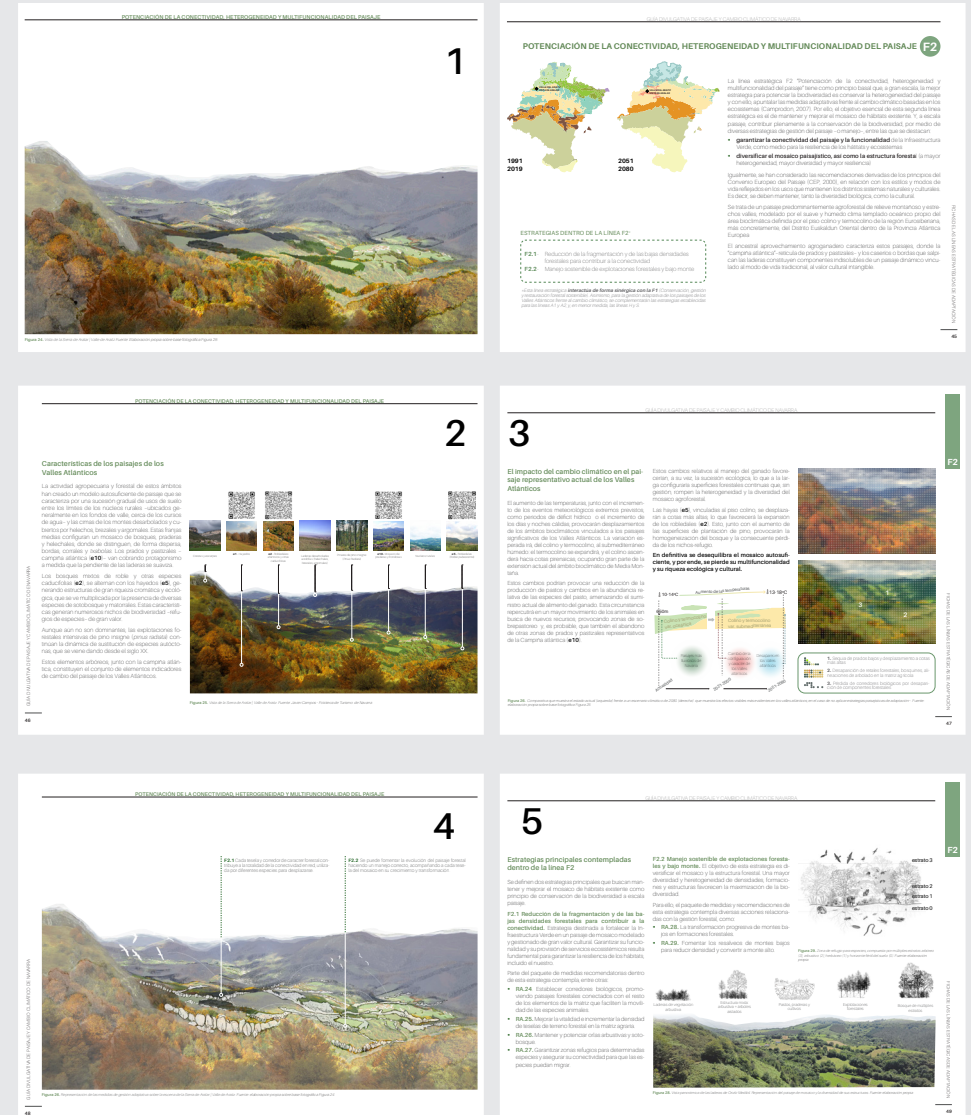
Las escenas empleadas como apoyo a la explicación de las líneas estratégicas de adaptación, aparecen ubicadas en los dos mapas de la Figura 14. En el primero, se observan los pisos bioclimáticos en los que se sitúan en la actualidad dichas escenas, mientras que en el segundo, correspondiente a los escenarios futuros de cambio climático, se pueden observar los desplazamientos de piso que podrían experimentar. Esta información sobre los pisos actuales y su evolución esperada está recogida de forma sintética en la Figura 10.

3.4. ESQUEMA DE CONTENIDOS DE LA FICHA DE CADA LÍNEA ESTRATÉGICA

A continuación presentamos los apartados de contenidos de las fichas elaboradas de cada línea estratégica para facilitar su lectura.

- 1. Presentación de los objetivos** principales de la línea estratégica, junto a los principales rasgos del piso/s bioclimáticos y paisajes en los que dicha línea sería de aplicación prioritaria..)
- 2. Estado actual.** Con los elementos característicos del paisaje: Las partes que componen el lugar como lo reconocemos hoy.
- 3. Impactos climáticos** previstos en los escenarios de cambio climático a finales del presente siglo en los paisajes correspondientes al piso bioclimático de referencia.
- 4. Estrategias aplicadas.** Descripción de las estrategias de adaptación para reducir la vulnerabilidad y manejar la transformación de los paisajes correspondientes al piso bioclimático de referencia.
- 5. Recomendaciones y desarrollo de acciones** de aplicación sobre aquellos ámbitos donde dominen los elementos paisajísticos para los que han sido concebidos estas actuaciones.

Para una correcta comprensión de la información recogida en estas fichas, es necesario saber que las imágenes que acompañan a cada ficha representan el apoyo gráfico necesario para ilustrar adecuadamente las estrategias y medidas de adaptación recomendadas. Tales imágenes permiten explicar en profundidad los previsibles riesgos y las medidas recomendadas para los diferentes paisajes localizados en los actuales pisos bioclimáticos. Pero no se debe inferir, en ningún caso, una relación exclusiva entre cada línea estratégica de adaptación y la escena paisajística que la ilustra. Bien al contrario, es fundamental subrayar que todas las líneas estratégicas podrían ser aplicadas, con diferentes grados de intensidad y adaptación, en cualquiera de los paisajes del territorio navarro.

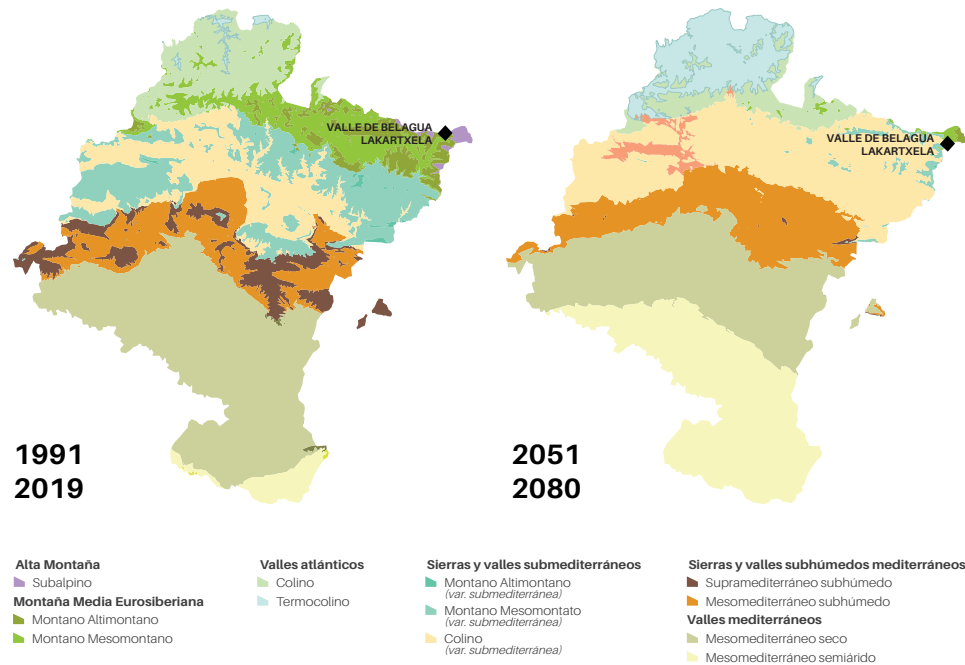


4. Fichas de las líneas estratégicas de adaptación



Figura 15. Valle de Belagua y Reserva Natural de Larra | Vista del Rincón desde Lakartxela. Fuente: Elaboración propia sobre base fotográfica Figura 16

CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL SOSTENIBLE **F1**



ESTRATEGIAS DENTRO DE LA LÍNEA F1

- F1.1-** Conservación formaciones boscosas
- F1.2-** Conservación y restauración de bosques riparios
- F1.3-** Mantenimiento cobertura forestal en cabecera de cuenca
- F1.4-** Fomento de bosques mixtos
- F1.5-** Incremento de la diversidad genética de los bosques
- F1.6-** Medidas específicas para la lucha y reducción de incendios
- F1.7-** Gestión de ecosistemas de alto valor y reducción presiones espacios protegidos

*Esta línea estratégica **interactúa de forma sinérgica con la F2** (Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje).

Los bosques albergan una buena parte de la diversidad biológica terrestre (FAO, 2014), prestando una amplia variedad de Servicios Ecosistémicos (SE). Además, los servicios esenciales de soporte ciclos biogeoquímicos y nutrientes; así como los de regulación (climática e hídrica) aportados por los bosques, están interconectados con el resto de los ecosistemas de la matriz biofísica de nuestros paisajes. Basándose en este principio básico, la línea F1 "Conservación, gestión y restauración forestal sostenible" se centra en la reducción del impacto de los factores actuales de estrés sobre el bosque como una estrategia de adaptación indiscutible para mejorar la resiliencia del conjunto de ecosistemas, al menos a corto plazo (Joyce et al., 2008).

Las medidas contempladas dentro de esta línea están, por ende, destinadas a conservar la biodiversidad forestal como gran estrategia adaptativa para garantizar la resiliencia y la provisión de Servicios Ecosistémicos frente a los impactos del cambio climático. Esto resulta de especial prioridad, en los paisajes de Alta y Media Montaña de Navarra que, en la actualidad, se corresponden con las altas cumbres del pirineo navarro a partir de la cota 1500-1600 metros –piso bioclimático subalpino– y con las cabeceras de los valles del alto pirineo y en las sierras divisorias con los valles cantábricos –piso montano–, respectivamente.

Paisajes predominantemente forestales conformados por relieves singulares, paisajes litológicos, coníferas eurosiberianas, frondosas caducifolias y praderas. Se trata de un conjunto de paisajes de transición entre las altas cumbres rocosas dominadas por el *karst*, totalmente desnudo o colonizado por el pino negro como elemento característico y, descendiendo de cota, un mosaico forestal de grandes contrastes cromáticos y una gran riqueza ecológica, donde conviven dinámicas naturales y antrópicas, relacionadas principalmente con el pastoreo.

Cabe destacar que se trata de ámbitos de altísimo valor ambiental que cuentan con figuras de protección, entre otras, la Reserva Natural de Larra-Belagua, la Reserva Integral de Aztatarrera (uno de los últimos hayedos-abetales vírgenes del Pirineo, declarada Patrimonio de la Humanidad en 2017) y el Parque Natural de Aralar.

Características de los paisajes de Alta y Media montaña de Navarra

Entre las crestas y grandes escarpes rocosos de roca caliza –karst– salpicados de pastos cubiertos de nieve en invierno, los retales de pino negro se aferran a la roca, mientras que, descendiendo por las laderas, los bosques de roble penetran en los fondos de valle y el haya se mezcla con abetos y pino silvestre, que van dando paso a praderas y pastos comunales ocupados por el ganado en los fondos de valle.

Destacan los pinares de pino negro (**e4**), capaces de soportar los largos periodos de frío intenso asociados a las duras condiciones climáticas. Estos pinares de montaña son de gran singularidad en Navarra y constituyen además el límite occidental pirenaico de esta especie.

Por su parte, también constituyen elementos representativos de estos paisajes los robledales de *Quercus pubescens* (**e5**); así como las combinaciones de hayedos (**e1**) y abetales (**e3**), especialmente en las cabeceras de cuenta del valle de Irati; y los bosques mixtos de hayedos y pinares de pino rojo (**e7**) muy característicos de Belagua

Este conjunto de elementos que configuran este paisaje característico de la Alta y Media montaña, será testigo de las alteraciones del cambio climático, en especial, el pino negro que tiende a desaparecer.

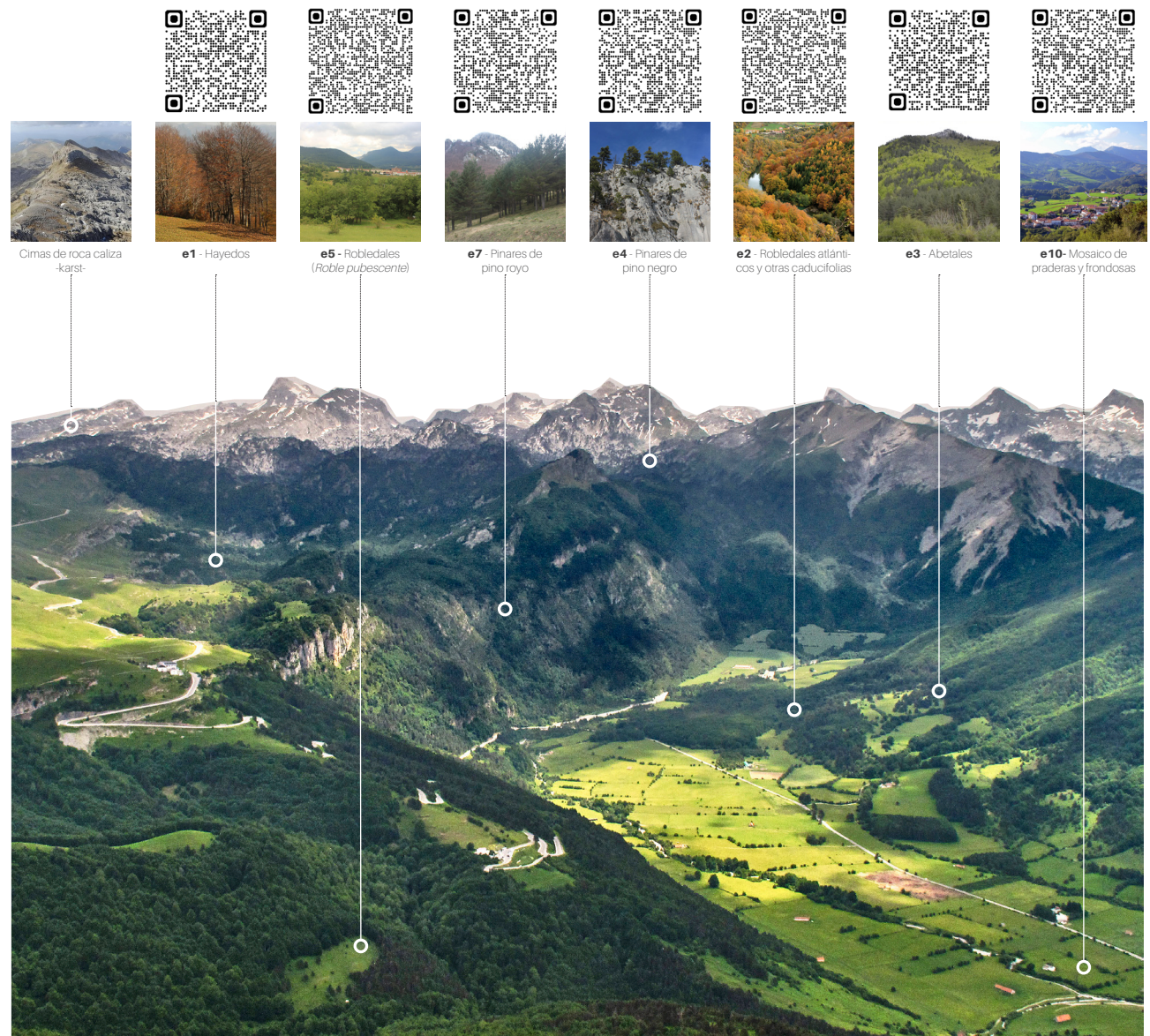


Figura 16. Valle de Belagua y Reserva Natural de Larra | Vista del Rincón desde Lakartxela. Fuente: Javier Campos - Fototeca de Turismo de Navarra

El impacto del cambio climático

El cambio climático ya es patente en las últimas décadas y se observa que la variante submediterránea –sierras y valles submediterráneos– se está extendiendo hacia el norte, apareciendo cierta sequía atenuada (al menos, un mes del verano). Con el aumento de las temperaturas, además, los paisajes de Alta y Media montaña se verán desplazados a cotas más altas, en busca de las condiciones climáticas aptas. Esto, junto con la tendencia a la mediterraneización, conlleva la previsión de que el piso subalpino será prácticamente reemplazado por el mon-

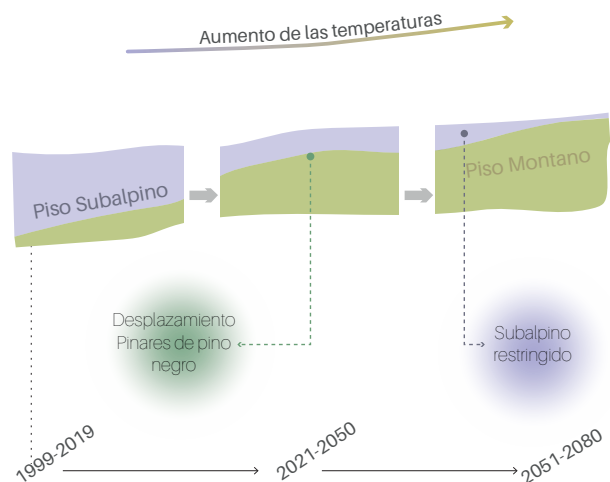
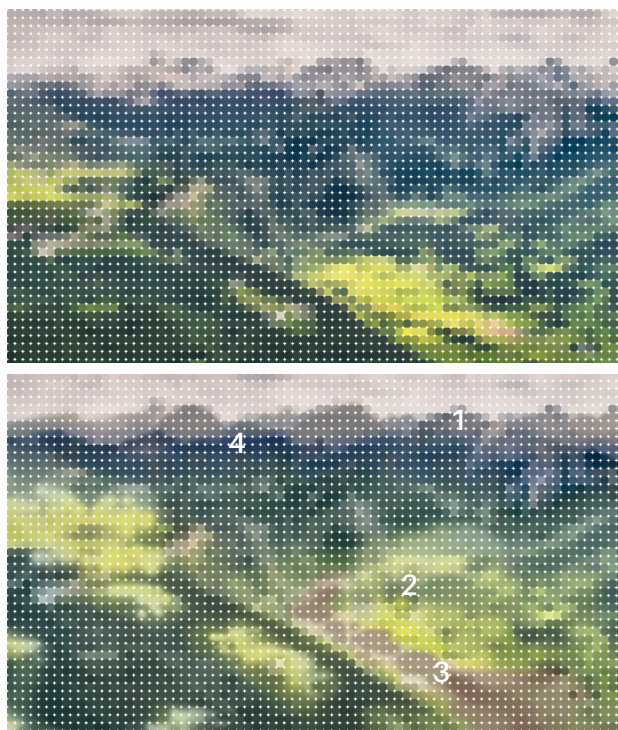


Figura 18. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia.



1. Deshielo de los picos de alta montaña
2. Homogeneización de especies boscosas y pérdida de variedad genética
3. Riesgo de inundaciones por desaparición de bosques riparios y tala de cabecera de cuenca
4. Desplazamiento de hábitats y desaparición de especies al límite: pino negro, etc.

Figura 17. Comparativa del estado actual (arriba) frente a un escenario climático de 2080 (abajo) que muestra los efectos visibles más evidentes en la alta y media montaña, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 16

tano, desapareciendo del territorio navarro. Este último, el montano, continuará desplazándose hasta quedar relegado a las altas cumbres proyecciones.

Así, el impacto generado por estos desplazamientos y la expansión de la variante submediterránea, se traduciría en una potencial pérdida y homogeneización de especies por desplazamiento en búsqueda de las condiciones para su hábitat.

El pino negro (e4) se verá gravemente afectado, hasta desaparecer, por quedarse sin espacio fértil donde desplazarse. El resto de especies forestales, especialmente los bosques mixtos de haya (e1) con abedul (e3) y pino rojo (e7) comienzan a competir por el recurso agua, cada vez menos accesible debido al cambio de régimen precipitaciones y la tendencia a mayores periodos de estrés hídrico. El roble (e5), capaz de adaptarse a condiciones de menos humedad, irá desplazando a especies frondosas con mayores requerimientos hídricos. Esto, junto con la entrada de especies de pisos inferiores, como las hayas irá, poco a poco, provocando la homogeneización del bosque.

Esta pérdida de diversidad genética forestal, junto con la continuidad de la superficie forestal aumenta además, el riesgo de perturbaciones como las inundaciones e incendios.

En resumen, el cambio global provocaría una importante reducción de la diversidad ecológica y, por consiguiente, de resiliencia del paisaje y del alto valor ambiental de los paisajes representativos de Alta y Media montaña de Navarra.

F1.1 La importancia de la biodiversidad forestal no solo para el paisaje, si no para la resiliencia del medio natural y para multiplicar su capacidad de adaptación

F1.2 El ecosistema de ribera es refugio de diversidad genética. La población de bosques riparios contribuye a infiltrar el agua, a ralentizar su velocidad y frenar avenidas..

F1.3 Mantener la presencia forestal en la cabecera de cuenca favorece la infiltración y por tanto la recarga de acuíferos.



Figura 19. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje representativo del valle de Belagua. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 17

Estrategias y recomendaciones de actuación de la línea F1

Se definen 7 estrategias principales dentro de esta línea que buscan garantizar la diversidad genética forestal como gran estrategia adaptativa:

F1.1 Conservación formaciones boscosas: Su objetivo es conservar la biodiversidad forestal. Especialmente en estos paisajes de alta y media montaña Navarra, la conservación de la diversidad de especies es fundamental para garantizar la resiliencia y la provisión de Servicios Ecosistémicos.

En el paquete de medidas y/o acciones recomendatorias destacan, entre otras:

- **RA.01.** La elaboración de un plan específico para la gestión integral del hayedo.
- **RA.02.** El mantenimiento de cotas en claras y cortas diseminatorias en el aclareo sucesivo uniforme como estrategia de gestión forestal para la regeneración óptima.
- **RA.04.** La gestión estricta de conservación de pinares de pino negro.
- **RA.05.** La conservación de rodales atípicos y bosques remanentes. Estos rodales actúan como "memoria" del sistema, ya que en ellos sobrevive un complejo biológico con capacidad de recolonizar y estabilizar el resto de superficie tras una perturbación (Volney & Hirsch, 2005)

F1.2 Conservación y restauración de bosques riparios. Estrategia destinada a conservar la biodiversidad y fomentar la gestión sostenible del recurso hídrico. Estrategia similar a la F1.1, pero enfocada en la conservación de la vegetación propia del ecosistema de ribera (p.e: *fraxinus excl.*, *ulmus minor*,).

Entre las recomendaciones dentro de esta estrategia se contemplan, entre otras:

- **RA.06.** Mantenimiento de la vegetación de ribera y las características físicas de los cauces. Son importantes todos los cursos de agua, incluso los de poca magnitud, charcas, surgencias o suelos simplemente encharcados, por albergar, a menudo, las únicas poblaciones navarras de pequeñas especies de flora amenazada o protegida.
- **RA.10.** Sustitución de plantaciones de plataneros por vegetación propia del ecosistema fluvial.
- **RA.11.** La promoción de la revegetación con plantas autóctonas en las cuencas.
- **RA.12.** Aportar estabilidad a pies existentes mediante clareos de bajo peso en bosques de ribera.

F1.3 Mantenimiento de la cobertura forestal en cabecera de cuenca. En consonancia con la estrategia F1.2, pero concretamente aplicada en el curso inicial de los ríos. Las áreas de cabecera generan la mayor parte de los recursos hídricos que se usan aguas abajo en las planicies con alta densidad de población. Por lo tanto, las acciones sobre los usos del agua de la cabecera pueden representar una opción de adaptación efectiva en ambientes con escasez de agua. Las medidas deben favorecer, por tanto, la interceptación de frentes

y captación de la precipitación (vertical y horizontal) y proteger las áreas de recarga de forma compatible con otros usos tradicionales.

En este sentido, el paquete de medidas y/o acciones recomendatorias dentro de esta estrategia destaca la siguiente:

- **RA.14.** La elaboración y puesta en práctica de un programa de actuaciones puntuales de reforestación en aquellas cabeceras de ríos, donde la falta de cubierta arbolada pueda estar induciendo pérdida de captación de agua.
- **RA.15.** El manejo forestal orientado a la mejora de la infiltración de aguas subterráneas y la escorrentía superficial, aumentando así la producción de agua azul a la escala de cuenca, mientras se optimiza la productividad del agua verde forestal en los dominios bioclimáticos pirenaicos.

F1.4 Fomento de bosques mixtos. El objetivo principal de esta estrategia radica en conservar la biodiversidad y fomentar la gestión sostenible del recurso hídrico, mediante acciones de gestión forestal, principalmente en bosques mixtos de haya-roble.

Dentro del paquete de medidas y/o acciones recomendatorias dentro de esta estrategia destacan entre otras:

- **RA.17.** La preservación de masas mixtas de haya-roble utilizando el haya como sustrato. Recientes estudios a nivel europeo confirman que los bosques mixtos son capaces de almacenar más carbono, son más resistentes a plagas y enfermedades y se recuperan mejor de perturbaciones y sucesos destructivos climáticos previstos.

- **RA.19.** El diseño de medidas de gestión forestal para minimizar competencia por recursos hídricos y mantener masas mixtas. En esta misma línea se recomienda el mantenimiento de las masas mixtas de haya con otras especies por verse incrementada su resiliencia ante futuros eventos de sequía intensa

F1.5 Incremento de la diversidad genética de los bosques.

RA.20. Esta medida específica requiere la puesta en marcha de un ambicioso programa de selección de material de reproducción en las repoblaciones, para una gestión adecuada de la diversidad genética adaptadas al medio actual, pero, sobre todo, a los escenarios de cambio climático previstos.

F1.6 Medidas específicas para la lucha y reducción de incendios. Las zonas forestales de alta y media montaña tienen una alta densidad forestal y, en muchos ámbitos, las figuras de protección han impedido su gestión sostenible (talas, cortas...), lo que contribuyen a aumentar la cantidad de combustible disponible frente a los incendios. Ante un escenario de subida de temperaturas y mayor sequía, esta situación aumenta el peligro de grandes incendios forestales, por lo que resulta urgente diseñar medidas de gestión para construir estructuras forestales menos densas, reduciendo combustible disponible.

El paquete de medidas dentro de esta estrategia contempla medidas para la detección precoz, la reducción combustible muerto, así como medidas para favorecer la heterogeneidad de vegetación y romper, así, con la continuidad de la cobertura forestal.

Entre ellas, destacan:

- **RA.30.** La modificación del modelo de combustible a base de desbroces.
- **RA31.** El mantenimiento de una espesura relativamente alta en las masas arbóreas para reducir la velocidad del viento en su interior
- **RA.32.** El mantenimiento de una mayor humedad relativa en los combustibles rasantes y aumentar el plazo para la invasión del matorral; junto a podas de penetración para inducir la discontinuidad vertical.

F1.7 Gestión de ecosistemas de alto valor y reducción presiones espacios protegidos. Existen numerosas zonas en Navarra clasificadas como zonas de especial protección (Reservas Naturales, Reservas Integrales...) Resulta fundamental definir planes de gestión específicos -y estratégicos- para garantizar el alto valor de estos ecosistemas. Ello requiere el diseño y ejecución de planes estratégicos para gestionar los cambios espaciales en la composición específica de los ecosistemas, como consecuencia de la redistribución de especies derivada de las nuevas condiciones ambientales previsibles en los escenarios futuros de cambio global.

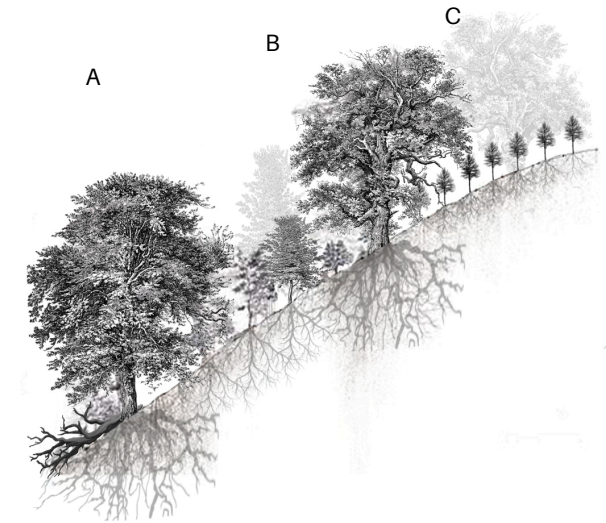


Figura 20. Esquema en sección que representa la gestión sostenible del hayedo donde se combinan acciones de conservación de ejemplares viejos (A), con talas selectivas (B) y tabulas rasas que dan paso a nuevos ejemplares de hayas más jóvenes (C). Esta estrategia también minimiza la competencia por los recursos hídricos. Fuente: elaboración propia

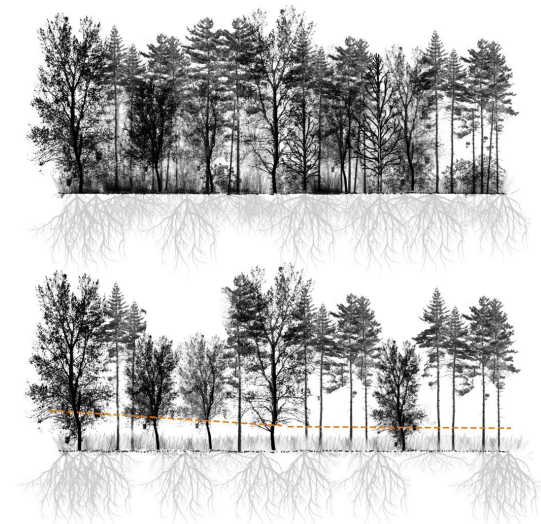


Figura 21. Antes y después (arriba y abajo respectivamente) de aplicar la gestión forestal para la prevención de incendios forestales que representa desbroces del sotobosque -eliminación de arbustos- y podas para inducir la discontinuidad vertical del bosque. Fuente: elaboración propia

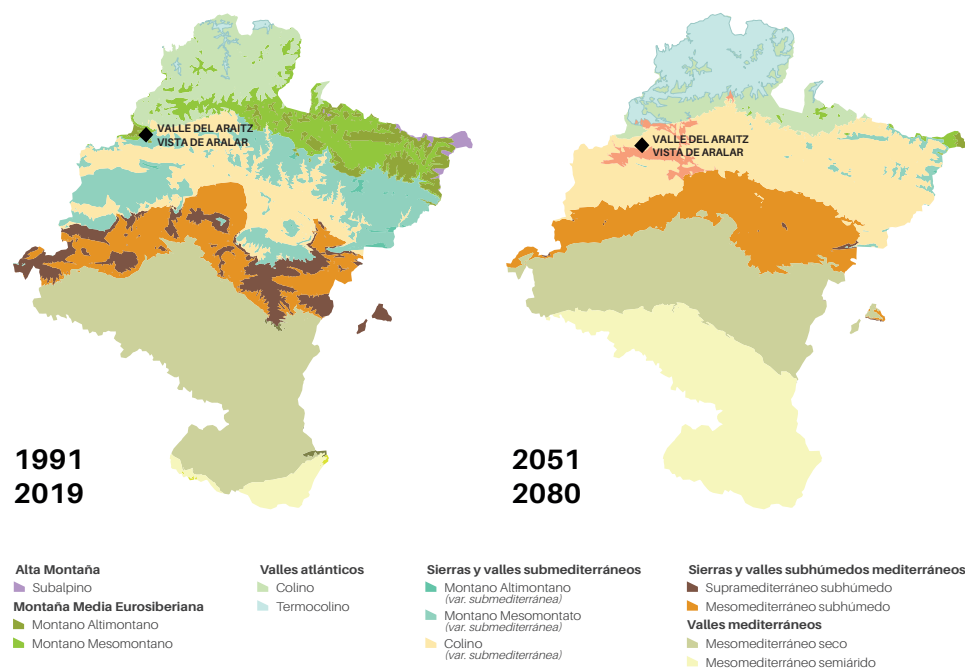


Figura 22. Selección de imágenes que ejemplifican diferentes estrategias de gestión forestal contempladas en un plan integral de gestión del hayedo, donde (a) y (b) muestran el mantenimiento de ejemplares maduros con sotobosque gestionado y presencia de madera muerta; (c) y (d) muestran estrategias de tala selectiva de aquellos ejemplares más debilitados para favorecer, así, el crecimiento de los árboles más fuertes; y (e) representa plantaciones de ejemplares más jóvenes -bosque nuevo-. Fuente: a, c y d Guía original; b y e elaboración propia



Figura 23. Vista de la Sierra de Aralar | Valle de Aritz Fuente: *Elaboración propia sobre base fotográfica Figura 24*

POTENCIACIÓN DE LA CONECTIVIDAD, HETEROGENEIDAD Y MULTIFUNCIONALIDAD DEL PAISAJE **F2**



ESTRATEGIAS DENTRO DE LA LÍNEA F2*

- F2.1-** Reducción de la fragmentación y de las bajas densidades forestales para contribuir a la conectividad
- F2.2-** Manejo sostenible de explotaciones forestales y bajo monte

*Esta línea estratégica **interactúa de forma sinérgica con la F1** (Conservación, gestión y restauración forestal sostenible). Asimismo, para la gestión adaptativa de los paisajes de los Valles Atlánticos frente al cambio climático, se complementarán las estrategias establecidas para las líneas A1 y A2, y, en menor medida, las líneas H y S.

La línea estratégica F2 "Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje" tiene como principio basal que, 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). Por ello, el objetivo esencial de esta segunda línea estratégica es el de mantener y mejorar el mosaico de hábitats existente. Y, a escala paisaje, contribuir plenamente a la conservación de la biodiversidad, por medio de diversas estrategias de gestión del paisaje –o manejo–, entre las que se destacan:

- **garantizar la conectividad del paisaje y la funcionalidad** de la Infraestructura Verde, como medio para la resiliencia de los hábitats y ecosistemas
- **diversificar el mosaico paisajístico, así como la estructura forestal** (a mayor heterogeneidad, mayor diversidad y mayor resiliencia)

Igualmente, se han considerado las recomendaciones derivadas de los principios del Convenio Europeo del Paisaje (CEP, 2000), en relación con los estilos y modos de vida reflejados en los usos que mantienen los distintos sistemas naturales y culturales. Es decir, se deben mantener, tanto la diversidad biológica, como la cultural.

Se trata de un paisaje predominantemente agroforestal de relieve montañoso y estrechos valles, modelado por el suave y húmedo clima templado oceánico propio del área bioclimática definida por el piso colino y termocolino de la región Eurosiberiana, más concretamente, del Distrito Euskaldun Oriental dentro de la Provincia Atlántica Europea

El ancestral aprovechamiento agroganadero caracteriza estos paisajes, donde la "campaña atlántica"–retícula de prados y pastizales– y los caseríos o bordas que salpican las laderas constituyen componentes indisolubles de un paisaje dinámico vinculado al modo de vida tradicional, al valor cultural intangible.

Características de los paisajes de los Valles Atlánticos

La actividad agropecuaria y forestal de estos ámbitos han creado un modelo autosuficiente de paisaje que se caracteriza por una sucesión gradual de usos de suelo entre los límites de los núcleos rurales –ubicados generalmente en los fondos de valle, cerca de los cursos de agua– y las cimas de los montes desarbolados y cubiertos por helechos, brezales y argomales. Estas franjas medias configuran un mosaico de bosques, praderas y helechales, donde se distinguen, de forma dispersa, bordas, corrales y *txabolas*. Los prados y pastizales –campaña atlántica (**e10**)– van cobrando protagonismo a medida que la pendiente de las laderas se suaviza.

Los bosques mixtos de roble y otras especies caducifolias (**e2**), se alternan con los hayedos (**e5**), generando estructuras de gran riqueza cromática y ecológica, que se ve multiplicada por la presencia de diversas especies de sotobosque y matorrales. Estas características generan numerosos nichos de biodiversidad –refugios de especies– de gran valor.

Aunque aún no son dominantes, las explotaciones forestales intensivas de pino insignie (*pinus radiata*) continúan la dinámica de sustitución de especies autóctonas, que se viene dando desde el siglo XX.

Estos elementos arbóreos, junto con la campaña atlántica, constituyen el conjunto de elementos indicadores de cambio del paisaje de los Valles Atlánticos.

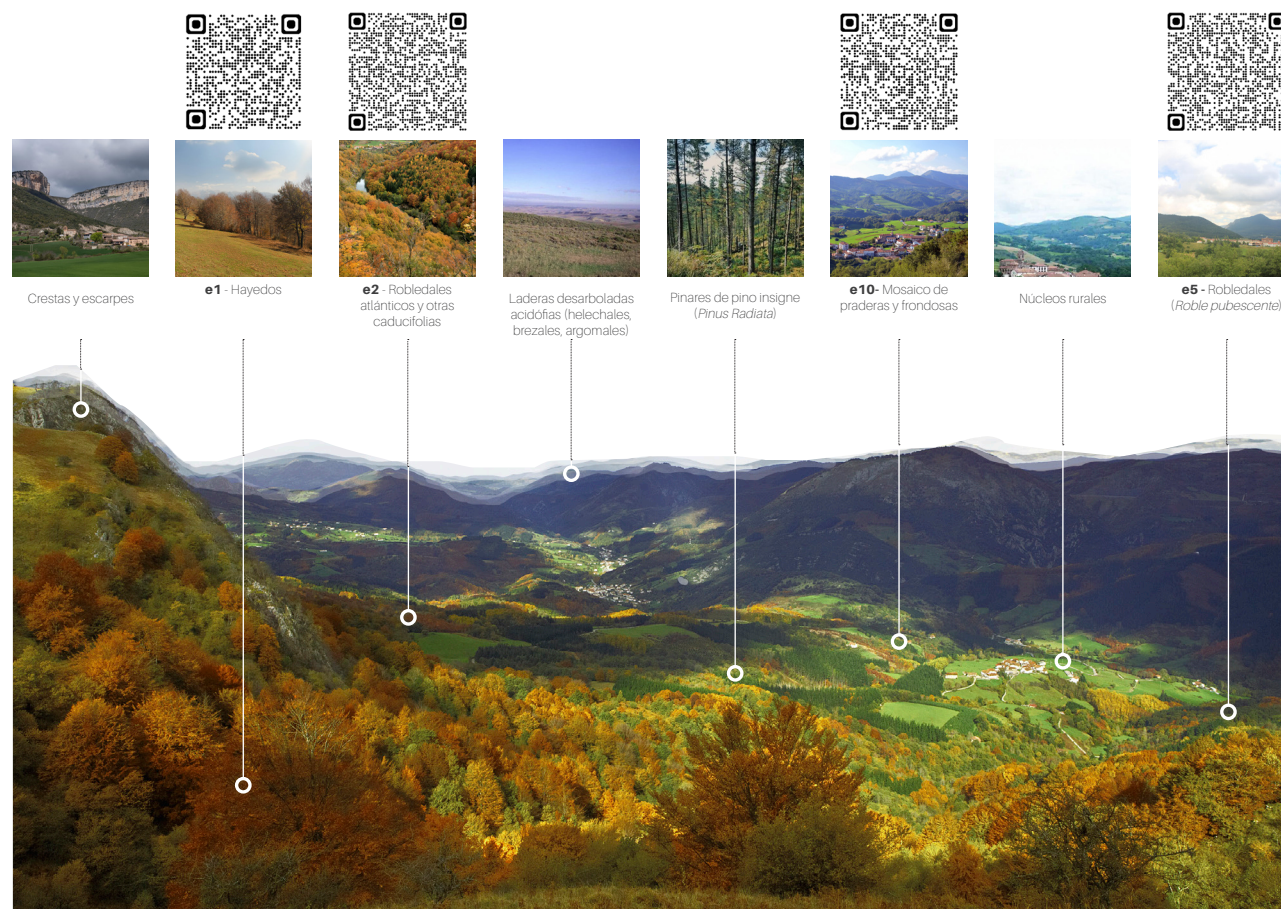


Figura 24. Vista de la Sierra de Aralar | Valle de Aritz. Fuente: Javier Campos - Fototeca de Turismo de Navarra

El impacto del cambio climático

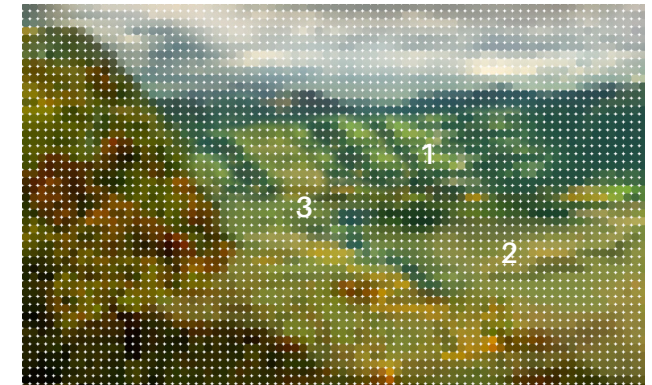
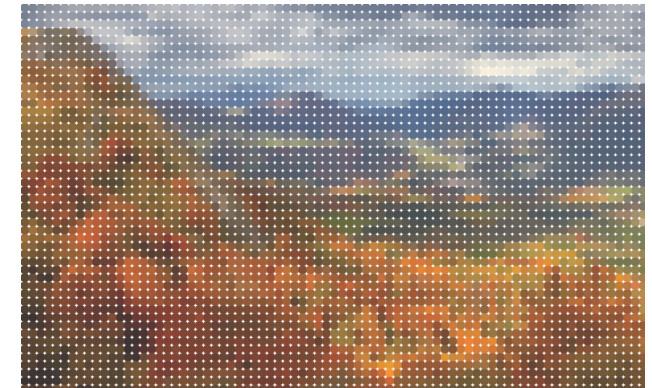
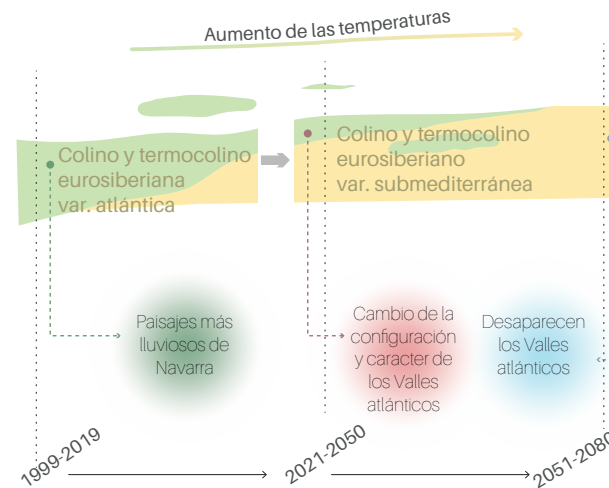
El aumento de las temperaturas, junto con el incremento de los eventos meteorológicos extremos previstos, como periodos de déficit hídrico o el incremento de los días y noches cálidas, provocarán desplazamientos de los ámbitos bioclimáticos vinculados a los paisajes significativos de los Valles Atlánticos. La variación esperada irá, del colino y termocolino, al submediterráneo húmedo: el termocolino se expandirá, y el colino ascenderá hacia cotas pirenaicas, ocupando gran parte de la extensión actual del ámbito bioclimático de Media Montaña.

Estos cambios podrían provocar una reducción de la producción de pastos y cambios en la abundancia relativa de las especies del pasto, amenazando el suministro actual de alimento del ganado. Esta circunstancia repercutirá en un mayor movimiento de los animales en busca de nuevos recursos, provocando zonas de sobrepastoreo y, es probable, que también el abandono de otras zonas de prados y pastizales representativos de la Campiña atlántica (e10).

Estos cambios relativos al manejo del ganado favorecerían, a su vez, la sucesión ecológica, lo que a la larga configuraría superficies forestales continuas que, sin gestión, rompen la heterogeneidad y la diversidad del mosaico agroforestal.

Las hayas (e5), vinculadas al piso colino, se desplazarán a cotas más altas, lo que favorecerá la expansión de los robledales (e2). Esto, junto con el aumento de las superficies de plantación de pino, provocarán la homogeneización del bosque y la consecuente pérdida de los nichos-refugio.

En definitiva se desequilibra el mosaico autosuficiente, y por ende, se pierde su multifuncionalidad y su riqueza ecológica y cultural.



1. Sequía de prados bajos y desplazamiento a cotas más altas
2. Desaparición de retales forestales, bosquines, alineaciones de arbolado en la matriz agrícola
3. Pérdida de corredores biológicos por desaparición de componentes forestales

Figura 25. Comparativa que muestra el estado actual (izquierda) frente a un escenario climático de 2080 (derecha) que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles atlánticos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 24

F2.1 Cada tesela y corredor de carácter forestal contribuye a la totalidad de la conectividad en red, utilizada por diferentes especies para desplazarse.

F2.2 Se puede fomentar la evolución del paisaje forestal haciendo un manejo correcto, acompañando a cada tesela del mosaico en su crecimiento y transformación.

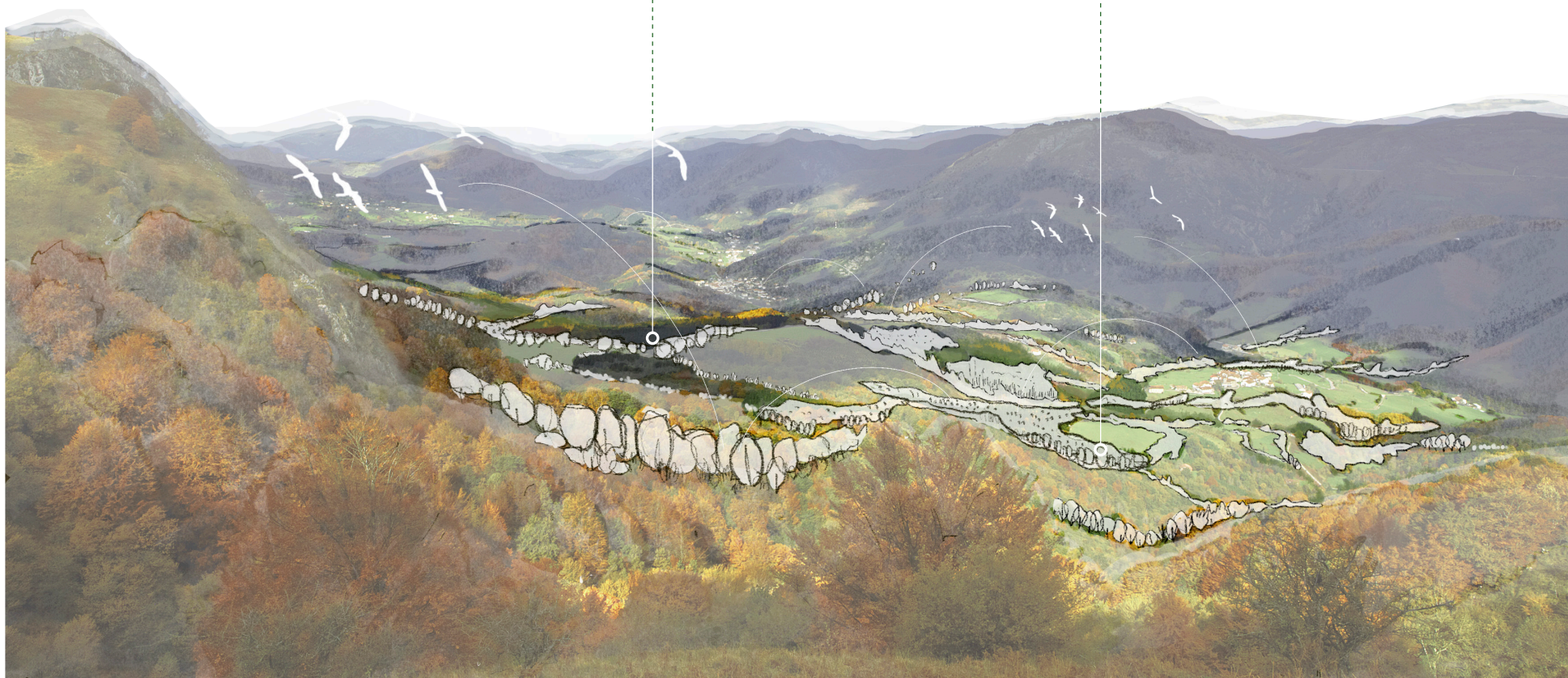


Figura 26. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre la escena de la Sierra de Aralar | Valle de Araitz. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 24

Estrategias y recomendaciones de actuación de la línea F2

Se definen dos estrategias principales que buscan mantener y mejorar el mosaico de hábitats existente como principio de conservación de la biodiversidad a escala paisaje.

F2.1 Reducción de la fragmentación y de las bajas densidades forestales para contribuir a la conectividad. Estrategia destinada a fortalecer la Infraestructura Verde en un paisaje de mosaico modelado y gestionado de gran valor cultural. Garantizar su funcionalidad y su provisión de servicios ecosistémicos resulta fundamental para garantizar la resiliencia de los hábitats, incluido el nuestro.

Parte del paquete de medidas recomendarías dentro de esta estrategia contempla, entre otras:

- **RA.24.** Establecer corredores biológicos, promoviendo paisajes forestales conectados con el resto de los elementos de la matriz que faciliten la movilidad de las especies animales.
- **RA.25.** Mejorar la vitalidad e incrementar la densidad de teselas de terreno forestal en la matriz agraria.
- **RA.26.** Mantener y potenciar orlas arbustivas y soto-bosque.
- **RA.27.** Garantizar zonas refugios para determinadas especies y asegurar su conectividad para que las especies puedan migrar.

F2.2 Manejo sostenible de explotaciones forestales y bajo monte. El objetivo de esta estrategia es diversificar el mosaico y la estructura forestal. Una mayor diversidad y heterogeneidad de densidades, formaciones y estructuras favorecen la maximización de la biodiversidad.

Para ello, el paquete de medidas y recomendaciones de esta estrategia contempla diversas acciones relacionadas con la gestión forestal, como:

- **RA.28.** La transformación progresiva de montes bajos en formaciones forestales.
- **RA.29.** Fomentar los resalveos de montes bajos para reducir densidad y convertir a monte alto.



Figura 28. Zona de refugio para especies, compuesta por múltiples estratos arbóreo (3), arbustivo (2), herbáceo (1) y horizonte fértil del suelo (0). Fuente: elaboración propia

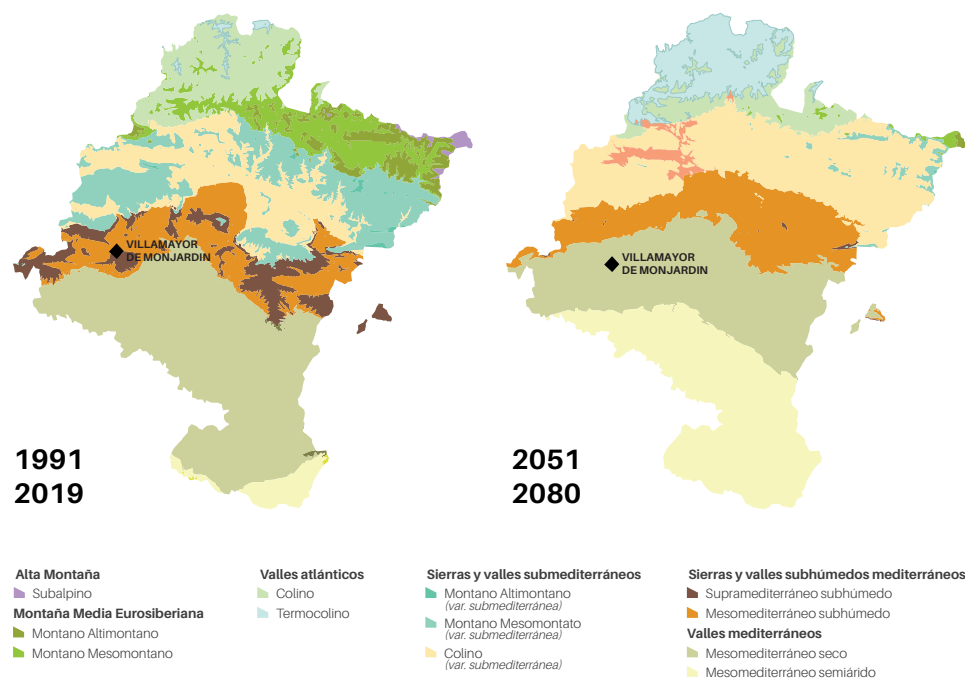


Figura 27. Vista panorámica de las laderas de Orizki-Medibil. Representación del paisaje de mosaico y la diversidad de sus estructuras. Fuente: elaboración propia



Figura 29. Vista hacia Villamayor de Monjardín. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 30

AGRICULTURA REGENERATIVA EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y PAISAJES AGRARIOS

A1


La línea estratégica A1 “Agricultura regenerativa en sistemas agroforestales y paisajes agrarios” pone el foco en el mantenimiento de la diversidad genética, la complejidad estructural y la diversidad funcional del paisaje*. Se trata de un conjunto de medidas basadas en el principio de la adaptación ecológica, donde la preservación de la conectividad de las especies y la definición y protección de áreas de refugio climáticas cobran especial importancia.

Los objetivos principales de esta medida de adaptación son:

- El fomento de la gestión integrada de la ganadería, el monte y la agricultura, para mejorar la capacidad de mitigación y resiliencia de los paisajes agrarios.
- La mejora de las prácticas agrícolas, para el mantenimiento de la humedad edáfica.

En la actualidad, en Navarra, las zonas de transición climática entre la región Eurosiberiana (atlántica) y la Mediterránea, vinculadas a los ámbitos de las Sierras y valles subhúmedos mediterráneos y Sierras y valles submediterráneos. Conectan las planicies y los valles del sur del territorio, con los relieves de las sierras y montes de la zona norte de Navarra. Así, en su parte más oriental los paisajes evidencian la mayor continentalidad de la provincia pirenaica mientras que, en su mitad occidental, se configura un paisaje atlántico enriquecido con caracteres propios del clima mediterráneo.

ESTRATEGIAS DENTRO DE LA LÍNEA A1*

- A1.1-** Diversificación cultivos e integración de actividades ganaderas, selvícolas y agrícolas
- A1.2-** Mejora retención aguas en tierras agrícolas

*Esta línea estratégica **interactúa de forma sinérgica con la F2** (Potenciación de la conectividad, heterogeneidad y multifuncionalidad del paisaje) así como con la **A2** (Conservación de la diversidad biológica agrícola). Asimismo, se complementará con las estrategias establecidas para las líneas H y S.

Características de los paisajes de las Sierras y valles submediterráneos

Se caracterizan por ser paisajes de grandes contrastes donde, en las zonas de mayor relieve, los bosques caducifolios de robledales y quejigares se alternan con las formaciones de pinares de pino silvestre. A este mosaico se le suman, en las laderas más suaves, bosquetes de frondosas atlánticas con matorrales, prados y cultivos herbáceos; estos últimos ubicados en las zonas más llanas y húmedas, de fondo de valle ancho.

Así, sobre un paisaje mayoritariamente verde, en invierno destacan los ocre de las hojas de los bosques marcescentes (estrategia de ciertas especies que mantienen las hojas secas en las ramas hasta bien entrado el invierno) y, en verano, los amarillos-ocres de cultivos y pastos.

La especie que mejor refleja este ámbito submediterráneo es el roble pubescente (**e5**) (*Quercus pubescens*), que marca el límite de la región eurosiberiana. Junto con su híbrido, el quejigo (**e8**), constituyen especies adaptadas tanto a los leves periodos de sequía estival como a inviernos menos fríos. Por otro lado, los encinares cantábricos (**e9**), el pino royo (**e7**) y la campiña atlántica (**e10**) se corresponden con los elementos configuradores de este paisaje que presentan una mayor vulnerabilidad a las alteraciones climáticas potenciales.

Por tanto, este conjunto de elementos se reconoce como un indicador representativo de cambio en los paisajes de Sierras y valles submediterráneos.

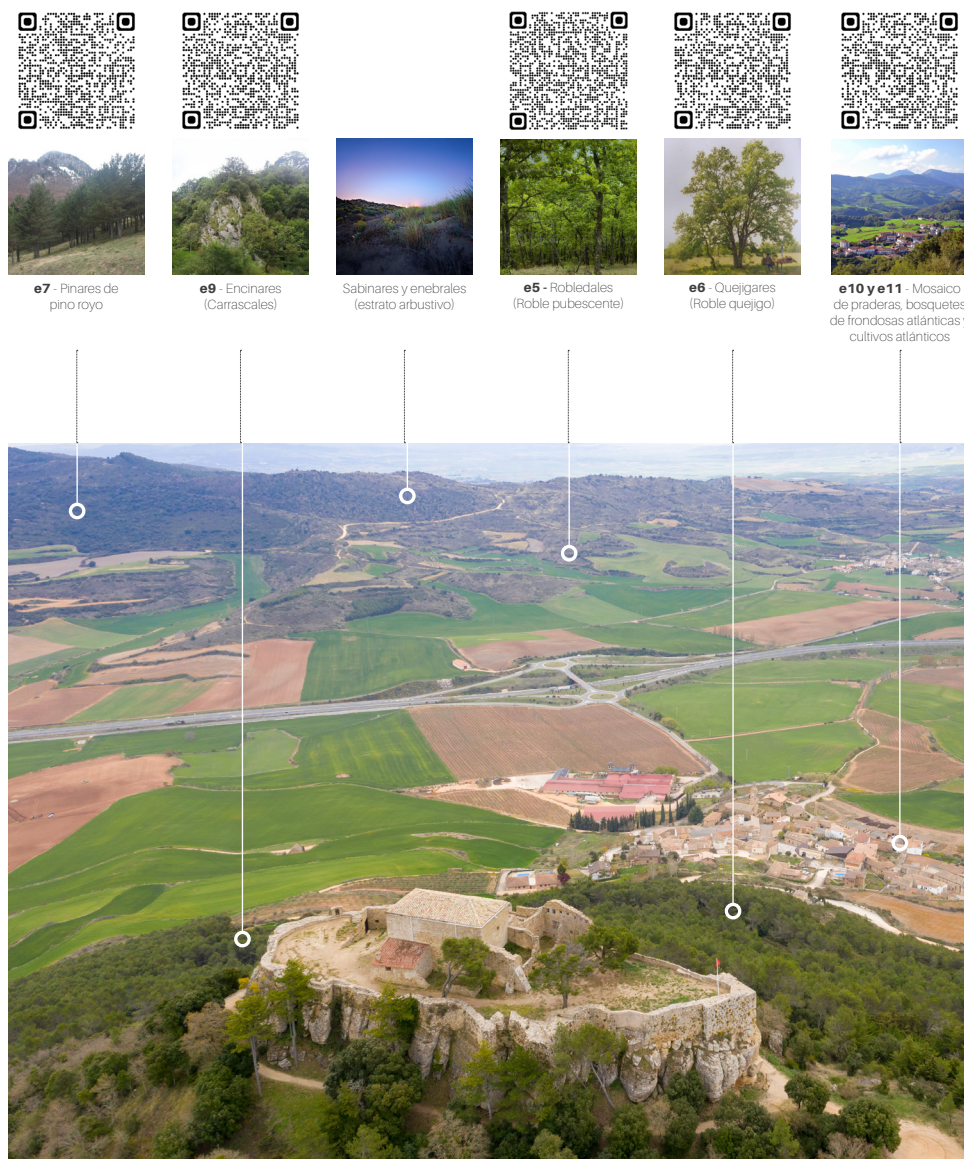


Figura 30. Vista hacia Villamayor de Monjardín. Fuente: Francis Vaquero - Fototeca de Turismo de Navarra

El impacto del cambio climático

El calentamiento global traerá consigo un aumento de las temperaturas, provocando el traslado de este piso bioclimático hacia el norte –parte continental– y hacia cotas más altas del pirineo, en busca de los condicionantes climáticos óptimos, siendo su espacio colonizado por el mesomediterráneo seco, tal y como muestra la imagen inferior.

Estos cambios, junto con las alteraciones en el régimen pluviométrico que provoca mayores periodos de sequía y la evapotranspiración propiciada por el aumento de temperaturas, traerán consigo una disociación entre las bandas altitudinales y sus áreas bioclimáticas asociadas

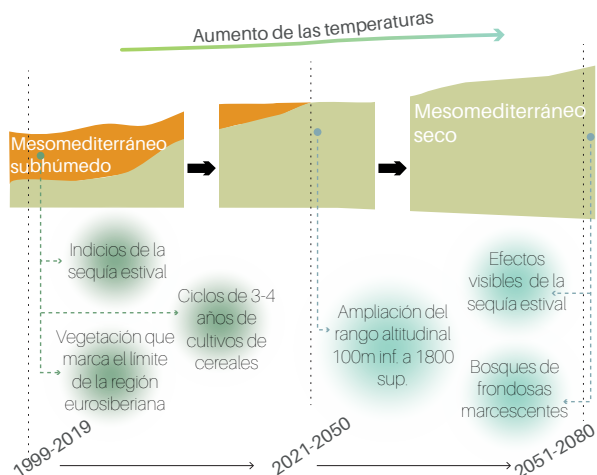


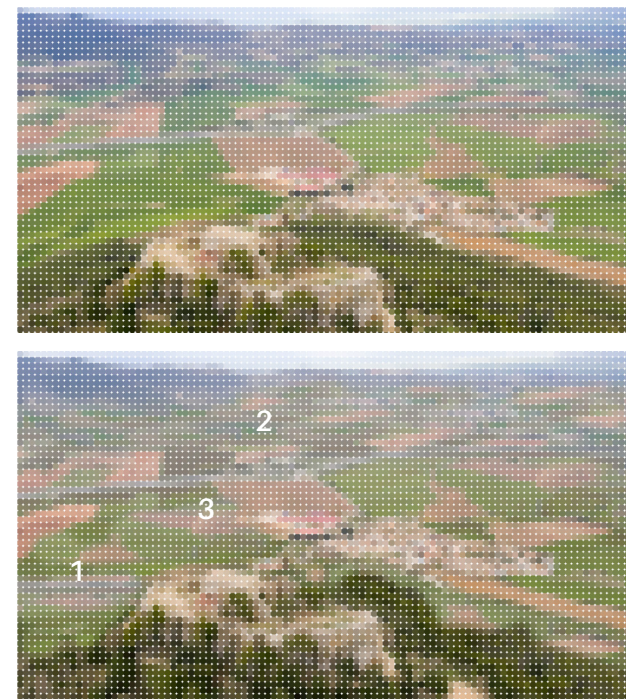
Figura 32. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia.

en la actualidad. Así, el impacto generado por el traslado y extensión de la variante submediterránea hacia el nor-este, se traduciría en una potencial homogeneización del paisaje representativo actual de la Zona Central de Navarra.

Homogeneización propiciada, por un lado, por la desaparición de los elementos asociados a las vertientes atlánticas y pirenaicas que actualmente enriquecen este paisaje de mosaico. Es decir, los encinares cantábricos (e9) y el pino royo (e7) se desplazarán más allá de la Zona Central de Navarra: los primeros hacia la parte atlántica al norte y los pinares hacia los pirineos, ocupando cotas altitudinales medias, pudiendo llegar a desaparecer del territorio navarro. En relación a los prados y cultivos vinculados a una mayor presencia de agua y humedad (e10) se verán gravemente afectados y, de forma gradual, la prolongación paulatina de los periodos de sequía estival, junto con la creciente demanda de agua, provocarían su pérdida.

Por otro lado, la localización potencial del roble pubescente y el quejigo (e9 y e6) en zona de transición climática y su capacidad para la dispersión, les confieren mayor resiliencia frente a la variación climática, adaptándose a ambientes más mediterráneos con cierta humedad. Por lo tanto, estas formaciones forestales irán aumentando su superficie de expansión, convirtiéndose en los bosques predominantes.

Esta homogeneización reduciría considerablemente la resiliencia del paisaje frente al cambio climático.



- 1. Fallo en el suministro de agua por demanda excesiva, no adaptada a nuevas condiciones de cultivo
- 2. Homogeneización del paisaje agroforestal por pérdida de cultivos y especies arbóreas de climas atlánticos y extensión de especies mediterráneas.
- 3. Secado gradual del paisaje agrícola por presión de parcelas activas y de alta demanda hídrica.

Figura 31. Comparativa que muestra el estado actual (arriba) frente a un escenario climático de 2080 (abajo) que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles submediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 30

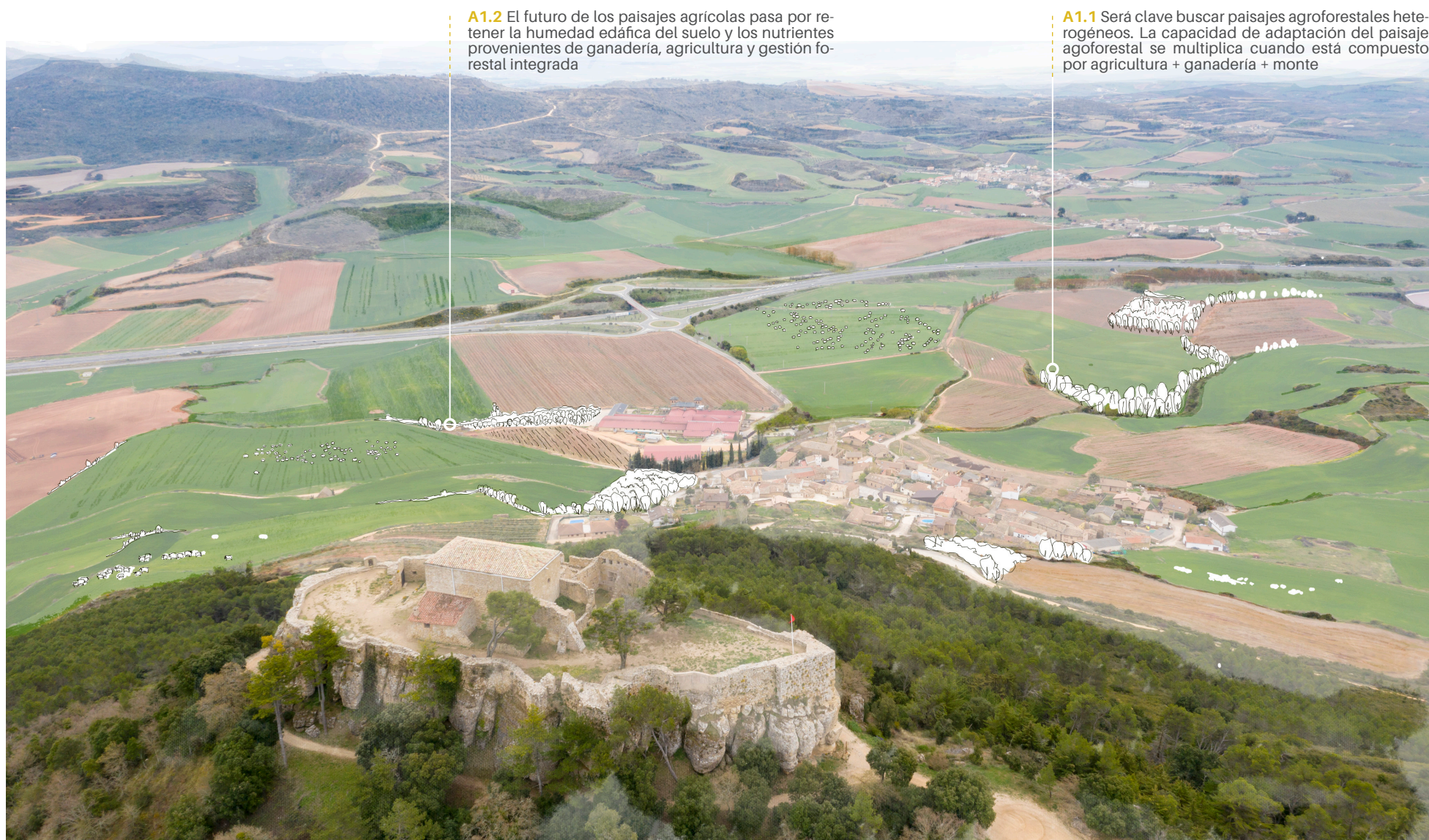


Figura 33. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje representativo de Villamayor de Monjardín. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 30.

Estrategias y recomendaciones de actuación de la línea A1

Se definen dos estrategias principales –A1.1 y A1.2– que buscan garantizar la diversidad genética y funcional del paisaje, así como su complejidad estructural:

A1.1 Diversificación cultivos e integración de actividades ganaderas, selvícolas y agrícolas. El objetivo fundamental de esta estrategia es la adaptación de los paisajes agroforestales a los escenarios de cambio climático por medio de la heterogeneización y diversificación del mosaico.

Así, se definen una serie de medidas y acciones destinadas al fomento de la gestión integrada de la ganadería, el monte y la agricultura, que contribuyen a mejorar la capacidad de mitigación y resiliencia de los paisajes agrarios. Destacan, entre otras:

- **RA.45.** Conservar y potenciar los sistemas agroforestales heterogéneos, integrando, siempre que se pueda, la ganadería, el monte y la agricultura. Éstos han demostrado ser una estrategia de gestión del territorio que permite mejorar la resiliencia del paisaje frente a los efectos del cambio climático. Esta virtud se basa, sobre todo, en la capacidad de minimizar los riesgos de incendio forestal e incrementar el valor ecológico, así como del secuestro de carbono.
- **RA.46** Incentivar la fertilización basada en residuos orgánicos y organismos simbiotes.

A1.2 Mejora retención aguas en tierras agrícolas.

Esta estrategia comparte objetivo principal con la estrategia anterior, pero se centra en la mejora de las prácticas agrícolas para el mantenimiento de la humedad edáfica como medida de adaptación de los paisajes agrarios al cambio climático.

Para ello, el paquete de medidas y acciones recomendatorias de esta estrategia contempla, entre otras:

- **RA.47.** Fomentar la actividad agrícola sostenible para la protección del suelo y la retención de nutrientes;

así como para el mantenimiento de la humedad edáfica.

- **RA.48.** Mantener la cubierta vegetal el máximo tiempo posible, tanto en secano como en regadío, y sobre todo en los cultivos arbóreos. Esto minimiza la pérdida por evapotranspiración de la humedad edáfica.



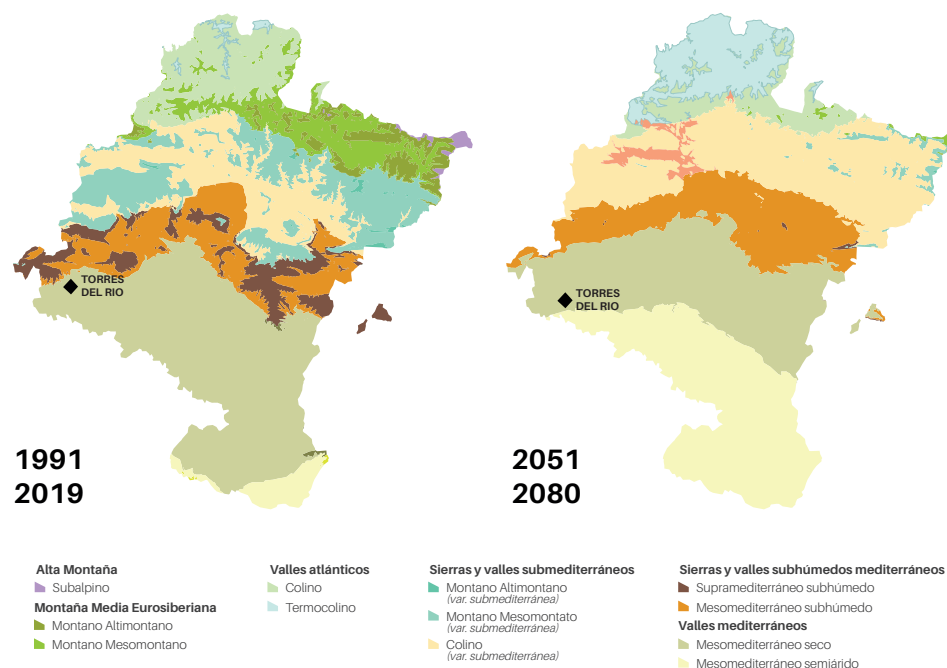
Figura 34. Representación de estrategias de gestión integrada que potencian el sistema productivo heterogéneo. Fuente: elaboración propia



Figura 35. Vista de Cultivos y viñedos en Torres del Río. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica de la Figura 36

CONSERVACIÓN DIVERSIDAD BIOLÓGICA-AGRÍCOLA

A2



ESTRATEGIAS DENTRO DE LA LÍNEA A2*

- A2.1-** Conservación de la diversidad genética agrícola
- A2.2-** Lucha contra las especies exóticas invasoras
- A2.3-** Fortalecer estrategias fitosanitarias

*Esta estrategia está alineada con los programas de desarrollo rural europeos para la conservación de los agrosistemas de alto valor natural (objetivo vinculado a las líneas estratégicas F1 y F2); y contribuye, de una forma efectiva, a la consolidación de la infraestructura verde en sus vertientes forestal y agraria (Estrategia Europea para la Biodiversidad, 2011). También se atenderá a lo establecido para la línea S y, en menor medida, la línea H.

Esta línea estratégica A2 “Conservación de la diversidad biológica agrícola” está directamente relacionada con el mantenimiento de la heterogeneidad y complejidad del mosaico agrícola, a través de la gestión y control de la biodiversidad.

Los cultivos, en su totalidad, requieren agua, luz solar y una temperatura adecuada para su crecimiento y, los escenarios de cambio global para el sur de Europa, apuntan a que el aumento de la temperatura, los eventos de calor extremos, la reducción de la disponibilidad hídrica y la proliferación de plagas y enfermedades, afectarán de forma directa tanto a la productividad de los cultivos como a los rendimientos, que serán más variables. Atendiendo a que el 38% de la superficie en Navarra se corresponde a suelo agrícola, se considera que la vulnerabilidad de este sector es elevada, por lo que resulta imprescindible y urgente, la definición de medidas paisajísticas estratégicas de adaptación.

Para ello, el paquete de medidas* que contempla esta línea estratégica se centra, principalmente, en:

- Conservar los agrosistemas de alto valor natural
- Adecuar los cultivos y controlar la invasión de especies exóticas
- Mejorar el estado fitosanitario de las coberturas agrícolas y vegetales

Uno de los ámbitos más representativos de la diversidad del mosaico agrícola se corresponde con la zona climática de transición correspondiente a las Sierras y valles submediterráneos y, en específico, el piso colino en su variante mediterránea, donde la agricultura tiene relativa importancia. Paisajes de mosaico agrícola compuestos por una combinación de cultivos de secano y regadío, que ven multiplicada su biodiversidad por la presencia de pastizales y formaciones originales de bosque y/o matorral mediterráneo. Este valiosa composición tradicional agroforestal se conoce como “monte-cultivo”.

Características de los paisajes de las Sierras y valles submediterráneos

En estos ámbitos nos encontramos con valiosos mosaicos paisajísticos en los que alternan formaciones originales de bosque o matorral mediterráneo con pastizales y cultivos.

Las teselas forestales y arbustivas se sitúan a media ladera, mientras que las zonas de cultivo se encuentran en fondo de valle y en las lomas de relieve suave, más o menos incididas por complicadas redes de barrancos. Los campos de labor conforman pequeñas parcelas de contornos irregulares, adaptadas a las particularidades del relieve donde se van intercalando distintas variedades de cultivo. Predomina el cultivo de cereal, alternándose con forrajeras y leguminosas.

A este mosaico se le suman los cultivos leñosos (incl. viña (**e12**)), y herbáceas (**e14**), y cultivos industriales de girasol y colza (aunque más vinculados a zonas mas pobladas urbanas) Esta mezcolanza genera un paisaje de gran diversidad biológica y, por tanto, de gran valor, no sólo a nivel productivo, si no también ambiental; en definitiva, un paisaje. resiliente.

Más allá del "monte-cultivo" submediterráneo y el mosaico agrícola, otros de los elementos que mejor reflejan este ámbito submediterráneo colino son los encinares/ carrascales (**e9**).

Todo este conjunto de elementos configuradores de los paisajes de Sierras y valles submediterráneos colinos sirve de indicador representativo de los efectos potenciales del cambio climático.

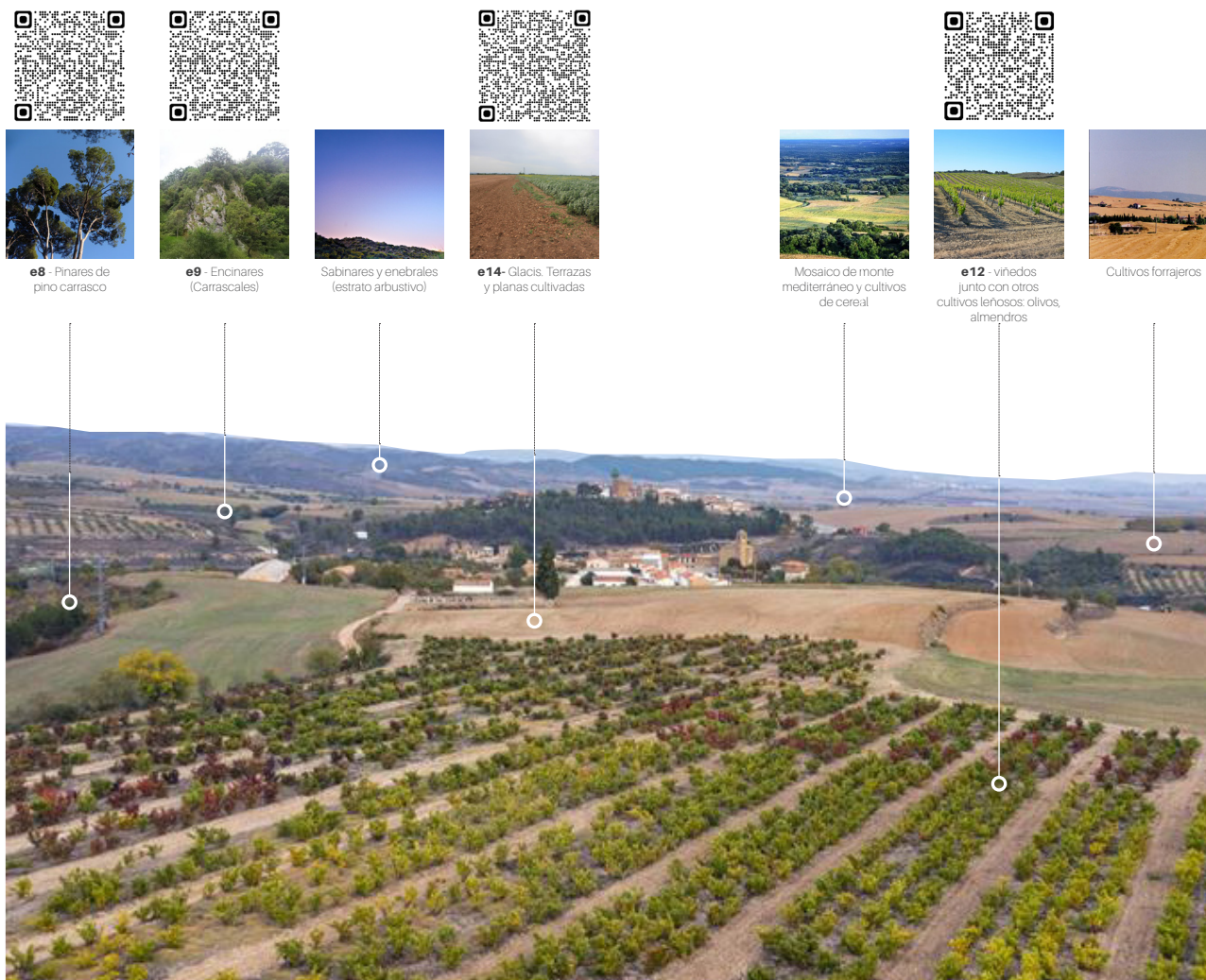


Figura 36. Vista de Cultivos y viñedos en Torres del Río. Fuente: Francis Vaquero - Fototeca de Turismo de Navarra

El impacto del cambio climático

En la actualidad, la variante submediterránea del piso colino en Navarra se corresponden con altitudes que van desde los 400 m hasta los 750 m, caracterizado por un clima templado con rasgos mediterráneos. Los efectos del calentamiento global traerán consigo la mediterraneización total del piso colino y, por ende, provocarán su ascenso sobre los terrenos del mesomontano y el altimontano principalmente, desplazándolos hasta casi su desaparición. Esta potencial expansión provocará una homogeneización del paisaje de la franja central de Navarra.

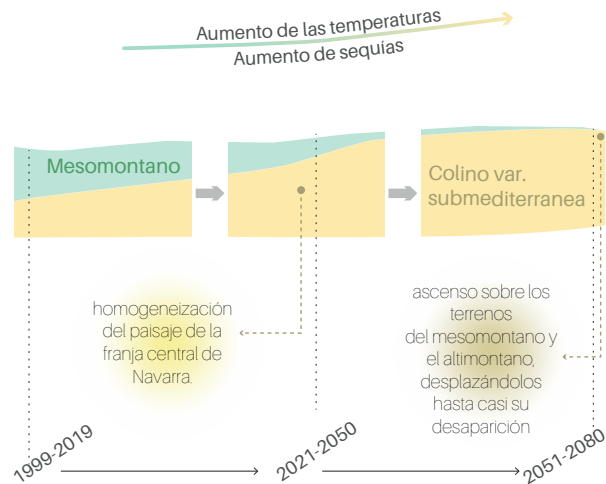
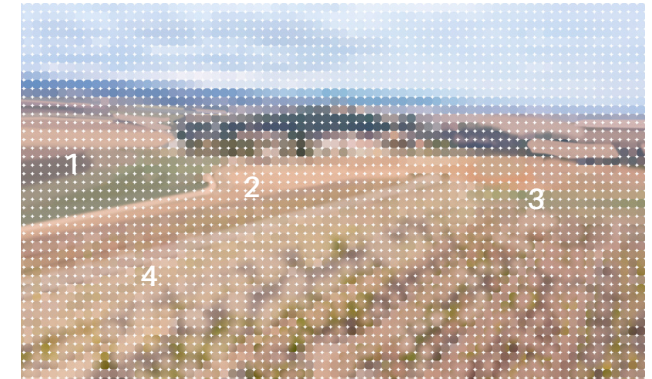


Figura 38. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia.



1. Pérdida de biodiversidad por presión sobre límites de parcela (setos, arbolado de límite, mosaico agrícola)



2. Pérdida de plaguicidas naturales = biodiversidad existente en el mosaico agro-forestal



3. Aumento de plagas y multiplicación del uso de plaguicidas químicos



4. Reducción de la calidad del recurso suelo, abandono de cultivos y presiones nuevas sobre suelos fértiles

Figura 37. Comparativa paisajística estado actual (izquierda) frente a un escenario climático de 2080, que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles submediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias y dejar solo al paisaje en gestionar su adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 36

El aumento de los periodos de sequía, junto con el ascenso de las temperaturas y la consecuente evapotranspiración, afectarán potencialmente a la diversidad de paisaje de mosaico agroforestal, provocando una pérdida de biodiversidad y, por consecuencia, una reducción de su resiliencia –característica principal del “monte-cultivo”–, al eliminarse las sinergias entre las diferentes especies y que actualmente funcionan como protección natural de los cultivos frente a plagas y enfermedades.

El abandono por falta de rentabilidad–o desplazamiento hacia el norte– de los cultivos con mayores necesida-

des hídricas como los herbáceos (**e14**) y las forrajeras, dará lugar a un incremento de la extensión de los cultivos de secano, que también se verán expuestos por factores relacionados con la calidad del suelo (ver línea estratégica Suelo –S–).

Los bosques leñosos predominantes de encina(**e9**), irán paulatinamente desapareciendo del mosaico, ya sea por su baja tolerancia a las sequías severas, por su escasa eficiencia del uso del agua y/o por desplazamiento a climas más áridos. Las masas más afectadas serán las situadas en localizaciones con escaso suelo y orientaciones expuestas al sol.

A2.2 Será necesario detectar de manera temprana la aparición de especies invasoras para reducir su perturbación en el paisaje por propagación

A2.3 Los bordes multifuncionales de parcelas son refugio y hábitat de especies capaces de regular y luchar de manera biológica contra plagas, reduciendo al mínimo indispensable el uso de productos químicos

A2.1 Será oportuno seleccionar y probar especies más tolerantes a los efectos del cambio climático para garantizar cultivos más prósperos



Figura 39. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje de Cultivos y viñedos en Torres del Río. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 36.

Estrategias y recomendaciones de actuación de la línea A2

Con el objetivo principal conservar la diversidad biológica y agrícola como medio vital de adaptación a los efectos del cambio climático, se definen tres estrategias principales –A2.1, A2.2 y A2.3–:

A2.1 Conservación de la diversidad genética agrícola. El objetivo fundamental de esta estrategia principal es la mejora y ampliación de los bancos de semillas, así como la adecuación de los cultivos a través de la elección de especies y variedades más adaptadas a las nuevas condiciones climáticas.

Dentro del paquete de medidas y acciones recomendatorias que contempla la A2.1 destacan:

- **RA.40.** Potenciar la selección genética de las variedades de cultivos mejor adaptadas a los escenarios de cambio. Para ello, resulta imprescindible garantizar la existencia de variedades genéticas mejor adaptadas a través de la regeneración del banco de semillas; así como la utilización de semillas mejoradas que ya hayan mostrado su capacidad de supervivencia en las nuevas condiciones ambientales y sean más tolerantes a enfermedades.
- **RA.41.** Adecuar los cultivos a través de la elección de especies y variedades más resilientes frente a las nuevas condiciones climáticas, tanto de secano como de regadío. Además de la mejora, diversificación y sustitución de variedades con menor capacidad de adaptabilidad, introduciendo especies más tolerantes a la variabilidad.

A2.2 Lucha contra las especies exóticas invasoras.

- **RA.42.** Esta estrategia se centra en el desarrollo de protocolos de detección temprana de especies exóticas invasoras, así como en el diseño de un procedimiento de intercambio de información ágil, que permita conocer el avance de las mismas y los resultados de las acciones emprendidas.

A2.3 Fortalecer estrategias fitosanitarias. Esta estrategia tiene como objetivos el fomento de la lucha biológica contra plagas y enfermedades, la introducción de variedades y especies resistentes a plagas y enfermedades emergentes; y la reducción del uso de productos químicos.

Entre las acciones recomendatorias que contempla esta estrategia, destacan:

- **RA.43.** La introducción de variedades y especies resistentes a plagas y enfermedades emergentes.
- **RA.44.** La reducción del uso de productos químicos sólo para afrontar tratamientos curativos (no preventivos), cuando no exista otra alternativa; o si se prevén daños superiores al coste económico y ambiental de la aplicación. Para ello, es necesario fomentar la lucha biológica frente a plagas y enfermedades emergentes.

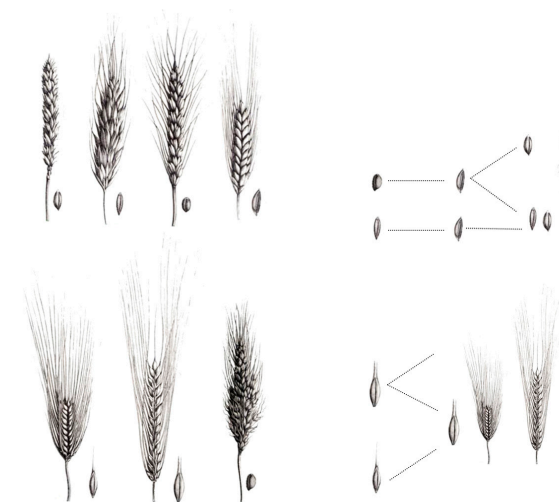


Figura 40. Potenciar la diversificación de especies y la selección genética de variedades de cultivos adaptadas al cambio climático. Fuente: elaboración propia



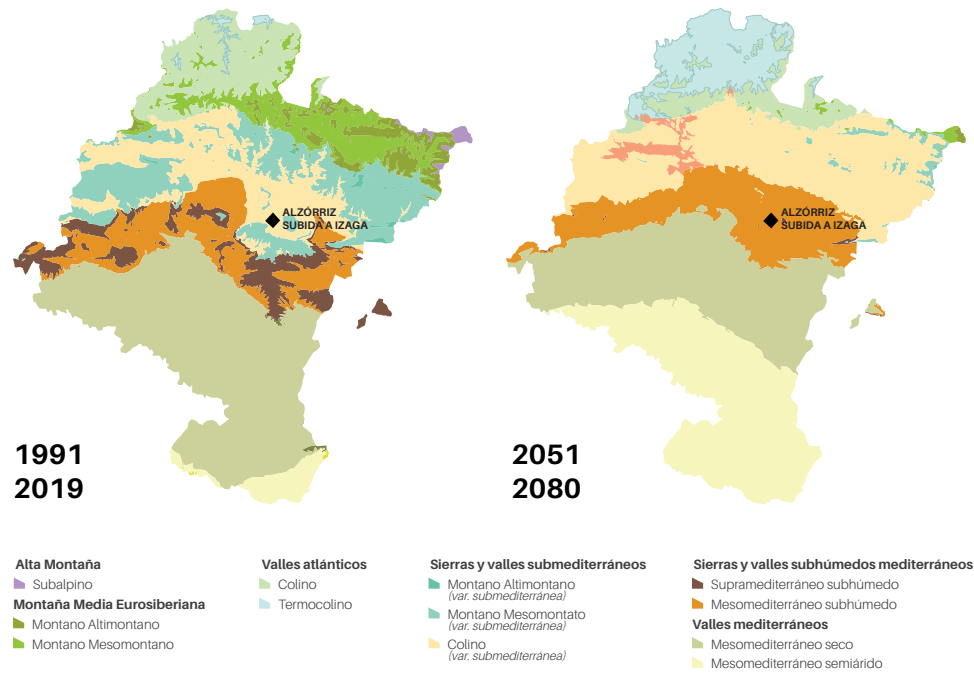
Figura 41. Desarrollo de protocolos de detección temprana de especies exóticas invasoras y reducción del uso de productos químicos como estrategia principal fitosanitaria favoreciendo la biodiversidad. Fuente: elaboración propia



Figura 42. Vista de Alzórriz desde la subida a Izaga Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 43

PROTECCIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

S



ESTRATEGIAS DENTRO DE LA LÍNEA S

S1- Planificación de la adaptación integral de usos de suelo

**Esta línea estratégica interactúa de forma sinérgica con la A2 (Conservación de la diversidad biológica-agrícola) y con la H - agua.*

Siglos de tradiciones agrarias de Europa han construido una amplia gama de paisajes agrícolas, contribuyendo a conservar la biodiversidad 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 (el cultivo en terrazas en muchos lugares de Europa es un ejemplo de esa lamentable pérdida).

Como principio rector, las estrategias que se han de poner 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 tales medidas.

El objetivo esencial de esta línea estratégica es dar importancia a las medidas de gestión de las condiciones edáficas del territorio como elementos fundamentales para la adaptación de los paisajes al cambio climático. La línea estratégica se encamina a entender el suelo no sólo como un componente productivo del territorio sino como el soporte fundamental de sus valores naturales y culturales.

Esta línea estratégica se ocupa de aquellos espacios de importancia agrícola configurado por relieves marginales, extensos somontanos y llanuras en su mayor parte cultivadas en secano –destacan campos de trigo y otros cereales de secano, aunque también son relevantes el olivo, la vid y el espárrago-, y que están surcadas, de norte a sur, por los tramos medios de los grandes ríos navarros. Se trata de un paisaje de transición entre los dos principales dominios paisajísticos: el eurosiberiano relacionado con la Montaña en el Norte y el mediterráneo del entorno de la Depresión del Ebro en el Sur.

Los paisajes de las sierras y valles subhúmedos mediterráneos

Estos paisajes agrarios son muy característicos de los Valles mediterráneos. Llanos o suavemente ondulados, carentes de estrato arbóreo, tradicionalmente roturados y transformados en cultivos de cereales de secano. Hay presencia de matas leñosas de escaso porte –romero, tomillo– y herbáceas –esparto, lastón– propias de medios semiáridos, resistentes a la insolación, a la sequía estival, al calor y también al frío. Predominan los cultivos de cebada y trigo, en barbecho anual. De forma complementaria se aprovechaban las rastrojeras del cereal y pastizales en baldíos para ganadería extensiva vinculada al pastoreo de ovejas. Todavía perviven las “corralizas”: pastizales de secano que incorporaban corrales, parideras y balsas para el pastoreo del ganado ovino.

El elemento más característico son las frondosas marcescentes (submediterráneas, **e5**) y quejigares (*quercus faginea*, **e6**). Aunque, en la actualidad, la mayor parte de su extensión está ocupada por cultivos agrícolas (estepas cerealistas de secano, **e15**) y la formación se ha visto reducida a bosques claros y con poco porte en sierras y piedemontes. También son comunes las manchas de carrascal (*Q. ilex* subsp. *ballota*, **e8**), que se localizan entre tierras de labor.

Los elementos comentados de este paisaje agrícola, en evolución del secano al regadío, de reciente implantación, nos sirven como indicadores del cambio en los escenarios climáticos futuros.

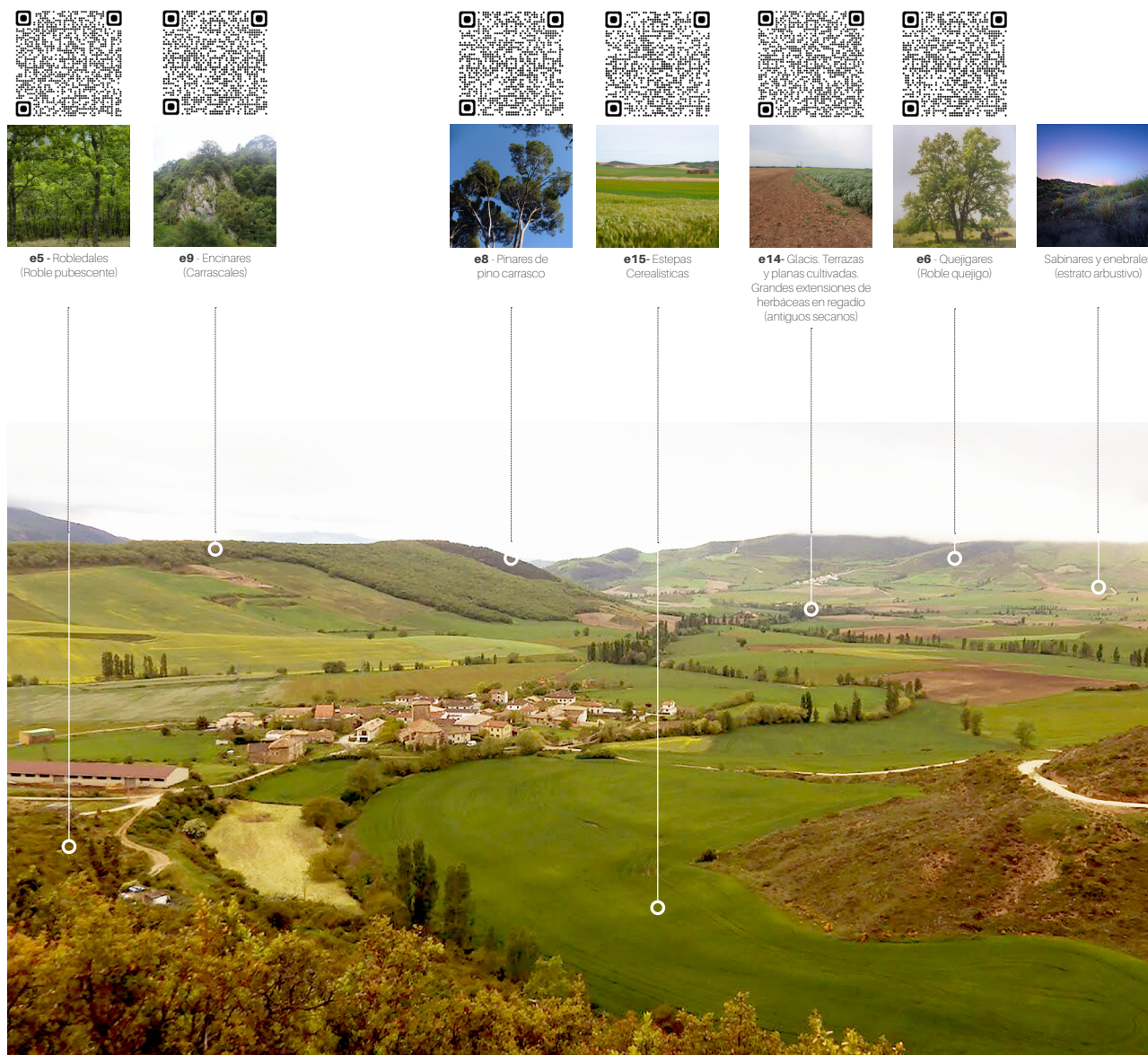


Figura 43. Vista de Alzórriz desde la subida a Izaga. Fuente: Fototeca de Turismo de Navarra

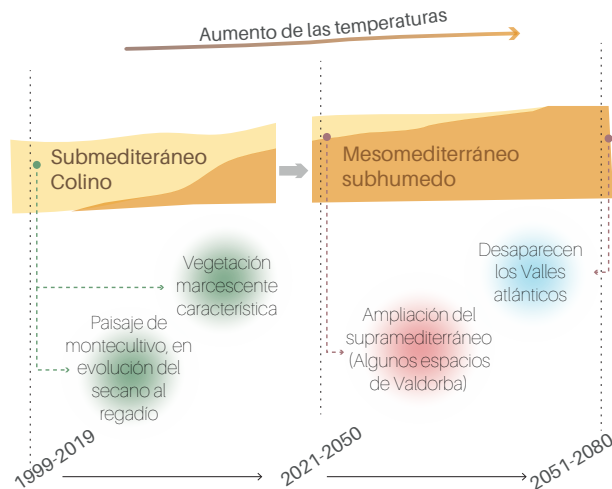


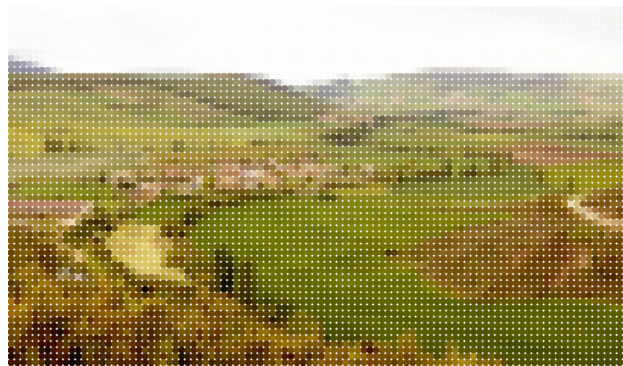
Figura 44. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia.

El impacto del cambio climático

Si bien la dinámica del paisaje agrario cerealista depende de múltiples factores, donde los aspectos socioeconómicos ligados al mercado o las nuevas técnicas son muy relevantes, también está altamente expuesto al cambio climático debido a que sus actividades dependen directamente de las condiciones del clima, por ello sufren riesgos derivados de las tres Cadenas de impacto, aunque principalmente se ve afectada por los patrones futuros de precipitaciones y su distribución a lo largo del año. La incidencia de fenómenos meteorológicos extremos provocará un mayor estrés hídrico, una mayor demanda evapotranspirativa y una reducción del rendimiento, aunque podría compensarse con el incremento de CO₂, que supone un aumento en la tasa fotosintética.

Estos impactos pueden traducirse en una degradación de los ecosistemas y una transformación transcendente de los paisajes actuales.

Según los datos climáticos, la sequía se ha acentuado en los últimos periodos, hasta definir su condición actual de mediterránea. La mediterraneización avanzará por las cuencas prepirenaicas de Lumbier hacia Aoiz, por el este, y hacia el entorno de Pamplona por el centro, y lo hará hasta cubrir casi al completo el paisaje de los alrededores de la capital navarra.



1. Falta de fertilidad por exposición directa del suelo a agresivos agentes climáticos: sequías, heladas, vientos, altas temperaturas, escorrentías



2. Aridez del suelo por exceso de laboreo y falta de nutrientes



3. Abandono de cultivos por agotamiento de recurso suelo

Figura 45. Comparativa del estado actual (izquierda) frente a un escenario climático de 2080 (derecha) que muestra los efectos visibles más evidentes en las sierras y valles subhúmedos mediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 43

S1 Se debe percibir el suelo como soporte y ecosistema fundamental de la región. Este requiere cuidados y procesos regenerativos para evitar su degradación y posible pérdida.

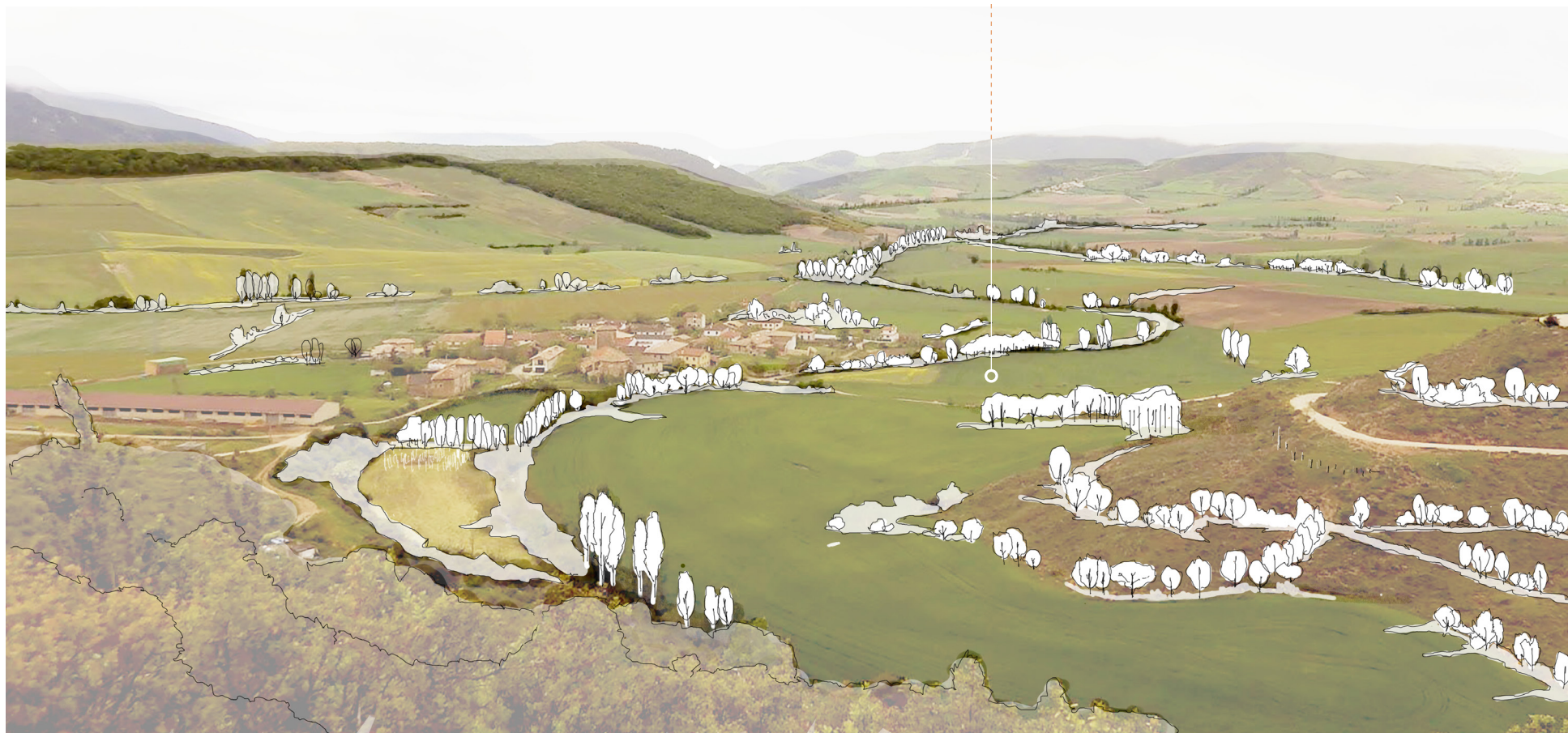


Figura 46. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje representativo del entorno de Izaga. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 44.

Estrategias y recomendaciones de actuación de la línea S

Dentro de la línea S *Suelo*, se define una única estrategia principal –S1– la cual se centra en el fomento de una gestión eficiente del suelo como medida básica de adaptación a los efectos del cambio climático.

Para ello, la **S.1 Planificación de la Adaptación Integral usos del suelo**, promueve una serie de acciones relacionadas con la actividad agrícola, basadas en la mejora de las condiciones edáficas del recurso suelo como los laboreos mínimos, la siembra directa, el mantenimiento de cobertura de suelo con restos vegetales, la conservación de terrazas y la creación de pequeñas charcas en zonas de recogida de agua de lluvia, entre otras.

Con estos objetivos, esta estrategia principal contempla, dentro del paquete de medidas, las siguientes acciones recomendatorias. Destacan, entre otras:

- **RA.49.** La planificación estratégica del abandono de cultivos, sobre todo en las zonas de productividad marginal y de riesgo de aridez. Se han de garantizar, en todo caso, unos laboreos mínimos. Asimismo, resulta imprescindible potenciar la cobertura del suelo con mulching – materia orgánica, como hojas o recortes de hierba, que protegen el suelo y lo enriquecen con nutrientes–.
- **RA.50.** El desarrollo de cubiertas vegetales entre hileras de árboles. Esta medida presenta beneficios agronómicos, medioambientales y económicos. Además, se reduce el riesgo de erosión hídrica

(puesto que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia) favorece retención de humedad en el suelo y aumenta la cantidad de materia orgánica.

- **RA.51.** La implantación de márgenes multifuncionales con el objetivo de aumentar la biodiversidad. Se recomienda, para ello, establecer entre los cultivos unas franjas de gramíneas y flores que favorezcan la existencia de polinizadores. Estas franjas también ayudarán a reducir la erosión por escorrentía producida por la actividad agrícola. Y, además, si los márgenes están en el borde de ríos o arroyos, evitarían la entrada de residuos de productos fitosanitarios a dichos cauces. En todo caso, estas franjas deberán perjudicar lo menos posible la mecanización.
- **RA.52.** La definición de una estrategia de gestión del suelo que exija laboreos mínimos, la siembra directa, a la vez que se mantiene la cobertura de los restos vegetales. Además, se fomentará el establecimiento de pequeñas charcas en zonas de captación de precipitación. Paralelamente, se recomienda que el suelo permanezca desnudo el menor tiempo posible y, en zonas de pendiente, gestionar de manera racional los cultivos en surcos, evitando la pérdida de suelo.

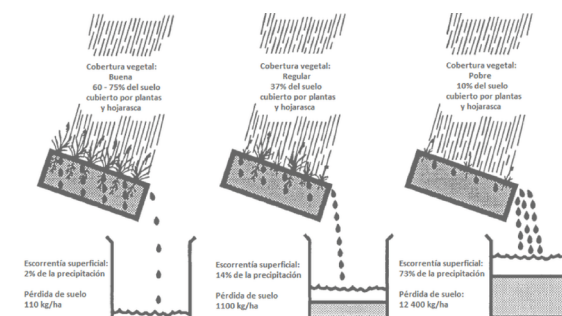


Figura 48. Control de la erosión por la vegetación. Fuente: Efecto de cobertura vegetal sobre la escorrentía y la erosión (Adaptado de Bailey y Copeland 1961 por Knight 1993).

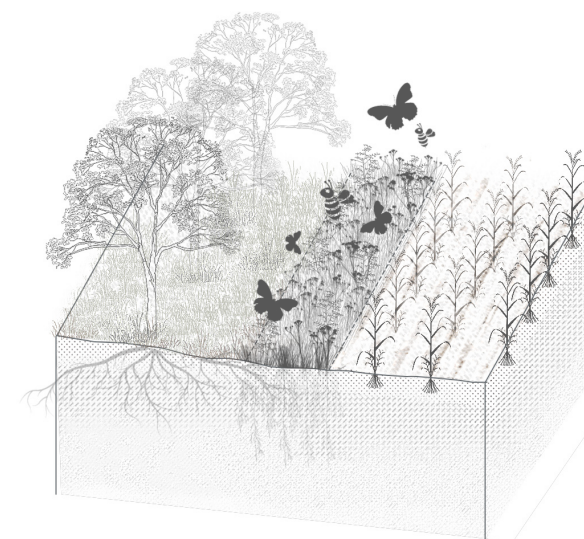


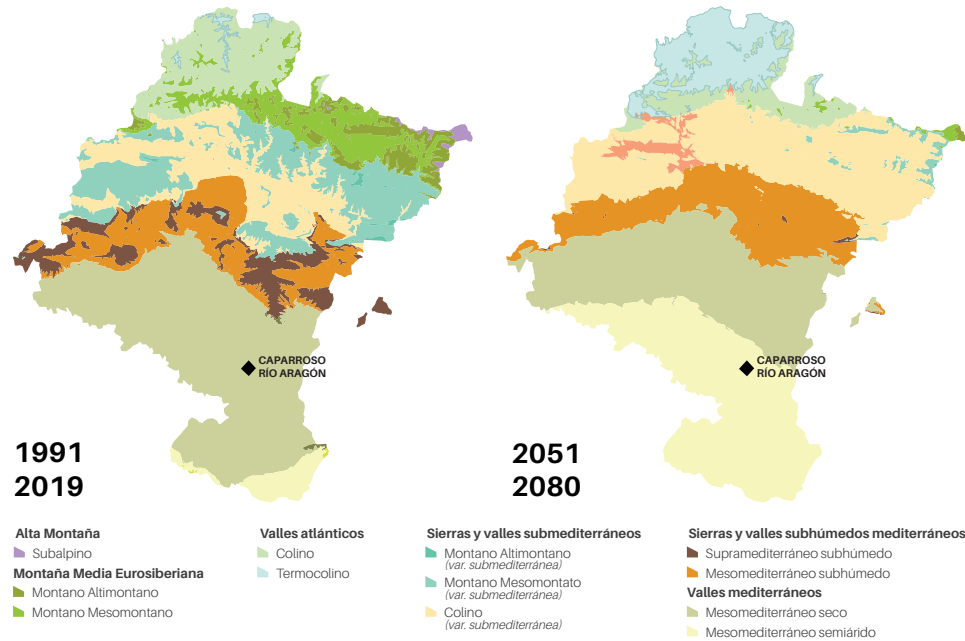
Figura 47. El desarrollo de cubiertas vegetales entre hileras de árboles y la implementación de márgenes multifuncionales ofrecen beneficios agronómicos, medioambientales y económicos, como retención de nutrientes que enriquecen el suelo, la multiplicación de la biodiversidad (polinizadores) y mayores rentabilidades. Fuente: elaboración propia



Figura 49. Panorámica meandro del río Aragón en Caparros. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica de la Figura 50

GESTIÓN SOSTENIBLE RÍOS, HUMEDALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS (MEDIDAS NATURALES DE RETENCIÓN DE AGUA-NWRM-)

H



ESTRATEGIAS DENTRO DE LA LÍNEA H*

- H1-** Renaturalización de cauces. Restauración y rehabilitación de ríos
- H2-** Adaptación de los recursos hídricos a los escenarios de cambio climático
- H3-** Protección, conservación, gestión y restauración de aguas subterráneas

*Esta línea estratégica **interactúa de forma sinérgica con el resto de líneas estratégicas S, A1 y A2**, y, de forma especial con la F1 y la F2

El agua, como recurso natural estratégico, es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático de acuerdo con los escenarios analizados. Una vulnerabilidad que engloba, además, al conjunto de procesos geoquímicos y edáficos que están ligados al ciclo hidrológico. El agua juega un papel importante en la calidad de la matriz territorial y en los méritos asignados a los usos del suelo en el modelo de desarrollo territorial en la escala regional de Navarra.

Por tanto, la gestión del agua, de alcance estratégico, junto a la biodiversidad, (líneas estratégicas F1 y F2) deberá perseguir una optimización del consumo; así como, garantizar su calidad. La incertidumbre que se cierne sobre la pluviometría en los climas futuros proyectados nos obliga a una planificación del recurso hídrico que busque maximizar su eficiencia.

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.

En Navarra, el río Ebro y sus grandes afluentes, se erigen columna vertebral del paisaje de la Ribera y sur de la Zona media, como protagonistas indiscutibles. La dinámica o evolución del paisaje está profundamente vinculada a estos grandes ríos, pues en buena medida guían los usos y aprovechamientos humanos, tradicionalmente vinculados con los regadíos en las vegas, pero que también constituyen los corredores fundamentales de diferentes infraestructuras.

Vegas y huertas son paisajes tradicionales que nos hablan de una larga y compleja evolución histórica. Son una parte fundamental de la Ribera y de la idiosincrasia de los habitantes de este territorio, desmanteladas en muchas localizaciones por concentraciones parcelarias, que "barren" el viejo entramado hidráulico y parcelario o los últimos restos de vegetación natural de taludes y ribazos.

Los paisajes de los Valles Mediterráneos

Las planicies aluviales cultivadas (Vegas) son las llanuras de inundación y terrazas fluviales más bajas de los grandes ríos navarros (el Ebro y afluentes) y están formadas por acumulación de sedimentos. Este paisaje cultural-agrícola identitario concentra la mayor parte de las hectáreas cultivadas en regadío de Navarra. Son terrenos ganados al río y a formaciones naturales que crecen en sus riberas, desde el cauce y la llanura de inundación hasta las diferentes terrazas que se suceden como extensas plataformas escalonadas.

Además de la presencia de agua, que es condición indispensable para estos paisajes, las especies que mejor representan este ámbito son las vegas cultivadas de: viñedos de regadío (**e12**), monocultivos herbáceos de regadío (**e13**), estepas cerealistas de secano (**e15**) y los pinares de pino carrasco (**e8**) que conectan los valles con las sierras mediterráneas. Los Pinares de pino carrasco, componentes principales de las coníferas mediterráneas navarras, caracterizan el Paisaje forestal de los Valles Mediterráneos. Estos bosques, junto a los citados cultivos, constituyen los elementos configuradores de este paisaje que presentan una mayor vulnerabilidad a las alteraciones climáticas esperadas.

Este conjunto de elementos se reconoce como un indicador representativo de cambio en los paisajes de valles mediterráneos, al que se deberá prestar mayor atención para evaluar su evolución.

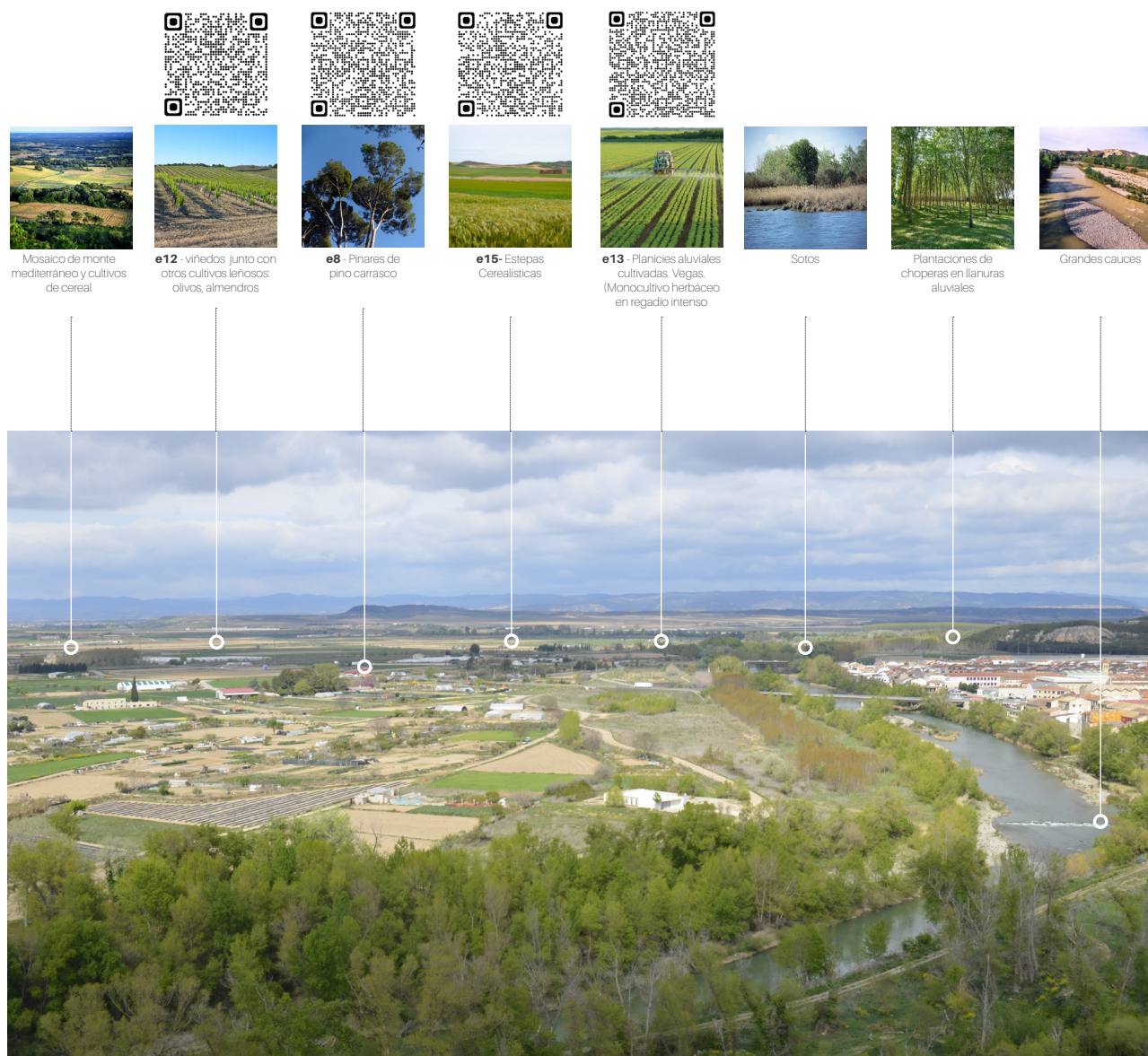


Figura 50. Panorámica meandro del río Aragón en Caparrosa. Elaboración propia.

El impacto del cambio climático

En la depresión del Ebro –clima mediterráneo continentalizado– se prevé un aumento de las temperaturas medias y cambios en las pautas de precipitación –con ligera reducción del volumen y cambios en la frecuencia e intensidad de las sequías–. Esto provocará una reducción de los recursos hídricos, con una disminución prevista en la dotación de agua en la Cuenca del Ebro para escenarios futuros. Esto agravará los problemas de escasez y disponibilidad de agua, especialmente en un contexto de aumento de la demanda debido a nuevos regadíos, como los del Canal de Navarra.

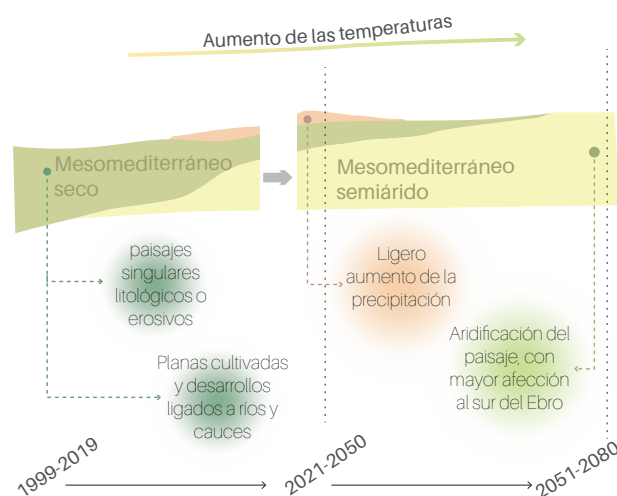


Figura 51. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia.

Las consecuencias de estos escenarios no solo impactan en el sector agrario, también en la pérdida de calidad y función de los servicios ecosistémicos, muy destacados en el papel que cumplen los sotos y humedales en las riberas que separan la vega del cauce fluvial. Por una parte, se prevén mayores productividades en invierno pero, en general se producirá una pérdida de la fertilidad del suelo.

El incremento de las temperaturas estivales y el aumento de la evapotranspiración, incrementarán las necesidades de riego y, al mismo tiempo, aumentarán las fitopatologías por insectos dañinos y la capacidad de resistencia de las plagas durante el invierno –al eliminarse su control natural mediante las heladas–. Esto intensificará a la rentabilidad de cultivos, conllevará cambios de especies y variedades, instalaciones de riego más eficientes y la aplicación de nuevos tratamientos culturales, entre otras. Todo ello traerá consigo consecuencias en el paisaje.

La viabilidad de los cultivos actuales no parece estar comprometida, ya que el avance del clima mediterráneo hacia el norte ampliaría considerablemente las posibilidades de expansión de este tipo de cultivo, y la producción de vino seguiría siendo viable en su localización actual, aunque más dependiente del riego hacia el sureste. El principal problema, en este caso, vendrá asociado a una pérdida de potencialidad climática para la obtención de vinos de alta calidad como los que se producen en la actualidad. Ello vendrá causado, especialmente, por el acusado ascenso de la temperatura nocturna del mes previo a la vendimia, muy relacionado con la calidad del vino.



1. Pérdida de calidad de las aguas por vertidos y contaminación



2. Disminución de vegetación de ribera (sotos, humedales) por presión de los cultivos y falta de gestión



3. Pérdida de fertilidad del suelo, viñedos, homogeneización de cultivos, por captación insostenible de agua

Figura 52. Comparativa del estado actual (arriba) frente a un escenario climático de 2080 (abajo) que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles mediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica

H1. Impulsar la recuperación de la totalidad del espacio inundable en el dominio público hidráulico, así como la regeneración del ecosistema de ribera: robledales de fondo de valle y elementos propios de estos agropaisajes (setos arbolados, formaciones arboladas lineales, etc.)

H2. Adaptar los cultivos a nuevos escenarios de recursos hídricos: mejora de riego, eficiencia y rendimiento, así como el reciclado de aguas y mejora de la calidad de aguas superficiales

H3. Se deben proteger los paisajes húmedos y su permeabilidad frente a cualquier afección o contaminación. Así garantizamos la calidad del suelo, de las aguas subterráneas y sus ecosistemas

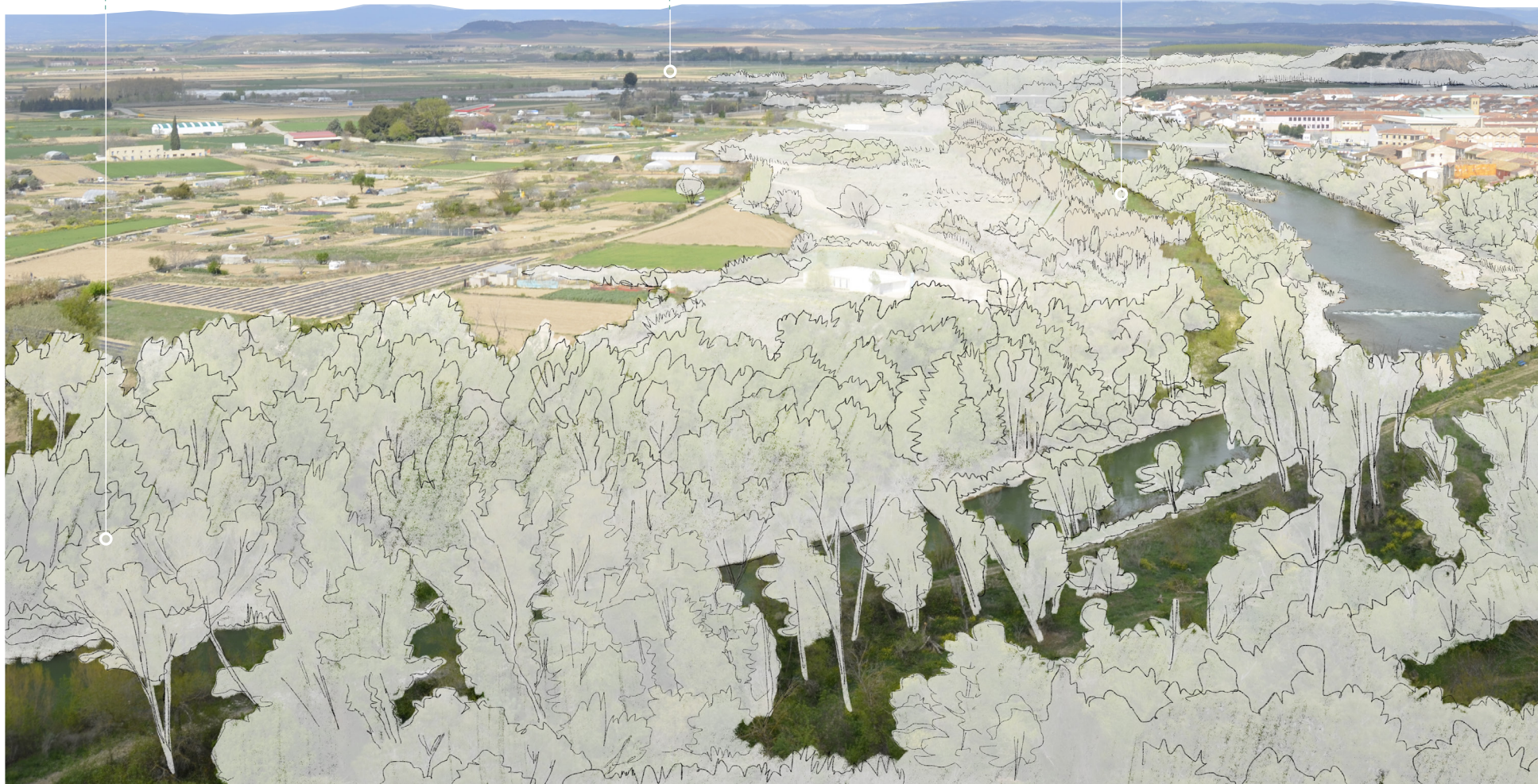


Figura 53. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el meandro del río Aragón en Caparrosa - río Aragón. Fuente: elaboración propia.

Estrategias principales contempladas dentro de la línea H

Se definen tres estrategias principales que buscan garantizar la diversidad genética y funcional del paisaje, así como su complejidad estructural:

H1 Planificación de la adaptación integral de los usos del suelo: Renaturalización de cauces. Restauración y rehabilitación de ríos. El objetivo fundamental de esta estrategia es diseñar un plan de recuperación de la totalidad del espacio inundable en el dominio público hidráulico, así como la regeneración –restauración– del ecosistema de ribera.

Entre las medidas y acciones recomendatorias destinadas a alcanzar este objetivo destacan, entre otras:

- **RA.33.** Priorizar el aumento de la superficie de robledales de fondo de valle, el tipo de bosque de mayor riqueza en flora y fauna, y la conexión de los bosques actualmente existentes, mediante paisajes del agua y agropaisajes de calidad: setos arbolados, formaciones arboladas lineales, vegetación de ribera en ríos.
- **RA.53** Fomentar la recuperación de la totalidad del espacio inundable en el dominio público hidráulico.

H2 Adaptación de los recursos hídricos a los escenarios de cambio. El objetivo fundamental de esta estrategia es la mejora y modernización de los sistemas de riego en parcela. Estimulación del reciclado de aguas residuales y mejora de la calidad de las aguas superficiales.

Dentro del paquete de medidas y acciones recomendatorias destinadas a alcanzar este objetivo destacan, entre otras:

- **RA.54.** Mejora y modernización de los sistemas de riego en parcela.
- **RA.34.** Mejora de la calidad de las aguas superficiales.
- **RA.35.** Estimulación del reciclado de aguas residuales.

H3 Protección, conservación, gestión y restauración de aguas subterráneas. El objetivo fundamental de esta estrategia es la elaboración de un programa para la protección de las zonas húmedas inventariadas –junciales, turberas medios higroturbosos– frente a posibles impactos derivados de obras, tanto de vías de comunicación, como de uso de agua u otras que puedan afectar a estos ecosistemas.

Dentro del conjunto de medidas y acciones recomendatorias de esta estrategia cabe mencionar, entre otras:

- **RA.36.** Evitar las actuaciones que incidan sobre el flujo y nivel de agua (captaciones, presas, drenajes) de manantiales, arroyos y rezumaderos.
- **RA.37.** Respetar las zonas húmedas, junciales, turberas, medios higroturbosos frente a las actuaciones de construcción de vías, principalmente, pero también frente a las desviaciones de agua que puedan afectar a estos humedales. Por tanto, la planificación de la construcción de cualquier vía debe tener, como prioridad, el evitar por todos los medios las zonas húmedas.

- **RA.38.** Evitar o reducir al mínimo posible en la fase de diseño de vías forestales, el cruce de humedales o suelos encharcados de cualquier tamaño. Debe evitarse afectar a la cobertura arbórea que garantiza las condiciones de humedad de las especies de regatas umbrías.
- **RA.39.** Evitar la contaminación directa o difusa de las aguas subterráneas, restaurando donde sea necesario la infiltración natural.

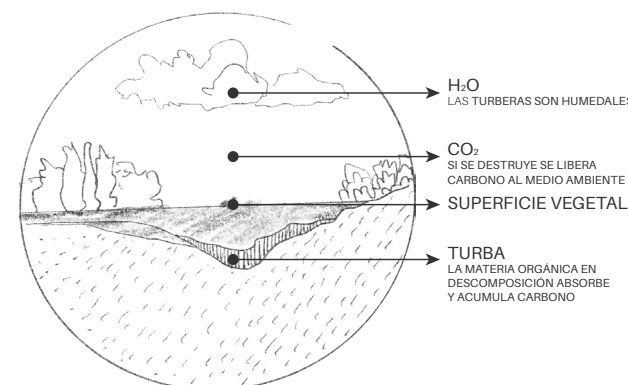


Figura 54. La importancia de los paisajes húmedos en la retención de nutrientes, agua y biodiversidad. Las turberas son humedales que, si se eliminan, liberan carbono al medio. Los musgos de la superficie y la materia en descomposición del subsuelo almacenan carbono.

C. Bibliografía

1. Biodiversidad, servicios ecosistémicos y 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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-Uribe, 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., Bascónes, 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.
- Mace, G. M. et al. (2018). Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss. *Nature Sustainability* 1: 448-451.
- 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.
- 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
- 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.

2. Cambio climático antropogénico

- Abajo Alda, B.; Navarro Cueto, D.; García Blanco, G.; Zorrita Castresana, S.; Feliu Torres, E.; Klett Lasso de la Vega, P.; Sánchez Bajo, M.; Heras Hernández, F. (2023). Guía para la evaluación de riesgos asociados al cambio climático. Ministerio de la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid.
- 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
- AEMET (2023). Informe sobre el estado del clima de España 2022. Ministerio de la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 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
- Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT. <https://climate-adapt.eea.europa.eu>
- 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.
- Cerrillo, A. Col. (2020). Emergencia climática. Escenarios del calentamiento y sus efectos en España. Libros de Vanguardia. La Vanguardia Ediciones.
- 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
- Felicesimo, 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.
- Gómez Cantero, J.; Morán Martínez, C.; Losada Gómez, J.; Carnelli, F. (eds.) (2020). The climate crisis in Mediterranean Europe: cross-border and multidisciplinary issues on climate change [La crisis climática en la Europa mediterránea: cuestiones transfronterizas y multidisciplinares sobre el cambio climático]. Geographies of the Anthropocene, Vol. 3, nº 1. Il Sileno Edizioni.
- Hoja de Ruta del Cambio Climático de Navarra. 2017-2030-2050. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. Navarra.
- IPCC, 2021: Climate Change (2021). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

- IPCC, 2022: Climate Change (2022). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>
- ISO 14091:2021 Adaptation to climate change — Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment. <https://www.iso.org/standard/68508.html> ISO 31000:2018.
- Martín Chivelet, J. (2020). Memorias de un clima cambiante. Entender el pasado para corregir el futuro. Una visión científica sobre la emergencia climática. Shackelton Books. Barcelona.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNAC 2021-2030. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Programa de Trabajo 2021-2025 del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pt1-pnacc_tcm30-535273.pdf
- OBSERVATORIO PIRENAICO DE CAMBIO CLIMÁTICO (2018). El cambio climático en los Pirineos: impactos, vulnerabilidades y adaptación. Bases de conocimiento para la futura estrategia de adaptación al cambio climático en los Pirineos. OPCC-CTP
- 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.
- Romero, J.; Olcina, J. (eds.). (2021). Cambio climático en el Mediterráneo. Procesos, riesgos y políticas. Tirant Humanidades
- Sanz, M.J. y Galán, E. (editoras), (2020). Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeimpactosriesgosccespana_tcm30-518210.pdf
- UNDRR (2022) Technical Guidance on Comprehensive Risk Assessment and Planning in the Context of Climate Change, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/publication/technical-guidance-comprehensive-risk-assessment-and-planning-context-climate-change>
- 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
- Viñas, J. M. (2022). Nuestro reto climático. Alfabeto. Madrid.
- World Meteorological Organization (WMO) (2021). Climate Indicators and Sustainable Development: Demonstrating the Interconnections (WMO-No. 1271). Geneva
- World Meteorological Organization (WMO). (2024). State of the global climate 2023. WMO -Nº 1347. Geneva.

3. Referencias de buenas prácticas

F1

3.1. CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL SOSTENIBLE.

1. [Paisaje resiliente en el Parque Natural de Els Ports - REDBOSQUES CLIMA](#)
2. [Restauración de hábitats para la resiliencia en el PN Sierra Norte - REDBOSQUES CLIMA](#)
3. [Acciones de conservación - Life+ Pinassa](#)
4. [Montes de Valsain: Sistema de Gestión Forestal Sostenible](#)
5. [Reserva forestal del Añarbe - Medioambiente Erretería](#)

F2

3.2. POTENCIACIÓN DE LA CONECTIVIDAD, HETEROGENEIDAD Y MULTIFUNCIONALIDAD DEL PAISAJE

1. [Gestión de la oferta forrajera de Urbasa-Andia POCTEFA NaturClima](#)
2. [Reserva Natural Integral de Muniellos](#)

A1

3.3. AGRICULTURA REGENERATIVA EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y PAISAJES AGRARIOS

1. [Labor del INTIA en Navarra](#)
2. [Asociación AlVelAl en Andalucía](#)

A2

3.4. CONSERVACIÓN DIVERSIDAD BIOLÓGICA-AGRÍCOLA

1. [Banco de germoplasma de Recursos fitogenéticos del Centro de investigaciones agrarias de Mabegondo \(CIAM\)](#)

S

3.5. PROTECCIÓN, GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

1. [Estrategia de protección suelo de Euskadi 2030](#)
2. [Indicador biológico del impacto de las prácticas agrícolas sobre la salud del suelo Euskadiw](#)

H

3.6. GESTIÓN SOSTENIBLE RÍOS, HUMEDALES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

1. [Restauración fluvial y de ecosistemas de los sistemas fluviales de los ríos Arga-Aragón mediante la combinación de medidas](#). Proyecto NWRM.
2. [Proyecto MERLIN con 18 casos de estudio de mejores prácticas de restauración fluvial en Europa](#)

4. Documentos Proyecto



Escaneando este código QR puede acceder a la documentación del proyecto Life NADAPTA

D. Relación de figuras

A. Nociones generales.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. PAISAJES Y CAMBIO CLIMÁTICO	7
Figura 1. Esquema de Dinámicas y procesos del paisaje. (Borobio et al. 2013)	7
Figura 2. Evolución de la temperatura media global (1850-2020): Comparación entre dos escenarios. [Fuente: IPCC AR6, 2021]	8
Figura 3. Evolución de la temperatura media del planeta desde 1850 a 2100 de acuerdo con los escenarios del Sexto Informe de Evaluación del IPCC que describen futuros de desarrollo socioeconómico alternativos (SPP). [Fuente: IPCC AR6, 2021] IPCC, 2022." Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change"; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2022.	8
Figura 4. De los riesgos climáticos al desarrollo resiliente al cambio climático: clima, ecosistemas (incluyendo su biodiversidad) y sociedad humana como sistemas interconectados. Fuente: Informe Grupo de Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022). Figura SPM.1.....	10
Figura 5. Metodología para el análisis del impacto del cambio climático en el paisaje navarro. Donde A y B son los elementos de referencia, el apartado C corresponde con los impactos identificados que afectarán a los servicios ecosistémicos prestados y, el apartado D en el que se indican las medidas y estrategias adaptativas. Fuente: Equipo gráfico	11
3. EL DIAGNÓSTICO DEL RIESGO CLIMÁTICO EN NAVARRA.....	12
Figura 7. Mapas de temperatura media anual para los periodos 1961-1990 (clima pasado); 1991-2019 (presente) y proyectados (2021-2050, 2051/2080)	13
Figura 6. Mapas de precipitación total anual (mm) para los periodos 1961-1990 (clima pasado); 1991-2019 (presente) y proyectados (2021-2050, 2051/2080)	13
Figura 8. Mapa de áreas y pisos bioclimáticos de Navarra. Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra.....	15
Figura 9. Modificaciones previstas en la distribución de los pisos bioclimáticos a partir de los modelos climáticos en los horizontes temporales: 2050 y 2080. Fuente: Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra." (ver Behalur pisos bioclimáticos)	19
Figura 10. Zonas biogeográficas de Navarra: Pisos bioclimáticos y su influencia en el paisaje. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra	23
B. Cómo actuar.....	24
1. LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO COMO ESTRATEGIA GLOBAL	25
2. LA ADAPTACIÓN BASADA EN LOS ECOSISTEMAS. EL ENFOQUE VERDE.....	28
Figura 11. Beneficios de la Naturaleza.....	28
Figura 12. Esquema de enfoques y acciones de las SbN [Fuente La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza].....	29
3. OBJETIVOS GENERALES Y LÍNEAS ESTRATÉGICAS PARA LA ADAPTACIÓN.....	30
Figura 13. Gráfico en el que se recogen el conjunto de estrategias y recomendaciones asociadas a cada línea estratégica de adaptación. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra.....	33
Figura 14. Mapas de evolución pisos bioclimáticos periodos 1999-2019 a 2050-2080 y localización de escenas de referencia. Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía temática de Paisaje y Cambio Climático en Navarra.....	34
4. FICHAS DE LAS LÍNEAS ESTRATÉGICAS DE ADAPTACIÓN.....	36
Figura 15. Valle de Belagua y Reserva Natural de Larra Vista del Rincón desde Lakartxela. Fuente: Elaboración propia sobre base fotográfica Figura 16	36
Figura 16. Valle de Belagua y Reserva Natural de Larra Vista del Rincón desde Lakartxela. Fuente: Javier Campos - Fototeca de Turismo de Navarra.....	38
Figura 18. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia.....	39

Figura 17. Comparativa del estado actual (arriba) frente a un escenario climático de 2080 (abajo) que muestra los efectos visibles más evidentes en la alta y media montaña, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 16.....	39
Figura 19. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje representativo del valle de Belagua. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 17.....	40
Figura 20. Esquema en sección que representa la gestión sostenible del hayedo donde se combinan acciones de conservación de ejemplares viejos (A), con talas selectivas (B) y tabulas rasas que dan paso a nuevos ejemplares de hayas más jóvenes (C). Esta estrategia también minimiza la competencia por los recursos hídricos. Fuente: elaboración propia.....	42
Figura 21. Antes y después (arriba y abajo respectivamente) de aplicar la gestión forestal para la prevención de incendios forestales que representa desbroces del sotobosque –eliminación de arbustos– y podas para inducir la discontinuidad vertical del bosque. Fuente: elaboración propia.....	42
Figura 22. Selección de imágenes que ejemplifican diferentes estrategias de gestión forestal contempladas en un plan integral de gestión del hayedo, donde (a) y (b) muestran el mantenimiento de ejemplares maduros con sotobosque gestionado y presencia de madera muerta; (c) y (d) muestran estrategias de tala selectiva de aquellos ejemplares más debilitados para favorecer, así, el crecimiento de los árboles más fuertes; y (e) representa plantaciones de ejemplares más jóvenes –bosque nuevo– Fuente: a,c y d Guía original; b y e elaboración propia.....	43
Figura 23. Vista de la Sierra de Aralar Valle de Araitz Fuente: Elaboración propia sobre base fotográfica Figura 24	44
Figura 24. Vista de la Sierra de Aralar Valle de Araitz. Fuente: Javier Campos - Fototeca de Turismo de Navarra.....	46
Figura 25. Comparativa que muestra el estado actual (izquierda) frente a un escenario climático de 2080 (derecha) que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles atlánticos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 24.....	47
Figura 26. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre la escena de la Sierra de Aralar Valle de Araitz. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 24.....	48
Figura 27. Vista panorámica de las laderas de Orizki-Medibil. Representación del paisaje de mosaico y la diversidad de sus estructuras. Fuente: elaboración propia.....	49
Figura 28. Zona de refugio para especies, compuesta por múltiples estratos arbóreo (3), arbustivo (2), herbáceo (1) y horizonte fértil del suelo (0). Fuente: elaboración propia.....	49
Figura 29. Vista hacia Villamayor de Monjardín. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 31	50
Figura 30. Vista hacia Villamayor de Monjardín. Fuente: Francis Vaquero - Fototeca de Turismo de Navarra.....	52
Figura 32. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia	53
Figura 31. Comparativa que muestra el estado actual (arriba) frente a un escenario climático de 2080 (abajo) que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles submediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 31.....	53
Figura 33. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje representativo de Villamayor de Monjardín. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 31.....	54
Figura 34. Representación de estrategias de gestión integrada que potencian el sistema productivo heterogéneo. Fuente: elaboración propia.....	55
Figura 35. Vista de Cultivos y viñedos en Torres del Río. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica de la Figura 36.....	56
Figura 36. Vista de Cultivos y viñedos en Torres del Río. Fuente: Francis Vaquero - Fototeca de Turismo de Navarra.....	58
Figura 38. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia	59
Figura 37. Comparativa paisajística estado actual (izquierda) frente a un escenario climático de 2080, que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles submediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias y dejar solo al paisaje en gestionar su adaptación-. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 36.....	59
Figura 39. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje de Cultivos y viñedos en Torres del Río. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 37.....	60
Figura 40. Potenciar la diversificación de especies y la selección genética de variedades de cultivos adaptadas al cambio climático. Fuente: elaboración propia.....	61
Figura 41. Desarrollo de protocolos de detección temprana de especies exóticas invasoras y reducción del uso de productos químicos como estrategia principal fitosanitaria favoreciendo la biodiversidad. Fuente: elaboración propia.....	61
Figura 42. Vista de Alzórriz desde la subida a Izaga Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 43.....	62
Figura 43. Vista de Alzórriz desde la subida a Izaga. Fuente: Fototeca de Turismo de Navarra.....	64
Figura 44. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia	65

Figura 45. Comparativa del estado actual (izquierda) frente a un escenario climático de 2080 (derecha) que muestra los efectos visibles más evidentes en las sierras y valles subhúmedos mediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 43	65
Figura 46. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el paisaje representativo del entorno de Izaga. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica Figura 44.....	66
Figura 48. Control de la erosión por la vegetación. Fuente: Efecto de cobertura vegetal sobre la escorrentía y la erosión (Adaptado de Bailey y Copeland 1961 por Knight 1993).....	67
Figura 47. El desarrollo de cubiertas vegetales entre hileras de árboles y la implementación de márgenes multifuncionales ofrecen beneficios agronómicos, medioambientales y económicos, como retención de nutrientes que enriquecen el suelo, la multiplicación de la biodiversidad (polinizadores) y mayores rentabilidades. Fuente: elaboración propia.....	67
Figura 49. Panorámica meandro del río Aragón en Caparroso. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica de la Figura 51.....	68
Figura 50. Panorámica meandro del río Aragón en Caparroso. Elaboración propia.....	70
Figura 51. Gráfico esquemático que muestra la evolución prevista sobre los pisos bioclimáticos, y los condicionantes climáticos implicados. Fuente: elaboración propia.....	71
Figura 52. Comparativa del estado actual (arriba) frente a un escenario climático de 2080 (abajo) que muestra los efectos visibles más evidentes en los valles mediterráneos, en el caso de no aplicar estrategias paisajísticas de adaptación. Fuente: elaboración propia sobre base fotográfica	71
Figura 53. Representación de las medidas de gestión adaptativa sobre el meandro del río Aragón en Caparroso - río Aragón. Fuente: elaboración propia.	72
Figura 54. La importancia de los paisajes húmedos en la retención de nutrientes, agua y biodiversidad. Las turberas son humedales que, si se eliminan, liberan carbono al medio. Los musgos de la superficie y la materia en descomposición del subsuelo almacenan carbono.	73
C. Bibliografía.....	74
1. BIODIVERSIDAD, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y PAISAJE.....	75
2. CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO	76
3. REFERENCIAS DE BUENAS PRÁCTICAS.....	78
4. DOCUMENTOS PROYECTO	79
D. Relación de figuras	80

PROYECTO EUROPEO

Este documento corresponde al resultado de la actividad de la acción C6.1 **"Gestión adaptativa del paisaje"** del proyecto LIFE-IP NAdapta-CC (LIFE IPC/ES/000001), "Hacia una implementación completa, coherente e integrada de la política de adaptación al cambio climático en la región de Navarra".
Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre".



PROYECTO LIFE 16IPC/ES/000001

GUÍA DIVULGATIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y PAISAJE EN NAVARRA



9 788423 536481