LIFE NADAPTA

THE CLIMA PROJECT

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union



Annex AC.3.5.2_4:

Adaptive management guidelines for forestry systems in Navarre

Action C3.5

Grant Agreement nº. LIFE 16 IPC/ES/000001

Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre

(LIFE-IP NAdapta-CC)

LIFE 2016 INTEGRATED PROJECTS CLIMATE ACTIONS

Project start date: 2017-10-02 Project end date: 2025-12-31

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

DISSEMINATION LEVEL		
PU	Public	☒
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	☐
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including Commission Services)	☐
CC	Confidential, only for members of the consortium (including Commission Services)	☐

Autoría:

- Servicio Forestal y Gestión Cinegética, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra
- Orekan. Gestión Ambiental de Navarra

Referencia recomendada a efectos bibliográficos:

Servicio Forestal y Gestión Cinegética, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra, y Orekan. Gestión Ambiental de Navarra. 2025. Annex AC.3.5.2_4. *Adaptive management guidelines for forestry systems in Navarre*. Acción C.3.5 del Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC (LIFE 16 IPC/ES/000001) de la Unión Europea. Pamplona.

Este documento corresponde al documento Annex AC.3.5.2_4, no previsto inicialmente como entregable en el Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC.

El Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC LIFE 16 IPC/ES/000001 está ejecutado con la contribución financiera del programa LIFE de la Unión Europea

El contenido de este informe no refleja la opinión oficial de la Unión Europea. La responsabilidad de la información y los puntos de vista expresados en esta publicación recaen completamente en su autoría.

www.lifenadapta.eu

Versión 1. 5 de Noviembre de 2025

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

Índice

SUMMARY 6
RESUMEN 7
1. Introducción 9
1.1 Impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales 9
1.2 Riesgo y adaptación al cambio climático 10
1.3 La gestión forestal adaptativa 10
1.4 Prácticas de gestión forestal adaptativa 12
1.4.1 Cortas de regeneración 13
1.4.2 Manejo de la densidad: claras, clareos y resalveos 14
1.4.3 Control y adecuación de turnos de corta 15
1.4.4 Manejo de combustible en terrenos arbolados 16
1.4.5 Gestión de la cubierta de matorral 17
1.4.6 Gestión pascícola 17
1.4.7 Restauración ecológica forestal 18
1.4.8 Fomento y monitoreo de Zonas a Evolución Natural 19
2. Ámbito de trabajo 21
2.1 La Región Biogeográfica Mediterránea 23
2.2 La Región Biogeográfica Atlántica 24
2.3 La Región Biogeográfica Alpina 25
3. Directrices de gestión 27
4. Referencias 56

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

Tablas

Tabla 1 Relación entre los principios de adaptación al CC y prácticas selvícolas (Brang et al., 2014 modificado) 13
Tabla 2 Principios básicos de gestión forestal para reducir la vulnerabilidad a incendios de copa (Pique et al., 2011). 16
Tabla 3 Superficie de los usos del suelo en Navarra. Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra (2022) 21
Tabla 4 Ocupación de las formaciones forestales en Navarra. Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra (2022) 22

Figuras

Fig. 1 Regiones Biogeográficas de Navarra 23
Fig. 2 Formaciones vegetales de la Región Biogeográfica Mediterránea 24
Fig. 3 Formaciones vegetales en la Región Biogeográfica Atlántica 25
Fig. 4 Formaciones vegetales en la Región Biogeográfica Alpina 26

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

Fichas

Hayedo (*Fagus sylvatica*) 28
Robledales atlánticos (*Quercus robur* y *Quercus petraea*) 30
Hayedo-Robledal (*Fagus sylvatica-Quercus petraea, Quercus robur*) 32
Robledales de roble pubescente (*Quercus humilis*) 33
Carrascales (*Quercus rotundifolia*) 35
Otras quercíneas 37
Castañar (*Castanea sativa*) 38
Otras frondosas 40
Masas mixtas de frondosas 41
Pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) 43
Abeto blanco (*Abies alba*) 45
Pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) 47
Pinares de pino laricio (*Pinus nigra*) 49
Otros pinos 51
Otras coníferas 52
Masas mixtas de coníferas y frondosas 53
Matorral mediterráneo y otras formaciones de matorral 54
Pastizales 55

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

SUMMARY

Climate Change (CC) is one of the greatest environmental challenges for humanity. In the Mediterranean Region, in addition to the increase in temperature and changes in the precipitation patterns, droughts and extreme weather events will be more frequent and intense. The effects of CC on forest ecosystems are numerous and diverse and interact, additionally, with other factors of the so-called global change and with traditional uses such as silvopastoralism or forest management.

Climate change-related risk depends on the exposure (climate change severity) and vulnerability (predisposition of a species or population to be negatively affected by the CC) which, in turn, relies on the degree to which that system or species is influenced by the change (sensitivity) and its ability to cope with it (adaptive capacity). Besides, the response to CC might be modulated through the adaptation to climate change, the human intervention aimed at helping individuals and ecosystems adjust to the new conditions. Adaptations seeks to limit the impacts, reduce risks and vulnerability, and increase the resilience to climate change. Undoubtedly, the adaptation of forest ecosystems has to be achieved through a sustainable forest management considering future climate scenarios.

Adaptive measures have been highlighted in successive reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), being considered in the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) as the second element of climate policy and complementary to mitigation. Mitigation is also related to forest management, due to the role of forests in carbon sequestration and, therefore, in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere.

Navarra has a great ecosystem diversity as a result of the confluence of three biogeographic regions (Pyrenean, Atlantic and Mediterranean), which implies multiple responses to climate change and poses an enormous management challenge. Moreover, we cannot forget that the agroforestry landscape has drastically changed during last decades due to socio-ecological factors, such as the rural exodus and the reduction or abandonment of traditional uses. These factors often result in increased vulnerability to CC (higher resource competition and less vigour) and higher risk of forest fires and pest and diseases, as well as the loss of biodiversity and ecosystem services.

In this framework, the LIFE-IP NAdapta-CC Project arises to support the complete implementation of the actions included in the "Hoja de Ruta del Cambio Climático HCCN-KLINa" (Gobierno de Navarra, 2017). The Project, subtitled "Hacia una integrada, coherente e inclusiva implementación de la política de adaptación al cambio climático en una región: Navarra", aims to adapt the Navarra Region to the effects of Climate Change. This report, elaborated in the framework of the Project, includes the general adaptive management guidelines to reduce the CC-related risks on the main forestry systems in Navarre.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

RESUMEN

El cambio climático (CC) es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la sociedad. En el área Mediterránea, además del incremento de la temperatura y cambios en los patrones de precipitación, se espera un aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías y de eventos meteorológicos extremos. Los efectos del CC sobre los ecosistemas forestales son numerosos y variados e interaccionan, además de con otros factores del denominado cambio global, así como con usos tradicionales como el pastoreo o la gestión forestal.

El riesgo de los impactos conexos al clima depende de la exposición (la severidad del cambio climático) y de la vulnerabilidad (predisposición de una especie o población a ser afectada negativamente por el CC). La vulnerabilidad depende, a su vez, del grado en el que un sistema o especie es afectado por el cambio (sensibilidad) y de su capacidad para hacer frente al mismo (capacidad de adaptación). Pero, además, la respuesta frente al CC puede ser modulada mediante la adaptación al cambio climático, entendida como la intervención humana dirigida a ayudar a los individuos y ecosistemas a ajustarse a las nuevas condiciones. La adaptación persigue limitar los impactos, reducir los riesgos y la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia frente al cambio del clima. Evidentemente, la adaptación de los ecosistemas forestales debe perseguirse desde el contexto de gestión forestal sostenible, teniendo en cuenta los escenarios climáticos futuros.

Las medidas de adaptación han sido destacadas en los sucesivos informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), siendo establecidas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) como el segundo elemento en la política climática. Se considera manera complementaria a la mitigación, ligada también a la gestión forestal por el papel que cumplen los bosques en el secuestro de carbono y reducción de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Navarra presenta una gran diversidad de ecosistemas, resultado de la confluencia de tres regiones biogeográficas (pirenaica, cántabro-atlántica y mediterránea). Esta diversidad se refleja en una gran variedad de respuestas frente al CC, suponiendo un gran reto de gestión. No hay que olvidar, además, la transformación del paisaje agroforestal durante las últimas décadas debido a factores socio-ecológicos como el éxodo rural y la disminución o abandono de usos tradicionales y que frecuentemente conlleva un aumento de la vulnerabilidad frente al CC (por mayor competencia por los recursos y pérdida de vigor) y del riesgo de incendios forestales, plagas y enfermedades, así como la pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos.

En este contexto, el Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC surge para apoyar la implementación completa de las acciones incluidas en la Hoja de Ruta del Cambio Climático HCCN-KLINa (Gobierno de Navarra, 2017). El Proyecto, cuyo subtítulo es "Hacia una integrada, coherente e inclusiva implementación de la política de adaptación al cambio climático en una región: Navarra", tiene como objetivo la adaptación de la Comunidad Foral a los efectos del Cambio Climático. Este documento, elaborado

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

en el marco del Proyecto, incluye las directrices generales de gestión forestal adaptativa para reducir el riesgo asociado al CC sobre los sistemas forestales navarros.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

1. Introducción

1.1 Impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales

Según el informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2022), la temperatura media global de la superficie terrestre ha experimentado sucesivos incrementos en las últimas cuatro décadas, siendo 1.09 °C superior en 2011-2020 respecto a 1850-1900. En las regiones templadas y boreales de Europa, este ascenso de temperaturas, junto con el aumento de la concentración atmosférica de CO_2, pueden suponer una mayor productividad de los bosques debido a una prolongación del periodo de crecimiento y al aumento de la fotosíntesis (Lindner et al., 2010). Sin embargo, en la Región Mediterránea, este incremento de temperatura, junto con los esperados cambios en los patrones de precipitación, darán lugar a una menor disponibilidad hídrica y un mayor número, severidad y duración de las sequías, asociado todo ello con una reducción del vigor y de la productividad forestal (Herrero & Zavala, 2015; IPCC, 2022; OPCC-CTP, 2018). Además, se proyectan eventos meteorológicos extremos más frecuentes e intensos, cuyo impacto en los ecosistemas puede ser mayor que el producido por cambios graduales de las condiciones climáticas medias (Jentsch & Beierkuhnlein, 2008).

Los efectos del CC sobre los ecosistemas forestales son numerosos, variados y complejos e interaccionan, además, con otros factores de cambio como el aumento de la concentración atmosférica de CO_2 y otros gases de efecto invernadero, la deposición y fijación de nitrógeno, la aparición y proliferación de especies invasoras o los cambios del uso del suelo (Herrero, 2017). Estos factores de cambio, incluyendo el CC, se han agrupado bajo el término de cambio global.

Algunos de los principales impactos del CC sobre los ecosistemas forestales son (ej. Herrero & Zavala, 2015; Lindner et al., 2010):

- Cambios fisiológicos. Por ejemplo, condiciones de sequía conllevan una reducción de la fotosíntesis y de la conductancia hidráulica al provocar el cierre de estomas o por otros mecanismos, limitando su capacidad de almacenar carbono; podrían ocasionar procesos de embolia por cavitación e, incluso, la muerte del individuo. También se esperan mayores afecciones por heladas tardías (más frecuentes e intensas) sobre algunas frondosas como el haya, coincidiendo, a su vez, con una floración adelantada tras inviernos más cálidos.
- Alteraciones fenológicas: cambios en la floración, foliación, senescencia y fructificación, con el consecuente riesgo de desincronización en la interacción entre organismos (planta-polinizador, depredador-presa y parásito-huésped) y de modificación y establecimiento de nuevas interacciones bióticas.
- Pérdida de vigor de los individuos y de las masas forestales por la disminución de los recursos hídricos e incremento de la susceptibilidad frente a patologías forestales. Todo ello alimentado, además, por cambios en la distribución de plagas y enfermedades y la aparición y proliferación de especies invasoras (favorecidas por ambientes más cálidos), además de otras perturbaciones relacionadas con eventos climáticos extremos más intensos y frecuentes.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

- Cambios en las tasas demográficas: reducción en la supervivencia, reclutamiento y tasa de crecimiento.
- Modificación de las áreas de distribución de las especies: desplazamiento en altitud y latitud y/o sustitución por especies más adaptadas, pudiendo llegar a extinciones locales.
- Cambios en la composición y estructura de las comunidades y alteración de la continuidad e interconectividad ecológica (flujos genéticos, vías de migración, etc.).
- Mayor riesgo de incendios forestales: aumento de su frecuencia, intensidad y virulencia, agravado por el aumento de la velocidad del viento y mayor disponibilidad de combustible en montes debilitados.

1.2 Riesgo y adaptación al cambio climático

Los impactos del cambio climático (CC) no afectan de manera homogénea a todo el territorio ni de manera lineal. El **riesgo** de los impactos relacionados con el CC depende de la **exposición**, la severidad del cambio experimentada por una especie o región y que depende de la tasa o magnitud de dicho cambio (Dawson et al., 2011). Pero también depende de la **vulnerabilidad** o la predisposición de una especie o población a ser afectada negativamente por ese cambio (IPCC, 2014) y que incluye los conceptos de sensibilidad y capacidad de adaptación. La **sensibilidad** alude al grado en el que un sistema o especie es afectado por la variabilidad o cambio en el clima. De esta manera, las especies más sensibles mostrarán reducciones mayores en el crecimiento, supervivencia o reclutamiento con cambios pequeños en las condiciones climáticas (Herrero, 2017). Por su parte, la **capacidad de adaptación** se refiere a la facultad de una especie o población para hacer frente al cambio. De hecho, las especies vegetales pueden presentar cierta resiliencia frente a los efectos adversos del CC mediante adaptaciones a nivel morfológico, fisiológico y anatómico (ej. carácter perennifolio y esclerófilo de especies mediterráneas), por su plasticidad fenotípica (estrategias que han ido desarrollando por la diversidad de situaciones en las que se encuentran; (Matesanz & Valladares, 2014) o bien desplazándose a microhábitats locales más adecuados o migrando a regiones climáticas más apropiadas.

Sin embargo, ante un cambio continuado, la **adaptación al cambio climático**, se puede extender a la intervención humana necesaria para ayudar a los ecosistemas y organismos a ajustarse a las nuevas condiciones climáticas (Stein et al., 2014). Persigue limitar los impactos, reducir los riesgos y la vulnerabilidad e incrementar la **resiliencia** frente al cambio del clima, refiriéndose esta última a la capacidad para superar una situación perjudicial y retornar al estado original una vez ha cesado dicha situación.

1.3 La gestión forestal adaptativa

Para dar respuesta a los retos que supone el cambio climático, la gestión forestal y de la biodiversidad debe considerar explícitamente los escenarios de cambio climático. La incertidumbre asociada a los mismos conlleva que deba ser lo suficientemente **flexible y diversa** como para poder dar respuesta a un rango amplio e incierto de condiciones, así como **localizada** en el espacio y tiempo para hacer

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

frente al **factor de mayor riesgo** en cada caso (García-Güemes & Calama, 2015). Esto es de gran importancia en una Región como Navarra, que, en su escasa superficie, alberga una gran diversidad de especies y ecosistemas en sus tres regiones biogeográficas (Loidi & Báscones, 2006), muy diferentes en cuanto a condiciones climáticas, usos y ocupación del suelo, situación socioeconómica, etc., y en las que el factor de mayor riesgo asociado al CC no tiene por qué coincidir.

En este sentido, la **gestión forestal adaptativa** hace referencia al proceso dinámico e iterativo de planificación, implementación y modificación de las estrategias de gestión en el contexto de incertidumbre y cambio constante (Herrero & Zavala, 2015). Para ello debe realizarse un **seguimiento**, evaluación y ajuste de la gestión aplicada en caso necesario, la cual debe fundamentarse en los principios de la **gestión forestal sostenible** (económicamente viable, socialmente beneficiosa y ambientalmente coherente) e incluir un carácter **anticipador**, considerando los escenarios futuros y la incertidumbre existente.

Para la obtención del objetivo final de la adaptación (la conservación a largo plazo de los procesos naturales y servicios ecosistémicos) se han descrito una serie de **objetivos** o **principios** de adaptación (Brang et al., 2014):

- **Incremento de la riqueza de especies y de la diversidad estructural**. Los bosques y paisajes heterogéneos presentan una menor vulnerabilidad y mayor capacidad de resiliencia frente a perturbaciones. Además de procesos de facilitación que puedan darse en comunidades diversas, existe una mayor variabilidad en el uso de los recursos a nivel espacial y/o temporal. De esta manera, pueden presentar una variedad de respuestas frente a un evento de estrés o ante una perturbación, por lo que masas forestales más diversas constituirán ecosistemas con una mayor capacidad de adaptación frente a los escenarios futuros.
- **Conservación y mejora de la variabilidad genética intraespecífica**: una variación genética intra-específica amplia conllevará mayor diversidad de respuestas frente a cambios en el clima, al ampliar el rango de condiciones ecológicas compatibles y permitir la selección natural de individuos mejor adaptados al medio.
- **Mejora del vigor y la resistencia individual** frente a agentes bióticos y abióticos. Por ejemplo, en la Región Mediterránea, donde el factor de estrés más limitante de manera general es la disponibilidad hídrica, una selvicultura que aumente dicho recurso logrará incrementar el vigor y resistencia de los individuos frente a patologías forestales y otros eventos adversos.
- **Reemplazo de masas con riesgo elevado.** En el caso de comunidades con un riesgo elevado, como comunidades monoespecíficas y/o coetáneas o situadas en localizaciones marginales o no favorables, podría ser recomendable el cambio de estructura o de especies por otras más adaptadas a los escenarios previstos.
- **Mantenimiento de existencias (volumen maderable) bajos** con el objetivo de minimizar el riesgo económico en caso de que suceda una perturbación. Por otra parte, un volumen alto de existencias en monte puede suponer una mayor competencia por los recursos disponibles (agua, luz y nutrientes) y el desarrollo de comunidades poco vigorosas.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

Una aproximación para alcanzar estos objetivos la ofrece la denominada "**gestión forestal próxima a la naturaleza (GFPN)**", que ha sido reconocida como una posible vía en la adaptación de los bosques (ej. Tíscar et al., 2015) y como método de lucha contra el CC (Comisión Europea, 2021). Se basa en intervenciones frecuentes orientadas por principios ecológicos y económicos y que imitan los regímenes naturales de perturbaciones menores, generando así bosques con mayor diversidad. Converge en muchos aspectos con la denominada "**selvicultura de conservación de los procesos ecológicos**", en la que se propone un acercamiento a la naturalidad y madurez de las masas forestales, sin olvidar la obtención de bienes y servicios de forma sostenible (Schwendtner & Barnard, 2019).

A grandes rasgos, la GFPN propone (Spathelf et al., 2015): promover la composición de especies arbóreas autóctonas y/o adaptadas al sitio; promover masas mixtas y con diversidad de estructura; evitar las cortas a hecho en la medida de lo posible; promover la regeneración natural; prácticas selvícolas orientadas al árbol de forma individual; la integración de los servicios ecosistémicos en la gestión.

La GFPN ha sido verificada como una buena aproximación para lidiar con los cambios futuros a pesar de que en ciertos casos puede ser necesaria la utilización de especies o proveniencias alóctonas (Brang et al., 2014), o de que las intervenciones de "bajo impacto" propuestas por la GFPN puedan ser a veces insuficientes, siendo recomendables métodos de preparación del sitio extensivos e, incluso, pequeñas cortas a hecho (Spathelf et al., 2015). En cualquier caso, en la planificación de estrategias de adaptación, el conocimiento de las condiciones ecológicas del sitio es esencial.

1.4 Prácticas de gestión forestal adaptativa

La selvicultura materializa la gestión forestal mediante actuaciones, siendo la regeneración, el crecimiento y el buen estado sanitario de las masas forestales algunos de sus objetivos. Por tanto, la consecución de los principios de adaptación se apoyará en la ejecución de una serie de **prácticas** selvícolas, como se destaca en los trabajos realizados por Brang et al (2014) y cuya adaptación a Navarra se muestra en la Tabla 1.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

Tabla 1 Relación entre los principios de adaptación al CC y prácticas selvícolas (Brang et al., 2014 modificado)

PRÁCTICAS	PRINCIPIOS					
	Incremento de la diversidad específica	Incremento de la diversidad estructural	Conservación y mejora de la variación genética intra-específica	Mejora del vigor y la resistencia individual frente a agentes bióticos y abióticos	Promover/ acelerar cambios de estructuras o especies con riesgo alto	Mantener las existencias (madera en pie) bajas
Cortas por entresaca		x		x		
Cortas de regeneración	x	x	x			x
Periodos de regeneración largos	x	x	x			
Mantenimiento de árboles padre	x	x	x			
Regeneración natural	x	x	x			
Regeneración artificial	x		x	x	x	
Claras, clareos y resalveos	x	x		x		x
Control y adecuación de turnos de corta				x	x	X

Sin embargo, la adaptación de los ecosistemas forestales a los efectos del cambio climático debe ser global e integral y no quedar limitada a la gestión selvícola de comunidades arbóreas. Debe abordar, por ejemplo, acciones de gestión del matorral y la generación de paisajes en mosaico de cara a reducir el riesgo de incendios forestales e incrementar la biodiversidad de bienes y servicios, pero también la restauración de paisajes degradados o la definición y mantenimiento de zonas para su conservación y evolución natural.

A continuación, se describen a grandes rasgos las ventajas y beneficios de diferentes prácticas encaminadas a aumentar la adaptación de los ecosistemas forestales.

1.4.1 Cortas de regeneración

Las cortas de regeneración constituyen ventanas de oportunidades para la adaptación de los ecosistemas forestales, ya que permiten, por ejemplo, incrementar la diversidad genética o la riqueza de especies e instalando así comunidades forestales más resilientes o, incluso, la sustitución de masas con un elevado riesgo frente al CC (Spathelf et al., 2015).

Además, mediante cortas de regeneración natural se posibilita la transmisión de rasgos de individuos adaptados al medio, ya que las plantas pueden variar su fenotipo para ajustarse al ambiente donde se desarrollan (fenómeno conocido como plasticidad fenotípica). Sin embargo, ante el cambio climático. se espera un efecto negativo sobre la regeneración natural de muchas especies forestales debido, entre otras razones, al aumento de las condiciones de aridez y frecuencia de sequías

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

extremas previstas. Por ello, puede ser recomendable alargar el periodo de regeneración, así como aumentar la protección del regenerado por una mayor cobertura de los árboles padre (García-Güemes & Calama, 2015).

En aquellas situaciones donde la regeneración natural no se consiga o cuando se pretenda enriquecer masas muy simplificadas, se podría plantear introducir especies o procedencias más adaptadas a los escenarios futuros, asegurando siempre la región de procedencia adecuada al lugar. Así, las procedencias propias de los límites de distribución de las especies arbóreas han sido recomendados como importantes fuentes de ecotipos con rasgos adaptativos específicos (Spathelf et al., 2015). Algunos autores incluso promueven el empleo de semillas y plantas procedentes de diversas áreas para asegurar que al menos parte de los nuevos árboles estén adaptados al clima futuro (Serrada, 2008). En cualquier caso, las especies a regenerar no deben suponer un desplazamiento de las especies originales actuales, sino más bien una garantía para la sustitución gradual ante escenarios cambiantes (Herrero & Zavala, 2015).

En todo caso, los tratamientos de regeneración deben asegurar la estabilidad de las masas, garantizar la cobertura de protección al regenerado, así como mantener el sombreado en la medida de lo posible para paliar el estrés hídrico previsto, siempre considerando los caracteres culturales de las especies forestales. Para ello será necesario adaptar la densidad y los criterios de selección de árboles en las cortas de regeneración, determinando el número de árboles semilleros en las cortas diseminatorias y manteniendo una alta diversidad fenotípica.

1.4.2 Manejo de la densidad: claras, clareos y resalveos

Los tratamientos de manejo de densidad del arbolado (claras, clareos y resalveos) ofrecen la oportunidad de aumentar la diversidad intra e interespecífica, al permitir el mantenimiento de diferentes morfotipos presentes en la zona de actuación o favorecer la instalación y/o desarrollo de especies acompañantes o árboles grandes y/o viejos, por ejemplo.

Además, permiten influenciar en la estructura de la masa y, con ello, en el riesgo debido a perturbaciones o situaciones adversas, especialmente importante en masas coetáneas y monoespecíficas, que presentan una mayor vulnerabilidad. Por ejemplo, tras una clara se consigue disminuir la esbeltez de los árboles individuales y promover el desarrollo del sistema radicular a medio plazo, reduciendo el riesgo de derribos por vendavales. Por otra parte, una mayor variabilidad estructural puede ser deseable por presentar una mayor diversidad, pero no recomendable frente al riesgo de incendios forestales, al favorecer la continuidad vertical del combustible vegetal. De ahí la importancia de que la gestión sea flexible, diversa y localizada, no admitiéndose recetas generales y debiendo adecuarse a la situación específica del sitio y considerando el factor de mayor riesgo.

La competencia por los recursos (luz, agua, nutrientes) en masas forestales en espesura conlleva una reducción de la productividad y del vigor vegetativo individual, lo que aumenta su susceptibilidad a eventos climáticos extremos y otros factores adversos como plagas y enfermedades. La reducción de la densidad en masas en espesura aumenta la disponibilidad de los recursos para el arbolado

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

residual, disminuyendo así la competencia por los mismos y mejorando las condiciones de crecimiento y desarrollo, así como de vitalidad y resistencia. Por ejemplo, en zonas donde el recurso hídrico es limitante, la reducción de la densidad del arbolado tras una clara puede contribuir a disminuir la competencia por el agua, mejorando las condiciones de desarrollo y vigor de los individuos y masas forestales. Sin embargo, si la clara resulta en una estructura demasiado abierta, un incremento de la evaporación por insolación puede desencadenar el efecto contrario. En este sentido, la práctica de la denominada selvicultura de base ecohidrológica (del Campo et al., 2017) busca aumentar la disponibilidad de agua para el arbolado, planteando espesuras intermedias que mejoran el balance hídrico de la masa.

Todos estos objetivos se consiguen mediante la modulación de la frecuencia, intensidad y criterios de selección de las cortas que, en cualquier caso, deberán ajustarse al temperamento de la especie y a las características de la estación y de la masa presente, ya que aperturas excesivas pueden generar problemas de regeneración, de desecación de suelos, de exceso de rebrotes o de alta fragilidad frente a los vientos, por ejemplo. En cualquier caso, la apertura del dosel debe ser gradual y desde edades tempranas. De manera general y en función del temperamento de la especie y condiciones de la estación, las primeras intervenciones deberían ser lo suficientemente intensas como para incrementar y mantener la vigorosidad de los pies residuales, pero más prudentes en estados avanzados de la masa (García-Güemes & Calama, 2015).

1.4.3 Control y adecuación de turnos de corta

En los bosques templados y mediterráneos de Navarra, el CC presumiblemente acentuará la limitación de la productividad de los ecosistemas, los procesos de decaimiento asociados a periodos o eventos extremos de sequía y el riesgo de incendios y otras perturbaciones.

En este contexto y con el objetivo de reducir los riesgos económicos y medioambientales, se contempla el acortamiento de los turnos de corta como una posible medida, frecuentemente desde el punto de vista económico y de mitigación del CC, pero, más raramente, desde el punto de vista de la adaptación (Bréda & Brunette, 2019). Al alargar los turnos, se amplía el tiempo de exposición a factores adversos además de que se incrementa la vulnerabilidad de los árboles frente al estrés hídrico relacionado con su envejecimiento. Por contra, la reducción de los turnos de corta conlleva una pérdida de la eficiencia económica y ambiental: productos de menor dimensión, menor volumen total de madera y menor secuestro de carbono, y los servicios ecosistémicos podrían verse también afectados negativamente. Al contrario, incrementar los turnos de corta permite alargar los periodos de regeneración incrementando las posibilidades de éxito de la regeneración natural, obtener maderas de mayor dimensión (Serrada et al., 2011), aumentar la madurez del rodal (Baiges & Delpi, 2023), favorecer la provisión de servicios ecosistémicos y la abundancia de árboles viejos (Herrero, 2017), cruciales para la conservación de numerosas especies forestales.

Por tanto y como ya se ha comentado anteriormente, no resulta una tarea sencilla dar una receta general. Por ejemplo, el EIP-AGRI Focus Group Forest Practices & Climate Change en su informe final (Lindner et al., 2019) recomienda el acortamiento de los turnos en las zonas boreales y

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

templadas atlánticas, pero sugiere la utilización de turnos más largos en la región Mediterránea. Algo que parece razonable, a no ser que existan indicios de decaimiento, riesgo elevado de incendios forestales o que se quiera promover un cambio hacia otra especie o comunidad más adaptada a los nuevos escenarios.

1.4.4 Manejo de combustible en terrenos arbolados

Ante el escenario de Cambio Global, se prevé un incremento de la frecuencia y severidad de los incendios forestales. El comportamiento de un incendio (intensidad y velocidad de propagación) es fruto de la interacción entre la meteorología, la topografía y el combustible, siendo este último, el único factor sobre el que se pude incidir mediante la gestión forestal. En la Tabla 2 se observan los principios básicos de la gestión forestal para reducir la vulnerabilidad de las estructuras forestales frente a incendios de copa.

Tabla 2 Principios básicos de gestión forestal para reducir la vulnerabilidad a incendios de copa (Pique et al., 2011).

PRINCIPIO	EFECTO	VENTAJA	COMENTARIOS
Reducir carga de combustible de superficie	Reduce la longitud de llama	Control más fácil, menor efecto "antorcha"	El tratamiento que genera perturbaciones menores es la quema prescrita
Aumentar la altura a la base de copa	El fuego no pasa a copa	Menor efecto "antorcha"	El viento en superficie puede aumentar
Disminuir la densidad aparente de las copas	La propagación del fuego entre copas disminuye	Reduce el potencial de fuego de copias	El viento en superficie puede aumentar y los combustibles en superficie pueden disminuir su contenido en humedad
Mantener árboles grandes	Las copas se traban a una altura mayor	Aumenta la supervivencia	La extracción de árboles pequeños pueden ser menos rentables económicamente

Se puede reducir la cantidad de combustible y romper su continuidad (horizontal y vertical) en terrenos arbolados mediante prácticas como desbroces de matorral, claras, clareos, resalveos o podas, con eliminación posterior de los residuos forestales (preferiblemente mediante trituración). Por ejemplo, las claras, y en especial aquéllas ejecutadas por lo bajo, han demostrado ser de gran ayuda para reducir a corto plazo el riesgo y la intensidad de los incendios, ya que, además de menguar y romper la continuidad del combustible forestal y aminorar el riesgo de fuegos de copa, permiten aliviar el estrés por sequía, mejorando la vigorosidad de la vegetación (Coll et al., 2019).

A estas medidas se debe añadir el empleo de quemas prescritas, generalmente utilizadas en la gestión de pastos o matorral, pero que también presentan aplicaciones en zonas arboladas para el manejo de combustible. Estas quemas, con fuegos de baja intensidad y aplicadas en periodos húmedos, permiten eliminar combustible y abrir claros, a la vez que se controlan los efectos negativos relacionados con la degradación de los ecosistemas, la fertilidad del suelo, o la biodiversidad.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

Por otra parte, en este contexto cobra un papel fundamental la gestión a nivel de paisaje, en la que se promueva la diversidad y, en concreto, la mezcolanza de distintas comunidades en mosaico, típica de los sistemas agroforestales tradicionales. De esta manera, los combustibles se disponen de manera irregular sobre el territorio, ofreciendo una variedad de respuestas además de una oportunidad para la autoprotección del ecosistema, es decir, para que sea más resistente y resiliente y sea capaz de renacer frente a la perturbación que supone un incendio forestal (Generalitat Valenciana, 2022).

Por último, será necesario aprender a convivir con el fuego e integrar en la sociedad la cultura del riesgo de incendio. En este sentido, toma especial relevancia el concepto de recurrencia del fuego (cada cuándo se quema una parte del territorio), así como valorar qué superficie quemada es capaz de asumir el territorio sin una merma notable de sus servicios ecosistémicos, ya que esta superficie favorece un paisaje forestal heterogéneo y más diverso (Generalitat Valenciana, 2022).

1.4.5 Gestión de la cubierta de matorral

La conservación del paisaje agroforestal en mosaico, óptimo desde el punto de vista de la adaptación al CC por su gran diversidad específica, estructural y de productos y servicios, implica una gestión integral del medio, en la que las cubiertas forestales no arboladas y su gestión apoyada en el uso de la ganadería extensiva juegan un papel fundamental.

En zonas con riesgo de incendio elevado puede ser recomendable la reducción de la cubierta de matorral, creando áreas potenciales de pasto y reduciendo el riesgo de incendio. Sin embargo, esta praxis es de las más complejas a ejecutar, pues el tipo de tratamiento provoca distintos resultados según las características de la zona. Así, en masas arboladas con elevada cubierta de matorral y localizadas en puntos estratégicos de cara a la expansión de incendios forestales, se puede reducir o incluso eliminar totalmente la cobertura de matorral de modo preventivo. En cambio, en terrenos secos y con bajo recubrimiento arbóreo, el mantenimiento de cierta cubierta matorral puede mejorar la disponibilidad hídrica, principalmente por la reducción de las pérdidas por evaporación al proteger el suelo de la insolación directa y mejorar la capacidad de infiltración de los suelos. Igualmente, en terrenos con pendiente elevada puede ser también recomendable mantener el matorral para cortar los flujos de escorrentía superficial que provocan regueros u otros procesos erosivos en el suelo.

Por ello, a la hora de diseñar este tipo de tratamientos es muy importante localizar las zonas preferentes y los puntos críticos, pues, aunque la eliminación o reducción de matorral sea selectiva y parcial, no hay que olvidar que el mantenimiento de bosquetes y orlas de matorral es de vital importancia como zona de refugio y cría de numerosas especies animales, además del valor en sí mismo de ese tipo de comunidades.

1.4.6 Gestión pascícola

Los pastos generan una serie de bienes y servicios en el ámbito agroforestal silvopastoral y que cobran gran interés en el marco del cambio climático, como son el mantenimiento de la ganadería extensiva, la prevención y reducción de incendios forestales, la conservación de la biodiversidad o la

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

fertilización de suelos y el almacenamiento de carbono en los mismos. Por tanto y de manera general, la gestión debe ir a dirigida a mantener las superficies pascícolas existentes y favoreciéndolas allá donde escaseen, aportando la mayor heterogeneidad posible al sistema.

Optimizar el aprovechamiento de forraje requiere una gestión sostenible de los pastos, donde la idoneidad de la presión ganadera cobra especial relevancia. Además, la existencia de abrevaderos, cierres perimetrales u otras infraestructuras en buen estado es necesaria para permitir un adecuado aprovechamiento del pasto.

En zonas abandonadas potencialmente susceptibles de pastoreo, una posible actuación deseable podría ser la eliminación parcial de la cubierta vegetal presente mediante desbroces para favorecer el rebrote de las especies existentes, más palatables cuando generan tallos nuevos, y beneficiando además la aparición de nuevas especies herbáceas de interés para el ganado. No cabe duda de que la ejecución de desbroces debe ser principalmente abordada en puntos críticos para la gestión y seguida de un manejo adecuado de ganado extensivo, cada día más raro en nuestros montes. Se pone de manifiesto así uno de los factores clave del cambio global como es el abandono rural, que indudablemente interacciona de forma sinérgica con los cambios en el clima.

1.4.7 Restauración ecológica forestal

La restauración forestal puede venir motivada por el deterioro de una comunidad debido a daños o perturbaciones como, por ejemplo, procesos de decaimiento asociados a sequías, procesos erosivos, incendios forestales o afecciones por plagas y enfermedades. Cabe destacar que la capacidad de recolonización natural de la vegetación tras una perturbación depende del grado de afección sobre la vegetación y el suelo, de la resiliencia del ecosistema y del factor de degradación ambiental que ha provocado el deterioro (incendios, erosión hídrica, etc.), siendo compleja la restauración *per se*.

El objetivo clave en restauración ecológica debe ser el equilibrio adecuado entre la reconstrucción de los sistemas naturales anteriores y la construcción de sistemas naturales flexibles para el futuro, pues considerar como estable el ecosistema anterior puede llevar a errores en un escenario de cambio (Harris et al., 2006). En este sentido, las actuaciones de restauración deben conseguir un ecosistema resiliente capaz de soportar cambios periódicos naturales, de manera que se creen sistemas autosuficientes.

A continuación, se expresan brevemente una serie de recomendaciones, supeditadas al cumplimiento de la legislación vigente al respecto:

- La elección de la especie o conjunto de especies es clave, pues el escenario climático futuro genera una gran incertidumbre sobre la adecuación o no de la especie repoblada. Cuando la alteración de una masa forestal haya sido de tal envergadura que no queden ejemplares de la serie de vegetación potencial de la zona, se podría plantear introducir otra especie mediante siembras y repoblaciones, considerando siempre la región de procedencia específica del lugar o de procedencias más adaptadas a los escenarios futuros. Dichas plantaciones deberán mejorar

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

la situación preexistente desde el punto de vista medioambiental y productivo, además de tener asegurado el arraigo de la misma en un escenario de CC.

- En el caso de zonas con altas tasas de erosión y pérdida de suelo debería llevase a cabo una correcta planificación agrohidrológica apoyada en soluciones basadas en la naturaleza, como la revegetación, incluyendo la reforestación forestal y conversión forestal, para lo cual, especies autóctonas, xerófilas y frugales pueden ser de gran interés.
- La restauración ecológica en superficies incendiadas debe garantizar la protección del suelo, así como la restauración de la cubierta forestal, considerando los escenarios de CC. En la medida de lo posible, se debe promover la instalación de masas mixtas e irregulares, manteniendo espesuras relativamente bajas. En el caso de estaciones de fuegos recurrentes o con un riesgo muy alto frente al CC, se podría dirigir la comunidad hacia otras composiciones botánicas con mayor capacidad de respuesta frente a estas situaciones.
- En sistemas forestales donde no exista diversidad de especies, podrían llevarse a cabo plantaciones de enriquecimiento, siempre que mejore el medio y sea viable su instalación. Se tratará de plantaciones de especies secundarias, normalmente fruticosas, de pequeña superficie y cuyo objetivo principal sea el de aumentar la biodiversidad en el ecosistema, así como el establecimiento de focos para estimular procesos de dispersión natural de dichas especies.
- Tras la introducción de especies, pueden ser necesarias algunas acciones de manejo a corto plazo que favorezcan su supervivencia y aclimatación, tales como tubos o cierres protectores, escardas o incluso riegos puntuales.
- Es interesante el empleo de especies facilitadoras o nodrizas, ya que poseen adaptaciones fisiológicas que les permiten establecerse en ambientes muy estresantes. Estas plantas crean con el tiempo microhábitats que facilitan la entrada de otras especies, pues aportan materia orgánica, sombra y humedad, y protección (Pugnaire de Iraola et al., 2015).

Los proyectos de restauración deben contemplar un sistema de seguimiento para conocer la evolución de la actuación en el medio y su respuesta en el escenario de CC y detectar posibles desviaciones no previstas, de manera que se pueda aprender de la experiencia y aplicar medidas correctoras de ser necesario.

En cualquier caso, se potenciarán mecanismos de restauración lo más próximos al funcionamiento del ecosistema posible, encaminados a recuperar las funciones básicas para el auto mantenimiento de las comunidades biológicas y los procesos naturales de sucesión vegetal.

1.4.8 Fomento y monitoreo de Zonas a Evolución Natural

En Navarra, los montes catalogados de utilidad pública sujetos a planificación deben tener al menos un 5% de su superficie forestal conservada a evolución natural, sin actuación humana, característica que favorece la conservación de ciertas especies de flora y fauna, al ser áreas de alimentación, nidificación o de refugio (EUROPARC-España, 2015). La falta de perturbaciones antrópicas fomenta el desarrollo de hábitats forestales maduros y diversos, con arbolado viejo de grandes dimensiones, evolucionando hacia bosques originarios, lo que confiere una mejora de la resiliencia del bosque frente al cambio climático y la cualidad de laboratorio u observatorio natural. Es aquí donde se

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

conservan las condiciones edafoclimáticas naturales, se obtiene diversidad estructural, mezcla de clases de edad, coexistencia de especies y regeneración natural, principios básicos de la selvicultura y gestión próxima a la naturaleza. Por tanto, estas zonas de referencia dejadas a evolución natural son esenciales para comprender la dinámica natural, los procesos ecológicos y los mecanismos de resiliencia frente al CC inherentes a los individuos y comunidades.

La selección de estas zonas se realiza en coordinación con las personas propietarias de los terrenos y siguiendo criterios de madurez, originalidad, representatividad, presencia de especies amenazadas, etc. Además, teniendo en cuenta que los rodales más maduros son los que mejor reúnen estas características, este tipo de bosques serán seleccionados frente a masas más jóvenes.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

2. Ámbito de trabajo

El área de trabajo corresponde a la totalidad del territorio de la Comunidad Foral de Navarra, donde más del 57% corresponde a terreno forestal (Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra, 2022):

Tabla 3 Superficie de los usos del suelo en Navarra. Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra (2022)

Uso del suelo		Formación vegetal	Superficie	
			ha	%
Forestal	Arbolado: Frondosas	Haya, encinas, robledales y otras frondosas	242.450,1	23,33
	Arbolado: Coníferas	Pinares y otras coníferas	119.429,2	11,49
	Arbolado: Coníferas/Frondosas	Masas mixtas	16.341,2	1,57
	No arbolado	Matorrales, pastizales y terrenos con escasa vegetación	218.655,0	21,04
Agrícola		Cultivos herbáceos secano	363.565,5	34,99
		Cultivos herbáceos regadío	661,6	0,06
		Cultivos leñosos secano	3.108,7	0,30
		Cultivos leñosos regadío	33.819,8	3,25
Improductivo		Sin cobertura vegetal	41.108,0	3,96
Total			1.039.139,0	100

De la superficie forestal, el 40% está ocupada por especies de frondosas; el 20%, por coníferas y, cerca del 37%, por matorrales, pastizales y terrenos con escasa vegetación. El haya es la especie forestal con mayor representación en Navarra alcanzando casi el 20% de la superficie forestal, seguida por el pino silvestre (9%) y los carrascales, que, junto con los robledales mediterráneos, se extienden sobre el 12% de la superficie (Tabla 4).

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

Tabla 4 Ocupación de las formaciones forestales en Navarra. Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra (2022)

Tipo de cobertura forestal	Formación vegetal	Superficie	
		ha	%
Frondosas	Haya (*Fagus sylvatica*)	118.667,4	19,9
	Carrascales (*Quercus rotundifolia*)	29.838,9	5,0
	Roble pubescente (*Quercus pubescens*)	27.790,3	4,7
	Masas mixtas de frondosas	19.576,2	3,3
	Roble pedunculado (*Quercus robur*)	14.436,5	2,4
	Hayedo - Robledal	9.528,2	1,6
	Otros robles	7.508,0	1,3
	Quejigo (*Quercus faginea*)	6.227,0	1,0
	Roble americano (*Quercus rubra*)	4.722,4	0,8
	Otras frondosas	2.977,7	0,5
	Castaño (*Castanea sativa*)	1.177,7	0,2
Coníferas	Pino silvestre (*Pinus sylvestris*)	55.059,1	9,2
	Pino carrasco (*Pinus halepensis*)	29.428,3	4,9
	Pino laricio (*Pinus nigra*)	24.284,5	4,1
	Alerce (*Larix* sp.)	3.782,9	0,6
	Otras coníferas	2.394,8	0,4
	Masas mixtas de coníferas	2.191,8	0,4
	Otros pinos	1.079,4	0,2
	Pino insigne (*Pinus radiata*)	682,5	0,1
	Abeto blanco (*Abies alba*)	525,8	0,1
Mixta Conífera/Frondosas	Masas mixtas de coníferas - frondosas	10.844,4	1,8
	Pino silvestre - hayedo	4.550,9	0,8
	Hayedo - abetal	945,8	0,2
Matorral y/o pastizal	Matorral mediterráneo	68.950,8	11,6
	Pastizal	41.302,0	6,9
	Formaciones de matorral	34.047,1	5,7
	Pastizal - Matorral	30.133,9	5,1
	Terrenos con escasa vegetación	19.117,8	3,2
	Helechales	18.839,0	3,2
	Brezal-Argomal	6.264,5	1,1
Total		596.875,4	100

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

En los escasos 10.391 km² de Navarra confluyen tres regiones biogeográficas (Fig. 1), donde la gran diversidad física, climática, social y biológica se refleja en una variedad de riesgos asociados al CC, pero también, de vulnerabilidad y respuesta a los mismos. Por ejemplo, cabe pensar que los ecosistemas de la región biogeográfica Mediterránea estarán principalmente amenazados por la acentuación de las condiciones de aridez (estrés hídrico) e incendios forestales, mientras que, en la región biogeográfica Atlántica, se consideran las inundaciones como el mayor factor de riesgo relacionado con el CC.

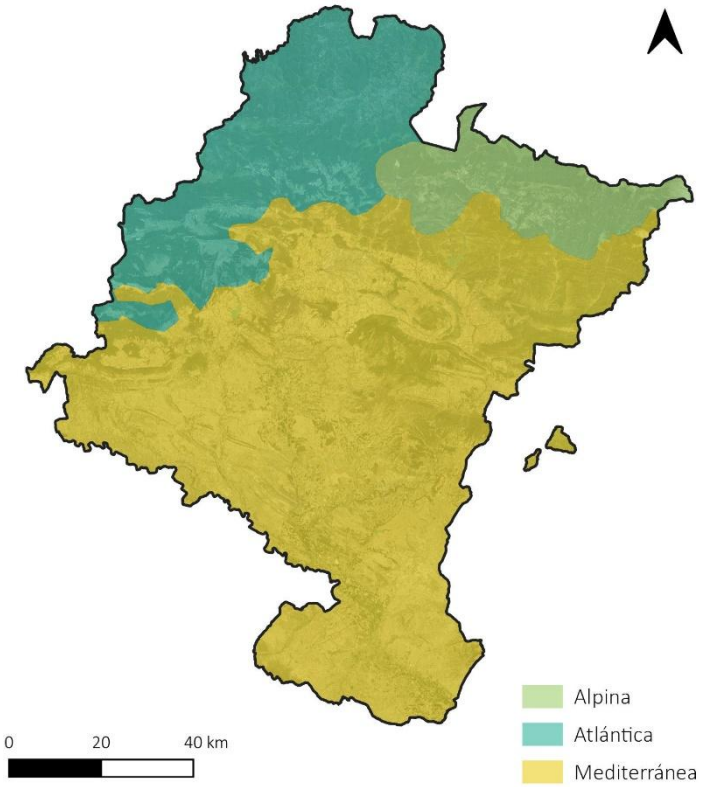


Fig. 1 Regiones Biogeográficas de Navarra

2.1 La Región Biogeográfica Mediterránea

La Región Biogeográfica Mediterránea se extiende por una superficie de más de 718.000 hectáreas, aproximadamente el 69% de la superficie navarra. Se caracteriza por un clima de veranos secos y cálidos e inviernos húmedos y frescos. La depresión del Ebro, que la recorre de noroeste a sudeste, acentúa la severidad de la sequía estival, ya de por sí importante en la mitad sur de Navarra.

A pesar de ser una comarca diversa, el clima mediterráneo continental modela la mayor parte de la vegetación. Así, la superficie forestal se encuentra principalmente representada por robledales mediterráneos, pinares de carrasco y laricio, encinares y coscojares, así como formaciones de matorral y pastizal (Fig. 2). En el norte de la Región encontramos ejemplos de bosques característicos

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

de las biorregiones limítrofes (Atlántica y Alpina), apareciendo el haya y el pino silvestre en un elevado porcentaje de ocupación.

La repoblación forestal ha estado presente en esta Región desde mediados del siglo pasado, siendo el principal representante el pino laricio (*Pinus nigra*) en la zona media y el pino carrasco (*Pinus halepensis*) hacia el sur. Otras formaciones arboladas, como los bosques de robles mediterráneos, se encuentran en un frecuente estado de abandono con ausencia de gestión.

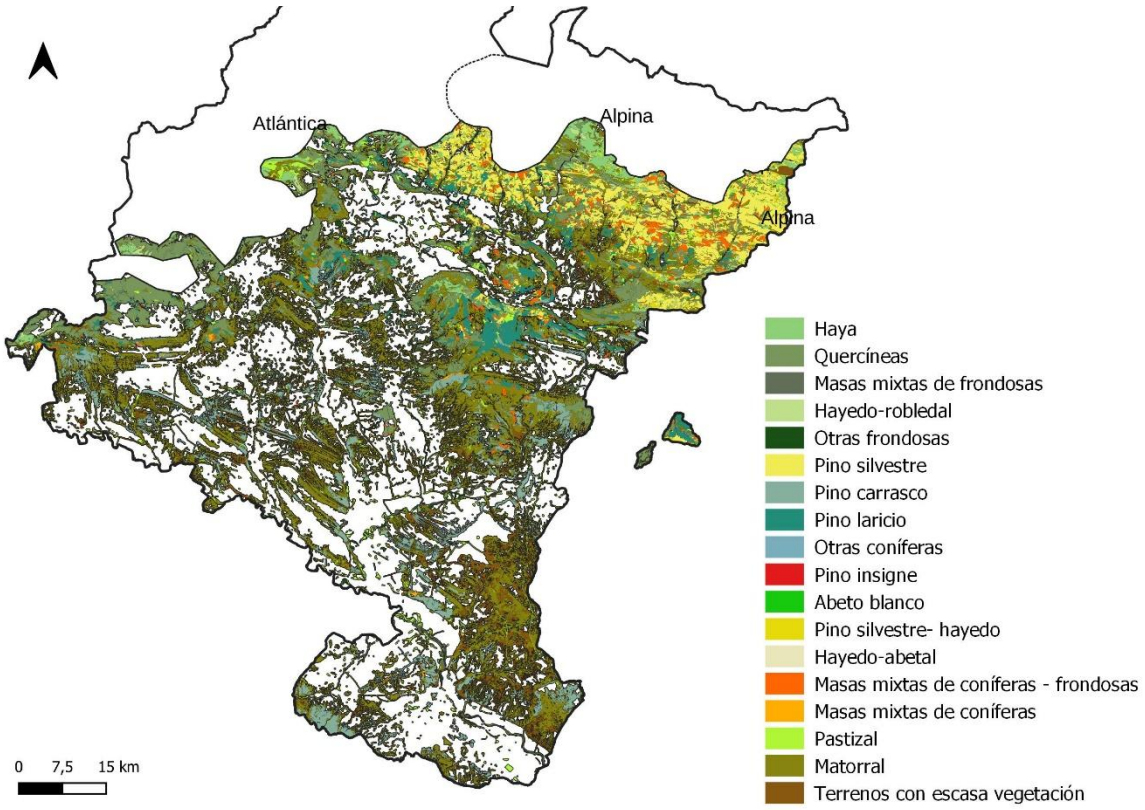


Fig. 2 Formaciones vegetales de la Región Biogeográfica Mediterránea

2.2 La Región Biogeográfica Atlántica

La Región Biogeográfica Atlántica se extiende por 224.378 hectáreas, aproximadamente el 22% de la superficie navarra. El clima aquí se encuentra fuertemente influido por la proximidad del océano Atlántico, con temperaturas suaves y abundantes lluvias, nieblas y lloviznas (Gobierno de Navarra, 2023). Debido a una orografía general suave, el paso del clima oceánico lluvioso al mediterráneo más seco se realiza de modo gradual, dando lugar a numerosos matices climáticos intermedios. Es habitual el efecto Foehn, provocado por el viento sur y que provoca fuertes ascensos de temperaturas en el fondo de estos valles y grandes contrastes climáticos entre esta zona, con sol y calor, y el resto de Navarra, con más frío y humedad.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

La vegetación natural originaria está formada por especies higrófilas y planocaducifolias, formaciones de frondosas atlánticas representadas por robledales en las partes bajas de los valles y hayedos en las zonas más altas (Fig. 3). Los matorrales proliferan como vegetación subserial de los bosques, destacando retamas, brezos, avellanos y helechos. Abundan también las praderas y los pastizales.

Desde mediados del siglo pasado la repoblación forestal ha estado presente en la Región, siendo frecuentes en las mismas el roble americano, alerces, pinos (principalmente insigne y, en menor medida, pino laricio de Córcega) y otras especies exóticas en menor medida. Sin embargo, la afección por patógenos foliares observada durante la última década sobre el pino insigne y el pino laricio de Córcega ha dado paso a la sustitución de las masas afectadas y utilización de otras especies como *Pinus taeda* o *Cryptomeria japonica*.

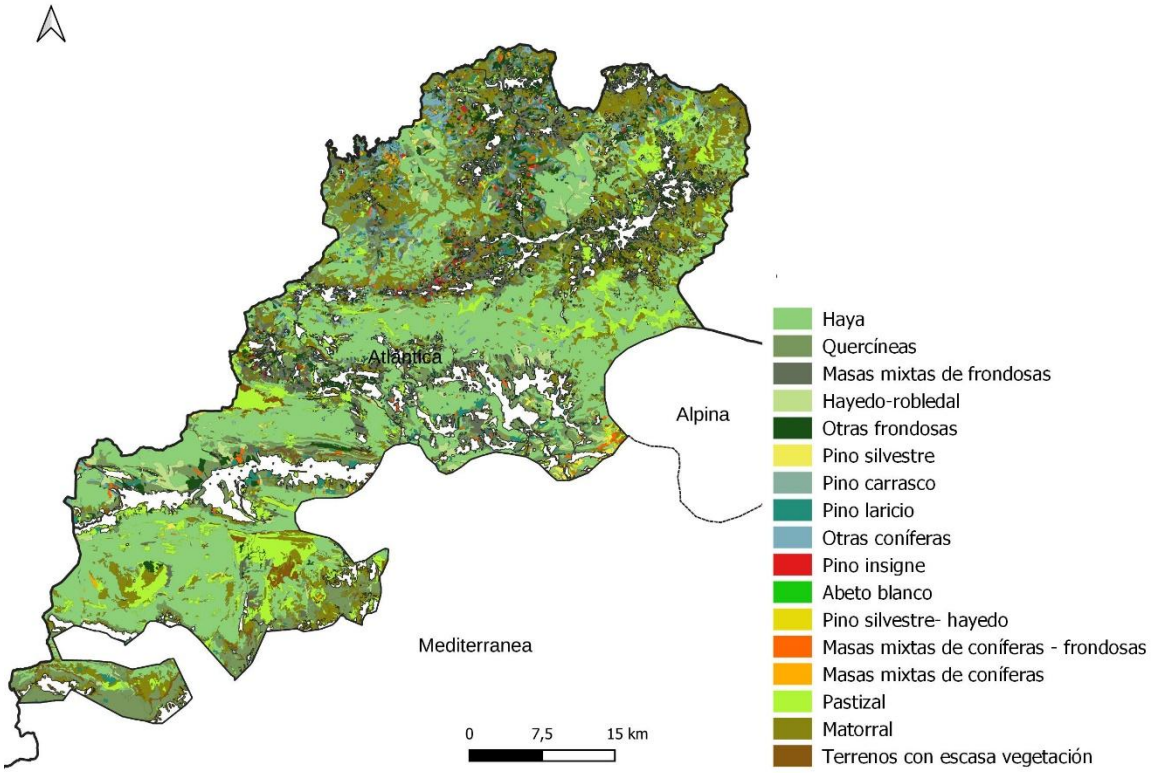


Fig. 3 Formaciones vegetales en la Región Biogeográfica Atlántica

2.3 La Región Biogeográfica Alpina

La Región Biogeográfica Alpina abarca 96.790 ha, algo más del 9% de la superficie navarra (Fig. 4). Está modelada por el clima de montaña relativamente frío y árido, con temperaturas muy bajas en invierno y suaves en verano y abundantes precipitaciones (en forma de nieve durante los meses más fríos), con un mínimo de pluviosidad marcado en verano. En la Región existe un gradiente latitudinal

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding
from the LIFE Programme of the European Union

patente, de manera que las precipitaciones disminuyen y las temperaturas aumentan hacia la zona más meridional (Gobierno de Navarra, 2023).

La diversidad de condiciones climáticas, unida a una topografía compleja y sus diferentes exposiciones, crean multitud de microclimas, lo que hace que la Región albergue una biodiversidad abundante y variada. Así, presenta distintos cinturones de vegetación configurados por las distintas zonas biológicas altitudinales modeladas por el relieve, variando los hábitats y las especies rápidamente con la altitud.

La superficie forestal se encuentra representada principalmente por masas de pino silvestre, que es sustituido por el hayedo a medida que ascendemos en altitud y latitud, además de matorrales y otros tipos de pastizales (Fig. 4). El haya domina grandes masas forestales monoespecíficas, pero también habita en bosques en las que se intercalan otras frondosas como robles o masas de coníferas (abetos y pino albar), creando en ocasiones complejos mosaicos de gran interés, y apareciendo también pastizales, matorrales y helechales con prados. A mayor altitud, en la zona subalpina, predominan el pino negro y los pastizales alpinos.

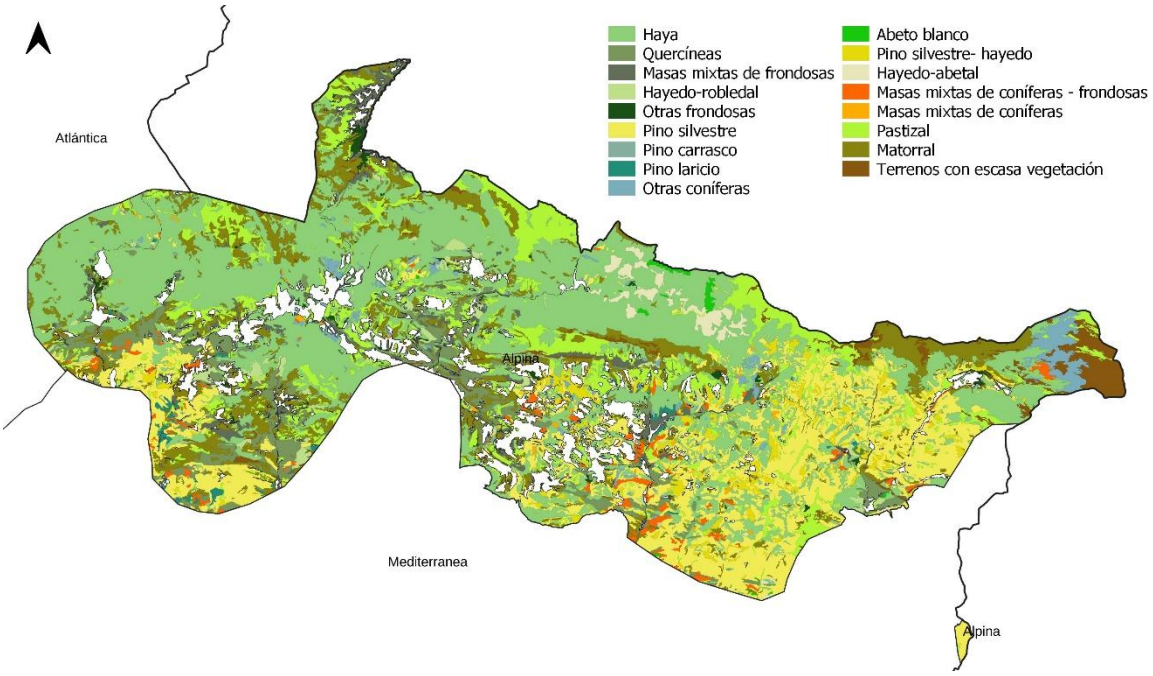


Fig. 4 Formaciones vegetales en la Región Biogeográfica Alpina

Una descripción más detallada de las principales formaciones forestales presentes en el área de estudio puede encontrase en las fichas incluidas en el apartado 3. Directrices de Gestión.

The LIFE-IP NAdapta-CC project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

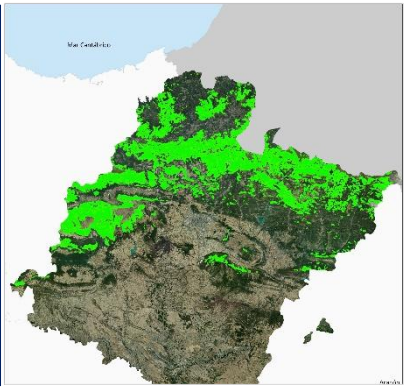
3. Directrices de gestión

El objetivo del presente documento es la propuesta de directrices de gestión forestal adaptativa en los principales sistemas forestales presentes en Navarra. Para adecuar su aplicación práctica, resulta oportuno reiterar las siguientes consideraciones indicadas previamente:

- Cualquier directriz de gestión forestal adaptativa debe buscar el logro de los principios básicos (apartado 1.3) referentes a la conservación y fomento de todas las formas de diversidad y heterogeneidad de las formaciones e individuos, así como del incremento del vigor individual y colectivo.
- La gestión deberá ser lo suficientemente flexible y diversa. Considerando la elevada diversidad de situaciones ambientales, no puede haber una única estrategia de adaptación, debiendo adecuarse en todo caso a las condiciones y circunstancias locales: comunidad vegetal, región, calidad de estación, estado de la masa a gestionar, características de desarrollo del arbolado, etc. Por tanto, estas guías proponen recomendaciones a seguir, en cualquier caso, adaptables a las circunstancias concretas.
- En cada caso habrá que atender prioritariamente al riesgo más dañino o limitante a nivel local. Las medidas planteadas en las siguientes fichas toman en consideración los diversos impactos previsibles conforme a los modelos predictivos del clima futuro. Pero no siempre será posible definir y aplicar medidas adaptativas que respondan a todos los impactos simultáneamente, ya que, en ocasiones, lo que resulte favorable respecto a uno será perjudicial frente a otro. Así, por ejemplo, frente al estrés hídrico, el tratamiento general de las masas será el mantenimiento de espesuras bajas con el objetivo de reducir la competencia por el agua. Sin embargo, en zonas con riesgo de erosión alto, puede ser recomendable el mantenimiento de una cobertura vegetal mayor como medida de protección del suelo frente a aguaceros. De igual manera, otro ejemplo pudiera ser el de la diversificación de estructuras que implica una mayor diversidad y, por tanto, adaptación, pero que puede resultar desfavorable frente al riesgo de incendio forestal.
- La gestión forestal adaptativa debe fundamentarse en los principios de la gestión forestal sostenible e incluir un carácter anticipador, considerando los escenarios futuros y la incertidumbre existente, además de constituir un proceso dinámico e iterativo de planificación, implementación, evaluación y modificación en su caso de las estrategias de gestión en el contexto de incertidumbre y cambio constante.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se redactan las siguientes recomendaciones de gestión forestal adaptativa para los principales sistemas forestales de Navarra. La presentación se hace en formato de fichas para una mejor comprensión.

Hayedo (*Fagus sylvatica*)

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Se distribuye fundamentalmente en las regiones biogeográficas atlántica y alpina, donde a menudo presentan extensas superficies continuas monoespecíficas y en ocasiones muy homogéneas. Por su parte, en la región biogeográfica mediterránea, se encuentra muy localizado en la zona de transición con las regiones anteriores. El principal uso de los hayedos es la obtención de madera y leñas, aunque existen grandes diferencias en relación a la intensidad y régimen de aprovechamiento, en función de su productividad, accesibilidad, etc. Otros usos son el ganadero y el cinegético, siendo el senderismo y la recolección de setas los principales usos recreativos. Además, aportan numerosos servicios ecosistémicos, situándose un importante porcentaje la superficie de los hayedos en hábitats de interés comunitario (Directiva Europea 92/43/CEE).  Hayedo en la Sierra de Lokiz  Distribución de los hayedos en Navarra	Los hayedos han sido históricamente objeto de aprovechamientos para la obtención de madera, leña y carbón o su uso silvo-pastoral. Legado de ello son las hayas trasmochadas y rebrotadas de cepa todavía presentes en muchos montes navarros. Desde inicios del siglo XX, la gestión forestal de los hayedos ha ido principalmente encaminada al aprovechamiento de madera y leñas, tanto en monte alto como en monte bajo. Dado el carácter de la especie y la gestión aplicada, la mayoría de los hayedos presentan masas regulares y homogéneas, con escasa diversidad estructural y una riqueza específica pobre, con raros indicadores de madurez. Durante las últimas décadas, en muchos casos se está llevando a cabo una selvicultura activa en edades intermedias y el rejuvenecimiento de masas envejecidas mediante las oportunas cortas de regeneración. Además, se están aplicando recomendaciones generales encaminadas a mantener e incrementar la biodiversidad de los hayedos (mantenimiento de especies secundarias, árboles muertos en pie o árboles viejos con oquedades, madera muerta en suelo, etc.). Por otra parte, los hayedos constituyen el nicho ecológico de especies amenazadas y cuya protección es prioritaria, como el pico dorsiblanco. Por ello, la conservación de rodales maduros, el mantenimiento de árboles de gran tamaño con oquedades y cantidades relevantes de biomasa muerta en pie y en suelo, además de la presencia de especies secundarias han cobrado últimamente una gran relevancia.

Hayedo (*Fagus sylvatica*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

Se procurará una mayor diversidad específica y se favorecerá la conversión de masas regulares a semirregulares o irregulares.

Tratamientos de mejora

- Clareo de peso en general fuerte (30-45% de los pies), eliminando los individuos mal conformados para incrementar la estabilidad y calidad de las masas, y manteniendo en la medida de lo posible la presencia de especies secundarias. En la Región Mediterránea, el peso de los clareos puede ser más moderado para no alterar en exceso la atmósfera del hayedo. En función de la situación inicial de la masa, podría ser recomendable un segundo clareo.
- Claras moderadas y selectivas con rotaciones cortas para liberar los mejores pies, evitando la homogeneización y aumentando la presencia de madera muerta.

El itinerario selvícola será más intenso (peso mayor y menor duración de rotación) en edades jóvenes, suavizándose a medida que la masa se desarrolla.

Cortas de regeneración

Con el objetivo de diversificar la estructura de la masa, las cortas de regeneración más adecuadas serán cortas de entresaca por bosquetes. Sin embargo, en masas donde ya se han iniciado las cortas preparatorias y/o diseminatorias o en aquellas zonas donde la gestión del monte irregular sea inviable, se realizarán cortas de regeneración por aclareo sucesivo, primordialmente por fajas, bosquetes o cuñas, con el objetivo de dotar de cierta irregularidad a la masa.

En el caso de monte bajo, se llevarán a cabo resalveos de conversión a monte alto, respetando algunas cepas sin resalvear para incrementar la heterogeneidad.

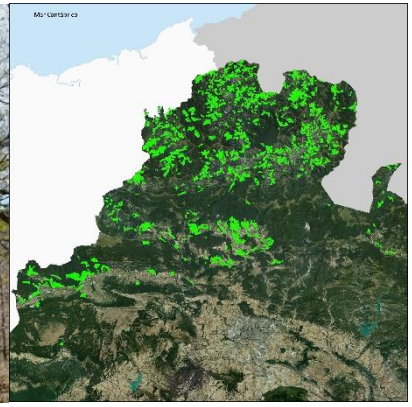
Criterios generales

- En todas las actuaciones se deberán respetar pies con características como fendas, daños, ramas gruesas, etc., además de árboles de grandes dimensiones como candidatos a árboles para la nidificación o alimentación de la fauna forestal (ej. pícidos).
- Se deberá fomentar la presencia de madera muerta, tanto en pie como tumbados en el suelo, de distintos tamaños, fundamentales para promover y conservar la biodiversidad asociada, especialmente en masas de hábitat potencial para especies de interés como pícidos o *Rosalia alpina*.
- Conservar y favorecer especies arbustivas o arbóreas acompañantes, que incrementen la diversidad de la masa, propiciando formaciones mixtas.
- Fomentar ecotonos para favorecer la heterogeneidad. Allá donde sea factible y con presencia de ganado para su posterior mantenimiento, conservar, recrecer o crear rasos internos en el bosque o masas adehesadas para uso silvopastoral.
- Mantener sin cortar una franja junto a los cursos de agua para proteger el ecosistema fluvial, eliminando hayas allí donde sirva para favorecer el desarrollo de alisos, fresnos, o la vegetación de ribera existente.
- En zonas con gran afluencia turística puede ser conveniente proceder con cortas suaves de carácter mixto propiciando una irregularización de la masa.

Robledales atlánticos (*Quercus robur* y *Quercus petraea*)	
ASPECTOS RELEVANTES	**GESTIÓN CONVENCIONAL**
Los robledales de roble pedunculado (*Q. robur*) se distribuyen por todo el territorio de la región biogeográfica atlántica, con preferencia por suelos ácidos y húmedos. Se trata de una especie que hibrida fácilmente con *Quercus petraea* y *Quercus pubescens*. En el caso del roble albar (*Q. petraea*), en el piso montano sobre suelos ácidos de las regiones biogeográficas alpina y atlántica, generalmente sobre terrenos abruptos. En general son bosques abiertos y heterogéneos, con una notable riqueza y cobertura de sotobosque. Las masas de robledal adulto incrementan el valor del paisaje y crean microhábitats muy propicios para especies raras o protegidas, además de suponer refugio para fauna. Su principal aprovechamiento han sido tradicionalmente las leñas y puntualmente la madera, además del uso recreativo.	A pesar de que los robledales atlánticos se encuentran generalmente en buenas estaciones, a día de hoy pocas masas cuentan con madera de calidad, ligado a una habitual falta de gestión o a una selvicultura encaminada al aprovechamiento de leñas o maderas de diferente tamaño. Actualmente existe un gran déficit de regenerado natural por la incidencia de diferentes causas: escasa viabilidad del regenerado en algunas localizaciones, falta de tratamientos selvícolas de puesta en luz, competencia del haya u otras especies arbóreas, estrato herbáceo muy desarrollado, afección de enfermedades (oídio), depredación de ungulados, etc.



Robledal en Baztán



Distribución del robledal atlántico

Robledales atlánticos (*Quercus robur* y *Quercus petraea*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

La prioridad será afianzar la presencia del roble y asegurar su regeneración, aumentar la vitalidad de las masas y su diversidad.

Cortas de mejora

Programa de claras ligeras-moderadas, frecuentes y continuadas. En general, el peso de las cortas será inferior al 20% del área basimétrica, aunque dependerá de la situación (ej. en masas mixtas con haya o roble americano puede ser recomendable pesos de cortas mayores). Según el caso, las cortas de mejora serán:

- clareos por lo bajo de peso moderado tal que no se produzca la brotación de brotes epicórnicos a fin de proporcionar espacio vital a la copa del arbolado remanente.
- claras selectivas de peso moderado, respetando los pies mejor conformado y manteniendo o fomentando un subpiso de otras especies de interés (ej. haya o roble americano).

Cortas de regeneración

Encaminadas a conseguir o mantener estructuras irregulares, con presencia de especies secundarias en el subpiso y la obtención de bosques maduros.

Se recomiendan cortas por entresaca de rotación corta para diámetros de cortabilidad mínimos de 40-50 cm, según destino (desenrollo y madera de sierra de calidad).

Favorecer la regeneración natural y proveerla de luz allí donde sea necesario.

En casos con vegetación herbácea muy desarrollada puede ser recomendable el tratamiento previo de la misma para permitir el contacto de las bellotas con el suelo.

Criterios generales

- Favorecer la presencia de árboles extramaduros y ejemplares de otras especies autóctonas.
- Favorecer la presencia de madera muerta, manteniendo un cierto número de árboles muertos o moribundos y de grandes dimensiones.
- En los tratamientos habrá que tener especial cuidado con la emergencia de brotes epicórnicos.

Hayedo-Robledal (*Fagus sylvatica-Quercus petraea*, *Quercus robur*)

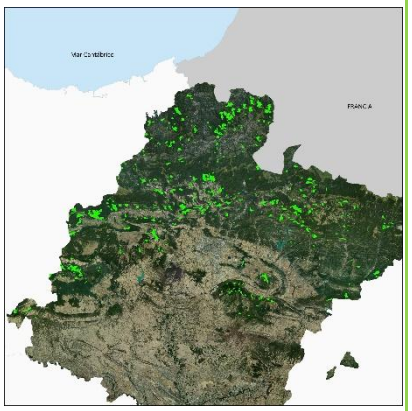
ASPECTOS RELEVANTES

Se trata de masas mixtas de haya con roble albar o roble del país, que suelen localizarse dispersas por las regiones biogeográficas atlántica y alpina frecuentemente en estaciones de buena calidad.

Sus principales productos en la región son madereros, ganaderos, recreativos y cinegéticos y tienen un importante valor ecológico, encontrándose muchas de ellas en hábitats de interés europeo.



Hayedo-Robledal en Iturgoyen



Distribución en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

El valor maderero y el carácter colonizador del haya han facilitado la extensión de esta fagácea en estas formaciones. De forma general, se busca la perpetuación de estas masas mixtas, conservando cierta proporcionalidad entre las especies presentes. Por ello y dada la dificultad para la consecución del regenerado del roble, se vienen haciendo seguimientos del mismo y se recomienda realizar desbroces y control del regenerado de haya en los primeros años tras las cortas de regeneración.

GESTIÓN ADAPTATIVA

La gestión irá encaminada a la perpetuación de la masa mixta.

Cortas de mejora

En masas con valor comercial, se llevarán a cabo claras moderadas por lo alto con rotaciones cortas, manteniendo pies de porvenir principalmente de roble y aprovechando la actuación para reducir la densidad de haya.

Cortas de regeneración

Su objetivo será a favorecer la regeneración del roble, pudiendo ser:

- Cortas por aclareo sucesivo uniforme con selección de árboles padre y peso de corta alto, siendo la primera actuación las más fuerte.
- Cortas por entresaca, abriendo huecos de área mayor a 0,5 ha para favorecer la regeneración natural del roble frente al haya.

En casos de vegetación herbácea muy desarrollada, será recomendable realizar un tratamiento previo de la misma.

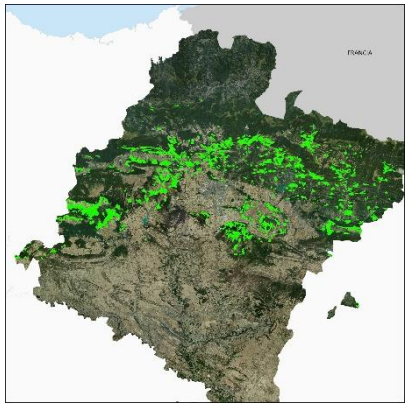
Se podrá recurrir a la plantación de roble por bosquetes allí donde su regeneración natural fracase.

Una vez instaurada la regeneración natural del roble se procederá a la regeneración del haya.

Criterios generales

- Mantener trasmochos de ambas especies, y pies extramaduros y con oquedades, hábitat de muchas especies faunísticas de interés e incrementar la biodiversidad de estas masas.

Robledales de roble pubescente (*Quercus humilis*)

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Se sitúan dispersos por las tres regiones biogeográficas y, especialmente, en las zonas de transición entre las mismas. Un importante porcentaje de las masas de esta especie se engloban en hábitats de interés comunitario. Se trata de una especie con gran potencial de hibridación, particularmente con el quejigo. Raramente forma masas monoespecíficas; suele compartir el espacio con otras especies arbóreas (quejigo, pino silvestre, haya, etc.), siendo frecuente la presencia de subpiso de matorral (zarzas, boj, enebros, espinos, ...). Hasta hace unos 20-25 años, en algunos pueblos del Valle de Salazar se cortaban robles de grandes dimensiones para leña y, puntualmente, para madera, pero actualmente son muy frecuentes las masas sin aprovechamiento alguno.  Robledal en Galdeano  Distribución de masas de roble pubescente	Los tratamientos tradicionales estaban enfocados a la obtención de leñas o maderas de diferente tamaño, aunque en la actualidad las intervenciones sobre estas masas son muy reducidas. Esta disminución de la actividad forestal ha permitido la conservación de su diversidad específica, pero también está relacionada con una escasa vitalidad por competencia debido a la alta densidad del arbolado. Además, presentan una estructura simplificada y adolecen de déficit de regeneración natural.

Robledales de roble pubescente (*Quercus humilis*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

Se procurará una reducción de la densidad del arbolado y una mayor irregularidad de las masas.

Cortas de mejora

Orientadas a reducir la competencia por los recursos e irregularizar la masa, respetando los pies más gruesos, y dejando algún pie dominado para producir madera muerta. Para ello, siempre que sea posible se recomienda la ejecución de claras mixtas de peso moderado.

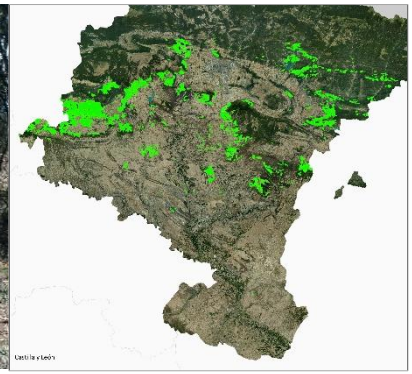
Cortas de regeneración:

Orientadas a favorecer una estructura irregular y con características de madurez. Cuando sea viable, se fundamentarán en cortas por entresaca por bosquetes de rotación corta. En caso de que se ejecute la corta final, se dejarán de 15 a 20 pies a alcanzar la senescencia.

Criterios generales

- Se podrán ejecutar desbroces selectivos y parciales, en unas ocasiones para favorecer la regeneración natural y, en otras, el aprovechamiento ganadero.
- Se favorecerá la presencia de árboles de bajo interés productor buscando heterogeneidad en la masa, así como árboles extramaduros.
- Se mantendrán diferentes morfotipos (identificables por el aspecto de las hojas o el porte).
- Se mantendrá y favorecerá la presencia y desarrollo de especies secundarias.
- En zonas con demanda ganadera, se podrá fomentar la conversión a estructuras adehesadas para suministro de pasto, especialmente si se trata de zonas con conectividad con pastizales, introduciendo ganado tras la primera intervención por desbroce y dejando los pies de mayor grosor.

Carrascales (*Quercus rotundifolia*)

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Ocupan zonas más o menos continuas de la región biogeográfica mediterránea principalmente. Desde tiempos antiguos, los carrascales han ido reduciendo su extensión, pasando a terrenos de labor. Un importante porcentaje de su superficie se encuentra ubicado en hábitats de interés comunitario. Su principal uso, aunque escaso y en recesión, son los aprovechamientos de leñas vecinales, que suelen focalizarse en las masas más accesibles, principalmente en bordes de caminos forestales. Sin embargo, actualmente es habitual el abandono de las masas, lo cual se hace patente en su estructura: sus existencias en volumen se han visto incrementadas, principalmente en las clases diamétricas menores y presentan gran déficit de regenerado natural. En consecuencia y a excepción de zonas que han sido tradicionalmente aprovechadas para leñas de hogar, se trata de masas con excesiva espesura, estancamiento de crecimiento, alta mortalidad y riesgo de incendios.   Carrascal en el Patrimonio Forestal de Frankoandia — Distribución de los carrascales en Navarra	Su estado actual viene condicionado por los importantes aprovechamientos energéticos que se produjeron durante la primera mitad el siglo XX hasta la aparición de los combustibles fósiles para consumo doméstico. Así, tradicionalmente se trataban mediante cortas a hecho en turnos cortos para la obtención de leña. De modo que, a día de hoy, se encuentran principalmente masas de monte bajo regular de alta densidad y escasa variabilidad genética debido a la gestión aplicada, resultando en masas debilitadas con crecimiento reducido y especialmente sensibles a alteraciones del régimen hídrico y térmico. La gestión actual de estas masas es baja, realizándose puntualmente aperturas en el dosel mediante resalveos o claras.

Carrascales (*Quercus rotundifolia*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

Las actuaciones irán encaminadas a mejorar el vigor de los individuos, reducir la competencia por los recursos, así como el riesgo de incendio forestal y favorecer el rejuvenecimiento de las masas.

Resalveos de conversión de monte bajo

En los casos en los que sea viable, se procederá a la conversión a monte alto, para lo cual se eliminarán los pies menos vigorosos y más dominados mediante claras selectivas por lo bajo. Los resalveos serán moderados (menos de la mitad del número de pies) y frecuentes para disminuir el rebrote.

Se respetarán determinadas cepas sin tocar por su valor ambiental y cultural.

Cortas de mejora

Claras por lo bajo, de peso moderado en zonas con mucha insolación (por su efecto sobre la brotación y aparición de brotes epicórnicos, así como sobre la tasa de evapotranspiración), con rotaciones largas entre claras.

Cortas de regeneración

Las cortas de regeneración irán orientadas a obtener una estructura irregular mediante cortas por entresaca regularizada o por bosquetes de rotación corta.

Zonas adehesadas

Las actuaciones irán encaminadas a favorecer la regeneración natural:

- Estructura irregular con equilibrio de edades o clases diamétricas, manteniendo una fracción de cabida cubierta media próxima al 50-60%.
- Gestión sostenible del pastoreo y de una cubierta de matorral adecuada.

El uso de cercados de exclusión o tubos protectores pueden ser necesarios.

Criterios generales

- Se favorecerá la presencia de árboles extramaduros y ejemplares de otras especies.
- Siempre que sea posible, se mantendrán diferentes morfotipos (identificables por el aspecto de las hojas o el porte).
- Evaluar la viabilidad de realizar desbroces parciales y selectivos para favorecer la regeneración natural y el aprovechamiento ganadero en aquellos casos que se considere recomendable.
- En zonas con demanda ganadera, se fomentará la conversión a estructuras adehesadas para suministro de pasto, introduciendo el ganado tras la primera intervención para evitar el rebrote de raíz de las cepas por pisoteo y ramoneo. Estas actuaciones se podrán llevar a cabo en nuevas colonizaciones de terrenos abandonados o en zonas con densidades bajas y vigorosas, en las que puede necesario eliminar algunos pies y realizar podas si se considera conveniente.

Otras quercíneas

ASPECTOS RELEVANTES

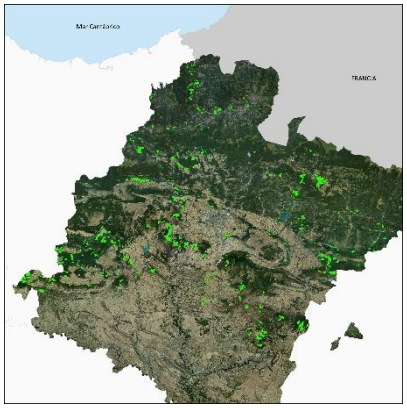
Se trata de masas naturales de quercíneas donde aparece el quejigo (*Quercus faginea*), el rebollo o marojo (*Q. pyrenaica*) o la mezcla de carrascal-robledal.

En general, se trata de masas heterogéneas, con estructuras de cierta irregularidad y densidades elevadas, en las que la selvicultura aplicada se ha limitado a la extracción de leñas de hogar. Es frecuente la existencia de pies procedentes de rebrote.

Cumplen, además, otros usos como el cinegético, recreativo y paisajístico, destacando su función protectora.



Quercus pyrenaica en Lantz



Distribución en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

Estas formaciones han sido históricamente aprovechadas para la obtención de leñas, pero actualmente sólo se gestionan de manera ocasional. Puntualmente se está intentado la transformación hacia masas de monte alto.

GESTIÓN ADAPTATIVA

El objetivo general será incrementar el vigor de la masa, reduciendo la competencia entre los pies, aumentar la diversidad de las masas y disminuir el riesgo de incendio forestal.

Resalveos de conversión a monte alto: es recomendable la conversión a monte alto mediante resalveos moderados y frecuentes para disminuir el rebrote. Se podrán respetar determinadas cepas sin tocar por su valor ambiental y cultural.

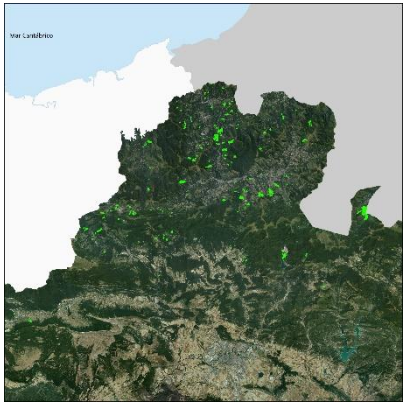
Cortas de mejora: se proponen claras de peso moderado (por posible rebrote) y rotaciones medias, con el objetivo de reducir la competencia entre pies y mejorar su vigor, mejorar la fructificación de cara a favorecer la regeneración natural de las propias quercíneas, así como la presencia de otras especies y reducir el riesgo de incendio forestal.

Cortas de regeneración: El objetivo será facilitar la regeneración natural, conseguir estructuras irregulares y bosques maduros, pudiendo abordarse mediante entresaca o aclareo sucesivo por bosquetes.

Criterios generales

- En zonas de buena calidad de pasto y presencia de ganado, se fomentará la creación de estructuras adehesadas.
- Favorecer a las especies más adaptadas a condiciones más secas y cálidas, pero siempre favoreciendo la diversidad específica.
- Siempre que sea posible, mantener diferentes morfotipos (identificables por el aspecto de las hojas o el porte).

Castañar (*Castanea sativa*)

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Se distribuye por toda región biogeográfica atlántica y su origen puede ser tanto natural como artificial. Puede aparecer como especie principal o como especie acompañante, sobre todo del roble pedunculado (*Quercus robur*). Es destacable también la presencia de pies trasmochos, añosos y viejos, destinados en su día a la producción de fruto. Adolece de importantes afecciones sanitarias como la tinta (*Phytophthora cinnamomi)*, el chancro (*Cryphonectria parasitica*) y la avispilla del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*), la cual está actualmente en recesión, debido a la expansión del parasitoide *Torymus sinensis*, el agente biológico más eficaz para su control. Su finalidad en la región es protectora, recreativa, paisajística, o como refugio de fauna, pero destaca principalmente por su valor como especie productora de castañas y de madera.  Castaños en Baztán  Distribución de los castañares	Además de algunas repoblaciones recientes, la selvicultura aplicada ha dado lugar a masas muy distintas: castaños trasmochos de gran diámetro destinados en su día para producción de fruto; masas adultas en forma de monte bajo; rebrotes de cepa como un subpiso debilitado bajo el dosel de otras especies arbóreas, incluso en repoblaciones. En muchos de estos casos, tras el abandono del castaño, el haya u otras especies instaladas posteriormente han tenido un mayor desarrollo, dejando al castaño a la sombra y debilitándolo todavía más. Habitualmente, presenta un regenerado abundante y vigoroso, sobre todo bajo plantaciones de coníferas productoras. Hasta la fecha, se han venido haciendo claras selectivas de baja intensidad con fines sanitarios, obteniendo madera para piquetes, muy valorados para cierres.

Castañar (*Castanea sativa*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

La gestión a aplicar dependerá del producto a obtener (madera o fruto) y que determinará los clones o variedades a utilizar, los marcos de plantación y los cuidados posteriores.

Castañares para producción de madera

Las actuaciones sobre castañares existentes irán encaminadas a la liberación paulatina de los individuos, frecuentemente en el estrato sumergido o en masas muy densas, para incrementar su vitalidad.

Cortas de mejora

- Claras selectivas de peso moderado y rotación frecuente para favorecer y liberar de manera paulatina los pies con mejores características y estado sanitario.
- En masas de monte bajo, se llevará a cabo la conversión a monte alto mediante recepe, manteniendo los mejores chirpiales, y fomentando la regeneración sexual.

Cortas de regeneración

- Las cortas de regeneración se abordarán a partir de cortas por entresaca por bosquetes. Para ello, puede ser necesario el acotado de la zona en caso de presencia de ganado.
- En casos donde la regeneración natural no sea viable, se podrá acudir a la regeneración natural considerando clones resistentes o tolerantes a las enfermedades que afectan a la especie.

En masas en mal estado sanitario, se valorará la corta a hecho o a matarrasa, con aprovechamiento de la madera para piquetes. En estos casos conviene repoblar con otras especies y controlar el rebrote de castaño, o repoblar con pies o patrones híbridos de castaño resistentes, que, en caso de buscar fruto, puedan ser injertados con la variedad seleccionada.

Castañares para producción de fruto

En las plantaciones para producción de fruto, la selección de los patrones porta injertos y variedad a utilizar, así como el marco de plantación es de gran relevancia. En su decisión deberán considerarse tanto las condiciones locales y sanitarias, así como los futuros escenarios climáticos, pudiendo ser necesario apoyar a la plantación con riegos en momentos puntuales.

Criterios generales

- La selección del material genético adecuado a la localización es esencial.
- Toda actuación (ej. poda) deberá realizarse con la mayor precaución y limpieza de las herramientas posibles para evitar la transmisión de patologías.

Otras frondosas

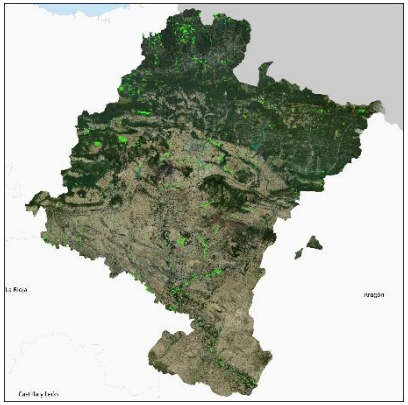
ASPECTOS RELEVANTES

Se trata de un grupo heterogéneo, generalmente con diversidad de especies secundarias y, en ocasiones, en masas mixtas con roble, haya o castaño. Incluyen también algunas plantaciones con especies alóctonas (ej. *Liriodendron* tulipifera, *Robinia pseudoacacia*) y especies nobles (*Prunus avium*, *Betula celtibérica*), principalmente en la región biogeográfica atlántica.

Sus usos principales son recreativos, cinegéticos y faunísticos (sirven de refugio). En el caso de las plantaciones, el objetivo principal es el productor.



Fresneda en Baztán



Masas de "otras frondosas" en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

En general, las masas autóctonas son resultado de la evolución natural del ecosistema, careciendo de gestión específica, salvo intervenciones puntuales de baja intensidad, normalmente con carácter sanitario o para aprovechamiento de leñas.

En plantaciones productivas, se sigue una gestión más o menos intensa, incluyendo clareos tempranos y claras, así como podas de formación en ciertos casos para producción de madera de calidad.

GESTIÓN ADAPTATIVA

Cortas de mejora

- Clareos selectivos favoreciendo a los ejemplares más vigorosos.
- En masas con valor comercial, claras moderadas selectivas, manteniendo pies de porvenir de composición diversa.
- En caso de zonas expuestas a daños por viento, mantener una espesura relativamente alta.
- Con carácter general, se eliminarán los individuos de especies alóctonas invasoras (ej. acacias) presentes en masas autóctonas.

Cortas de regeneración

Se favorecerán diversidad de especies y aquéllas más adaptadas a condiciones más secas y cálidas. En caso de que la regeneración se vea comprometida por matorral, se recomienda ejecutar desbroces selectivos. Según el caso, serán:

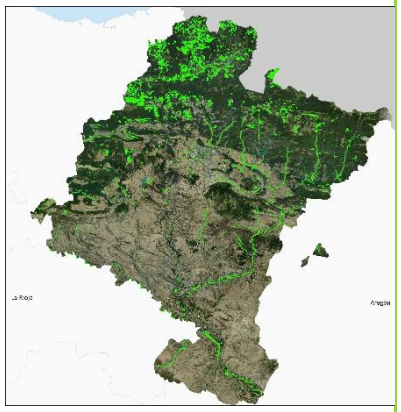
- Cortas por aclareo sucesivo uniforme, adaptando los periodos de regeneración según los requisitos de distintas especies y escenarios futuros.
- Cortas por entresaca, manteniendo modelos de baja espesura relativa, adaptadas para facilitar la regeneración de las especies.

Masas mixtas de frondosas

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Incluyen la superficie considerada como bosques de ribera y otras formaciones (alamedas, choperas, fresnos, arces, mezclas de quercíneas con otras frondosas, etc.). Engloban gran cantidad de hábitats de interés europeo, entre los que destacan, dado su carácter prioritario, los bosques de laderas, desprendimientos o barrancos del *Tilio-Acerion* (tileras y bosques mixtos de barrancos), bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (alisedas de la cuenca del Ebro) y bosques endémicos de *Juniperus* sp. Sus principales productos son recreativos, cinegéticos y faunísticos. La ganadería y madera en muchos casos son secundarios o marginales	El objetivo general es la perpetuación de la masa mixta, estando en general muy poco intervenidas. En masas sin carácter productor, no presentan una gestión específica y, en todo caso, se ejecutan intervenciones puntuales y de baja intensidad (aprovechamientos de leñas), manteniendo su grado de diversidad y funcionalidad. Sin embargo, en el caso de masas productoras, la gestión ha conllevado frecuentemente la dominancia de una de las especies.



Formación de ribera en Miranda de Arga



Masas mixtas de frondosas en Navarra

Masas mixtas de frondosas

GESTIÓN ADAPTATIVA

Dada la elevada diversidad de situaciones, las actuaciones se adaptarán a las características de cada una de ellas.

Cortas de mejora

Encaminadas a obtener masas heterogéneas y en mosaico, favoreciendo a las especies autóctonas:

- Clareos y aprovechamientos puntuales para dosificar la competencia, favoreciendo a los mejores ejemplares o más vigorosos, pero también especies con valor ambiental o económico, favoreciendo, en todo caso, la diversidad de estratos.
- En masas con valor comercial, claras moderadas selectivas, con régimen de rotaciones adaptado a las circunstancias del lugar, manteniendo pies de porvenir de composición diversa.
- En caso de zonas expuestas a daños por viento, mantener una espesura relativamente alta.

Cortas de regeneración

Se favorecerán las especies más adaptadas a condiciones más secas y cálidas, manteniendo y fomentando la diversidad de especies. En caso de que la regeneración se vea comprometida por matorral, podrá ser necesario ejecutar desbroces selectivos, respetando la composición florística propia de la estación. Según el caso, serán:

- Cortas por aclareo sucesivo uniforme, adaptando el turno y los periodos de regeneración según los requisitos de las distintas especies.
- Cortas por entresaca, manteniendo modelos de baja espesura relativa, adaptadas para facilitar la regeneración de las diversas especies.

Criterios generales

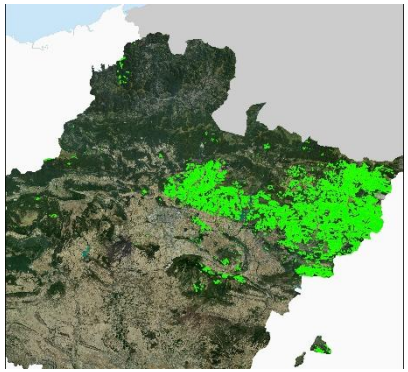
- Con carácter general, se eliminarán los individuos de especies alóctonas invasoras (ej. acacias) presentes en masas autóctonas. En el caso de bosques de ribera, se eliminarán de manera progresiva y sin crear grandes perturbaciones, preservando en cualquier caso la integridad del ecosistema.
- Se mantendrá y fomentará la presencia de árboles maduros y de grandes dimensiones, con oquedades, así como madera muerta tanto en pie como en el suelo.

Pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris*)

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Se distribuye fundamentalmente por la región biogeográfica alpina, existiendo también algunas masas más o menos aisladas en la región mediterránea. Su origen surge principalmente por la expansión de la especie tras el abandono de las tierras agrícolas marginales y zonas de pastizal a finales del siglo XX. Durante las últimas décadas, están siendo afectados por procesos de decaimiento, a veces irreversible, especialmente en los valles de Roncal y Salazar. Estos fenómenos son propiciados por largos periodos de sequía y/o episodios de olas de calor. Su principal uso es el maderero, obteniendo desde productos para biomasa con fines energéticos o pasta de papel, hasta madera para poste o sierra de excelente calidad. Otros usos secundarios (micológico, ganadero, recreo) son también de interés, especialmente en los pinares más septentrionales, donde cobran más relevancia que los estrictamente madereros.	Se trata de masas con bastante repercusión selvícola en Navarra, en las que habitualmente se realiza una gestión dinámica de claras con rotaciones de 10-15 años según la productividad del pinar. Históricamente han sido claras por lo bajo, siendo actualmente más frecuentes las claras mixtas. La regeneración natural se persigue generalmente mediante cortas a hecho por bosquetes en uno o dos tiempos de superficie reducida (1-2 ha). En zonas de buena calidad de estación con subpiso de haya, éste se elimina para favorecer la regeneración del pino. Si bien tradicionalmente las especies secundarias del sotobosque se eliminaban durante las actuaciones de mejora, actualmente se preservan en la medida de lo posible robles, arces y otras especies acompañantes presentes.



Pinar en Petilla de Aragón



Distribución del Pino silvestre en Navarra

Pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

El objetivo general es reducir la competencia por los recursos hídricos, además de potenciar los procesos naturales de migración hacia zonas más favorables y la sustitución natural con especies más adaptadas en zonas marginales con desarrollo nefasto o problemas fitosanitarios.

Cortas de mejora

- Clareo en las masas procedentes de regeneración natural, en las que haya gran densidad de pies.
- Claras en función del destino de las masas:
- En masas productivas: claras selectivas, con rotaciones cortas, principalmente sobre el estrato codominante, pudiéndose actuar también sobre el dominado en caso de riesgo de incendio forestal
- En el resto de masas: claras mixtas

Las claras serán de peso moderado para reducir el impacto de sequías extremas y el riesgo de incendios, manteniendo cierta cobertura del suelo.

En los pinares más vulnerables frente a vendavales (ej. collados), se recomienda la aplicación de claras por lo bajo tempranas, seleccionando pies bien conformados para aumentar su coeficiente de esbeltez.

Cortas de regeneración

En bibliografía se han recomendado cortas por aclareo sucesivo, entresaca o cortas a hecho, en todos los casos por bosquetes, siendo la corta a hecho por bosquetes de 1-2 ha generalmente el caso de más éxito en Navarra.

En todo caso, la corta se ejecutará en años de buena producción de piña, siendo necesario el acordonado de restos y remoción de la capa superficial del suelo para favorecer la germinación de las semillas.

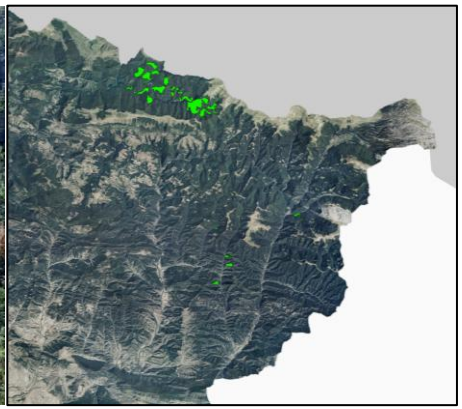
Si existe presencia de haya o de matorral denso (ej. boj), será igualmente necesaria su eliminación en el momento de acometer las cortas de regeneración, aunque se respetarán individuos de especies secundarias.

En estaciones más secas y expuestas a sequías y temperaturas elevadas, puede ser recomendable alargar el periodo de regeneración, que fomentará, a su vez, estructuras más irregulares y la entrada de especies secundarias.

Criterios generales

- En los pinares más susceptibles a sufrir daños por sequías extremas y procesos de decaimiento, la reducción del turno puede ser recomendable para evitar pérdidas económicas y procesos que pongan en peligro la capacidad de regeneración natural.
- En zonas marginales o de mala calidad para el pino silvestre, se favorecerá su transformación en zonas adehesadas o masas de especies más adaptadas a condiciones más xéricas (ej. quercíneas).
- Cuando se observen dinámicas naturales hacia masas mixtas, se favorecerá la diversificación específica, pero en estaciones donde la vulnerabilidad de los pinares de silvestre es baja y se cumplen adecuadamente los objetivos establecidos en su gestión, no se justifica una diversificación general.
- En zonas con elevada demanda ganadera, se podrán crear masas silvopastorales bajando la densidad de los pinos a 120-150 pies/ha, respetando las especies secundarias acompañantes.
- Se priorizará la conservación y mejora de las masas maduras irregulares y/o heterogéneas.
- En todas las actuaciones se favorecerá el desarrollo de especies secundarias (robles, arces, abetos, etc.).

Abeto blanco (*Abies alba*)

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Se distribuye por el sector nororiental de Navarra, donde encuentra el límite meridional de su área de distribución. Se distinguen dos tipos de abetales: los pirenaicos, situados en el Valle de Salazar y donde el abeto coexiste con el haya, formando masas mixtas, y los prepirenaicos, ubicados básicamente en el Valle del Roncal y donde la especie arbórea principal es el abeto, acompañado comúnmente por otras especies como haya, pino silvestre y roble pubescente. Casi la mitad de su superficie se localiza en hábitats de interés comunitario. La evolución actual y estado sanitario del abeto es preocupante, puesto que hace ya años le afecta el llamado "decaimiento del abeto". Se trata de un proceso rápido, en el que los árboles afectados, generalmente agrupados en golpes, sufren una decoloración y marchitamiento de las acículas durante el verano, acompañado por una pérdida de la corteza y terminando, en muchos casos, en la muerte del individuo. Está relacionado con la sequedad ambiental, temperaturas elevadas (especialmente a finales de verano-otoño) y escasez de lluvias en primavera. El desencadenante del fenómeno se atribuye al estrés hídrico al que se suman otros agentes oportunistas como hongos e insectos perforadores. Los bosques muy densos son los más afectados por la alta competencia y por la facilidad de propagación por sus sistemas radiculares de enfermedades como el chancro. Este proceso afecta a los abetales puros del prepirineo en mayor medida que a los hayedo-abetales pirenaicos, siendo especialmente patente en las zonas bajas del valle de Roncal. Por otra parte, los abetares puros frecuentemente presentan problemas de regeneración, relacionados con procesos de autointoxicación alelopática, además de la posible depredación de semillas por parte de ungulados.	Históricamente y, especialmente en el siglo XIX y primer tercio del siglo XX, las masas de abeto fueron aprovechadas para la obtención de madera, siendo muy apreciada para la producción de vigas para construcción y favoreciendo la presencia de haya en masas de hayedo-abetal. Sin embargo, en las últimas décadas y con el decaimiento del abeto, el tipo de intervenciones realizadas han sido en buena parte de los casos, cortas sanitarias. Otras intervenciones recientes han tenido por objetivo revigorizar las masas de abeto, buscando su regeneración  Daños en abetal en Vidángoz  Distribución del abetal en Navarra

Abeto blanco (*Abies alba*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

La gestión de los abetares y masas mixtas de abeto con haya o pino silvestre irán encaminadas a la regeneración y perpetuación del abeto.

La gestión debe ir encaminada a la obtención de masas irregulares, bien sea pie a pie o por bosquetes. Por lo tanto, se ejecutarán cortas de entresaca, que cumplen el doble objetivo de cortas de mejora y de regeneración.

En masas con síntomas de decaimiento generalizado, se realizarán, principalmente, cortas sanitarias, apeando los pies que muestren síntomas de decaimiento y aprovechando su madera, siempre considerando que se trata de procesos de degradación muy rápidos. En este caso, se recomienda dejar en pie árboles muertos y sin valor comercial, mientras no se detecten afecciones tipo *Armillaria* sp. o *Heterobasidium* sp., como reservorios de microhábitats y biodiversidad.

Allá donde no se observen síntomas de decaimiento generalizado, se llevarán a cabo cortas por entresaca, buscando incrementar el vigor individual de los ejemplares de abeto, a través de una mayor disponibilidad de agua, luz y nutrientes, así como su regeneración.

La intensidad será moderada para no perder el "ambiente forestal" al provocar una disminución de la humedad ambiental, ni alterar el medio edáfico con la incidencia directa de la luz sobre el suelo. Así, en estudios previos se recomienda no disminuir el área basimétrica por debajo de 32 m^2/ha tras las actuaciones.

En cualquier caso, se favorecerá una composición diversificada con presencia de especies acompañantes y, en el caso de masas mixtas, su perpetuación.

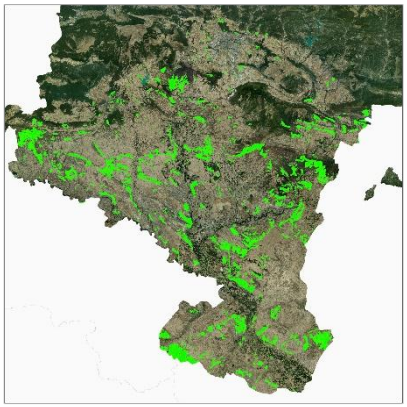
En relación a la regeneración de abeto, actualmente existen diferentes casuísticas:

- En zonas con regenerado abundante de abeto, se abrirán huecos para su paulatina liberación y puesta en luz y favorecer su desarrollo.
- Donde el regenerado de abeto sea escaso o inexistente, se seleccionarán pies padre y las actuaciones irán encaminadas a favorecer la producción y diseminación de semillas mediante cortas por entresaca. En caso de que el sotobosque pueda suponer un obstáculo para el regenerado, pueden plantearse desbroces parciales, pero respetando ejemplares de especies secundarias (*Pinus sylvestris, Betula pendula, Carpinus betulus, Corylus avellana*, *Salix caprea*).

En todo caso y considerando los procesos de autointoxicación alelopática que dificultan la regeneración natural del abeto en masas puras, será necesario mantener y promover la presencia de especies secundarias y masas mixtas.
En las masas mixtas, se deberá tener en consideración el carácter de las diferentes especies a la hora de establecer el tamaño de huecos, ya que favorecerá la regeneración de una especie u otra.
En casos de abundancia de ungulados, puede ser recomendable la instalación de cierres u otros medios de control y protección del regenerado de abeto.

Por otra parte, se ha constatado que los árboles viejos presentan un mayor riesgo de ser afectados por el llamado decaimiento del abeto, habiendo sido propuesto un umbral de riesgo de alrededor de 100 años. Por tanto, en zonas con presencia de dicho proceso, no se recomienda fijar turnos de corta excesivos.

Pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*)

ASPECTOS RELEVANTES	GESTIÓN CONVENCIONAL
Se sitúan en la región biogeográfica mediterránea, desde el sur de Navarra hasta la sierra del Perdón. Las masas naturales ocupan aproximadamente el 16% de su área de distribución y están clasificadas como hábitat de interés comunitario por la Directiva Europea 92/43/CEE. Sin embargo, la gran mayoría de estos pinares corresponde a plantaciones realizadas en los años 60-70. Algunas de estas plantaciones pueden considerarse casi naturalizadas dada su estructura y flora presente, pero, en general, son masas coetáneas, monoespecíficas y con gran homogeneidad estructural, a pesar de que en las zonas más abiertas aparece regenerado e incorporación espontánea de otras especies arbóreas. El principal servicio de estas masas es la protección del suelo, aunque también presentan otros usos (ganadero, recreativo o cinegético y, esporádicamente, forestal).  Pinar en Fitero  Distribución del pino carrasco en Navarra	Gran parte de estos pinares no ha sido sometida a gestión alguna, por lo que, dada la alta densidad de plantación buscando el papel protector, ha conducido a un exceso de competencia y problemas de excesiva esbeltez de las masas. En aquellos pinares en los que se ha actuado, se han realizado claras y, ocasionalmente en masas de propiedad particular, podas. Las claras suelen realizarse eliminado entre el 30 y el 50 % del arbolado presente según la edad y la situación inicial de la masa y, en muchos casos, por lo bajo, acrecentando la homogeneidad estructural. En las zonas con terrazas, muy habituales, los tratamientos de mejora se vienen ejecutando de forma sistemática eliminando a corta a hecho 1 de cada 4 terrazas. La realización de clareos cuando las plantaciones pasan a monte bravo es de gran importancia, pues regula la competencia y favorece el crecimiento vigoroso de la masa. Pero el coste económico de los mismos propició que, en décadas pasadas, estos clareos no se ejecutasen en la mayoría de los pinares. Actualmente el mercado de la biomasa puede suponer una oportunidad para la realización de este tipo de cortas.

Pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

El objetivo general es favorecer una dinámica natural para propiciar estructuras y condiciones de bosque maduro y características propias del Hábitat de Interés Comunitario 9540 "Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos".

Cortas de mejora

- Clareo o primera clara en el momento en que los árboles alcancen la tangencia de copas.
- En masas provenientes de regeneración tras incendio con elevada densidad de regeneración natural, clareos precoces (de menos de 10 años).
- Claras por lo alto tras identificar los árboles objetivo o árboles de porvenir, cuyas características serán: copa amplia productora de semilla, capacidad para nidificación o refugio, presencia de microhábitats de interés para flora y fauna, etc.
- En las últimas claras, promover la creación de masas semirregulares o irregulares, abriendo huecos o efectuando cortas por bosquetes, para favorecer la heterogeneidad y entrada de otras especies autóctonas, así como la implantación y el desarrollo de regenerado.

En todo caso, la intensidad de las claras debe ser tal que se mantenga en la medida de lo posible el "ambiente de bosque", especialmente sobre suelos muy permeables o de textura gruesa.

Cortas de regeneración

El objetivo es alcanzar o mantener masas semirregulares con una densidad final de entre 90 y 150 pies/ha. Según las características de la estación y la masa, las cortas de regeneración podrán ser:

- Cortas a hecho por bosquetes.
- Cortas por entresaca.

Criterios generales

- Mantenimiento de árboles de diámetros extracortables y presencia de microhábitat
- En ciertos casos puede ser recomendable abrir corros en las masas para aumentar la heterogeneidad espacial y favorecer la entrada y proliferación de especies autóctonas.
- Se favorecerá el desarrollo de especies secundarias.
- En casos concretos, se podrán ejecutar plantaciones de enriquecimiento con especies acordes a la estación y orientación del pinar (*Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus ilex*, *Rhamnus lycioides*...), para aumentar su naturalidad y diversidad.
- En la gestión de los pinares de pino carrasco se deberán considerar criterios selvícolas para prevenir y reducir el riesgo de incendios forestales.

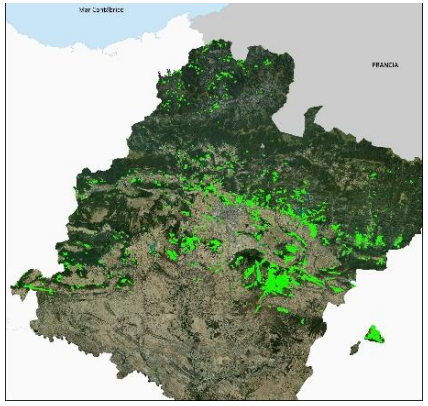
Pinares de pino laricio (*Pinus nigra*)

ASPECTOS RELEVANTES

En Navarra existen tres variedades (*Pinus nigra* ssp *nigra* var. *Austria*, *P. nigra* ssp. *Corsicana* y *P. nigra* ssp. *salzmanii*), fruto de repoblaciones principalmente productivas, pero también protectoras sobre suelos pobres y rocosos. La primera especie presenta mayor distribución en Navarra, especialmente, en la región mediterránea. Tiene gran interés como especie protectora de zonas degradadas; se adapta a malas calidades de estación y puede desarrollarse sobre suelos someros, rocosos y pobres en nutrientes. Resiste sequía estival, además de fríos y heladas invernales, soportando también temperaturas extremas. La variedad Córcega tiene buen desarrollo y crecimiento en estaciones de buena calidad, gran resistencia a heladas y adaptación a suelos ácidos, por lo que ha sido utilizada en plantaciones de la región atlántica, donde está siendo últimamente afectada por hongos foliares, resultando en un cambio de especie. La variedad Salzmanii es menos frecuente y se encuentra mayoritariamente en repoblaciones de la Zona Media, mezclada con el pino laricio sensu stricto.



Pinar aclarado en Sabaiza



Distribución de pino laricio

GESTIÓN CONVENCIONAL

Se trata de masas coetáneas fruto de repoblaciones, con escasa o nula mezcla de edades y cuya situación actual es dispar, dependiendo de la calidad de estación y de la selvicultura aplicada.

En general, tienen una amplia tradición selvícola, aunque también existen masas en las que no se ha ejecutado ningún tratamiento de mejora, presentando espesuras excesivas. De todas formas, a pesar de que la ejecución de clareos es de gran importancia, tradicionalmente no se han llevado a cabo por su coste económico.

Incluso los pinares gestionados presentan estructuras simples, al haberse enfocado los tratamientos a maximizar su rentabilidad. No obstante, existen algunas masas en las que existe un cortejo de especies autóctonas acompañantes, principalmente como regenerado en el sotobosque.

La selvicultura en estos pinares se centra principalmente en la ejecución de claras, en las que se suele eliminar entre el 35 y 50% de la masa inicial y, en las zonas aterrazadas (muy habituales), se corta a hecho 1 de cada 4 terrazas.

En zonas de buena calidad de estación, donde se quería perpetuar la especie, la regeneración natural se ha perseguido mediante cortas a hecho en uno o dos tiempos, por fajas, o por bosquetes. En casos donde la regeneración natural presentaba problemas, se ha recurrido a la regeneración artificial.

Es de destacar que, en la zona del Bidasoa, no se han realizado plantaciones con esta especie en la última década por los problemas fitosanitarios que presenta.

Pinares de pino laricio (*Pinus nigra*)

GESTIÓN ADAPTATIVA

El objetivo es la diversificación de especies y estructuras, así como conseguir la regeneración natural donde la especie presente un buen comportamiento.

Cortas de mejora

En masas procedentes de repoblación y en función del marco de plantación, los clareos pueden no ser necesarios, pero en masas procedentes de regeneración natural, se procederá a la ejecución de clareos tempranos.

Las claras serán selectivas por lo alto, con actuaciones moderadas y frecuentes, manteniendo las especies secundarias.

Cortas de regeneración

La regeneración natural se perseguirá mediante la corta a hecho en dos tiempos, por fajas o por bosquetes, seguido de una remoción intensa del suelo para favorecer la germinación de la semilla. En general, las semillas necesitan, además del contacto con el suelo mineral, cierta humedad y cobertura para evitar la insolación directa. En este sentido, el uso de cierto sotobosque como estrato protector puede ser recomendable.

En caso de que la regeneración natural no se consiga o no se considere viable:

- sobre estaciones de buena calidad, se procederá a repoblar tras realizar la corta final del arbolado.
- sobre estaciones de calidad inferior o en caso de problemas fitosanitarios, se valorará el cambio de especie o subespecie tras la corta final.

Criterios generales

- Se favorecerá el desarrollo de especies secundarias en todas las actuaciones.
- En futuras plantaciones, se valorará la instalación de *Pinus nigra* ssp. *salzmanii*, más termófila y, en principio, con mayor resiliencia frente a los efectos del cambio climático.
- En zonas con buena calidad de estación donde el pino silvestre presente problemas fitosanitarios por déficit hídrico de la Región Biogeográfica alpina, se valorará la conservación y fomento de las masas de pino laricio.
- En zonas de la Región Atlántica, dado el mal estado sanitario por incidencia de hongos, conviene un cambio de especie tras la corta final.
- Se recomienda abrir pequeños claros en las masas en cualquier actuación, para aumentar la heterogeneidad. Además, en el caso de extensas masas monoespecíficas, se propiciará la creación de rasos tras la corta final como ecotonos para aumentar la diversidad específica, pudiendo reconvertirlos en pastizales naturales, siempre y cuando la presencia de ganado pueda ser garantizada.
- En zonas de regatas y vaguadas se eliminarán dos filas a cada lado de las mismas para propiciar la implantación de vegetación hidrófila natural.

Otros pinos

ASPECTOS RELEVANTES

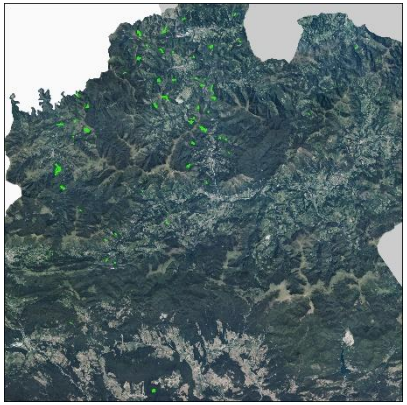
Se distribuyen principalmente a lo largo de la región biogeográfica Atlántica e incluyen diversas especies de pinos como *Pinus banksiana, P. tadea, P. pinaster,* y *P. strobus*, provenientes de plantaciones de pequeña superficie para producción de madera.

Estas especies alóctonas se han visto promovidas por la sustitución del pino insigne y, en menor medida, del pino laricio, por sus afecciones sanitarias.

Cabe destacar la prohibición de siembra, plantación o replantación, así como la reposición de marras de especies sensibles en la zona demarcada según la Orden Foral 229/2011, por la que se establece el nuevo programa de actuaciones para el control de *Fusarium circinatu*m Niremberg et O'Donnell en la Comunidad Foral de Navarra. Como especies sensibles se consideran las del género *Pinus* sp, además de *Pseudotsuga menziesii.*



Repoblación de *P. pinaster* en Igantzi



Masas de otros pinos en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

En general, se han adaptado bien a la zona, donde presentan crecimientos notables, a excepción del pino banksiana, posiblemente debido a su localización sobre suelos poco profundos.

Al ser plantaciones con carácter productor, suelen tener tratamientos de mantenimiento en sus primeros años, aplicando un clareo o clara temprana para mejorar la calidad tecnológica de la madera. Los ciclos productivos son relativamente cortos (alrededor de 40-60 años).

GESTIÓN ADAPTATIVA

Cortas de mejora

- Clareo temprano selectivo de intensidad medio o fuerte según la especie, marco del plantación y calidad de estación, favoreciendo a los mejores ejemplares o más vigorosos.
- Claras moderadas por lo alto con rotaciones cortas. En zonas expuestas a daños por viento, mantener una espesura relativamente alta.
- Podas para producción de madera de calidad.

Criterios generales

- Evitar formaciones extensas continuas y monoespecíficas; mantener y fomentar la creación de masas mixtas o en mosaico, allá donde la pequeña superficie de la masa no lo haga viable, favoreciendo la presencia de especies autóctonas.
- En caso de nuevas plantaciones, emplear procedencias cuyo éxito esté contrastado en la zona o presenten expectativas demostradas de mayor adaptación a condiciones futuras.
- Favorecer la heterogeneidad a nivel de paisaje.

Otras coníferas

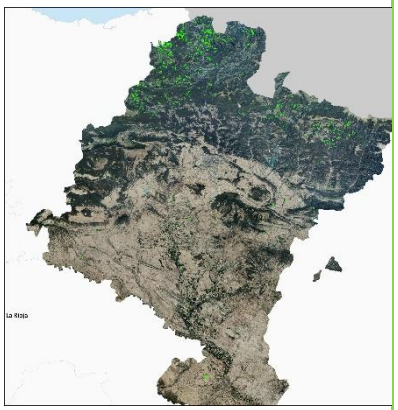
ASPECTOS RELEVANTES

Corresponden a repoblaciones de carácter productor de especies alóctonas de turno medio de especies como *Pseudotsuga menziesii*, *Picea abies*, *Sequoia sempervirens*, *Cryptomeria japonica, Chamaecyparis lawsoniana* o *Cedrus* sp. Se distribuyen a lo largo de las regiones biogeográficas atlántica y alpina, con alguna plantación puntual de *Pinus pinea* en la región mediterránea. Durante los últimos años, en la región atlántica han experimentado un auge relacionado con la sustitución de plantaciones de especies con problemas fitosanitarios.

Su uso principal es el aprovechamiento maderero.



Plantación de *Picea abies* en Baztán



Distribución en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

Al ser básicamente plantaciones productoras, son masas coetáneas y monoespecíficas simplificadas, en las que se aplica una selvicultura activa.

Las escasas masas mixtas existentes presentan una estructura irregular, en las que es frecuente que una de las especies inicialmente instaladas haya proliferado mejor, convirtiéndose en dominante.

GESTIÓN ADAPTATIVA

Las actuaciones irán encaminadas a incrementar la diversidad específica y estructural, a nivel de paisaje cuando sea inviable a nivel de masa, favoreciendo la presencia de individuos de especies autóctonas.

Cortas de mejora

Las cortas de mejora consistirán en clareos tempranos y claras selectivas, con intensidad y rotación ajustadas al desarrollo de la masa y calidad de estación, además de podas bajas y en altura para la producción de madera de calidad.

Cortas de regeneración

En caso de adaptación y/o desarrollo deficiente, se planteará un cambio de especie, considerando especies prometedoras frente a los nuevos escenarios. En caso de querer perpetuar la especie y siempre que sea posible, se fomentará la regeneración natural. En caso de que ésta no sea factible o se busque un cambio de especie, se ejecutará una corta a hecho con repoblación posterior, introduciendo dos o más especies a nivel de bosquetes cuando sea inviable a nivel de masa.

Criterios generales

- Selección de especies adecuadas a la estación y según experiencias previas, considerando un cambio de especie en repoblaciones no exitosas.
- Mantener y fomentar las especies secundarias existentes.

Masas mixtas de coníferas y frondosas

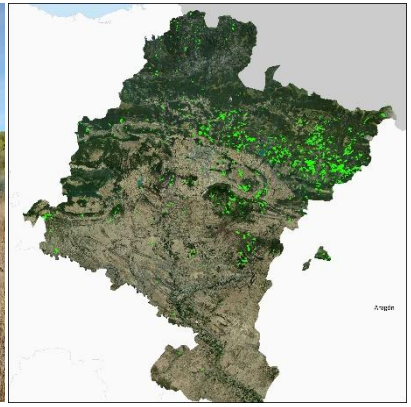
ASPECTOS RELEVANTES

Son formaciones con muy diversos orígenes, con cierta heterogeneidad y estructura irregular. Las más habituales las siguientes:

- Región Biogeográfica Mediterránea: mezcla de pino silvestre-roble
- Región Biogeográfica Alpina: mezcla de pino silvestre-roble; pino silvestre- haya, abeto-haya
- Región Biogeográfica Atlántica: combinaciones de coníferas productivas con frondosas autóctonas o introducidas (ej. acacia).



Plantación mixta de pino carrasco y carrasca en Funes



Masas mixtas de coníferas – frondosas en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

La gestión ha sido irregular; desde grandes cortas a pequeñas entresacas y masas naturales sin intervenir. En masas no productivas, tradicionalmente se han favorecido las frondosas por su condición de bosque climácico, mientas que, en masas productivas, la selvicultura aplicada ha venido definida por los criterios establecidos para las coníferas.

Durante los últimos años ha habido un creciente interés en mantener masas mixtas y, en todo caso, favorecer a la especie más adaptada al medio. Además, y a modo de ejemplo, en el caso de mezcla entre pino y robles, la tendencia es favorecer al roble, mientras que en el hayedo-abetal, la gestión irá encaminada a asegurar la presencia del segundo, para el cual, el mantenimiento de la mezcla de especies es altamente recomendable.

GESTIÓN ADAPTATIVA

Cortas de mejora

De carácter general, serán claras mixtas, actuando sobre pies enfermos y de menor vigor en primera instancia y mediante claras selectivas posteriormente.

Cortas de regeneración

- Cortas por entresaca, bien pie a pie o por bosquetes, manteniendo y favoreciéndola mezcla de especies.
- En las masas sin carácter productivo, los tratamientos irán encaminados a la persistencia de la masa, favoreciendo en todo momento la instalación de especies autóctonas mediante regeneración natural.

Matorral mediterráneo y otras formaciones de matorral

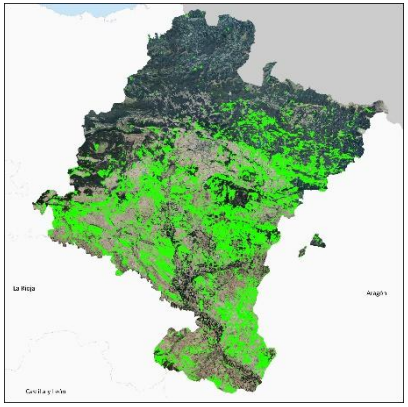
ASPECTOS RELEVANTES

Son masas muy heterogéneas, con especies variadas (coscoja, enebro, boj, brezo, argoma, helecho, retama, etc.). Históricamente, han sido modeladas antrópicamente debido a su gestión (ganadería, uso del fuego, etc.), pero el abandono paulatino de algunas zonas agrícolas en las últimas décadas ha resultado en un incremento de su superficie. Muchas de ellas se encuentran englobadas en hábitats de interés comunitario.

Sus usos varían en función de la localización: apicultura (tomillares, romerales y aliagares), pastoreo, recolección de plantas medicinales, caza, uso energético, etc. Además, proporcionan numerosos servicios esenciales (ej. protección del suelo y regulación de los flujos de agua).



Matorral en Bardenas Reales



Distribución del matorral mediterráneo en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

Normalmente, los matorrales no están sometidos a ningún tipo de gestión ordenada, a no ser que se encuentren en zonas pascícolas con plan de ordenación. Según el tipo de matorral y su valor forrajero, puede ser pastoreado en primavera (ej. ontinares, romerales, tomillares, aliagares) o en otoño (ej. sisallares), compatibilizando su aprovechamiento por el ganado con su conservación mediante un pastoreo moderado.

GESTIÓN ADAPTATIVA

La gestión debe ir encaminada a mantener y promover la diversidad específica, teniendo en cuenta su comportamiento en relación al agua, fuego (pirófitas o no) y biodiversidad asociada, sin olvidar sus estrategias de reproducción (rebrotadoras o germinadoras):

- Los desbroces, en caso de ser necesarios, serán de tipo selectivo y parcial.
- En localizaciones sin problemas de erosión y con especies poco palatables, reducir la cubierta por bosquetes hasta una FCC entre el 10-25% para favorecer especies de mayor querencia para el ganado.
- El matorral en forma de ribazos, setos, espuendas y límites de parcelas debe ser conservado y protegido de cualquier alteración.
- En zonas de elevada pendiente, evitar el pastoreo intenso y respetar bosquetes de matorral de forma que corten los flujos de escorrentía superficial para evitar regueros u otros procesos erosivos en el suelo.
- Mantener sin intervención las comunidades arbustivas de elevado valor ambiental (matorrales halonitrófilos, gipsícolas, brezales, jarales, etc.).
- En zona potencial de tamariz, se pueden realizar plantaciones en pequeños bosquetes con la especie adecuada (*T. canariensis*, *T. gallica* o *T. africana*).

Pastizales

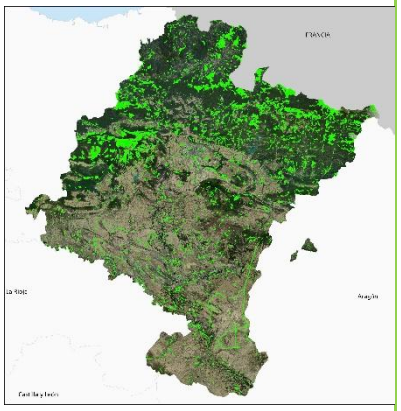
ASPECTOS RELEVANTES

El abanico de pastizales presentes en Navarra es muy amplio, dificultando su generalización. En la Región Biogeográfica Mediterránea, habitualmente son formaciones de pastizal-matorral en mosaico y cuyas estructuras dependen de su uso ganadero y su aprovechamiento forrajero. En las biorregiones Atlántica y Alpina, aunque hay zonas con procesos de matorralización y/o invasión de helechos, la gran mayoría están constituidos por comunidades de más que aceptable interés pascícola. La práctica totalidad de su cobertura se asocia a hábitats de interés comunitario.

La conservación de los pastos y de los prados depende directamente del uso ganadero que se haga del territorio. Los pastos de montaña, además de ser un recurso fundamental para el sector ganadero, son ecosistemas con una elevada biodiversidad, valor paisajístico y cultural.



Zonas pastoreadas en Ujué



Distribución del pastizal en Navarra

GESTIÓN CONVENCIONAL

Los planes de ordenación de pastos son las herramientas que planifican las actuaciones necesarias. El primer objetivo de la gestión pascícola ha de ser el equilibrio entre la presión ganadera y el mantenimiento de los pastos. Una presión ganadera adecuada contribuye a su conservación y desarrollo. Mientras que el sobrepastoreo ocasiona pisoteo excesivo y aumento de especies nitrófilas, ocasionando pérdidas de diversidad florística, el infrapastoreo se puede traducir en un embastecimiento progresivo del pasto, cambiando el dosel herbáceo e impidiendo el desarrollo de especies de mayor calidad forrajera.

GESTIÓN ADAPTATIVA

El silvopastoralismo produce numerosos bienes y servicios, por lo que la ganadería extensiva debe ser altamente incentivada. La gestión debe ir dirigida a mantener y mejorar las superficies existentes, aportando la mayor heterogeneidad posible al sistema, recomendándose:

- La mejora de zonas embastecidas introduciendo fuertes cargas ganaderas instantáneas con ganado adecuado para disminuir la necromasa y favorecer la regeneración del nuevo pastizal.
- En zonas matorralizadas potencialmente susceptibles de pastoreo, puede ser recomendable la eliminación de la cubierta arbustiva mediante desbroces para favorecer el rebrote de brotes y especies más palatables, seguida de una adecuada gestión ganadera. En función de la evolución de la vegetación, puede ser recomendable repetir puntualmente los desbroces.
- Se fomentará un paisaje en mosaico, incluyendo diferentes usos del suelo (ej. bosque, matorral, pastizal).
- Se respetarán las especies arbustivas fruticosas comestibles para fauna silvestre, así como las zonas de ecotono.

4. Referencias

Baiges, T., & Delpi, R. (Eds.). (2023). *Guía práctica de gestión para la adaptación de los bosques pirenaicos al cambio climático. Fichas-resumen de resultados, herramientas y líneas de trabajo en curso en el macizo pirenaico.* Proyecto POCTEFA ACCLIMAFOR.

Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J. B., Bonc, A., Chauvin, C., Dro, L., Garcı, C., Heiri, C., Kerr, G., Lexer, M. J., Mason, B., Mohren, F., Mühlethaler, U., Nocentini, S., & Svoboda, M. (2014). Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry*, *87*, 492–503. https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018

Bréda, N., & Brunette, M. (2019). Are 40 years better than 55? An analysis of the reduction of forest rotation to cope with drought events in a Douglas fir stand. *Annals of Forest Science*, *76*(2). https://doi.org/10.1007/s13595-019-0813-3

Coll, L., Delpi, R., Camarero, J. J., De Cáceres, M., Cantero, A., Cervera, T., & Navarro Pérez de Pipaón, L. (2019). *Guía de gestión forestal para la adaptación al cambio climático de los bosques pirenaicos.*

Comisión Europea. (2021). *Nueva Estrategia de la UE en favor de los Bosques para 2030. COM(2021) 572 final*.

del Campo, A. D., González-Sanchis, M., Lidón, A., García-Prats, A., Lull, C., Bautista, I., Ruíz-Pérez, G., & Francés, F. (2017). Ecohydrological-Based Forest Management in Semi-arid Climate. In J. K\vreček, M. Haigh, T. Hofer, E. Kubin, & C. Promper (Eds.), *Ecosystem Services of Headwater Catchments* (pp. 45–57). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57946-7_6

EUROPARC-España. (2015). *El papel de los bosques maduros en la conservación de la biodiversidad*. http://www.redeuroparc.org/gestionforestal.jsp

García-Güemes, C., & Calama, R. (2015). La práctica de la selvicultura para la adaptación al cambio climático. In A. Herrero & M. Á. Zavala (Eds.), *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España* (pp. 501–512). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Generalitat Valenciana. (2022). *Estratègia Mosaic*.

Gobierno de Navarra. (2017). *HCCN 2017-2030-2050. Hoja de Ruta Cambio Climático de Navarra (HCCN-KLINA).*

Gobierno de Navarra. (2023). *Meteorología y climatología de Navarra*. http://meteo.navarra.es/climatologia/

Harris, J., Hobbs, R., Higgs, E., & Aronson, J. (2006). Ecological Restoration and Global Climate Change. *Restoration Ecology*, *14*(2), 170–176.

Herrero, A. (2017). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático en los bosques ibéricos. *Munibe Ciencias Naturales*, *65*, 7–28. https://doi.org/10.21630/mcn.2017.65.11

Herrero, A., & Zavala, M. Á. (2015). *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático:*

Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España (A. Herrero & M. Á. Zavala (Eds.)). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. http://publicacionesoficiales.boe.es/

IPCC. (2022). *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change* (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Ed.)). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157926

Lindner, M., Blennow, K., & Viorel, B. (2019). *EIP-AGRI Focus Group: Forest Practices & Climate Change. New forest practices and tools for adaptation and mitigation of climate change.* (Issue January).

Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. J., & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, *259*(4), 698–709. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023

Loidi, J., & Báscones, J. (2006). *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra.* (G. de Navarra (Ed.)).

Matesanz, S., & Valladares, F. (2014). El papel de la plasticidad fenotípica en la respuesta de la vegetación mediterránea al cambio global. In A. Herrero & M. Á. Zavala (Eds.), *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España.* (pp. 377–384). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Navarra, G. de. (2022). *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra*.

OPCC-CTP. (2018). *El cambio climático en los Pirineos: impactos, vulnerabilidades y adaptación*.

Pique, M., Valor, T., Castellnou, M., Pages, J., Larrañaga, A., Miralles, M., & Cervera, T. (2011). *Integracio del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestio forestal: incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades*.

Pugnaire de Iraola, F., Schöb, C., Pistón, N., & Armas, C. (2015). acilitación de las especies almohadilladas y Cambio Global en la comunidades alpinas del Parque Nacional de Sierra Nevada. *Proyectos de Investigación En Parques Nacionales*, *2010–2013*, 91–104.

Schwendtner, O., & Barnard, B. (2019). Aplicación de la "Selvicultura de conservación de los procesos ecológicos" en montes mediterráneos. *Seminario de Europarc*. http://www.redbosques.eu/system/files/shared/REDBOSQUES/B5/3 Selvicultura de conservación de procesos.pdf

Serrada, R. (2008). *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*.

Serrada, R., Aroca, M. J., Roig, S., Bravo, A., & Gómez, V. (2011). *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal* (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Ed.)).

Spathelf, P., Bolte, A., & Maaten, E. Van Der. (2015). Is Close-to-Nature Silviculture (CNS) an adequate concept to adapt forests to climate change ? *Appl Agric Forestry Res*, *65*(December), 161–170. https://doi.org/10.3220/LBF1452526188000

Tíscar, P. A., García-Abril, A. D., Aguilar, M., & Soilís, A. (2015). Gestión Forestal Próxima a la Naturaleza: potencialidades y principios para su aplicación en los pinares de montaña

mediterráneos como medida de adaptación al cambio climático. In A. Herrero & M. Á. Zavala (Eds.), *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España* (pp. 555–564). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.