



**Deliverable DC.3.3:**  
Adaptive management guidelines for Mediterranean agroforestry systems

*Action C.3.3*

Grant Agreement n°. LIFE 16 IPC/ES/000001  
Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of  
Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre

**[LIFE-IP NAdapta-CC]**

LIFE 2016 INTEGRATED PROJECTS CLIMATE ACTIONS

Project start date: 2017-10-02

Project end date: 2025-12-31

Coordinator:

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

Autoría:

-  Gestión Ambiental de Navarra [GAN-NIK]
-  Servicio Forestal y Cínegético, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra

Referencia recomendada a efectos bibliográficos:

Gestión Ambiental de Navarra [GAN-NIK] y Servicio Forestal y Cínegético, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra [2020]. *Adaptive management guidelines for Mediterranean agroforestry systems*. Acción C.3. del Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC [LIFE 16 IPC/ES/000001] de la Unión Europea. Ciudad. Gestión Ambiental de Navarra, Servicio Forestal y Cínegético y Servicio de Economía Circular y Cambio Climático de Gobierno de Navarra.

Este documento corresponde al entregable DC.3.3 previsto 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](http://www.lifenadapta.eu)

Versión 2 de DICIEMBRE de 2019



## Table of contents

0	Summary.....	1
1	Introducción.....	3
2	Ámbito de trabajo.....	5
	2.1 Formaciones forestales.....	6
	2.2 Sistemas agrarios.....	7
3	La gestión forestal adaptativa: herramienta potencial para reducir los impactos del CC en los bosques mediterráneos.....	11
	3.1 Principios básicos de gestión forestal adaptativa al CC.....	13
	3.1.1 Potencialidad de la gestión forestal próxima a la naturaleza como medida de adaptación.....	15
	3.2 Prácticas de gestión forestal adaptativa.....	16
	3.2.1 Manejo de la densidad y volumen en pie: claras y clareos.....	17
	3.2.2 Cortas de regeneración, regeneración natural y artificial.....	18
	3.2.3 Control y adecuación de turnos de corta.....	19
	3.2.4 Gestión de la cubierta de matorral.....	20
	3.2.5 Favorecer el pasto.....	20
	3.2.6 Restauración ecológica forestal.....	21
	3.2.7 Fomento y monitoreo de Zonas a evolución natural.....	23
4	Directrices de gestión.....	23
5	Referencias.....	51



## Tables

Tabla 1. Ocupación del suelo de las diferentes formaciones vegetales en la zona de estudio. Fuente: Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra [11] ..... 6

Tabla 2. Ocupación de las formaciones forestales en la zona de estudio. Fuente: Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra [11] ..... 6

Tabla 3. Relación entre los principios de adaptación al CC y prácticas selvícolas en los sistemas agroforestales Mediterráneos de Navarra [Brang et al. 2014 [24] modificado].....14



## Figures

Figura 1. Formaciones vegetales en la biorregión mediterránea.....	5
Figura 2. Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural en la zona de estudio. Fuente: Iragui et al. 2010 [13].....	8
Figura 3. Robledal en Galdeano.....	24
Figura 4. Masas de roble pubescente en la comarca.....	24
Figura 5. Carrascal en el PFN Frankoandia.....	26
Figura 6. Carrascales en la biorregión.....	26
Figura 7. Quejigal en el PFN Artázcoz.....	28
Figura 8. Quejigales en la biorregión mediterránea.....	28
Figura 9. Pinar en Petilla de Aragón.....	30
Figura 10. Localización de la especie en la biorregión.....	30
Figura 11. Pinar en Fitero.....	32
Figura 12. Localización de la especie en la biorregión.....	32
Figura 13. Pinar aclarado en el PFN Sabaiza.....	34
Figura 14. Localización de la especie en la biorregión.....	34
Figura 15. Plantación mixta en Funes.....	36
Figura 16. Masa mixtas de coníferas en la biorregión.....	36
Figura 17. Hayedo en Sierra de Lokiz.....	38
Figura 18. Localización de haya en la biorregión.....	38
Figura 19. Río Arga en Miranda de Arga.....	40
Figura 20. Localización en la biorregión.....	40
Figura 21. Plantación mixta de 13 años de pino carrasco y carrasca en Funes.....	42
Figura 22. Masas mixtas de coníferas-frondosas.....	42
Figura 23. Matorral en Bardenas Reales.....	43
Figura 24. Matorrales en la zona de estudio.....	43
Figura 25. Zonas pastoreadas en Ujué.....	45
Figura 26. Pastizales en la biorregión mediterránea.....	45
Figura 27. Terrenos con escasa vegetación en el Valle de Egüés.....	47
Figura 28. Terrenos con escasa vegetación en la zona de estudio.....	47
Figura 29. Cultivos en la Ribera Navarra.....	49
Figura 30. Zonas Agrarias de Alto Valor Natural en la zona de estudio.....	49

## 0 Summary

Climate Change [CC] is an unequivocal reality and one of the greatest environmental challenges for humanity. In the Iberian Peninsula, a general increment of temperature, particularly during the second half of the XIX century [1], and a moderate reduction of the total volume of precipitation [2] have been recorded. Additionally, an increase of the frequency and intensity of extreme climatic events are expected [1].

The effects of CC on agroforest ecosystems are several and of different nature. Some of the main foreseen consequences of CC in Mediterranean ecosystems are the reduction of the primary productivity and the increment of decay processes due to an increased water stress, the migration, extinction and replacement of species or the increase of forest fire risk. The effects of climate change interact, furthermore, with other factors of the denominated global change such as the increment of atmospheric concentration of CO<sub>2</sub> and other greenhouse gases, the proliferation of invasive species, the land use change or the abandonment of the rural areas.

The response of the ecosystems to CC will depend on: (i) the vulnerability of the species or community, which includes the sensitivity [to what extent it is both positively or negatively affected by the change of the climate] and the adaptation capacity [the capacity to cope with that change] and (ii) the exposure [the severity of the change of climate that will affect the species or community]. Nevertheless, the response of a species or community might be modulated by adaptation, understood as the human intervention aiming at helping the organisms and ecosystems to adjust or adapt to the new conditions.

Within this context, forest adaptation comprises a set of complex initiatives and measures which main purposes are the reduction of the vulnerability and the increment of the resilience to CC of the agroforest ecosystems, as well as their conservation and the maintenance of the ecosystem services under the CC scenarios. Undoubtedly, adaptation in the forest sector must be tackled from a Sustainable Forest Management taking into account the new climate scenarios.

In this framework, the LIFE-IP NAdapta-CC Project arises to support the complete implementation of the Strategy against Climate Change in Navarre [Estrategia contra el Cambio Climático de Navarra, SCCN] 2010-2020, as well as the implementation of the roadmap against climate change [HCCN-KLINA]. The main purpose of the Project is to adapt Navarre to the climate change effects.

In this work, adaptive forest management guidelines for the Mediterranean area in Navarre are identified. The final objective is to adapt the agroforest ecosystems [particularly species of the *Quercus* and *Pinus* genera] considering the principles of the Sustainable Forest Management, but taking into account the new climate scenarios.



## 1 Introducción

El cambio climático (CC) es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la sociedad. En la Península Ibérica se ha constatado ya un aumento generalizado de las temperaturas, especialmente durante la segunda mitad del siglo XIX [1]. En el caso de las precipitaciones, los estudios demuestran una gran variabilidad espacial y temporal, con una reducción moderada del volumen global [2]. Además, se proyecta un aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos [1], cuyo impacto en los ecosistemas puede ser mayor que el producido por cambios graduales de las condiciones climáticas medias [3].

Los efectos del CC sobre los ecosistemas agroforestales son numerosos y variados. Interaccionan, además, con otros factores de cambio como el aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> 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 [4]. Estos factores de cambio, incluyendo el CC, se han agrupado bajo el término de cambio global. No hay que olvidar que en los ecosistemas agroforestales estos factores interactúan, a su vez, con actividades socioeconómicas como el pastoreo o la gestión agrícola y forestal.

La **vulnerabilidad** frente al cambio climático es definida por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) como la predisposición de una especie o población a ser afectada negativamente por el CC [5]. Comprende la sensibilidad y la capacidad de adaptación. La **sensibilidad** hace referencia al grado en el que un sistema o especie es afectado, tanto de manera adversa como beneficiosa, por la variabilidad o cambio en el clima. Las especies más sensibles probablemente mostrarán reducciones mayores en el crecimiento, supervivencia o reclutamiento con cambios pequeños en las condiciones climáticas. Por su parte, la **capacidad de adaptación** se refiere a la capacidad de una especie o población para hacer frente al cambio climático, bien permaneciendo en el sitio a partir de ajustes en su fenología, por ejemplo, o bien desplazándose a microhábitats locales más adecuados o migrando a regiones climáticas más apropiadas. En el cálculo del riesgo de los impactos conexos al clima se tiene en cuenta, además de la vulnerabilidad, la **exposición**, entendiéndose como tal a la severidad del cambio climático que será probablemente experimentada por una especie o región, y que depende de la tasa o magnitud de cambio climático [6].

Por otra parte, la respuesta de una especie o población frente al cambio climático puede ser modulada mediante la **adaptación**, que puede ser entendida como la **intervención humana** dirigida a favorecer el proceso de ajuste de ecosistemas y organismos a las nuevas condiciones climáticas [7]. La adaptación persigue reducir los riesgos, limitar los impactos, reducir las vulnerabilidades e incrementar la resiliencia de los ecosistemas agroforestales frente al cambio del clima. La resiliencia se refiere a la capacidad de una especie o población para superar un evento, tendencia o perturbación perjudicial, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad y retornar al estado original una vez ha cesado dicha situación. Las



medidas de adaptación han sido destacadas en los sucesivos informes del IPCC, siendo establecidas como el segundo elemento en la política climática de manera complementaria a la mitigación en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático [UNFCCC].

Evidentemente, la adaptación debe perseguirse desde un contexto de gestión forestal sostenible, teniendo en cuenta los escenarios climáticos futuros. Por otra parte, la mitigación del cambio climático, concepto complementario al de adaptación, va ligada a la gestión forestal, ya que la disminución de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera frena el proceso del cambio climático; de ahí el papel clave del sector forestal y los bosques para lograrlo.

Indudablemente, la identificación de las especies o ecosistemas más expuestos y vulnerables es crucial a la hora de diseñar estrategias de adaptación [4]. Navarra presenta una gran diversidad de ecosistemas, resultado de la confluencia de tres regiones biogeográficas diferentes: pirenaica, cántabro-atlántica y mediterránea [8, 9]. La transición entre las regiones biogeográficas alberga los límites de las áreas de distribución de muchas especies, siendo en los límites meridionales de las mismas, así como en las cotas altitudinales inferiores, donde se prevén los mayores cambios en la distribución y abundancia de las poblaciones en la Península Ibérica. Además, las montañas mediterráneas albergan una gran diversidad de especies con distinto origen biogeográfico, encontrando tanto especies con un origen propiamente mediterráneo, como otras de origen templado o alpino que quedaron acantonadas tras los sucesivos procesos migratorios durante los periodos glaciares e interglaciares. Esta diversidad de comunidades forestales supone un reto de gestión, pues se supone que presentan distinta sensibilidad a los cambios previstos en el clima [10]. No hay que olvidar la transformación del paisaje agroforestal debido a factores socio-ecológicos como el éxodo rural, el abandono de usos tradicionales o la disminución de aprovechamientos ganaderos y forestales. El estado de abandono de muchos montes mediterráneos, y especialmente de aquéllos menos productivos, podría aumentar la vulnerabilidad de las comunidades resultado de una mayor competencia por los recursos hídricos y pérdida de vigor, así como el riesgo de incendios forestales, plagas y enfermedades o de pérdida de diversidad y de los servicios ecosistémicos.

El Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC surge para apoyar la implementación completa de la Estrategia contra el Cambio Climático de Navarra (SCCN) 2010-2020, y para contribuir a la implementación de la HCCN-KLINA. 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 a los efectos del Cambio Climático en la Comunidad Foral. Este documento, elaborado en el marco del Proyecto, pretende consignar las directrices de gestión forestal adaptativa para que sistemas agroforestales mediterráneos reduzcan su vulnerabilidad actual frente al cambio climático.

## 2 Ámbito de trabajo

El área de trabajo corresponde a la Región Biogeográfica Mediterránea en Navarra, según la Unión Europea, a la cual se adscriben los ecosistemas mediterráneos (Fig. 1). Esta zona se caracteriza por un clima de veranos secos y cálidos e inviernos húmedos y frescos, condiciones climáticas que ejercen su efecto en la vegetación y la vida silvestre de la región.

La superficie forestal de esta región mediterránea se encuentra representada por robledales mediterráneos, pinares de carrasco, pinares de silvestre, pinares de laricio, encinares y coscojas principalmente, así como formaciones de matorral y pastizal relevantes desde el punto de vista ecológico.

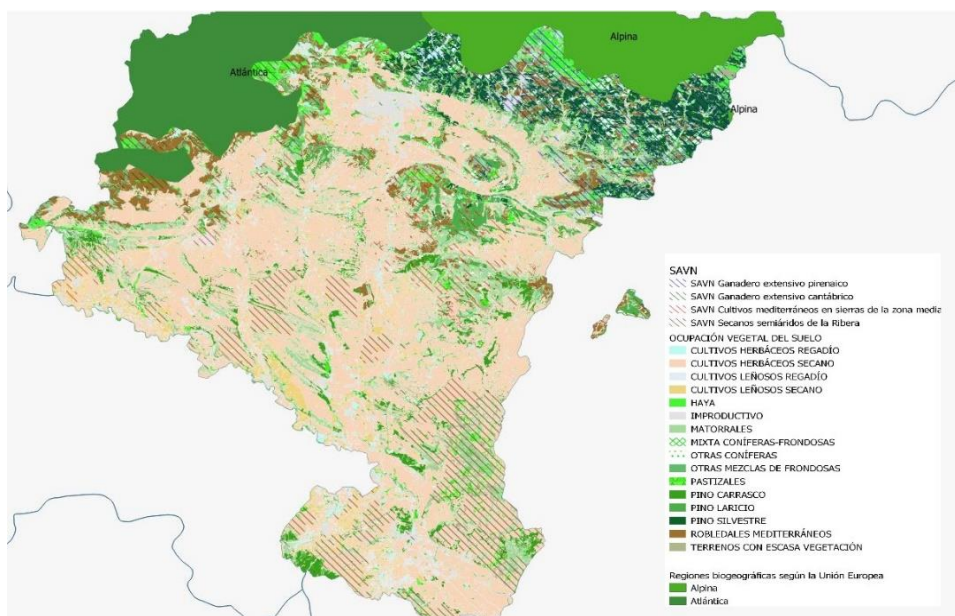


Figura 1. Formaciones vegetales en la biorregión mediterránea

Se trata de una superficie total de más de 718.000 hectáreas, que engloba el 69% de la superficie navarra. En la Tabla 1 se indican los distintos tipos de cobertura vegetal de la zona de estudio, empleando como base la cartografía digital del Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra de 2019 [11].

Tabla 1. Ocupación del suelo de las diferentes formaciones vegetales en la zona de estudio. Fuente: Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra [11]

Tipo de cobertura		Formación vegetal	Superficie	
			ha	%
Agrícola		Cultivos herbáceos en secano	319.210	44.4
		Cultivos herbáceos en regadío	7.772	1.1
		Cultivos leñosos en secano	27.448	3.8
		Cultivos leñosos en regadío	9.194	1.3
Improductivo		Sin cobertura vegetal	33.706	4.7
Forestal	No arbolado	Matorrales, pastizales y terrenos con escasa vegetación	146.770	20.4
	Arbolado: Coníferas	Pinares y otras coníferas	90.143	12.5
	Arbolado: Frondosas	Chopo encinas, robledales mediterráneos y otras frondosas	72.655	10.1
	Arbolado: Coníferas/Frondosas	Masas mixtas	11.399	1.6
<b>Total</b>			<b>718.297</b>	<b>100</b>

## 2.1 Formaciones forestales

Aunque en la zonificación de Navarra, la Biorregión mediterránea es la que menor proporción de superficie forestal presenta, la ocupación forestal asciende a casi el 45% de su superficie. En la Tabla 2 de desglosa la información de dichas formaciones de interés.

Tabla 2. Ocupación de las formaciones forestales en la zona de estudio. Fuente: Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra [11]

Tipo de cobertura Forestal	Formación vegetal	Superficie		
		ha	%	
Quercíneas	Mediterráneas: robledales de quejigo, roble peloso, encina y carrasca	54.136	16.9	
	Otros robledales	326	0.1	
Frondosas no quercíneas	Haya	11.072	3.4	
	Otras mezclas de frondosas	7.121	2.2	
Coníferas	Pino carrasco	29.726	9.3	
	Pino laricio	21.043	6.6	
	Pino silvestre	37.356	11.6	
	Otras coníferas	2.018	0.6	
Mixta Coníferas/Frondosas	Miscelánea grupal	11.399	3.6	
No arbolada	Matorrales	100.267	31.2	
	Pastizales	31.507	9.8	
	Terrenos con escasa vegetación	14.996	4.7	
<b>Total</b>			<b>320.967</b>	<b>100</b>

A pesar de tratarse de una comarca diversa, el componente mediterráneo es esencial a la hora de determinar la vegetación presente. El clima mediterráneo continental modela la mayor parte de la zona de estudio. Además, la depresión del Ebro, que recorre la región de noroeste a sudeste, tiene una importante repercusión biogeográfica en la zona. Dicha depresión, acentúa la severidad de la sequía estival, ya de por sí importante en la mitad sur de Navarra. Sin embargo, en el norte de la Comarca encontramos ejemplos de bosques característicos de las comarcas limítrofes, la Cantábrica y la Pirenaica, apareciendo el haya y el pino silvestre en un elevado porcentaje de ocupación.

Forestalmente hablando, desde mediados del siglo pasado la repoblación forestal ha estado presente en la comarca, siendo el principal representante el pino laricio [*Pinus nigra*] en la zona media y el pino carrasco [*Pinus halepensis*] en el resto de la comarca. Otras formaciones arboladas, como los bosques de robles mediterráneos, han pasado a ser casi por completo especies no gestionadas. Una descripción detallada de las principales formaciones forestales presentes en el área de estudio puede encontrarse en las fichas incluidas en el apartado 4. Directrices de Gestión.

## 2.2 Sistemas agrarios

Dado que la zona de estudio comprende la zona agrícola de Navarra por excelencia, se cree interesante subrayar la importante presencia de terrenos agrícolas, así como destacar las prácticas ganaderas y agrícolas extensivas que conforman los denominados Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural [SAVN]. Los Sistemas de Alto Valor Natural son aquéllos que identifican las prácticas de gestión agraria y forestal que generan o mantienen una alta biodiversidad [12].

Según el trabajo de Iragui et al. [13], cuatro son los SAVN presentes en Navarra: Sistema de secanos semiáridos de la Ribera, Sistema de cultivos mediterráneos en sierras de la Zona Media, Sistema ganadero extensivo cantábrico y Sistema ganadero extensivo pirenaico. La zona de estudio alberga prácticamente la totalidad de la superficie de los dos primeros SAVN citados, así como un buen porcentaje del tercero de ellos [Fig. 2].

Durante los años 2016- 2018 se llevó a cabo la caracterización de los SAVN mediterráneos y de la zona media [14, 15], cuyo objetivo fue caracterizar las explotaciones y estudiar las características de las parcelas que más contribuyen al mantenimiento de elementos y prácticas de AVN en el sistema, así como seleccionar los indicadores representativos que permiten monitorizar y caracterizar el SAVN.

Entre sus conclusiones destaca el hecho de que el abandono y la intensificación de la actividad agraria y ganadera es una amenaza fundamental para el mantenimiento de estos SAVN, ya que da lugar a la pérdida de biodiversidad, así como a una simplificación de la estructura de mosaico típica de estos sistemas agrícolas.

Estas amenazas probablemente se verán incrementadas teniendo en cuenta que, a consecuencia del Cambio Climático, se espera una disminución de los recursos hídricos, un aumento de plagas y enfermedades y la alteración del estado de los suelos, entre otros efectos. A esto deberíamos añadir, además, que los SAVN son algunos de los ecosistemas agrarios más vulnerables al CC.

De hecho, en la zona de estudio se ha observado una disminución de la superficie catalogada como de alto valor natural [AVN] de los cuatro SAVN presentes en los últimos 6 años [16].

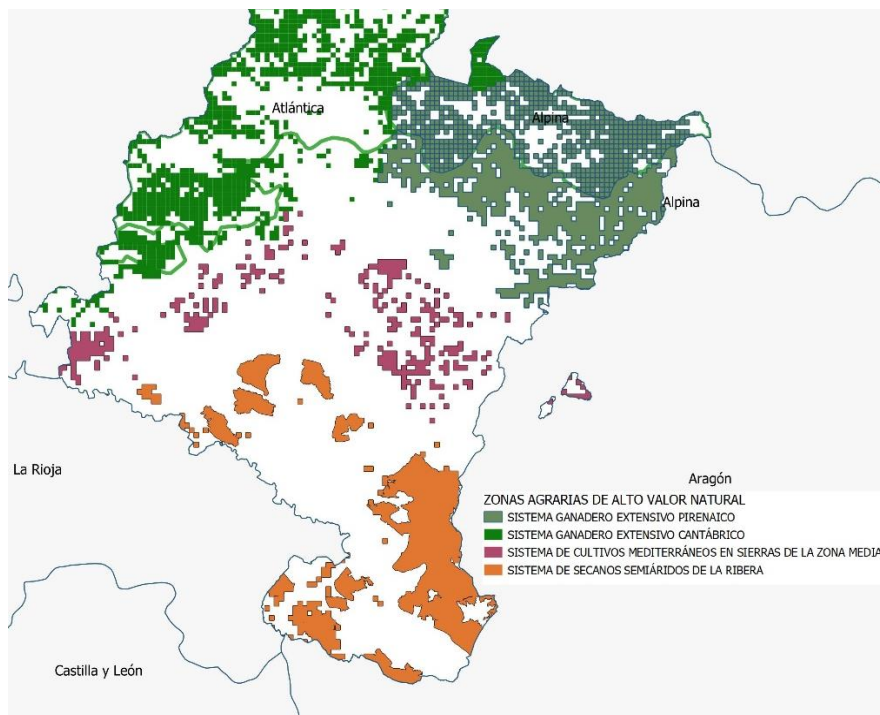


Figura 2. Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural en la zona de estudio. Fuente: Iragui et al. 2010 [13].

#### **N** Sistema de secanos semiáridos de la Ribera

La zona donde se asienta el sistema de secanos semiáridos de la Ribera, extensión íntegramente incluida en la comarca de estudio, es predominantemente llana, con llanuras aluviales y estructurales salpicada de cerros, sierras y montes de escasa altitud [17]. Presenta una escasa vegetación natural, dado su carácter marcadamente agrícola. Aparecen bosques de bajo porte, así como zonas de matorral mediterráneo y estepizadas, apareciendo extensiones importantes de terreno con escasa vegetación y suelo desnudo.

La superficie clasificada como de AVN en este sistema la constituyen territorios de secano de escasa productividad, incluyendo aquéllos donde se mantienen prácticas tradicionales como la rotación cerealista con barbecho, con un mosaico de vegetación natural en forma de parches constituidos por pastizales, ribazos, matorral y arbolado disperso. Entre los factores de riesgo asociados con una intensificación de la explotación se encuentra la puesta en regadío, el

descenso de las superficies en barbecho o el empleo de herbicidas. Además, el incremento del tamaño de las parcelas agrícolas influye en la evolución de las poblaciones de aves, debido a, por ejemplo, la eliminación de zonas de cría [ribazos y linderos] [13].

#### *Sistema de cultivos mediterráneos en sierras de la Zona Media*

La montaña mediterránea forma un paisaje de transición entre la montaña del norte y la ribera del sur, en el que el paisaje vegetal está muy humanizado, resultado de una deforestación tradicional orientada a ganar terreno para ganadería y agricultura. Si bien los cultivos herbáceos de secano ocupan buena parte de la superficie agroganadera del sistema, en los últimos años una buena parte están siendo transformados a regadíos.

La superficie clasificada como de AVN en este sistema la constituyen los cultivos tradicionales, generalmente situados en las laderas más escarpadas o en otras zonas con bajo potencial productivo. Forman un mosaico de pequeñas parcelas cultivadas, pastizales, quejigales y carrascales de pequeña extensión, recreando un paisaje de elevada heterogeneidad. Se ha producido una intensificación de la agricultura en las zonas más productivas (concentración parcelaria, regadíos, etc.) y el abandono en zonas marginales, sufriendo una pérdida de valor del paisaje en su conjunto para albergar muchas especies típicas de estos sistemas tradicionales agrosilvopastorales.

#### *Sistema ganadero extensivo cantábrico*

Pese a su reducida extensión en el área del trabajo, se comentan a continuación las principales características de este sistema.

La actividad agraria principal que califica este sistema como de AVN es la ganadería extensiva. El ganado recibe su aporte alimenticio directamente de los prados y montes, por lo que es una zona donde predominan los pastizales permanentes y los prados y praderas y, en menor medida, otras superficies pastables como matorrales y espacios forestales abiertos. Aunque el uso predominante de la zona es ganadero, también se mantiene una explotación forestal activa.

Estos valles atlánticos modelan un paisaje de campiña caracterizado por un mosaico de usos agroganaderos y pastizales separados por setos, ribazos, arroyos vegetados, bosquetes y hayedos y robledales.

Al igual que en los sistemas anteriores, la intensificación y el abandono de la actividad agraria son riesgos para el mantenimiento de las explotaciones de alto valor natural en la zona. Además, se está dando un abandono de la actividad ganadera (disminución del número de explotaciones) que, sumado al abandono de las áreas pastables más inaccesibles, pueden conducir a la pérdida de hábitats de interés y de la estructura de mosaico con elevado valor medioambiental.

#### *Sistema ganadero extensivo pirenaico*












El uso del suelo en las zonas denominadas como tal es eminentemente forestal, destacando la ocupación de superficie arbolada, aunque hay un alto porcentaje de superficie agraria seminatural en cuanto a pastos, pero una escasa agricultura. El ganado utiliza los recursos pastables de acuerdo a su fenología y productividad.

El abandono y la intensificación son los riesgos presentes para las explotaciones de AVN de la zona, así como la desaparición de la trashumancia, de especial relevancia en siglos pasados en la zona.

La superficie de este tipo de sistema en la zona de estudio ha sufrido un descenso de ocupación [aproximadamente un 16%], siendo el proceso de forestalización del terreno y el abandono de los prados a diente las que han restado valor a la zona [16].

### 3 La gestión forestal adaptativa: herramienta potencial para reducir los impactos del CC en los bosques mediterráneos

En las regiones templadas y boreales de Europa, el aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y el ascenso de temperaturas pueden suponer un incremento en la productividad de los bosques, debido, en parte, a la prolongación del periodo de crecimiento y al aumento de la fotosíntesis [18]. Sin embargo, en regiones como la región Mediterránea, donde la disponibilidad hídrica es limitante, está previsto un aumento de la frecuencia y severidad de las condiciones de sequía. Estas condiciones, en combinación con otros factores del cambio global, llevan aparejados numerosos efectos [ej. 5, 18, 19], entre ellos:

-  Cambios fisiológicos. Las condiciones de sequía en las especies vegetales pueden provocar una reducción de la fotosíntesis y la conductancia hidráulica por el cierre de estomas u otros mecanismos, limitando su capacidad de almacenar carbono y aumentando el gasto por respiración. Bajo condiciones de sequía pueden producirse, además, procesos de embolia por cavitación. En casos extremos, estos procesos podrían concluir en la muerte del individuo.
-  Pérdida de vigor de las masas forestales, incremento de procesos de defoliación y decaimiento, a lo que hay que añadir los cambios en la distribución de plagas y enfermedades.
-  Aparición y proliferación de especies invasoras, relacionado también con el punto anterior.
-  Cambios en las tasas demográficas de las especies vegetales: reducción en la supervivencia, reclutamiento y tasa de crecimiento.
-  Reemplazo progresivo por especies más adaptadas a condiciones de sequía y desplazamiento de las especies hacia cotas y latitudes superiores.
-  Cambios en la composición y estructura de las comunidades.
-  Alteraciones fenológicas. Cambios en la floración, foliación, senescencia y fructificación.
-  Modificación y establecimiento de nuevas interacciones bióticas relacionada con los cambios fenológicos, variación de la distribución de las especies y composición de las comunidades, actuando de forma sinérgica.
-  Mayor riesgo de incendios forestales: aumento de la frecuencia, intensidad y virulencia de los mismos, agravado, además, por el aumento de la velocidad del viento. Por otra parte, una mayor frecuencia de incendios forestales puede aumentar el riesgo de erosión y acelerar el proceso de desertificación en zonas áridas.
-  Aumento de la intensidad de los aguaceros con efectos sobre la torrencialidad y los procesos erosivos.
-  Mayor frecuencia de vendavales capaces de causar daños al arbolado por la velocidad del viento.



Aunque existen ya evidencias de los efectos del CC sobre los sistemas agroforestales mediterráneos, las plantas de ambientes mediterráneos poseen adaptaciones a nivel morfológico, fisiológico y anatómico [ej. carácter perennifolio y esclerófilo] que les podrían proporcionar cierta resiliencia. Además, las especies mediterráneas pueden presentar una gran variedad de respuestas frente al CC, no sólo debido a diferencias en esas adaptaciones sino, también, a la diversidad de situaciones en las que se encuentran o a diferencias en su plasticidad fenotípica, por ejemplo [20].

Por otra parte, la respuesta de una especie o población frente al cambio climático puede ser modulada, además, mediante la **adaptación**, entendida como la intervención humana dirigida a favorecer el proceso de ajuste de ecosistemas y organismos a las nuevas condiciones climáticas, con el objetivo de incrementar y mejorar la capacidad de resiliencia de las especies y ecosistemas. En este sentido, la **gestión adaptativa** hace referencia al proceso dinámico e iterativo de planificación, implementación y modificación de las estrategias de gestión en un contexto de incertidumbre y cambio constante [5]. Debe fundamentarse en los principios de la **gestión forestal sostenible**, de manera que sea económicamente viable, socialmente beneficiosa y ambientalmente coherente, preservando así a largo plazo la estructura de los ecosistemas y los servicios que proporcionan. Por tanto, para la obtención del objetivo final de la adaptación, que no es otro que la conservación a largo plazo de los procesos naturales y servicios ecosistémicos, las medidas de adaptación deben encuadrarse en una gestión sostenible, anticipadora y adaptativa [19].

La **selvicultura** se refiere a las actuaciones necesarias para llevar a cabo la gestión forestal, siendo la regeneración, el crecimiento y buen estado sanitario de las masas forestales algunos de sus objetivos. Por su parte, la **selvicultura para la adaptación** al CC debe incluir acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales a los impactos del cambio climático y global, y a incrementar la capacidad de resiliencia de dichos ecosistemas, teniendo en cuenta los **escenarios futuros** [21]. En esta línea, la **ordenación forestal** tiene un gran potencial para llevar a cabo medidas de adaptación al cambio climático si se introducen estrategias adaptativas, ya que sus herramientas de gestión [proyectos de ordenación o planes técnicos de gestión] son instrumentos clave para la planificación territorial y la gestión forestal sostenible.

Vistos los principales impactos esperados del cambio climático, los objetivos generales de la gestión forestal adaptativa en el área Mediterránea incluyen estrategias de mitigación de las condiciones de sequía, la reducción del riesgo de incendios y la prevención e incremento de la resistencia y resiliencia frente a plagas y enfermedades [22]. Además, la diversificación de las estrategias de adaptación a nivel de paisaje desde un punto de vista multicriterio cobra especial importancia a la hora de hacer frente a la incertidumbre del CC y reducir riesgos de pérdida ecológica y económica, mediante la obtención de diferentes bienes y servicios ecosistémicos

[23]. En la zona de estudio, donde confluyen diferentes usos del suelo (ej. forestal, agrícola, ganadero), una gestión integrada, adaptativa y diversa a nivel de paisaje es, por tanto, esencial.

### 3.1 Principios básicos de gestión forestal adaptativa al CC

Para la consecución de los objetivos anteriormente expuestos, se proponen una serie de medidas o prácticas orientadas a lograr la adaptación de los ecosistemas agroforestales a los posibles escenarios de cambio climático. Todas ellas pasan por abordar aspectos claves de Gestión Forestal Sostenible, sin olvidar la flexibilización y localización de la gestión, y que, a su vez, constituyen los **objetivos** o **principios** de adaptación en los sistemas agroforestales mediterráneos [Tabla 3].

Tabla 3. Relación entre los principios de adaptación al CC y prácticas selvícolas en los sistemas agroforestales Mediterráneos de Navarra (Brang et al. 2014 [24] 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
Claros y clareos	x	x	x	x	x	x
Cortas de regeneración	x	x	x			x
Periodos de regeneración largos		x	x			
Regeneración natural	x	x	x			
Regeneración artificial	x		x	x	x	
Control y adecuación de turnos de corta				x	x	x
Manejo de matorral	x	x	x		x	
Manejo de pastos		x				
Restauración forestal	x	x	x	x	x	

Los bosques y paisajes heterogéneos presentan una menor vulnerabilidad y mayor capacidad de resiliencia frente a perturbaciones generadas por eventos climáticos como sequías o vendavales, así como debidas a ataques de plagas y enfermedades. Además de procesos de facilitación que pueden darse en comunidades diversas, éstas suelen albergar especies con diferentes requerimientos, por lo que los recursos pueden ser utilizados de manera diferente 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 tanto, las masas forestales con una mayor **diversidad específica y estructural** constituirán, en principio, ecosistemas con una mayor capacidad de adaptación frente a los escenarios futuros.

En la misma línea, una **variación genética intra-específica** amplia conllevará una mayor capacidad de respuesta frente a cambios en las condiciones climáticas, al ampliar el rango de condiciones ecológicas compatibles y permitir la selección natural de individuos mejor adaptados al medio.

En el caso del área Mediterránea, el factor de estrés más limitante de manera general es la disponibilidad hídrica. Por tanto, una silvicultura que aumente la disponibilidad de dicho recurso

para los individuos logrará incrementar su **vigor y resistencia** frente a plagas y enfermedades y otros eventos adversos.

En el caso de comunidades con un riesgo elevado, como comunidades monoespecíficas y/o coetáneas, en localizaciones marginales o sitios no favorables, podría ser recomendable el **cambio de estructura y especies** por otras más adaptadas a los escenarios previstos, como podría ser el cambio a masas mixtas. Este tipo de decisiones deben garantizar el cambio gradual de los ecosistemas teniendo en cuenta los escenarios futuros.

Una de las razones para **mantener existencias [volumen maderable] en el monte relativamente bajas**, es la minimización del riesgo económico en caso de que suceda una perturbación. Pero, además, un volumen alto de existencias en monte está relacionado directamente con la susceptibilidad de daño y con una mayor presión sobre los recursos hídricos, ya limitantes de por sí en la zona Mediterránea [24].

La incertidumbre asociada a los escenarios de cambio climático conlleva que la gestión forestal adaptativa debe 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. En este sentido, uno de los objetivos prioritarios de la gestión adaptativa en el área de trabajo será reducir el riesgo de **incendios forestales**, teniendo en cuenta el aumento de la frecuencia e intensidad de los mismos predichos bajo el escenario de CC. Este objetivo puede colisionar en ciertas situaciones con alguno de los principios de la gestión adaptativa, como puede ser el incremento de la diversidad estructural. Así, la silvicultura adaptativa debe programarse considerando los **escenarios futuros y la incertidumbre existente**, teniendo en cuenta, además, el factor de mayor riesgo para la conservación de los ecosistemas y sus funciones en cada caso [21]. Por otra parte, la gestión forestal adaptativa debe contemplar el **seguimiento** continuado de las prácticas forestales de adaptación aplicadas y sus resultados de acuerdo a los principios de adaptación.

### 3.1.1 [Potencialidad de la gestión forestal próxima a la naturaleza como medida de adaptación](#)

La obtención del objetivo final de la adaptación es común con el de la conservación a largo plazo de los procesos naturales y servicios ecosistémicos. En este sentido, la denominada “gestión forestal próxima a la naturaleza” [GFPN] ha sido reconocida como una posible vía en la adaptación de los bosques al CC y, de hecho, ha sido propuesto en la Estrategia Forestal Europea para 2030 como método de lucha contra el CC. Se basa en intervenciones frecuentes orientadas por principios económicos y ecológicos, y que imitan los regímenes naturales de perturbaciones menores, generando así bosques con mayor diversidad. Los aspectos clave de la GFPN son [25]:

- N** promover la composición de especies arbóreas autóctonas y/o adaptadas al sitio (las especies alóctonas son aceptadas de manera reducida si se encuentran en mezcla con especies autóctonas)

- N** promover masas mixtas y con diversidad de estructura
- N** evitar las cortas a hecho en la medida de lo posible
- N** promover la regeneración natural
- N** prácticas selvícolas orientadas al árbol DE FORMA individual
- N** integración de los servicios ecosistémicos

Dado que planificar y dirigir las actuaciones a realizar son piezas clave para la implementación de las medidas adaptativas, la gestión adaptativa puede aproximarse en algunos casos a acciones capaces de conservar o recuperar la dinámica natural sin alterar el grado de conservación [o recuperación] de los procesos ecológicos fundamentales de los ecosistemas [el ciclo del agua, el flujo de energía y la dinámica de las comunidades].

A pesar de que, según estudios previos [24, 25], la GFPN puede ser, en general, una buena aproximación para ayudar a los gestores forestales a lidiar con los cambios futuros, existen ciertas consideraciones a tener en cuenta. Por ejemplo, Brang et al. [24] llegaron a la conclusión de que, para alcanzar algunos de los principios de la gestión adaptativa, probablemente será necesaria, en ciertos casos, la utilización de especies o proveniencias alóctonas. Por otra parte, Spathelf et al. [25] apuntan que las intervenciones de “bajo impacto” propuestas por la GFPN puedan ser a veces insuficientes, siendo recomendable la aplicación de métodos de preparación del sitio extensivos, incluyendo la ejecución de pequeñas cortas a hecho.

Por supuesto, a la hora de plantear estrategias de adaptación de este tipo, es esencial tener en cuenta las condiciones ecológicas del sitio. Será necesario conocer con precisión las diferentes estaciones y el desarrollo de las masas forestales en cada una de ellas (especies características, ritmos de desarrollo, modo de regeneración etc.), así como el mayor factor de riesgo al que se enfrentan. Así mismo, se ha de plantear la conveniencia de actuar o no, ya que las medidas adaptativas deben ser acciones capaces de conservar, recuperar o crear dinámicas naturales de los procesos ecológicos fundamentales de los ecosistemas. Las intervenciones se deben optimizar para cumplir los objetivos de gestión y deben ir orientadas a mimetizar, en la medida de lo posible, los procesos naturales.

### 3.2 Prácticas de gestión forestal adaptativa

Los principios de gestión forestal para la adaptación al cambio climático pueden ser alcanzados a partir de la aplicación de prácticas o medidas.

Como ya se ha comentado, la adaptación real al CC ocurre a nivel local. En vista de la elevada diversidad de situaciones ambientales, superficies y gestores forestales, no puede haber una única estrategia de adaptación, debiendo adecuarse a las condiciones y circunstancias locales.

La directriz general es aplicar los modelos de gestión que, para cada comunidad vegetal, región y calidad de estación, se adecúen a las investigaciones incipientes sobre adaptación, de manera

que en cada zona de actuación se apliquen unos criterios u otros en función de los impactos del cambio climático esperados de forma local. Además, las directrices deberán establecerse en base al estado de la masa a gestionar; de la observación de algunas características de desarrollo del arbolado podrán priorizarse las acciones adaptativas a ejecutar.

Por ejemplo, dada la previsible disminución de disponibilidad hídrica, el tratamiento general de las masas forestales en la región Mediterránea será el mantenimiento de espesuras bajas con el objetivo de reducir disminuir la competencia por el agua. Sin embargo, en zonas con riesgo de erosión alto puede ser recomendable el mantenimiento de una cobertura vegetal relativamente alta como medida de protección del suelo frente a aguaceros, teniendo en cuenta el aumento previsto de eventos climáticos extremos de este tipo.

Partiendo de las premisas de mejorar la vitalidad de las masas, promover estructuras más complejas y diversas, así como de conseguir la regeneración natural y mezcla de especies, se exponen a continuación breves pinceladas sobre una serie de prácticas generales para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático de los sistemas agroforestales Mediterráneos en Navarra.

### 3.2.1 [Manejo de la densidad y volumen en pie: claras y clareos](#)

La competencia por los recursos [luz, agua, nutrientes] en masas forestales en espesura, conlleva una reducción del vigor vegetativo individual, lo que aumenta su susceptibilidad a procesos de decaimiento frente condiciones de sequía, así como su vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos y otros factores adversos como plagas y enfermedades.

Por tanto, para lograr los objetivos adaptativos, es necesario que cada individuo alcance su mayor potencial de crecimiento y desarrollo, lo que le dotará de un mayor vigor [19], minimizando así su vulnerabilidad y aumentando su resiliencia frente a estas situaciones.

La reducción de la densidad arbórea mediante la ejecución de claras y clareos en masas en espesura aumenta la disponibilidad de los recursos para el arbolado residual, disminuyendo la competencia por los mismos y mejorando así las condiciones de crecimiento individual. De esta manera, se induce el desarrollo de las copas y de las raíces, así como el crecimiento diamétrico. Por ejemplo, en zonas donde el mayor factor de estrés es el estrés hídrico, una estructura en los montes adecuada en densidad puede contribuir a minimizar la competencia entre el arbolado por los recursos hídricos, mejorando el vigor de los individuos y masas forestales. Sin embargo, en una estructura demasiado abierta, la disponibilidad de recursos hídricos también puede ser limitante si la tasa de evapotranspiración debido a una insolación excesiva es elevada. En este sentido, la práctica de la denominada selvicultura de base ecohidrológica [27] trata de aumentar la disponibilidad de agua para el arbolado, planteando espesuras intermedias que mejoran el balance hídrico de la masa.

Los tratamientos de manejo de densidad modifican la estructura de la masa, disminuyendo el riesgo por otras perturbaciones. Por ejemplo, el riesgo de derribos por vendavales disminuye a medio plazo, al disminuir la esbeltez de los árboles individuales. En relación al riesgo de incendios forestales, pueden producirse reacciones contrarias. Por un lado, puede verse reducido por la menor carga de combustible, pero por otro, la continuidad vertical por la diversidad estructural de las masas puede producir un mayor riesgo de incendio forestal.

Los tratamientos de manejo de densidad pueden servir, a su vez, para incrementar la heterogeneidad del paisaje. En un contexto de CC, es interesante favorecer la instalación y/o desarrollo de especies acompañantes, así como mantener árboles grandes y/o viejos, intentando, siempre que sea posible, mantener diferentes morfotipos presentes en la zona de actuación. En este sentido, las prácticas selvícolas de reducción de densidad pueden aumentar tanto la diversidad específica como estructural de las masas. Por tanto, siempre que sea posible, se prestará especial atención a garantizar condiciones para el desarrollo de especies secundarias o minoritarias mediante, por ejemplo, claras selectivas orientadas a individuos de dichas especies, promocionando así la irregularización de las masas. El aumento de la heterogeneidad espacial y estructural es especialmente importante en masas coetáneas y monoespecíficas, que presentan una mayor vulnerabilidad a perturbaciones del medio.

La apertura del dosel debe ser gradual y desde edades tempranas. De manera general y según el 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 [21].

### 3.2.2 Cortas de regeneración, regeneración natural y artificial

Las cortas de regeneración constituyen ventanas de oportunidades para la adaptación de los ecosistemas forestales, ya que permiten la sustitución de masas con un elevado riesgo frente al CC (ej. masas de especies y/o procedencias no adaptadas al medio) o, por ejemplo, el establecimiento masas mixtas, posibilitando así la instalación de una comunidad forestal más resiliente [25]. En estas últimas, las cortas de regeneración serán de especial cuidado, ya que el mantenimiento y renovación de todas las especies implica llevar a cabo medidas que favorezcan al conjunto de la masa, puesto que cada especie posee una dinámica y respuesta diferente en función de la entrada de luz.

Por otra parte, las cortas de regeneración dan también la oportunidad de incrementar la diversidad genética, aspecto de vital importancia de cara a la adaptación, ya que las formaciones con mayor variedad genética serán más resistentes y resilientes a posibles impactos causados por el cambio climático al presentar un mayor rango de respuesta frente a factores adversos. En este sentido, la regeneración natural por semilla puede contribuir a aumentar la variabilidad genética intra-específica de individuos adaptados al medio. Sin embargo, una de las consecuencias esperadas del CC es 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 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 [21].

En situaciones donde la regeneración natural no se consiga, 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 [25]. Algunos autores incluso promueven el empleo de semillas y plantas que procedan de diversas áreas para asegurar que al menos parte de los nuevos árboles estén adaptados al clima futuro [28]. 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 [19].

Cualquiera que sea la situación, se debería optar de manera prioritaria por la regeneración natural de las masas o el mantenimiento de las comunidades pascícolas y arbustivas que conforman los denominados Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural [SAVN] y los Hábitats de Interés europeos, o que presentan aptitud para aprovechamientos apícolas, ganaderos o cinegéticos, más resistentes a los efectos del CC.

### 3.2.3 Control y adecuación de turnos de corta

En la región mediterránea, el principal factor limitante para la conservación y productividad de los ecosistemas agroforestales es la disponibilidad de agua. Además, durante los últimos años se han detectado procesos de mortalidad tras eventos extremos de sequía, tanto en bosques mediterráneos como en bosques templados. Por tanto, el CC presumiblemente acentuará la limitación de la productividad de los ecosistemas por la reducción de los recursos hídricos, mientras que se espera un aumento en los procesos de decaimiento asociados a eventos extremos de sequía.

En este contexto y con el objetivo de reducir los riesgos económicos y medioambientales, se ha analizado 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 [29]. Al acortar los turnos de corta se reduce, por una parte, el tiempo de exposición a posibles eventos de sequía u otras perturbaciones y, por otra, el incremento de la vulnerabilidad de los árboles debido al envejecimiento. Sin embargo, la reducción de los turnos de corta conlleva una pérdida de la eficiencia económica y ambiental al producirse productos de menores dimensiones y un menor volumen total de madera, así como un menor secuestro de carbono y, por tanto, una menor capacidad de mitigación del CC. Además, los servicios ecosistémicos podrían verse también afectados negativamente.



Por otra parte, incrementar los turnos de corta permite alargar los periodos de regeneración y obtener maderas de mayor dimensión [30], así como favorecer los servicios ecosistémicos y la abundancia de árboles viejos [4].

Por tanto, no parece una tarea sencilla dar una receta general. Por ejemplo, el EIP-AGRI Focus Group Forest Practices & Climate Change en su informe final, mientras que recomienda el acortamiento de los turnos en las zonas boreales y templadas atlánticas, recomienda la utilización de turnos más largos en la región Mediterránea [26]. Por tanto, en el área Mediterránea parece razonable apostar por un alargamiento de los turnos de corta, a no ser que existan indicios de decaimiento o que se quiera promover un cambio hacia otra especie o comunidad más adaptada a los nuevos escenarios. En estos casos, lo recomendable sería acortar los turnos de corta [4].

#### 3.2.4 Gestión de la cubierta de matorral

La conservación del paisaje agroforestal en mosaico, tan característico de esta región y que desde el punto de vista de la adaptación al CC es óptimo por su gran diversidad específica, estructural y de productos y servicios, implica una gestión del medio que puede incluir, en algunas zonas, la reducción de la cubierta de matorral. Se trata de una praxis compleja, ya que el efecto del tratamiento dependerá de las casuísticas concretas de cada zona.

Por ejemplo, en masas arboladas con elevada cubierta de matorral y ubicadas en puntos estratégicos, se puede reducir o incluso eliminar totalmente la cobertura de matorral con el fin de evitar la expansión de un incendio forestal. 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. Además, en terrenos con pendiente elevada puede ser también recomendable mantener el matorral para cortar los flujos de escorrentía superficial que provocan riego u otros procesos erosivos en el suelo.

A la hora de diseñar este tipo de tratamientos es muy importante localizar los puntos preferentes y 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.

#### 3.2.5 Favorecer el pasto

Los pastos generan una serie de bienes y servicios en el ámbito agroforestal y silvopastoral y que cobran gran interés en el marco del cambio climático, como son la alimentación del ganado, la prevención de incendios, la conservación de la biodiversidad o la fertilización de suelos. Por tanto y de manera general, la gestión debe ir dirigida a mantener las superficies pascícolas existentes, aportando la mayor heterogeneidad posible al sistema.

Optimizar el aprovechamiento de forraje requiere un control de la carga ganadera para evitar el infra o el sobrepastoreo. Además, la existencia de abrevaderos, cierres perimetrales u otras infraestructuras en buen estado es necesaria para permitir un adecuado aprovechamiento del pasto. Partiendo de que el mosaico principal puede perder el carácter forrajero si a la larga no se pastorea o no se acomete el mantenimiento necesario, una presión ganadera adecuada contribuye tanto a la conservación de la formación pascícola como a su desarrollo en zonas concretas, siendo favorable desde el punto de vista de adaptación al CC.

En zonas abandonadas potencialmente susceptibles de pastoreo, una posible actuación deseable podría ser la eliminación parcial de la cubierta vegetal presente mediante desbroces. El objetivo será favorecer el rebrote de las especies existentes más palatables cuando generan tallos nuevos, beneficiando además la aparición de nuevas especies herbáceas de interés para el ganado. En función de la evolución de la vegetación y el pastoreo que tenga la zona, deberían repetirse los desbroces con una cierta frecuencia.

Cabe destacar que la ejecución de desbroces, tanto para la gestión de matorral como para la generación o gestión de pastizales, suponen un coste económico elevado, más si se tiene en cuenta el efecto temporal de dichas actuaciones. No cabe duda de que la ejecución de desbroces puede ser abordada únicamente en puntos críticos para la gestión, debiendo ser aplicada de manera general a partir de la gestión adecuada 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.

### 3.2.6 [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 masivas de plagas y enfermedades. Cabe destacar que la capacidad de recolonización natural de la vegetación depende del grado de afección sobre el suelo, de la resiliencia del sistema y del factor de degradación ambiental que ha provocado el deterioro [incendios, erosión hídrica, etc.], siendo compleja la restauración *per se*.

Ya en el año 2006, Harris et al. [31] propusieron que 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. 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:

- N** Cuando la alteración de una masa forestal haya sido de tal envergadura que no queden ejemplares de la especie que caracteriza la vegetación potencial del área en la que está enclavada dicha masa, se podría plantear introducir otra especie mediante siembras y repoblaciones con la región de procedencia específica del lugar, o de procedencias más adaptadas a los escenarios futuros. A la hora de realizar plantaciones, 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. Dichas plantaciones habrán de mejorar 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 y en una región como la mediterránea, en la que los déficits hídricos son la norma y se prevé que se vean acentuados.
- N** En el caso de zonas en las que se hayan detectado altas tasas de erosión y pérdida de suelo, siempre y cuando no se afecten otros valores del ecosistema, se puede plantear la realización de obras de corrección hidrológica forestal, como reforestaciones, con especies autóctonas, xerófilas y frugales, o diques de laminación para reducir los procesos erosivos.
- N** La restauración ecológica en superficies incendiadas debe garantizar la protección del suelo, así como la restauración de los hábitats forestales originales. 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, se podría dirigir la comunidad hacia otras composiciones botánicas con mayor capacidad de respuesta frente a eventos catastróficos de estas características, especialmente en la Región biogeográfica mediterránea que nos ocupa.
- N** 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 trata de plantaciones de especies secundarias, normalmente fruticasas, de pequeña superficie y cuyo objetivo principal es el de aumentar la biodiversidad en el ecosistema, así como el establecimiento de focos para estimular procesos de dispersión natural de las especies implicadas.
- N** Tras la introducción de especies, pueden ser necesarias algunas acciones de manejo a corto plazo que permitan la supervivencia temprana, aclimatación o desarrollo de éstas, tales como tubos o cierres protectores, escardas o incluso riegos para superar la fase plántula, cuando a la plantación le sigue un periodo de sequía extremo.
- N** 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. Matorrales de porte bajo, como artemisa, romeros o tomillos, o un poco mayores, como la retama y el tamariz, son ejemplos de especies facilitadores.

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 en siguientes actuaciones se intenten mejorar los resultados obtenidos, así como evitar los errores observados.

En cualquier caso, se potenciarán mecanismos de restauración lo más próximos al funcionamiento del ecosistema como, por ejemplo, la dispersión e implantación de árboles y arbustos por frugivoría en las zonas a restaurar.

### 3.2.7 Fomento y monitoreo de Zonas a evolución natural

En Navarra, los montes catalogados de utilidad pública sujetos a planificación tienen 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, además de llevar asociadas ricas comunidades de animales, pues son áreas de nidificación o de refugio [32].

La falta de perturbaciones antrópicas fomenta el desarrollo de hábitats forestales maduros y 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 conservan las condiciones edafoclimáticas naturales, se obtiene diversidad estructural, mezcla de clases de edad, coexistencia de especies y regeneración natural, principios básicos de la silvicultura y gestión próxima a la naturaleza, práctica que imita los regímenes naturales en los bosques. Por tanto, estas zonas de referencia dejadas a evolución natural son esenciales como zonas de seguimiento, y para comprender la dinámica natural, los procesos ecológicos y los mecanismos de resiliencia frente al CC inherentes a los individuos y comunidades.

Cabe destacar que la selección estas zonas debería realizarse en base a 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.

## 4 Directrices de gestión

El objetivo del presente documento es la propuesta de directrices de gestión selvícola adaptativa en sistemas agroforestales presentes en la Biorregión Mediterránea de Navarra.

## Robledales de roble pubescente (*Quercus humilis*)

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Estas masas se localizan en la zona más septentrional de la comarca, siendo pocas veces monoespecíficas. Se trata de una especie con gran potencial de hibridación, que genera en esta región masas híbridadas con el quejigo.

Sus principales aprovechamientos son las leñas y, puntualmente, la madera. La caza, el pastoreo y el recreativo son usos al alza de estas formaciones, aunque a veces su cobertura arbustiva las hace impenetrables.

Con casi 17.000 ha de cobertura, más del 59% se engloba en algún hábitat de interés.

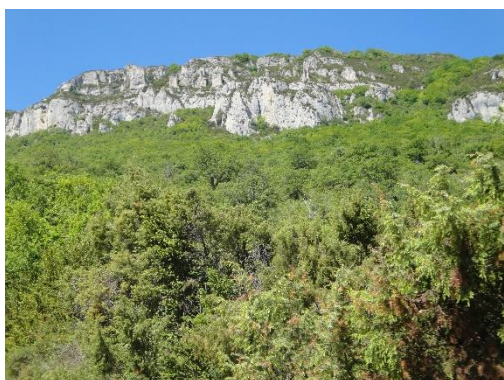


Figura 3. Robledal en Galdeano.

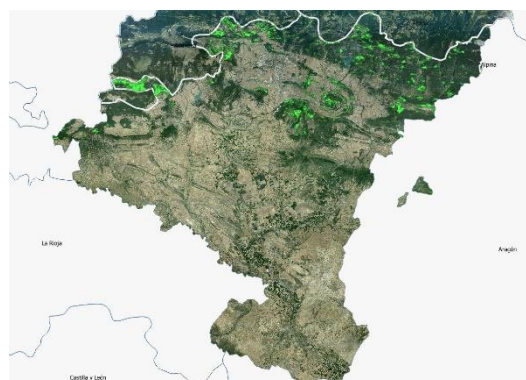


Figura 4. Masas de roble pubescente en la comarca

### GESTIÓN TRADICIONAL

Los tratamientos tradicionales, enfocados a la obtención de leñas o maderas de diferente tamaño, no han planteado problemas, si bien sí existe un gran déficit de regenerado natural derivado de la ausencia de planificación.









Aunque la disminución de aprovechamientos ha permitido mantener su composición específica, actualmente algunas masas presentan un aparente estado de escasa vitalidad por deficiencias selvícolas [densificación tras abandono], así como una estructura simplificada.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

- N** Tratamientos de mejora:
  - N** Clara por lo bajo de peso limitado, respetando los pies más gruesos, con rotaciones largas entre claras, pero dejando algún pie dominado para producir madera muerta.
  - N** En caso de un rebrote de raíz muy fuerte, se debe tener en cuenta su control mediante desbroces anuales y pastoreo.



-  Cortas de regeneración que aseguren mantener su estructura irregular y la consecución de bosques maduros:
-  Cortas discontinuas por entresaca de rotación corta.
-  Resalveos de conversión en monte alto cada 20-30 años, en función de su estado inicial. Puntualmente se respetarán determinadas cepas sin tocar por su valor ambiental y cultural.
-  Adehesar en zonas con demanda ganadera del monte.
  
-  Es aconsejable la realización de desbroces selectivos y parciales para favorecer la regeneración natural y el aprovechamiento ganadero.
-  En zonas con demanda ganadera se debe fomentar la conversión a estructuras adehesadas para suministro de pasto, entrando el ganado tras la primera intervención, de manera que se evite el rebrote de raíz por pisoteo y ramoneo.
-  Favorecer la presencia de árboles extramaduros y ejemplares de otras especies.
-  Siempre que sea posible, mantener diferentes morfotipos [identificables por el aspecto de las hojas o el porte].



## Carrascales (*Quercus rotundifolia*)

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Sus principales usos, aunque escasos, son los aprovechamientos de leñas vecinales.

Desde tiempos antiguos los carrascales han ido reduciendo su extensión, pasando a terrenos de labor.

Aunque sus existencias se han incrementado, principalmente en las clases diamétricas menores, el abandono de estas masas es patente en su estructura. 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.

Con una extensión de carrascal puro de más de 26.000 ha, aparece en formaciones mixtas con quejigo habitualmente. Más del 78% de su superficie se encuentra cubierta por algún hábitat de interés, destacando el 9340 [Bosques de *Q. ilex* y *Q. rotundifolia*].



Figura 5. Carrascal en el PFN Frankoandía

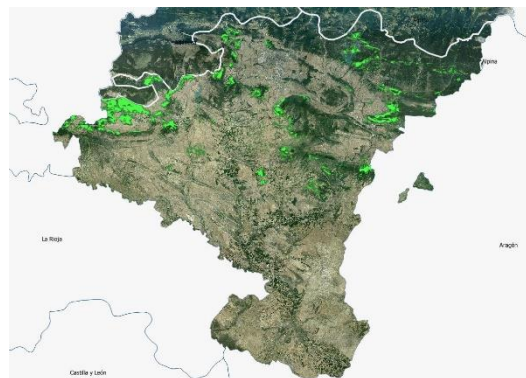


Figura 6. Carrascales en la biorregión

### GESTIÓN TRADICIONAL

La gestión actual de estas masas es baja, aunque un repunte en el empleo de biomasa forestal hace que la demanda de producto haya aumentado en arbolado de diámetro mayor de 10 cm [latizal alto]. Habitualmente sus cortas se limitan a la obtención de leñas de vecinos, siendo siempre las masas más accesibles las que realmente tienen algún tipo de tratamiento, casi siempre en bordes de caminos forestales.

Tradicionalmente se trataban mediante cortas a hecho en turnos cortos para la obtención de leña. Este monte bajo regular crea masas de mayor riesgo, pues son especialmente sensibles a alteraciones del régimen hídrico y térmico, además de conllevar pérdidas importantes de variabilidad genética provocadas por la eliminación de genotipos. Hoy en día se realizan claras del dosel.

Actualmente existe un estancamiento del crecimiento por excesiva espesura, mortalidad, riesgo de incendios y, sobre todo, un gran déficit de regenerado natural y de renovación genética derivado de la ausencia de planificación.

## GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

- Cortas de mejora en función del tipo de monte:
  - Claras de peso limitado en zonas con mucha insolación (por su efecto sobre la brotación) con rotaciones largas entre claras.
  - Reducción del número de chirpiales de moderados a fuertes seleccionando el fuste más vigoroso de cada cepa si se pretende convertir a monte alto. Puntualmente se respetarán determinadas cepas sin tocar por su valor ambiental y cultural.
- Cortas de regeneración que aseguren mantener o encaminarse a una estructura irregular:
  - Resalveos de conversión a fustal sobre cepa.
  - Cortas discontinuas por entresaca regularizada de rotación corta.
- Es aconsejable la realización de desbroces selectivos y parciales para favorecer la regeneración natural y el aprovechamiento ganadero.
- Fomentar la estructura adhesada en zonas apropiadas: bien nuevas colonizaciones en terrenos abandonados, bien en zonas con densidades bajas y vigorosas, en las que será necesario eliminar algunos pies y, si es de interés, realizar podas.
- Favorecer la presencia de árboles extramaduros y ejemplares de otras especies.
- Siempre que sea posible, mantener diferentes morfotipos (identificables por el aspecto de las hojas o el porte).



## Quejigales (*Quercus faginea*)

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Estos bosques marcescentes, a veces muy hibridados con el roble peloso, son aprovechados para leña, caza y pastoreo [según cobertura arbustiva].

Gran parte de los quejigales originarios han sido transformados en terrenos de cultivo.

Con una ocupación de masas puras de 6.096 ha, aparece a menudo con la encina creando masas mixtas de robledales mediterráneos. El hábitat 9240 [Robledales ibéricos de *Q. faginea* y *Q. canariensis*] cubre gran parte de los mismos. Además, por su alta biodiversidad, resiliencia y regeneración satisfactoria los quejigales poseen un elevado valor frente a posibles escenarios futuros de cambio.



Figura 7. Quejigal en el PFN Artázcoz

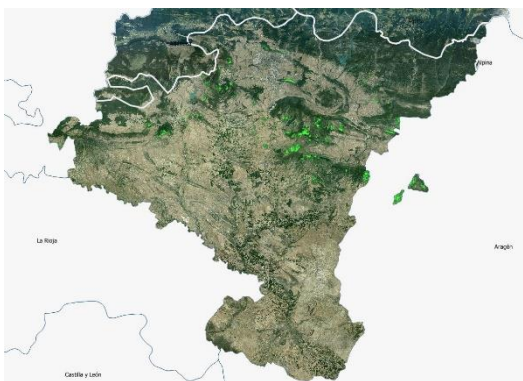


Figura 8. Quejigales en la biorregión mediterránea

### GESTIÓN TRADICIONAL

La gestión actual de estas masas es muy reducida, limitándose a la obtención de leñas de vecinos y vecinas, siendo siempre las masas más accesibles las que realmente tienen algún tipo de tratamiento, casi siempre en bordes de caminos forestales. Puntualmente se realizan tratamientos de conversión de monte bajo a monte alto.

Existe déficit de regenerado natural derivado de la ausencia de planificación y la falta de espacios adecuados dentro de la masa para la germinación y el establecimiento de plántulas, pues la mayoría de los quejigales son masas densas con pies procedentes de rebrotes de cepa o raíz y presentan una excesiva cobertura arbustiva.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

- N** Claras de peso limitado, por su efecto sobre el rebrote de tocones, con rotaciones largas entre claras.
- N** Cortas de regeneración que aseguren mantener su estructura irregular y lograr bosques maduros:



- N** Resalvos de conversión en monte alto, sobre todo en montes bajos envejecidos. Puntualmente dejar resalvos por su valor ambiental y cultural.
- N** Cortas discontinuas por entresaca regularizada de rotación corta.
- N** Es aconsejable la realización de desbroces selectivos y parciales para favorecer la regeneración natural y el aprovechamiento ganadero.
- N** Siempre que sea posible, mantener diferentes morfotipos (identificables por el aspecto de las hojas o el porte).
- N** Favorecer la presencia de árboles extramaduros y ejemplares de otras especies.

## Pinos de pino silvestre [*Pinus sylvestris*]

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Distribuido en la zona más septentrional de la comarca, en el prepirineo, habitualmente en umbrías de cierta altura, no sabiendo si se trata de bosques climácicos o bosques de sustitución.

Su principal uso es el maderero, aunque otros secundarios [micológico, ganadero, recreo] son de interés.

Tras el abandono de las tierras agrícolas marginales y zonas de pastizal de finales del siglo XX se ha expandido.

De sus más de 37.000 hectáreas en la zona de estudio, aparecen ocasionalmente intercalados en su interior hábitats de interés, aunque de forma residual.

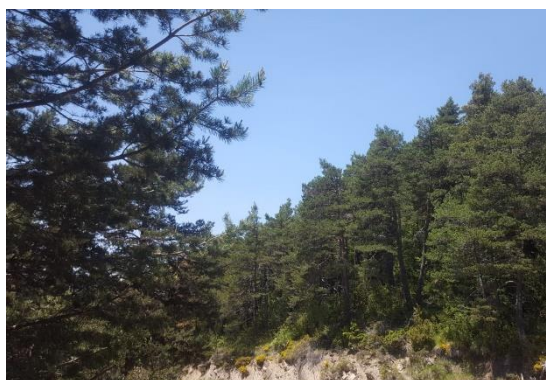


Figura 9. Pinar en Petilla de Aragón

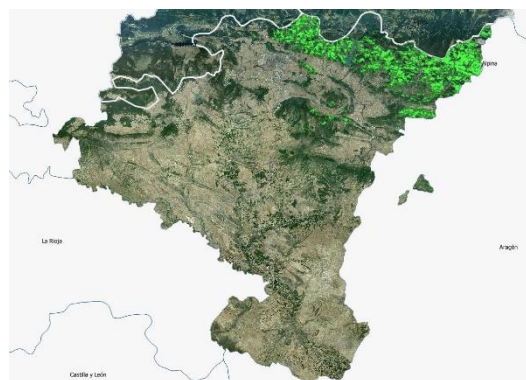


Figura 10. Localización de la especie en la biorregión

### GESTIÓN TRADICIONAL

Se trata de masas con bastante repercusión selvícola en Navarra, en las que habitualmente se realizan claras, así como cortas de regeneración cortas a hecho por bosquetes o en dos tiempos.

Los productos obtenidos van desde leñas y tronquillo con fines energéticos o pasta de papel, hasta productos de sierra de excelente calidad.

En las zonas más meridionales en estos pinares son más valoradas otras producciones secundarias que no las estrictamente madereras.

Si bien hasta hace poco las especies secundarias de su sotobosque se eliminaban, actualmente se intentan preservar robles, arces y otras presentes. En el caso de cortas a hecho donde aparece subpiso de haya, ésta se elimina para favorecer la regeneración del pino.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

- N** Claras en función del destino de las masas:
  - N** En caso de masas productivas, claras selectivas con rotaciones cortas, eliminando principalmente el arbolado codominante que compita con los pies de porvenir para aumentar el valor del producto madera. Se podrá extraer parte del estrato dominado si tiene valor comercial.
  - N** En general las claras serán mixtas para crear masas semirregulares o irregulares. Se abrirán huecos para favorecer el desarrollo de regeneración adelantada cortando pequeños bosquetes para facilitar la implantación del regenerado.
  - N** Favorecer en las cortas intermedias el desarrollo de especies secundarias (robles, arces, abetos, etc.).
- N** Cortas de regeneración que aseguren su estabilidad y el valor del producto:
  - N** Cortas continuas por aclareo sucesivo uniforme incrementando el turno de corta para alargar los periodos de regeneración y obtener maderas de mayor dimensión
  - N** Cortas semicontinuas por aclareo sucesivo por bosquetes que garantice una cobertura de protección al regenerado en sus fases iniciales.
  - N** Cortas a hecho por fajas o bosquetes en superficies reducidas.
  - N** Cortas discontinuas por entresaca que posibiliten la incorporación de nuevas especies y crear masas irregulares
- N** Se cree necesario mantener en lo posible el sombreado para paliar en la medida de lo posible el estrés hídrico previsto, por lo que, en caso de realizarse cortas a hecho, deben ser en superficies reducidas
- N** Se priorizará la conservación de masas maduras irregulares y/o heterogéneas.
- N** En cortas a hecho se mantendrán pies o bosquetes de arbolado para favorecer el mantenimiento de pies viejos, regeneración natural, zonas sombreadas, micorrizas, etc.
- N** Con carácter general se intentará conseguir la regeneración natural. En buenas calidades de estación, si fuera necesario, se favorecerá la germinación de las semillas mediante acordonado de restos y remoción de la capa superficial del suelo, haciendo coincidir esta acción con años de buena producción de piña, dada su vecería.

## Pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*)

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Distribuido por todo el conjunto de la comarca, sus principales usos son ganaderos, recreativos y cinegéticos, sin obviar su marcado carácter protector del suelo y esporádicos aprovechamientos de leñas y trituración.

Existen masas naturales y plantaciones, algunas de las cuales se consideran casi naturalizadas dada su estructura y flora presente [aquellas de más de 60 años].

Con una extensión de casi 30.000 hectáreas, más de 2.000 ha se incluyen en el hábitat 9540 Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos.



Figura 11. Pinar en Fitero

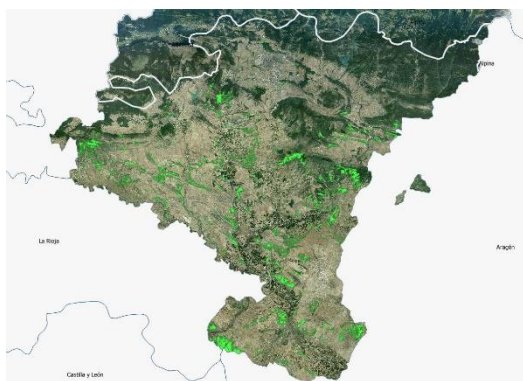


Figura 12. Localización de la especie en la biorregión

### GESTIÓN TRADICIONAL

Gran parte de los pinares adultos y las repoblaciones jóvenes no están sometidos a gestión alguna y su situación actual es dispar. Aquellos en los que se ha actuado se han realizado claras y en algunos casos podas. Habitualmente todas las masas presentan estructuras coetáneas con escasa o nula mezcla de edades, aunque aparece regenerado en las masas más abiertas, así como incorporaciones espontáneas de otras especies de arbolado.

Conocida es la importancia de realizar clareos cuando las plantaciones pasan a monte bravo, pues regula la competencia y favorece el crecimiento vigoroso de la masa. Pero la relación coste-beneficio de este tratamiento fue relegado en décadas pasadas al puramente económico, dejando de aplicarse en la mayor parte de las masas. Actualmente el mercado de la madera permite la realización de este tipo de cortas para la obtención de biomasa para la producción de astilla.

Las claras realizadas suelen realizarse eliminando el 50% de la masa presente. En las zonas con terrazas, muy habituales, los tratamientos de mejora se vienen ejecutando de forma sistemática eliminando a matarrasa 1 de cada 4 terrazas.

## GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se aconseja acercar la estructura de estas masas a rodales maduros, favoreciendo la dinámica natural para propiciar un automantenimiento de condiciones de bosque maduro. Para ello:

- N** Clareo o primera clara manteniendo una separación de entre 1 y 2 metros entre fustes.
- N** En masas incendiadas, clareos precoces (sobre regenerados naturales de menos de 10 años), acompañada de desbroces.
- N** Claras por lo alto tras identificar los árboles objetivo o árboles de porvenir, cuyas características serán copa amplia productora de semilla, capacidad de nidificación, capaz de crear microhábitats de interés para flora y fauna, refugio, etc.
- N** En últimas claras, promover la creación de masas semirregulares o irregulares. Abrir huecos para favorecer el desarrollo de regeneración adelantada o realizar la corta de bosquetes para favorecer la implantación de regenerado.
- N** Cortas de regeneración, cuyo objetivo es crear o mantener masas semirregulares con una densidad final de entre 200 y 300 pies/ha:
  - N** Cortas semicontinuas por aclareo sucesivo por fajas o por bosquetes
  - N** Cortas a hecho en bosquetes
  - N** Cortas discontinuas por entresaca
  - N** Se mantendrán árboles de bajo interés productor buscando heterogeneidad en la masa.
- N** Se recomienda abrir plazoletas o corros en las masas para entrada de luz al realizar cualquier tipo de actuación, consiguiendo aumentar la heterogeneidad y favoreciendo el desarrollo de la aparición e implantación del regenerado.
- N** Favorecer siempre el desarrollo de especies secundarias.
- N** En caso de ser necesario, se plantearán plantaciones de enriquecimiento que aumentan su naturalidad, con especies acordes a la estación y orientación del pinar: *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus ilex*, *Rhamnus lycioides*...

## Pinares de pino laricio (*Pinus nigra* sp.)

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Distribuido en la zona más septentrional de la comarca, se empleó de forma abundante en repoblaciones del siglo pasado desde comienzos de los años 20, ocupa los pisos bioclimáticos montano y colino. Existen distintas tipologías de masas dependiendo de la selvicultura que se haya aplicado, así como distintas calidades de estación.

En Navarra existen tres variedades: *Pinus nigra* ssp. *Salzmanii*, *Pinus nigra* ssp. *Corsicana* y *Pinus nigra* ssp. *nigra* var. *austria*. La primera es la que menos requerimientos ecológicos en cuanto a clima y suelo presenta, pues se adapta a malas calidades de estación, pero menos presente en la comunidad. El pino laricio de Córcega, adaptado a zonas altas, muestra buenos desarrollos y crecimientos en estaciones de buena calidad, así como gran resistencia a heladas y adaptación a suelos ácidos, muy empleado en la zona atlántica. El pino laricio de Austria es el que aparece más repoblado en la zona de estudio. Se trata de una especie longeva adaptada a malas calidades de estación y al desarrollo sobre suelos rocosos y pobres en nutrientes, donde la raíz principal pierde vigor a favor de las secundarias (largas y potentes); y, aunque prefiere suelos profundos, se desarrolla bien en suelos escasos, por eso su interés como especie protectora de zonas degradadas. Además, es muy resistente a la sequía estival, resiste bien los fríos y heladas invernales y soporta temperaturas extremas, de ahí su gran aclimatación.

Estas masas, normalmente monoespecíficas, se plantaron con fines principalmente productivos, aunque en algunos casos se realizaron las repoblaciones sobre suelos pobres y rocosos como masas protectoras dado su carácter frugal.

En la comarca ocupan una extensión de 21.129 hectáreas.



Figura 13. Pinar aclarado en el PFN Sabaiza

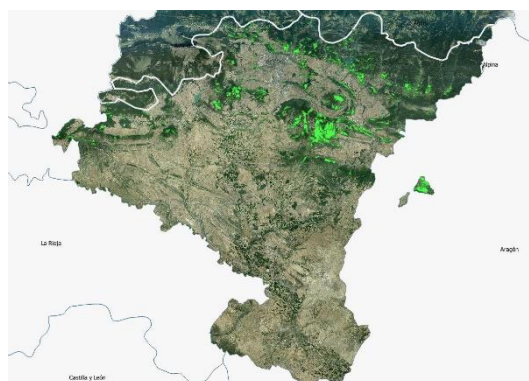


Figura 14. Localización de la especie en la biorregión

### GESTIÓN TRADICIONAL

La situación actual de estos pinares es dispar, aunque todas las masas presentan estructuras coetáneas con escasa o nula mezcla de edades.

Si bien la silvicultura aplicada ha sido extensiva, en algunos casos no han tenido ningún tratamiento selvícola de mejora, resultando excesivas sus espesuras.

Conocida es la importancia de realizar clareos cuando las plantaciones pasan a monte bravo, pues regula la competencia y favorece el crecimiento vigoroso de la masa. Pero la relación coste-beneficio de este tratamiento ha sido relegado al puramente económico, dejando de aplicarse en la mayor parte de las masas.

En las zonas con terrazas, muy habituales, los tratamientos de mejora se vienen realizando de forma sistemática eliminando a hecho 1 de cada 4 terrazas.

Son masas con una amplia tradición selvícola en las que se han comenzado a ejecutar cortas de regeneración por aclareo sucesivo uniforme en las escasas zonas en que se ha alcanzado el turno de corta tras la realización de las cortas de mejora.

Otra variante de las cortas de regeneración aplicada a masas de calidad en estaciones potencialmente productivas son las cortas a hecho por fajas y por bosquetes, así como las cortas a hecho a dos tiempos.

Se ha constatado dificultades en la regeneración natural de este tipo de masas por lo que también se ha recurrido a la regeneración artificial.

Si bien en algunos montes bajo su dosel aparecen especies acompañantes autóctonas, suelen presentar estructuras simples, pues los tratamientos se llevan a cabo para maximizar su rentabilidad.

## GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

- N** Clareo o primera clara manteniendo una separación de entre 1 o 2 metros entre fustes, cuando su altura dominante sea entre 4 y 6 metros.
- N** Claras con rotaciones cortas para refuerzo frente a plagas y sequías, eliminando el arbolado dominado y codominante.
- N** Cortas de regeneración que aseguren su estabilidad, su diversificación estructural y su producción, teniendo en cuenta que su vecería para un buen año semillero es de 6 años de media:
  - N** Cortas continuas por aclareo sucesivo uniforme incrementando el turno de corta para alargar los periodos de regeneración y obtener maderas de mayor dimensión.
  - N** Cortas semicontinuas por aclareo sucesivo por bosquetes.
  - N** Fomentar las cortas a hecho en dos tiempos, por fajas o por bosquetes, dejando pies padre.
- N** Liberar a las especies autóctonas presentes de la competencia de los pies de pino: quitar los pinos que rodean dichos pies para favorecer especies acompañantes que en un futuro pueden inducir a masas mixtas.
- N** Es aconsejable la plantación de bosquetes de enriquecimiento empleando roble pubescente, quejigo, arces o similares, dependiendo de la estación, respetando siempre los corros de regeneración de las mismas.
- N** En el caso de extensas masas monoespecíficas se debe propiciar la creación de rasos tras cortas finales, pudiendo reconvertirlos en pastizales naturales, siempre y cuando la presencia de ganado pueda ser garantizada, o simplemente ecotonos que aumenten la diversidad específica.



- N** En zonas de regatas y vaguadas se eliminarán dos filas a cada lado: la implantación de vegetación más hidrófila crea cortafuegos verdes, rompe la continuidad y aumenta la biodiversidad.
- N** En las estaciones de calidad inferiores se debe valorar el cambio de especie tras la corta final, dejando siempre entre 8 y 10 árboles en pie por hectárea. Si por razones económicas se prefiere continuar con especies productoras, se puede contemplar cambiar la variedad a la subespecie Salzmannii.

## Masas mixtas de coníferas

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Estas masas se distribuyen a lo largo de toda la zona y se corresponden con repoblaciones de distinta índole, siendo la más habitual la mezcla de pino laricio y pino carrasco, a veces también con cipreses.

Existen distintas tipologías de masas dependiendo de la silvicultura que se haya aplicado, así como distintas calidades de estación y mezcla de especies. Normalmente presentan coberturas poco excesivas.

Estas masas se plantaron principalmente como protectoras dado su general carácter frugal.

En la comarca ocupan una extensión de 1.502 hectáreas



Figura 15 Plantación mixta en Funes



Figura 16. Masa mixtas de coníferas en la biorregión

### GESTIÓN TRADICIONAL

Su composición específica y estructura son las que marcan la gestión a realizar, aunque lo habitual son masas simplificadas coetáneas en las que una especie ha proliferado mejor y, en el caso de haber sido intervenido, se ha convertido en dominante.

Su estructura irregular y su composición mixta son las mejores garantías para resistir perturbaciones de todo tipo.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

En formaciones de carácter transicional, realizar claras en masas densas que permitan la entrada de semillas de otras especies no introducidas y favorecer la auto sucesión.



Se debe favorecer a las especies más adaptadas a condiciones más secas y cálidas, pero siempre manteniendo el carácter mixto, reservando proporciones suficientes de cada una de ellas.

## Hayedos [Fagus sylvatica]

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

La mayor parte de la superficie ocupada por esta formación en la Comarca Zona Media y Ribera se ubica en los límites con las comarcas colindantes. En general corresponden a masas que han tenido una selvicultura intensiva tanto de monte alto como de monte bajo.

Su principal uso es el aprovechamiento forestal mediante la obtención de madera y leñas, pero se compatibiliza con el uso ganadero y el cinegético. El uso recreativo principal es el senderismo y la recolección de setas.

De las más de 11.000 hectáreas presentes, 1.842 ha corresponden al Hábitat de interés europeo 9120 [Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de *Ilex* sp. y a veces de *Taxus* sp. (*Quercion robur-petraeae* o *Ilici-Fagenion*)] y 3.296 ha al hábitat 9150 [Hayedos xero-termófilos calcícolas o Hayedos calcícolas medioeuropeos del *Cephalanthero-Fagion*]. El 55% de estos hayedos se enmarcan en hábitats de interés.



Figura 17. Hayedo en Sierra de Lokiz

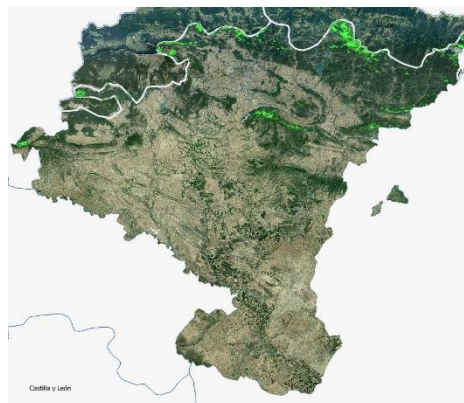


Figura 18. Localización de haya en la biorregión

### GESTIÓN TRADICIONAL

Desde inicios del siglo XX, la gestión forestal de los hayedos ha ido encaminada a un aprovechamiento intensivo de madera y leñas, que ha dado como resultado la creación de masas regulares y de baja diversidad específica. En el último decalustro se perseguía además lograr el rejuvenecimiento de las masas envejecidas, realizando las oportunas cortas de regeneración y una selvicultura activa en edades intermedias aplicando las correspondientes cortas intermedias o claras.

Aunque desde las últimas décadas se aplican recomendaciones generales sobre mantenimiento e incremento de la biodiversidad [pies muertos en pie, madera muerta en suelo, etc.], la situación actual de los hayedos, consecuencia de la gestión realizada hasta la fecha, ha dado lugar a extensas

superficies continuas homogéneas que carecen de diversidad estructural y de otros indicadores de madurez.

Se entiende por rodal maduro aquel que tiene características de madurez: presencia de árboles de gran tamaño, aperturas en el dosel de copas, presencia de regenerado, biomasa muerta en pie y en suelo, presencia frecuente de microhábitats en los troncos de los grandes árboles, y ciclos ecológicos complejos y completos. Estos rodales maduros, dada su mayor heterogeneidad, son más resilientes al cambio climático [32].

## GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

- N** Cuando sea posible, realizar clareos de pesos moderados a fuertes eliminando los individuos mal conformados y a favor de especies minoritarias, clareos que incrementen la estabilidad y calidad de las masas, manteniendo en la medida de lo posible el subpiso dominado o sumergido.
- N** Claras de moderadas a fuertes con rotaciones cortas para disminuir la competencia hídrica, siempre en función de la situación de partida de la masa forestal y de las condiciones estacionales y topográficas existentes, intentando no aumentar la insolación para que se desarrolle matorral no deseado (zarza, boj, otea, etc.):
  - N** Claras por lo alto o selectivas para evitar la homogeneización y aumentar la presencia de madera muerta.
  - N** En función de las particularidades del sitio, se intervendrá siempre según sean los árboles objetivo, siendo tanto árboles dominantes sobre los cuales interesa que amplíen su copa para incrementar la capacidad de producir semilla, como árboles con presencia de microhábitats, nidos etc.
  - N** Respetar todas las especies secundarias presentes (cerezos, arces, tilos, robles, etc.), e incluso mejorar su estado (ahogamiento).
- N** Cortas de regeneración teniendo en cuenta su valor económico. En masas de monte alto se aprovecharán únicamente pies con fustes rectos, sin ramas ni síntomas de pudriciones internas fácilmente extraíbles desde la red de pistas. Al no actuar en el resto de pies, su evolución natural, se favorece la presencia de madera muerta:
  - N** Cortas semicontinuas por aclareo sucesivo cuando se trate de masas en las que se han iniciado cortas preparatorias y/o diseminatorias.
  - N** Cortas discontinuas por entresaca
  - N** En estructuras de monte bajo, realizar resalveos de conversión en monte alto, respetando algunas cepas sin resalvear para incrementar la heterogeneidad.
- N** Mantener sin cortar una franja junto a cursos de agua para proteger el ecosistema fluvial.
- N** Mantener rasos internos del bosque y fomentar ecotonos para favorecer la heterogeneidad hasta formaciones mixtas.

## Masas mixtas de frondosas

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Estas masas se distribuyen a lo largo de toda la zona y se corresponden con muy diversos orígenes: incluye la superficie considerada arbolado de ribera, alamedas y choperas, hayedo-robleal, etc., con una superficie de 7.121 ha.

Sus principales productos en la comarca son recreativos, cinegéticos y faunísticos [sirven de refugio]. La ganadería y la madera son marginales.

Engloban gran cantidad de hábitats de interés europeo, entre los que destacan dado su carácter de prioritarios 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.



Figura 19. Río Arga en Miranda de Arga

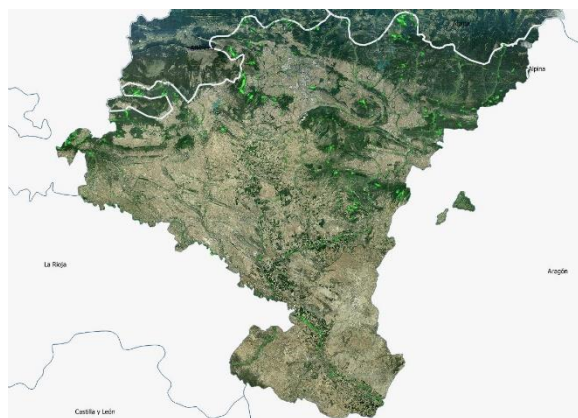


Figura 20. Localización en la biorregión

### GESTIÓN TRADICIONAL

De forma general se busca la perpetuación de la masa mixta conservando cierta proporcionalidad entre las especies presentes.

Estas masas no presentan una gestión específica, siendo susceptibles de intervenciones puntuales y de baja intensidad, así como de pequeños lotes de leña de hogar que mantienen su grado de diversidad y funcionalidad.

Habitualmente estas formaciones evolucionan mediante sucesión natural si no se ven sometidas a perturbaciones.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Dada la elevada diversidad de situaciones las actuaciones se concretarán a cada una de ellas. Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:



- N** Sobre la vegetación de ribera, dado su alto poder de regeneración, no se prevé actuar; aunque sí prestar atención a la aparición de especies exóticas para, según gravedad, intervenir.
- N** En masas con valor comercial, claras moderadas por lo alto con rotaciones cortas, manteniendo pies de porvenir de composición diversa. En caso de zonas expuestas a daños por viento, mantener una espesura relativamente alta. Dada la elevada diversidad de situaciones las actuaciones se concretarán a cada una de ellas
- N** Tratamientos de regeneración que aseguren su estabilidad y sus funciones:
  - N** Cortas continuas por aclareo sucesivo uniforme incrementando el turno de corta para alargar los periodos de regeneración.
  - N** Cortas discontinuas por entresaca manteniendo modelos de baja espesura relativa para facilitar la regeneración de todas las especies.
- N** Es aconsejable la realización de desbroces selectivos para favorecer la regeneración natural en caso de que esta no tenga viabilidad, pero intentando mantener la composición florística presente.
- N** Mantener y fomentar la creación de masas mixtas frente a plagas y enfermedades.



## Masas mixtas coníferas - frondosas

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Estas masas se distribuyen a lo largo de toda la zona y se corresponden con muy diversos orígenes, siendo el más habitual la instalación de frondosas en pinares de distintas procedencias (pino silvestre-robledal, por ejemplo). En algunos casos provienen de repoblaciones mixtas.

Se consideran masas seminaturales heterogéneas, siendo su estructura irregular y su composición mixta las mejores garantías para resistir perturbaciones de todo tipo.

En la comarca ocupan una extensión de 11.399 ha. Con un 21% de la superficie asociada a hábitats de interés, entre los que destacan formaciones de *Hayedos xero-termófilos calcícolas* o Matorrales mediterráneos y oromediterráneos primarios y secundarios con dominio frecuente de genisteas



Figura 21. Plantación mixta de 13 años de pino carrasco y carrasca en Funes

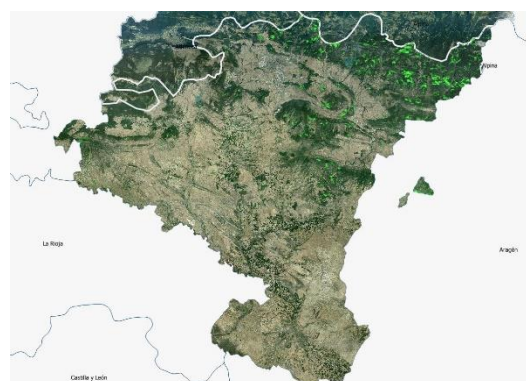


Figura 22. Masas mixtas de coníferas-frondosas

### GESTIÓN TRADICIONAL

Habitualmente, dada la escasez de producción maderera en estas masas, se favorece el desarrollo de las frondosas por su condición de bosque climácico.

En el caso de masas productoras, normalmente de pino laricio de buena calidad, se respetan siempre las especies secundarias (quejigos, hayas, etc.). Al final del turno la propiedad decide qué tipo de masas quiere perpetuar.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen:

- N** En masas de pinares donde aparecen *Quercus* bajo su dosel arbóreo, realizar cortas aclaratorias sobre el pinar que favorezcan a las quercíneas hacia el estrato superior hasta compartir dosel.
- N** Cortas de regeneración que aseguren su estabilidad, su estructura y su composición en forma de cortas discontinuas por entresaca de breve rotación manteniendo modelos de baja espesura arbórea.

## Matorral mediterráneo

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Masas heterogéneas con especies variadas [coscoja, enebro, boj, brezo, etc.], antrópicamente modeladas debido a su gestión pasada [ganadería, uso del fuego, etc.]. Sus usos varían en función de la localización: desde el pastoreo extensivo hasta la recolección de plantas medicinales, caza o uso energético.

Son formaciones que proporcionan servicios esenciales como la protección del suelo y la regulación de los flujos de agua.

Cubre más de 100.000 ha, casi todas ellas englobadas en hábitats de interés, entre los que destacan más de 15.000 ha del hábitat prioritario 6220 Pastizales mediterráneos xerofíticos anuales y vivaces [Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del *Thero-Brachypodietea*], 6.492 ha del 1520 Matorrales gipsícolas ibéricos [estepas yesosas-Vegetación gipsícola ibérica, *Gypsophiletalia* sp.] o las 3.002 del 1510 Vegetación halófila mediterráneo-continental [estepas salinas- Estepas salinas mediterráneas, *Limnietalia* sp.]; aunque el más abundante, aunque no prioritario, es el 4090 Matorrales mediterráneos y oromediterráneos primarios y secundarios con dominio frecuente de genisteas [Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga].



Figura 23. Matorral en Bardenas Reales

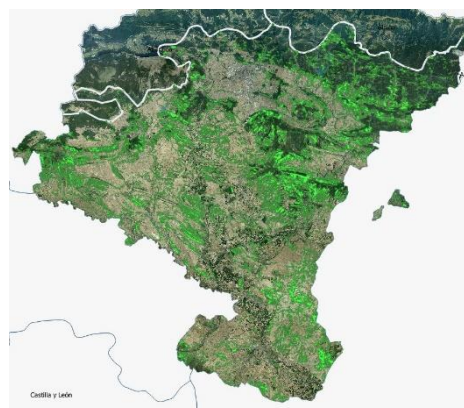


Figura 24. Matorrales en la zona de estudio

### GESTIÓN TRADICIONAL

Normalmente los matorrales no están sometidos a ningún tipo de gestión ordenada si no se encuentran en zonas pastoreadas de gran valor, algunas de las cuales sí poseen planes de ordenación pascícola.

Según el tipo de matorral presente y su valor forrajero, éste se puede pastorear en primavera [ontinares, romerales, tomillares, aliagares] o en otoño [sisallares].



En las últimas décadas su superficie ha aumentado debido al abandono paulatino de algunas zonas agrícolas.

Estas formaciones compatibilizan su aprovechamiento por parte del ganado y su conservación mediante un pastoreo moderado. El mayor o menor aprovechamiento se relaciona con la estructura del hábitat, así como con el censo ganadero de cada zona.

Otro de sus usos es el apícola, sobre todo en tomillares, romerales y aliagares.

Los planes de ordenación de pastos deben ser las herramientas que planifiquen las actuaciones necesarias en cada situación priorizando, entre otras cosas, la conservación del suelo.

## GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen distintas actuaciones:

- N** La recomendación general es el aumento de diversidad de especies, siempre teniendo en cuenta el comportamiento de las diferentes especies en relación al agua (retienen o almacenan), al fuego (pirófitas o no), a su biodiversidad asociada (productoras de fruto o no), sin olvidar sus estrategias de reproducción (rebrotadoras o germinadoras).
- N** Los desbroces, en caso de ser necesarios, serán siempre de tipo selectivo y parcial.
- N** En localizaciones sin problemas de erosión y con especies poco palatables se puede reducir la cubierta hasta establecer una FCC baja (entre el 10-25%) en forma de bosquetes, para así favorecer la aparición de una cantidad mayor de especies herbáceas y arbustivas de mayor querencia para el ganado.
- N** En zonas de elevada pendiente los bosquetes a respetar de matorral se distribuirán cortando los flujos de escorrentía superficial para evitar la aparición de regueros u otros procesos erosivos en el suelo. En estas zonas se debe evitar el pastoreo intenso.
- N** Si se presenta en forma de ribazos, setos, espueñas y límites de parcelas deben ser conservados y protegidos de cualquier alteración.
- N** Algunas comunidades arbustivas tienen un elevado valor ambiental, de manera que deben mantenerse sin intervenir (matorrales halonitrófilos, gipsícolas, brezales, jarales, erizón, etc.).
- N** En zonas potencialmente adecuadas para el tamariz se pueden realizar plantaciones en pequeños bosquetes respetando siempre la especie de tamariz implicada (*gallica*, *africana* o *canariensis*)

## Pastizales

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

El abanico de pastizales presentes en la zona es muy amplio, dificultando su generalización; aunque habitualmente son formaciones de pastizal-matorral en mosaico cuyas estructuras dependen de su uso ganadero y su aprovechamiento forrajero.

La conservación de los pastos y de los prados depende directamente del uso ganadero que se haga del territorio.

La práctica totalidad de su cobertura se asocia en hábitat de interés, siendo los más abundantes el 4090 y el 6210 [Prados secos semi-naturales y facies de matorral sobre sustratos calcáreos (Festuco-Brometalia), parajes con notables orquídeas].



Figura 25. Zonas pastoreadas en Ujué

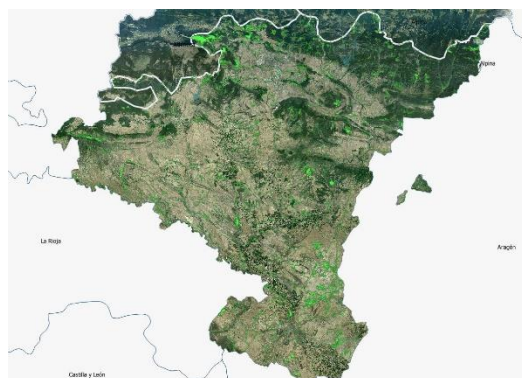


Figura 26. Pastizales en la biorregión mediterránea

### GESTIÓN TRADICIONAL

Encontrar el equilibrio entre la gestión ganadera y el mantenimiento de los pastos es el objetivo primero de cualquier gestión pascícola, impidiendo una colonización excesiva por parte de matorrales, pero siempre teniendo en cuenta la protección del suelo.

Una presión ganadera adecuada contribuye tanto a la conservación de la formación como a su desarrollo en algunas zonas concretas, pero el sobrepastoreo ocasiona pisoteo excesivo y aumento de especies nitrófilas, ocasionando pérdidas de diversidad florística. En cambio, una disminución de la presión ganadera [infrapastoreo] se puede traducir en un progresivo embastecimiento del pasto por incremento de la cobertura vegetal que cambia el dosel herbáceo e impide el desarrollo de especies de mayor calidad forrajera.

Los planes de ordenación de pastos deben ser las herramientas que planifiquen las actuaciones necesarias en cada situación priorizando, entre otras cosas, la conservación del suelo.

## GESTIÓN ADAPTATIVA

Partiendo de que el mosaico principal puede perder el carácter de pasto si a la larga no se pastorea o no se acomete el mantenimiento necesario, se proponen distintas actuaciones:

- N** De manera general la gestión debe ir dirigida a mantener las superficies existentes, aportando la mayor heterogeneidad posible al sistema. La presencia de diversas especies palatables favorece la capacidad de acogida de la cabaña ganadera.
- N** Evitar el abandono del pastoreo extensivo.
- N** En las zonas abandonadas potencialmente susceptibles de pastoreo es recomendable la eliminación parcial de la cubierta para favorecer el rebrote de las especies más palatables, beneficiando además la aparición de no ya tratadas nuevas especies arbustivas y herbáceas de interés para el ganado. Los desbroces en estas zonas deben repetirse tras la primera actuación pasados 3-4 años. Después, en función de la evolución y el pastoreo que tenga la parcela, con una periodicidad de entre 4 a 6 años.
- N** En zonas embastecidas que se quieran mejorar de manera natural se pueden introducir fuertes cargas ganaderas instantáneas para disminuir la necromasa y favorecer la regeneración del nuevo pastizal.
- N** En todos los casos es recomendable dejar las especies arbustivas fruticasas comestibles para fauna silvestre.

## Terrenos con escasa vegetación

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Desde los valles pirenaicos hasta las Bardenas reales son comunes ocupaciones de suelo desnudo con especies arbustivas o herbáceas que le confieren un carácter forestal no arbolado, a veces de aspecto inforestal.

Incluye desde terrenos rocosos con poca capacidad de cobertura forestal hasta zonas quemadas en proceso de naturalización, con una extensión de casi 15.000 ha. Como en otros mosaicos, la totalidad de su superficie se cubre con hábitats de interés, siendo uno de ellos el hábitat prioritario 6220 [Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del *Thero-Brachypodietea*].

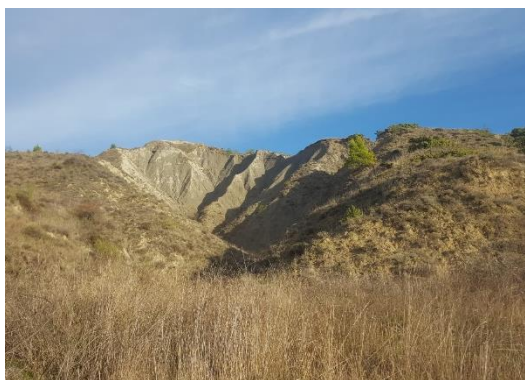


Figura 27. Terrenos con escasa vegetación en el Valle de Egüés

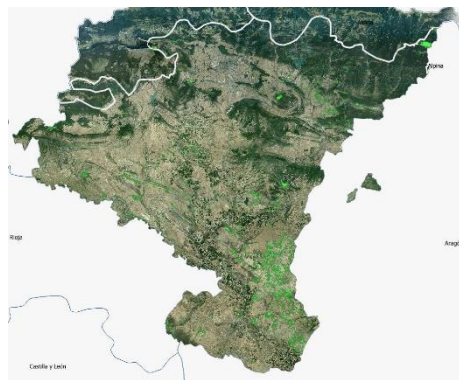


Figura 28. Terrenos con escasa vegetación en la zona de estudio

### GESTIÓN TRADICIONAL

La gestión ordenada en estos terrenos sólo viene dada en zonas pastoreadas sujetas a planes de ordenación pascícola. En el resto, muchas veces terrenos no aptos para el cultivo, no se ha gestionado de ninguna forma, presentando comunidades vegetales permanentes sometidas a evolución natural que logran albergar especies de interés tanto de flora como de fauna.

En zonas con pendiente acusada la presencia de brezales, enebros o cualquier otra cobertura por baja que sea, evita la erosión.

Estos terrenos, en muchos casos frágiles, son altamente valorados, ya que contribuyen al mantenimiento de la heterogeneidad ambiental en las zonas que se desarrollan, aportando singularidad al paisaje.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen distintas actuaciones:

- N** De manera general la gestión debe ir a dirigida a mantener las superficies existentes, aportando la mayor heterogeneidad posible al sistema.



- N** En parcelas agrícolas, donde el suelo lo permita y se crea interesante, se pueden introducir franjas de 10 metros de ancho de cultivo leñoso en combinación con otras de 15-20 metros de cultivo herbáceo.
- N** Crear núcleos de dispersión: enclaves que en un futuro funcionarán como elementos dispersantes de semillas

## Sistemas Agrarios de Alto Valor Natural

### GENERALIDADES Y ASPECTOS A CONSIDERAR

Estas áreas de alto valor natural consisten en cultivos tradicionales o áreas de secano de escasa productividad, donde se ha conseguido mantener una actividad agraria tradicional mediante prácticas extensivas que forman mosaicos paisajísticos con alto grado de heterogeneidad, donde se mantiene pastoreo ovino.



Figura 29. Cultivos en la Ribera Navarra

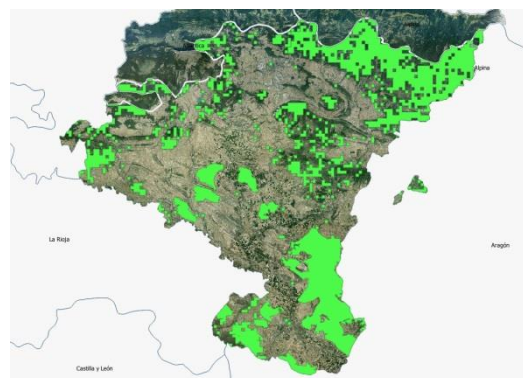


Figura 30. Zonas Agrarias de Alto Valor Natural en la zona de estudio

### GESTIÓN TRADICIONAL

En este caso no se puede hablar de una gestión conjunta, pues este sistema engloba distintos tipos de aprovechamientos según localidades y especies. Lo que sí parece patente es la intensificación de la agricultura y el abandono, así como la puesta en regadío de extensas zonas e incluso de cultivos tradicionalmente de secano [como el olivo].

Aunque se trate de áreas heterogéneas, existe un alto grado de parcelación que hace menguar en ocasiones la conectividad del terreno.

### GESTIÓN ADAPTATIVA

Teniendo en cuenta los principios básicos de una gestión forestal adaptativa se proponen distintas actuaciones:

- N** Revegetación estratégica:
  - N** Establecimiento de islas forestales (100 m<sup>2</sup>) y setos en paisajes agrícolas para aumentar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
  - N** Revegetación de bordes de parcelas, márgenes y ribazos de los campos agrícolas y bordes de caminos agrícolas con una anchura mínima de 2 metros.
  - N** Revegetación de ríos y arroyos en los paisajes agrícolas.
  - N** Emplear densidades de plantación elevadas para atenuar el riesgo de marras: 1 plantón en 2 m<sup>2</sup>.



- N** Fomentar técnicas de cultivo que incrementen la fijación de CO<sub>2</sub> en campos agrícolas mediante medidas agroambientales de la PAC.

## 5 Referencias

1. IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.
2. Vicente-Serrano, S.M., Rodríguez-Camino, E., Domínguez-Castro, F., El Kenawy, A. y Azorín-Molina, C., 2017. An updated review on recent trends in observational surface atmospheric variables and their extremes over Spain. Cuadernos de Investigación Geográfica, 43.
3. Jentsch, A., Beierkuhnlein, C., 2008. Research frontiers in climate change: Effects of extreme meteorological events on ecosystems. Comptes Rendus - Geosci. 340, 621-628.
4. Herrero, A., 2017. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático en los bosques ibéricos. Munibe Ciencias Nat. 65, 7-28.
5. IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge y Nueva York.
6. Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C., Mace, G.M., 2011. Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. Science 332, 53-58.
7. Stein, B.A., P. Glick, N. Edelson, and A. Staudt (eds.). 2014. Climate-Smart Conservation: Putting Adaptation Principles into Practice. National Wildlife Federation, Washington, D.C.
8. Loidi, J., Bascónes, J.C., 2006. Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra. Gobierno de Navarra. Pamplona.
9. Peralta, J., Biurrun, I. García-Mijangos, I., Remón, J.L., Olano, J.M., Lorda, M., Loidi, J., Campos, J.A., 2018. Manual de Hábitats de Navarra. Dpto. de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, Gobierno de Navarra- Gestión Ambiental de Navarra. Pamplona. 576 p.



10. Resina, L.M., Rodríguez, R.Z., Gutiérrez, J.C., 2015. Efectos de la variación en el régimen de precipitación sobre la regeneración del bosque montano mediterráneo, en: Herrero, A., Zavala, M.Á. [Eds.], Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, pp. 215-224. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/Libros.aspx>
11. Gobierno de Navarra., 2019. "Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra". Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Pamplona.
12. Andersen, E., Baldock, D., Bennett, H. et al. 2003. Developing a High Nature Value Farming area indicator. Final Report. Report prepared by the IEEP for DG Agriculture. 75 p.
13. Iragui, U., Astrain, C., Beaufoy, G. 2010. "Sistemas agrarios y forestales de Alto Valor Natural en Navarra. Identificación y monitorización". Gestión Ambiental de Navarra, S.A. - Gobierno de Navarra. <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/8F2D0367-55B2-4D41-BA20-9FC03245AA19/187446/SAVNNavarra.pdf>
14. Zabalza, S., Iragui, U., Moreno, S., den Toom, M., Primicia, I., Astrain, C., 2016. Sistema Agrario de Alto Valor Natural: Cultivos mediterráneos en las Sierras de la Navarra Media. Gobierno de Navarra y Gestión Ambiental de Navarra [GAN-NIK]. <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/86815038-FE6D-404A-9A29-3C27FCCBF013/398080/SistemadeAltovalorNaturalCultivosmediterraneosenla.pdf>
15. Zabalza, S., Iragui, U., den Toom, M., Primicia, I., Astrain, C., 2018. Sistema Agrario de Alto Valor Natural: Secanos Semiáridos de La Ribera. Gobierno de Navarra y Gestión Ambiental de Navarra [GAN-NIK]. <http://www.navarra.es/appsext/DescargarFichero/default.aspx?CodigoCompleto=Portal@@@Medioambiente/Navarra-SAVN-Secanos2018.pdf>
16. Iragui, U., Astrain, C., 2016. "Sistemas agrarios de Alto Valor Natural en Navarra. Monitorización 2008-2013". Gestión Ambiental de Navarra, S.A. - Gobierno de Navarra. <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/86815038-FE6D-404A-9A29-3C27FCCBF013/371833/SistemasdeAltoValorNaturalenNavarra2013.pdf>
17. Pejenaute Goñi, J.M., 2002. Navarra-Geografía. Gobierno de Navarra. [http://www.navarra.es/appsext/DescargarFichero/default.aspx?CodigoCompleto=Portal@@@Turismo/geografia\\_navarra.pdf](http://www.navarra.es/appsext/DescargarFichero/default.aspx?CodigoCompleto=Portal@@@Turismo/geografia_navarra.pdf)

18. 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. *For. Ecol. Manage.* 259, 698-709.
19. Herrero, A., Zavala, M.A. [Eds.], 2015. Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
20. Matesanz, S., Valladares, F., 2014. El papel de la plasticidad fenotípica en la respuesta de la vegetación mediterránea al cambio climático, en: Herrero, A., Zavala, M.Á. [Eds.], *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, pp. 377-384.
21. García-Güemes, C., Calama, R., 2015. La práctica de la silvicultura para la adaptación al cambio climático, en: Herrero, A., Zavala, M.Á. [Eds.], *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, pp. 501-512
22. Silva, C., Holmberg, G., Turok, J., Stover, D., Horst, A., 2018. Climate smart silviculture & genetic resources. EIP-AGRI Focus Group Forest Practices & Climate Change, EC Minipaper.
23. Kašpar, J., Doblás, E., Blennow, K., Tsartsou, E., Horst, A., 2018. Integrated management of forested landscape in the face of climate change. EIP-AGRI Focus Group Forest Practices & Climate Change, EC Minipaper.
24. Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bonc, A., Chauvin, C., Dro, L., Garci, 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.
25. 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 For. Res* 65, 161-170.

26. 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. EIP-AGRI. Bruselas.
27. Campo A.D. et al. (2017) Ecohydrological-Based Forest Management in Semi-arid Climate. En: Křeček J., Haigh M., Hofer T., Kubin E., Promper C. (Eds) Ecosystem Services of Headwater Catchments. Springer, Cham.
28. Serrada, R. et al., 2008 Compendio de Selvicultura Aplicada en España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid.
29. 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. Ann. For. Sci. 76:29.
30. 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. Madrid.
31. Harris, J., Hobbs, R., Higgs, E., Aronson, J., 2006. Ecological Restoration and Global Climate Change. Restoration Ecology - RESTOR ECOL. 14.
32. EUROPARC-España, 2017. El papel de los bosques maduros en la conservación de la biodiversidad. Grupo de Conservación de EUROPARC-España. <http://www.redeuroparc.org/gestionforestal.jsp>