Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 50(1): 197-208 (2024)
Doi: https://doi.org/10.31167/csef.v0i50.19957
Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales
Acceso abierto disponible en http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernossecf/index

Selvicultura adaptativa al Cambio Climático: una aplicación en el Patrimonio Forestal Navarro de Sabaiza

Adaptive selviculture to Climate Change: application in the Sabaiza Forest Property of the Government of Navarre

Primicia, I.[1*]; Mazkiaran, I.[1]; Oyaregui, G.[1]; Molina, C.[1]; Hernando, S.[1]

[1] *Servicio Forestal y Gestión Cinegética, Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra. González Tablas 9 Bajo, 31005 Pamplona*

[*] Autor de correspondencia: irantzu.primicia.alvarez@navarra.es

Resumen

El Cambio Climático supone un gran reto para la humanidad, y los bosques no son una excepción. En el Patrimonio Forestal de Sabaiza, monte del Gobierno de Navarra y con neto carácter productor, se están llevando a cabo diversas actuaciones para estudiar la respuesta de los ecosistemas forestales a medidas de adaptación.

La finca abarca aproximadamente 3500 ha, cubre un rango altitudinal de 500 a 1040 m y se localiza en la región biogeográfica Mediterránea, siendo la especie forestal principal el pino laricio de Austria (*Pinus nigra* ssp. *nigra* var. *Austria*). Las actuaciones incluyen cortas de regeneración, tratamientos de manejo de densidad (claras) para disminuir la competencia por los recursos hídricos y creación de pastizales para la diversificación del ecosistema, fomentando el uso silvopastoral como método de manejo de combustible. Se ha reforestado una zona de pino laricio afectada por *Diplodia pinea* con diversidad de especies, seleccionadas en función de su resiliencia al cambio climático, a su vocación productora, y a un mapa edafológico detallado recientemente finalizado. Además, son diversas las prácticas que se están llevando a cabo para reducir el riesgo de ignición y propagación de incendios forestales: análisis de Puntos Estratégicos de Gestión, quemas prescritas, creación de áreas cortafuegos y otras actuaciones en la interfaz urbano-forestal.

Los resultados permitirán avanzar en el diseño de estrategias orientadas a incrementar la capacidad de adaptación del paisaje forestal al cambio climático.

Palabras claves: *gestión forestal adaptativa, incendio forestal, LIFE-IP NAdapta-CC, regeneración, resiliencia.*

Abstract

Climate change is a challenge for humanity and forests are not an exception. In the Sabaiza Forest, Property of the Government of Navarre and with a clear productive character, different practices are being carried out to investigate the response of forest ecosystems to adaptive measures.

The property spreads over 3500 ha approximately, along an altitudinal gradient ranging from 500 to 1040 msl and it is located in the Mediterranean region, being Austrian pine (*Pinus nigra* ssp. *nigra* var. *Austria*) the main forest tree species. Practices include regeneration cuttings, treatments for density management (thinning) to reduce the competence for hydric resources, and clearcuttings to diversify the landscape, enhancing the sylvopastoralism as a fuel management method. Besides, an Austrian pine area affected by *Diplodia pinea* has been reforested with a variety of species, selected based on their behaviour to climate change, their productive capacity and a detailed soil map recently finished. Furthermore, several practices are being carried out to reduce the risk of ignition and propagation of forest fires: the analysis of Management Strategic Points, prescribed fires, creation of firebreak areas and treatments in the urban-forest interface. The obtained results will allow the progress in the design of strategies to increase the adaptation capacity of the forest landscape to climate change.

Keywords: *adaptive forest management, forest fire, LIFE-IP NAdapta-CC, regeneration, resilience.*

1. Introducción

Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas forestales son numerosos y variados (Lindner *et al.*, 2010; Herrero y Zavala, 2015), además de que interaccionan con otros factores del denominado cambio global, como el cambio de paisaje por abandono del mundo rural y usos tradicionales, o la proliferación de especies invasoras.

Ante estos cambios, la adaptación al cambio climático, la intervención humana para ayudar a los individuos y poblaciones a ajustarse a las nuevas condiciones, va a ser necesaria (IPCC, 2014). Persigue aumentar la resistencia y resiliencia de individuos y comunidades e, indudablemente, en los ecosistemas forestales debe abordarse desde una gestión sostenible, teniendo en cuenta los escenarios climáticos futuros.

Para lograr este objetivo, la gestión forestal adaptativa parte de la definición de una serie de principios u objetivos generales, además del principio general de realizar una selvicultura adaptada al sitio (Brang *et al.*, 2014): incremento de la diversidad específica y estructural, conservación y mejora de la variabilidad genética intraespecífica, incremento del vigor y resistencia individual frente a agentes bióticos y abióticos, reemplazo de masas con riesgo alto frente al cambio climático (CC) o mantenimiento de un nivel de existencias (biomasa) bajo.

Por otra parte, la gestión forestal adaptativa debe fundamentarse en una gestión flexible y dinámica para poder dar respuesta a un amplio rango de condiciones, dada la incertidumbre asociada al cambio climático, y cambios rápidos de las condiciones climáticas, ecológicas o sociales (Stein *et al.*, 2013). Además, debe alimentarse de un aprendizaje continuado, incluyendo el seguimiento de las prácticas aplicadas y, en base a ello, las mejoras o modificaciones correspondientes (Coll, 2023).

En este sentido, en el Patrimonio Forestal de Sabaiza, propiedad del Gobierno de Navarra, se están llevando a cabo diferentes actuaciones de adaptación bajo un enfoque integral; desde prácticas de manejo de densidad de arbolado para reducir la competencia por los recursos, hasta medidas dirigidas a la prevención y extinción de incendios forestales. La finca se encuentra situada en la región biogeográfica Mediterránea, siendo el pino laricio de Austria (*Pinus nigra* Arnold ssp. *nigra* var. *Austria*), la principal especie forestal. Los resultados obtenidos y el seguimiento de estas prácticas permitirán avanzar en la comprensión de la respuesta del paisaje forestal a la aplicación de medidas para reducir su vulnerabilidad frente al CC, esencial para diseñar estrategias de gestión forestal adaptativa.

2. Material y métodos

2.1 Área de estudio

El área de estudio coincide con el Grupo de Montes de Sabaiza, propiedad del Gobierno de Navarra, situado en el municipio de Ezprogui, en la región biogeográfica Mediterránea *(Fig. 1)*. Abarca una superficie aproximada de 3500 ha, en un

rango altitudinal de 500 a 1040 m, orientación meridional y una orografía complicada. El tipo fitoclimático se clasifica como Nemoromediterráneo genuino (Allué, 1990), siendo la temperatura y precipitación media anual de 13.3ºC y 750 mm, respectivamente, con déficit hídrico en julio y agosto. Los suelos están conformados por una alternancia de areniscas y lutitas ocres, bien drenados, con régimen hídrico xérico y calizos en todos los horizontes.

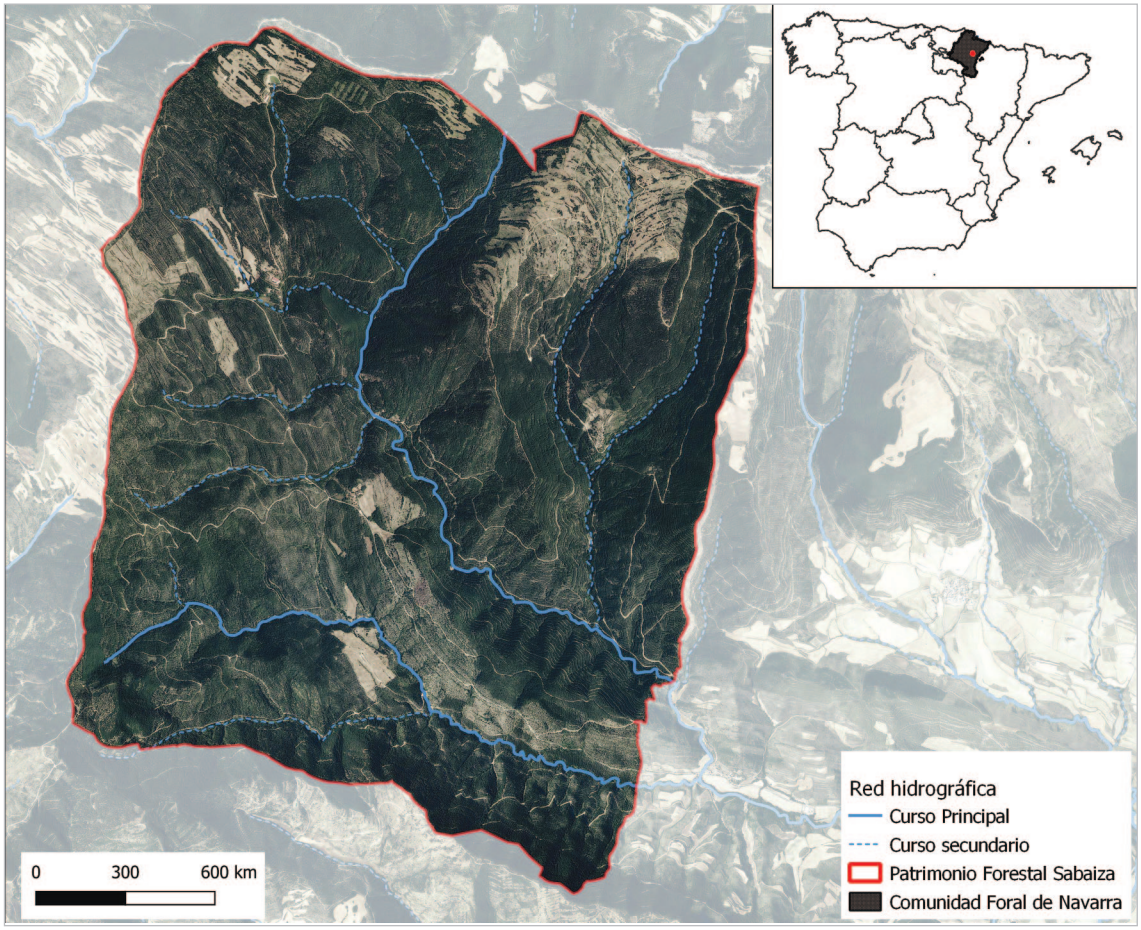


Figura 1. Localización del área de estudio (Patrimonio Forestal de Sabaiza) sobre ortofoto de 2023. En azul se indican los principales cursos fluviales.

Prácticamente el 97 % de la superficie está ocupada por masas forestales arboladas, correspondiendo el resto de la superficie a zonas arbustivas principalmente. También hay pastizales, en los que se cría una explotación de 200 cabezas de Jaca Navarra, especie equina incluida en el Catálogo de Razas Autóctonas y cuyo programa de cría y mejora del Gobierno de Navarra lo lleva a cabo la empresa pública INTIA (Instituto Navarro de Tecnología e Infraestructuras Agroalimentarias).

La principal especie forestal es el pino laricio de Austria, que representa más del 77 % de la superficie y que es fruto de repoblaciones de los años 50-60. La segunda especie forestal es *Quercus humilis* Mill. (9 % del área), seguida de *Pinus hale-*

pensis Mill., *P. sylvestris* L., *Fagus sylvatica* L., *Quercus faginea* Lam. y otras masas mixtas.

Según la vulnerabilidad de las especies arbóreas a los cambios predichos en temperatura y aridez (RCP de 4.5), la mayor parte de la superficie se encuentra en zona de riesgo relativo frente al CC de "alto" o "muy alto" (Gobierno de Navarra, 2019).

Sabaiza cuenta con herramienta de planificación forestal desde 1991, destacando el objetivo predominantemente productor en las masas arboladas, donde se viene llevando a cabo una gestión activa. La finca está doblemente certificada en gestión forestal sostenible siguiendo los estándares PEFC (Pan European Forest Certification) y FSC (Forest Stewardship Council).

2.2 Prácticas de gestión forestal adaptativa

Para aumentar la resiliencia de este paisaje frente al CC, se están llevando a cabo claras, cortas de regeneración, creación de pastizales y zonas adehesadas, acciones encaminadas a favorecer la prevención y extinción de incendios forestales, así como actuaciones de reforestación con especies alternativas de cara a los escenarios futuros *(Tab. 1)*. La localización de las diferentes prácticas puede consultarse en la *Fig. 2*. En los apartados siguientes se aporta una explicación más detallada de las mismas.

2.2.1 Manejo de la densidad en masas de pino laricio: claras

Desde 2017, se han llevado a cabo claras forestales sobre pino laricio de diferente tipo (por lo bajo o mixtas), naturaleza (selectivas o sistemáticas) y peso en función de la calidad de estación. Así, sobre las mejores calidades se aplicaron claras moderadas (extracción del 20-25% del área basimétrica- AB) o fuertes (extracción del 30-35% del AB) y, en las peores, claras muy fuertes (extracción en torno al 40% del AB).

2.2.2 Cortas de regeneración natural de pino laricio

En 2017 se aplicaron diferentes tipos de cortas de regeneración natural de pino laricio: corta a hecho por fajas, por bosquetes o en dos tiempos. En 2022, se realizó la segunda intervención en dichas masas (corta diseminatoria o final, *Tabla 1*) y se llevó a cabo una corta diseminatoria para conseguir la regeneración mediante aclareo sucesivo uniforme de una superficie aproximada de 40 ha, pasando de una densidad inicial de 300 pies ha^{-1} a una final de 50-75 pies ha^{-1}.

2.3 Creación de pastizales y zonas adehesadas

En 2018 se crearon pastizales mediante la corta del arbolado sobre masas de pino laricio en calidades de estación deficientes y el desbroce de zonas arbustivas y se aclararon diversas masas de pino laricio y pino carrasco con el objetivo de

Tabla 1. Prácticas de gestión forestal adaptativa aplicadas en el área de estudio y superficie afectada

Práctica	Superficie (ha)	
	Pino laricio	**Otras especies**
Manejo de densidad de arbolado		
Clara baja muy fuerte (extracción en torno al 40 % del AB[a])	39.90	
Clara baja fuerte (extracción del 30-35 % del AB[a])	229.01	
Clara baja moderada (extracción del 20-25 % del AB[a])	225.74	
Clara mixta	171.90	
Clara sistemática	12.09	
Creación de pastizales o zonas adehesadas		
Adehesamiento	5.93	96.62
Corta final y creación de pastizal	69.14	
Corta sanitaria		
Corta sanitaria fuerte	44.51	
Corta sanitaria moderada	41.55	
Corta final seguida de repoblación	114.53	22.40
Gestión de combustible		
Cortas preventivas de intensidad fuerte	21.56	
Prácticas con fuego real	11.47	23.83
Corta final	2.23	
Área cortafuegos		31.68
Cortas de regeneración		
Corta a hecho por bosquetes seguida de corta diseminatoria	13.53	
Corta a hecho por bosquetes seguida de corta final	7.59	
Corta a hecho en dos tiempos	3.02	
Corta a hecho por fajas seguida de corta diseminatoria	4.24	
Corta a hecho por fajas seguida de corta final	2.49	
Aclareo sucesivo uniforme: corta diseminatoria	40.30	
Total general	**1235.26**	

[a]AB: área basimétrica

crear estructuras adehesadas. Para la gestión posterior de estos pastizales y zonas adehesadas se llegó a un acuerdo con INTIA, asegurando su mantenimiento mediante el pastoreo por ejemplares de Jaca Navarra.

2.3.1 Quemas prescritas, área cortafuegos y análisis de puntos estratégicos de gestión para prevención de incendios forestales

Anualmente desde 2019, el Servicio de Bomberos de Navarra ejecuta quemas prescritas bajo arbolado como parte de su programa de formación y para reducir la cantidad de combustible existente, sobre parcelas con restos de corta de aprovechamiento forestal. Al igual que en el caso anterior, se acordó con INTIA el mantenimiento de la vegetación herbácea mediante pastoreo por Jaca Navarra y el análisis de la evolución de la misma tras la quema.

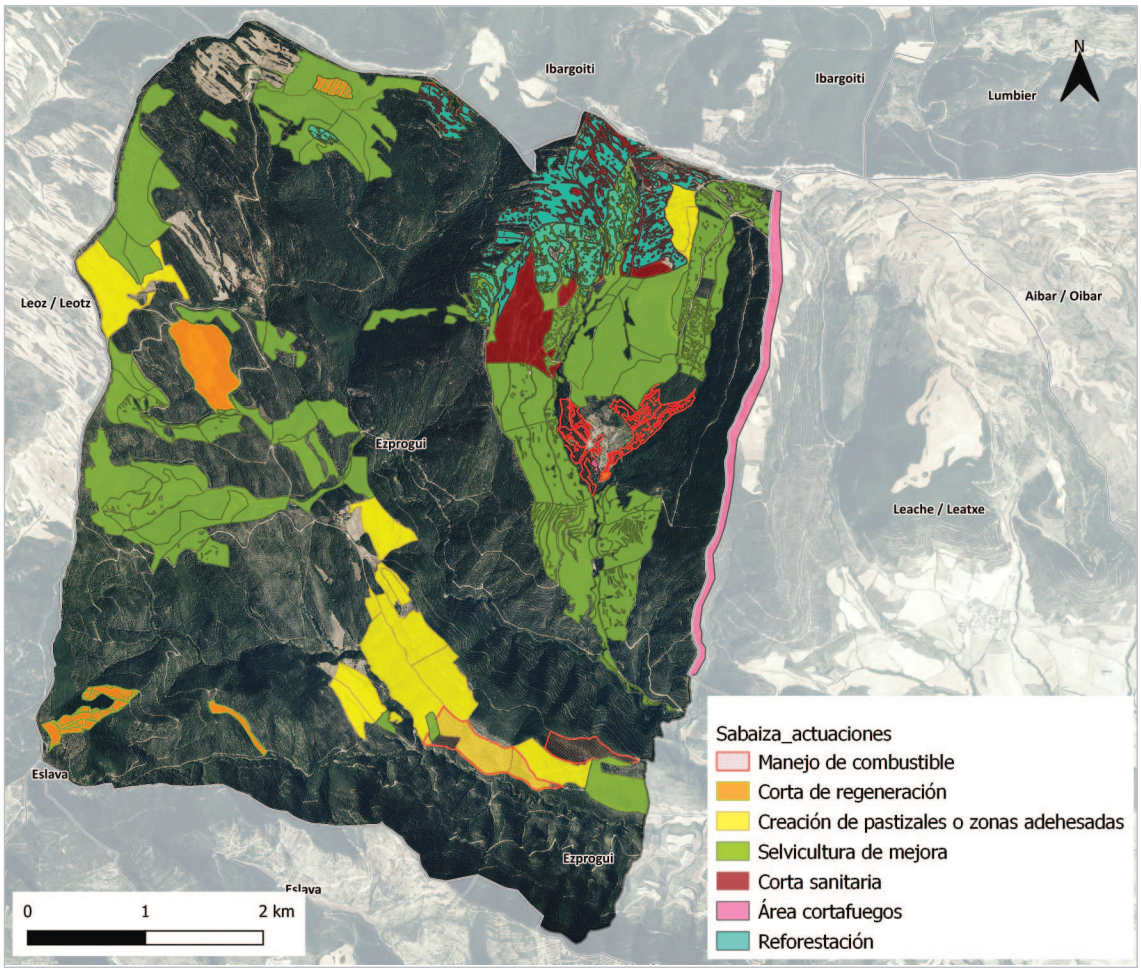


Figura 1. Localización de las prácticas de gestión forestal adaptativa realizadas en el área de trabajo desde 2017. Nótese que aquí sólo se describen las actuaciones desarrolladas en el ámbito del Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, que abarca el periodo comprendido entre 2017 y 2025.

Estas quemas se apoyan, desde 2023, en un estudio de los Puntos Estratégicos de Gestión (PEG) como medidas de prevención y extinción ante incendios forestales realizado en la zona de trabajo (Tragsa, 2023). Los PEG se obtuvieron a partir del modelo digital del terreno, modelos de combustible y parámetros de copa extraídos de los datos del vuelo LiDAR de Navarra de 2017 y la utilización del simulador estático FlamMap.

Además, se ha creado un área cortafuegos entre Sabaiza y el término colindante de Leache, así como cortas para modificar el tipo de combustible y crear discontinuidades en la interfaz urbano-forestal en la zona de Gardalain, un poblado actualmente habitado.

2.3.2 Reforestación tras afección por enfermedad fúngica

En julio de 2019 una tormenta acompañada de granizo desencadenó la explosión poblacional de un hongo latente en la zona, *Diplodia pinea* (Desm.) Kikx. La enfer-

medad afectó aproximadamente 205 ha de pino laricio, produciendo la muerte de prácticamente la totalidad del arbolado en 125 ha.

En las zonas menos afectadas se llevaron a cabo cortas policía y, en las zonas con mayor afectación, corta a hecho para su posterior reforestación. El objetivo de la misma era recuperar la vegetación con destino productor, atendiendo a directrices de cambio climático, prevención de incendios y paisaje. Así, en aproximadamente 100 ha, se sustituyó el pino laricio de Austria por pino laricio hispánica (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmanii*), especie más térmófila con distribución en el valle del Ebro y que proporciona madera de buena calidad para construcción y sierra. En las vaguadas se incluyeron frondosas, con una finalidad paisajística y para romper la continuidad de combustible de cara a incendios forestales. Una primera banda constituida por chopos (*Populus nigra* L.), fresnos (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) y olmos (*Ulmus minor* Mill.) resistentes a la grafiosis y, una segunda banda, por nogal (*Juglans regia* L.), arce (*Acer opalus* Mill.) y serbal (*Sorbus torminalis* L. y S. *domestica* L.). Además, se incluyeron, de manera experimental, varias especies forestales provenientes de zonas cálidas y con una esperada mayor resiliencia frente al CC (*Cedrus Atlantica* Endl., *Abies nordmanniana subsp. equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen, *Tetraclinis articulata* Vahl. y *Juniperus thuriphera* L.).

3. Resultados esperables y discusión

Sabaiza se encuentra aislada de poblaciones, conformada por pueblos abandonados (a excepción del poblado de Gardalain) y donde la coetaneidad de las masas monoespecíficas confluyen en una patente continuidad del combustible forestal, relacionado con la pérdida de las actividades tradicionales. Ante la variabilidad e incremento de los riesgos asociados al CC y otros factores del cambio global, es necesaria la definición de estrategias de adaptación flexibles y dinámicas (Stein *et al.*, 2013). Sin embargo, no existe una solución universal, sino que deben considerar, además de los riesgos e impactos climáticos esperables, las características ecológicas, amenazas y oportunidades de acción específicas del sitio (Stein *et al.*, 2014). Por todo ello, en el área de trabajo, la adaptación debe fundamentarse en la diversificación genética, de especies, edades y estructuras, creando paisajes en mosaico como estrategia de variedad de respuesta frente a situaciones adversas y de variedad de bienes y servicios. Con este objetivo, en el área de trabajo se han ejecutado diferentes prácticas desde un enfoque integral a nivel de paisaje e, indudablemente, partiendo de la gestión forestal sostenible.

En este sentido, las claras forestales ejecutadas ofrecen la oportunidad de modificar y diversificar la estructura y composición específica de la masa, además de reducir la competencia por los recursos hídricos, mejorando las condiciones de crecimiento y vigor de los árboles (ej. Ameztegui *et al.*, 2017; Baiges y Delpi, 2023). La intensidad ideal de las claras depende de diversos factores, como la especie o la calidad de estación. La denominada selvicultura de base ecohidrológica (del Campo *et al.*, 2017) plantea espesuras intermedias para mejorar el balance hídrico de la masa, ya que estructuras demasiado abiertas pueden resultar en un incremento de la

evapotranspiración y un efecto contrario al perseguido. En Sabaiza, la evaluación a medio-largo plazo de las prácticas ejecutadas permitirá discernir el tipo e intensidad de clara óptimo de cara a incrementar la resiliencia del arbolado residual frente a los impactos del CC.

Por otra parte, el incremento de la variabilidad genotípica puede perseguirse a través de cortas de regeneración natural, mediante la selección de los árboles semilleros y permitiendo la heredabilidad de los rasgos funcionales de adaptación de la especie a la estación. El análisis de las cortas de regeneración más adecuadas a una especie y lugar es de gran preocupación, más aún cuando se espera un efecto negativo de las condiciones de aridez asociada al CC sobre la regeneración natural de algunas especies forestales (Herrero, 2017). Si bien en Sabaiza la mayor parte de las formaciones arbóreas provienen de repoblaciones, existe un interés en su conservación en las mejores calidades de estación, por su papel productor, pero también por su interés ecológico, paisajístico y social. Las masas forestales procedentes de plantación presentan a menudo peores tasas de regeneración natural que bosques adyacentes naturales, bien por un exceso de densidad del arbolado o bien por un aporte insuficiente de semilla, al verse los agentes dispersantes negativamente influenciados por una estructura forestal simplificada (Ruiz-Benito *et al.*, 2012). Un estudio preliminar sobre el éxito de los diferentes tipos de cortas de regeneración elaborado en el área de trabajo y otros territorios similares navarros (Martinikorena y Schwendtner, 2019) destacó: la importancia de ejecutar el tratamiento selvícola en año de buena producción de semilla; la relevancia de la eliminación de los restos de corta y la remoción intensa hasta suelo mineral; la idoneidad de realizar una corta a hecho en dos tiempos en cualquiera de sus variantes, debido al temperamento y carácter de la especie.

Indudablemente, las masas homogéneas son más vulnerables frente a eventos extremos o catastróficos como lo fue el ataque del hongo *Diplodia pinea* en el área de trabajo, pero que brindó la oportunidad de cambiar el modelo forestal hacia patrones más resilientes frente al CC. En la zona más afectada, se buscó la pérdida de la homogeneidad y aumento de capacidad de respuesta mediante la sustitución de la subespecie de pino laricio (de Austria a hispánica), dando continuidad a la producción de madera y otros servicios asociados a estos parajes, además de la inclusión de otras especies forestales.

Además, la diversidad a nivel de paisaje toma un papel fundamental en la respuesta del monte frente a eventos adversos o condiciones cambiantes. El abandono del mundo rural y de los usos tradicionales está propiciando una matorralización de muchas zonas antiguamente pascícolas, resultando en una simplificación del paisaje y la consiguiente pérdida de biodiversidad, además de favorecer la continuidad de un combustible altamente inflamable. La creación de pastizales y zonas adehesadas y su posterior pastoreo permite apoyar el uso silvopastoral de la zona, con la consiguiente obtención de bienes y servicios, a la vez que se incrementa la biodiversidad y modifica el modelo de combustible. De hecho, la gestión de los combustibles vegetales es una de las principales preocupaciones de la zona, dada la previsión de incendios forestales cada vez más frecuentes e intensos (Lindner *et al.*, 2010). En este sentido, actuaciones como las claras forestales inciden también en el riesgo de in-

cendio forestal. Pero, además, el análisis de los Puntos Estratégicos de Gestión permitió la planificación de actuaciones encaminadas a reducir el riesgo de ignición y propagación de incendios forestales y facilitar su extinción en caso de suceder, materializadas en la ejecución de quemas prescritas, áreas cortafuegos o las prácticas desarrolladas en la interfaz-urbano forestal.

4. Conclusiones

La gestión forestal adaptativa es necesaria para ayudar a los ecosistemas forestales a adaptarse a los cambios climáticos predichos. Debe fundamentase en una gestión forestal sostenible, integral, anticipadora, flexible y localizada.

El Patrimonio Forestal de Sabaiza, por su régimen de titularidad y su estructura general de masas monoespecíficas y coetáneas procedentes de repoblación, constituye un marco ideal y real para el diseño, aplicación y monitorización de estrategias de gestión forestal adaptativa, sin renunciar a su papel productor y generador de múltiples servicios demandados por la sociedad. Las actuaciones ejecutadas permitirán avanzar en el conocimiento de la respuesta de los ecosistemas a diferentes medidas de adaptación, esencial a la hora de diseñar estrategias adecuadas para hacer frente al cambio climático.

Agradecimientos/Financiación

Este trabajo ha sido financiado por el Programa LIFE de la Comisión Europea (Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, LIFE 16 IPC/ES/000001).

5. Bibliografía

Allué, J.L.; 1990. *Atlas fitoclimático de España*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentation, Instituto Nacional de Investigationes Agrarias, Madrid, Spain.

Ameztegui, A.; Cabon, A.; De Cáceres, M.: Coll, L.; 2017. Managing stand density to enhance the adaptability of Scots pine stands to climate change: A modelling approach. Ecol. Modell. 356, 141-150. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.04.006

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

Brang, P.; Spathelf, P.; Larsen, J.B.; Bonc, A.; Chauvin, C.; Dro, L.; Garcı, C.; *et al.*, 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87, 492-503. https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018

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

Coll, L.; 2023. Retos selvícolas para afrontar la adaptación de los bosques al cambio climático. *Cuad. Soc. Esp. Cienc.* 49, 77-100. https://doi.org/10.31167/csecfv0i49.19938

Gobierno de Navarra, 2019. Vulnerabilidad potencial de las masas forestales frente al cambio climático. IDENA. https://tinyurl.com/2aq5n96y Accessed. 19 February 2024.

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

Herrero, A.; Zavala, M.Á. 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.

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.; (ed.),. Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

Lindner, M.; Maroschek, M.; Netherer, S.; Kremer, A.; Barbati, A.; Garcia-Gonzalo, J.; Seidl, R.; *et al.*, 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manage.* 259, 698-709. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023

Martinikorena, A.; Schwendtner, O.; 2019. Estudio y conclusiones de las cortas de regeneración del pino laricio de Austria llevadas a cabo en varios municipios de Navarra. Pamplona.

Ruiz-Benito, P.; Gómez-Aparicio, L.; Zavala, M.A.; 2012. Large-scale assessment of regeneration and diversity in Mediterranean planted pine forests along ecological gradients. *Divers. Distrib.* 18, 1092-1106. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2012.00901.x

Stein, B.A.; Glick, P.; Edelson, N.; Staudg, A.; (eds.), 2014. *Climate-Smart Conservation: Putting Adaptation Principles into Practice*. National Wildlife Federation, Washington, D.C

Stein, B.A.; Staudt, A.; Cross, M.S.; Dubois, N.S.; Enquist, C.; Griffis, R.; Hansen, L.J. *et al.*; 2013. Preparing for and managing change: climate adaptation for biodiversity and ecosystems. *Front. Ecol. Environ.* 11, 502-510. https://doi.org/10.1890/120277

Tragsa., 2023. *Estudio de los Puntos Estratégicos de Gestión (PEG) en la finca de Patrimonio Forestal de Navarra en Sabaiza*. Pamplona.