



**2025 | 16-20**  
**GIJÓN | JUNIO**  
**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1473**

Actas del Noveno Congreso Forestal Español  
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**  
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





## Adaptación al cambio climático de los ecosistemas forestales navarros

PRIMICIA ÁLVAREZ, I. (1), MOLINA TERRÉN, C. (1), LÓPEZ-PASARÍN BASABE, J. (2) y HERNANDO CHICOTE, S. (1)

1. Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, Gobierno de Navarra. González Tablas 9 bajo, 31005
2. Gestión Ambiental de Navarra (GAN-NIK). Padre Adoáin 219 bajo, 31015 Pamplona

### Resumen

El cambio climático, uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad, implica un gran riesgo para muchos de los ecosistemas forestales de la Región Mediterránea, que dependerá de la vulnerabilidad del individuo o especie, la exposición al cambio a la que está sometido y de su capacidad de adaptación. En Navarra, donde la confluencia de tres regiones biogeográficas resulta en una gran diversidad de ecosistemas, la identificación de las zonas con mayor riesgo es crucial para aplicar medidas de gestión adaptativa, encaminadas a incrementar la resiliencia de estos paisajes.

El proyecto LIFE-IP NAdapta-CC, que surgió para limitar los efectos negativos del cambio climático en Navarra, ha supuesto una ventana de oportunidad para reflexionar sobre el sector forestal frente al mismo. Tras la caracterización del riesgo asociado al cambio climático, son diversas las prácticas que se han puesto en marcha para reducirlo; desde la conservación de semillas de individuos más adaptados, pasando por la redacción de directrices de gestión forestal adaptativa, a la actualización de los Planes Comarcales, base para la redacción de las herramientas de gestión forestal. El principal reto reside en la integración del conocimiento adquirido en la planificación forestal.

### Palabras clave

gestión forestal adaptativa, NADAPTA, planificación forestal, vulnerabilidad

### 1. Introducción

Según el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2022), la temperatura media global de la superficie terrestre ha incrementado sucesivamente durante las últimas décadas y seguirá aumentando hasta, al menos, mediados del siglo XXI. Por otra parte, los cambios en los patrones de precipitación provocarán un aumento de las sequías en grandes regiones, como la Región Mediterránea. Estas alteraciones producirán diversos efectos sobre los ecosistemas forestales (HERRERO Y ZAVALA, 2015; LINDNER *et al.*, 2010), los cuales confluyen, además, con otros factores de cambio, como la alteración del paisaje por abandono del mundo rural y usos tradicionales o la proliferación de especies invasoras. Ante este escenario, la adaptación al cambio climático (la intervención humana para ayudar a los individuos y poblaciones a ajustarse a las nuevas condiciones) será necesaria (IPCC, 2014).



En este contexto, el Gobierno de Navarra aprobó en 2018 la Hoja de Ruta Cambio Climático HCCN-KLINA, cuya implementación se apoya en el proyecto LIFE-IP NAdapta-CC. Se trata de un proyecto estratégico e integrado, cuyo objetivo principal es aumentar la capacidad de adaptación de Navarra frente al CC. Además, en 2019 fue aprobada la Agenda Forestal de Navarra, que constituye la estrategia forestal en la Comunidad Foral y en la que el Cambio Climático y los Riesgos Naturales constituyen uno de sus cinco ejes estratégicos. Por último, en 2022, se aprobó la Ley Foral 4/2022, de 22 de marzo, de Cambio Climático y Transición Energética, continuando con la trayectoria de la lucha del Gobierno de Navarra frente al Cambio Climático.

En esta aportación se describen brevemente las principales actuaciones que se están llevando a cabo en Navarra con el objetivo de caracterizar los principales riesgos asociados al CC a los que se enfrentan los ecosistemas forestales, identificar aquéllos que presentan una mayor vulnerabilidad y aumentar su resiliencia frente a los mismos.

## 2. Objetivos

El objetivo del proyecto es incrementar la resiliencia de los ecosistemas forestales frente a los nuevos escenarios climáticos, incorporando los conocimientos y avances en materia de gestión forestal adaptativa en la planificación y política forestal.

## 3. Metodología 3.1. Área de trabajo

La zona de trabajo es la Comunidad Foral de Navarra, donde confluye una gran variabilidad climática, geológica, edáfica, orográfica, topográfica y biológica. Esta diversidad se refleja en la presencia de tres regiones biogeográficas (atlántica, alpina y mediterránea) en una superficie de 10.391 km<sup>2</sup>. De esta superficie, aproximadamente, 600.000 ha corresponden a terreno forestal y 437.000 ha, a masas arboladas. La principal especie forestal es el haya (*Fagus sylvatica*), que cubre el 30% de las zonas arboladas, seguida de los encinares (*Quercus rotundifolia*) y quejigares (*Quercus faginea*), que se distribuyen por el 18% de dicha superficie y del pino silvestre (*Pinus sylvestris*, 15%), existiendo una gran diversidad de comunidades forestales y fauna asociada. Por otra parte, más del 75% de la superficie forestal es de titularidad pública o propiedad del Gobierno de Navarra, mientras que el 25% restante, corresponde a titularidad privada, en general, de pequeñas dimensiones y muy fragmentada. Además, cabe destacar que alrededor del 56% de la superficie forestal cuenta con herramienta de planificación forestal (proyecto de ordenación o plan técnico de gestión). Navarra, porcentualmente, es la Comunidad Autónoma con más superficie certificada en gestión forestal sostenible.

### 3.2. Caracterización de riesgos asociados al cambio climático

3.2.1. La identificación de las masas forestales arboladas más amenazadas por el incremento en temperatura y aridez asociado al CC se realizó considerando: (i) la



distribución de las especies forestales en base al Mapa Forestal de España para la Comunidad Foral de Navarra (2011), (ii) la vulnerabilidad de las principales especies forestales, caracterizada por FELICÍSIMO *et al.* (2011), (iii) índices bioclimáticos (índice ombrotérmico e índice de termicidad de Rivas-Martínez) actuales calculados a partir del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (NINYEROLA *et al.*, 2005) y (iv) cambios predichos en dichos índices bioclimáticos a partir de proyecciones climáticas, obtenidas para la fecha de referencia de 2040 y considerando el escenario RCP4.5 del Quinto informe del IPCC (IPCC, 2014).

3.2.2. La identificación de las zonas más expuestas a vientos extremos se abordó a partir de la generación de cartografía mediante la extrapolación del Nuevo Atlas Eólico Europeo (NEWA, HAHMANN *et al.*, 2020 y DÖRENKÄMPER *et al.*, 2020) a 10 m de altura sobre el terreno, con un periodo de recurrencia de 30 años y con una resolución espacial de 50 m x 50 m.

3.2.3. La caracterización del riesgo de incendios forestales fue abordada a partir de dos aproximaciones. Por una parte, en 2019 se actualizó el Mapa de Modelos Combustibles de Rothermel (1972), como método de predicción del comportamiento de los incendios forestales según la cantidad y tipo de combustible, utilizando para ello el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Navarra (GOBIERNO DE NAVARRA, 2019) y la caracterización de la estructura de la vegetación mediante datos LiDAR. Por otra parte, se delimitaron las zonas homogéneas en cuanto al régimen de incendios de Navarra y se identificaron los puntos con mayor probabilidad de inicio de un incendio forestal, a partir del registro de datos históricos de los puntos de ignición ocurridos entre 2011 y 2021 y el cálculo de la probabilidad de ignición, estimado con un modelo de ocurrencia logit. Además, se ha simulado el comportamiento y propagación de incendios en modo estático en Navarra.

### 3.3. Medidas de adaptación al cambio climático

3.3.1. A partir del análisis del riesgo de las masas forestales arboladas frente al CC descrito en el apartado anterior, se seleccionaron varias especies para la conservación *insitu* y *exsitu* de su material genético. Para elegir las zonas de origen de dicho material, se identificaron las localizaciones más termófilas para cada especie seleccionada, eligiendo las masas con un riesgo “muy alto” frente al CC para la conservación de las semillas *exsitu* y zonas con un riesgo “medio”, para su conservación *insitu*.

3.3.2. Para las principales formaciones forestales presentes en Navarra, se redactaron guías de gestión forestal adaptativa, a partir de experiencias previas y conocimiento experto y considerando los principales riesgos asociados al CC, con el objetivo de aumentar su resiliencia frente a los mismos.

3.3.3. Los resultados obtenidos fueron progresivamente incorporados a los Planes Forestales Comarcales de Navarra, que contienen la información básica, así

como las directrices de gestión a adoptar en las herramientas de planificación forestal (planes de ordenación y planes técnicos de gestión).

#### 4. Resultados

##### 4.1 Caracterización de riesgos asociados al cambio climático

4.1.1. Las especies que presentan un mayor riesgo relativo frente al aumento de termicidad y aridez pronosticado son el roble albar (*Quercus petraea*), el abeto (*Abies alba*) y el roble pubescente (*Q. pubescens*), seguidas del pino negro (*Pinus uncinata*) y el pino silvestre (*P. sylvestris*). Además, resaltar también los bosques situados en la zona más mediterránea de Navarra y en las franjas de transición entre las regiones biogeográficas (Figura 1A).

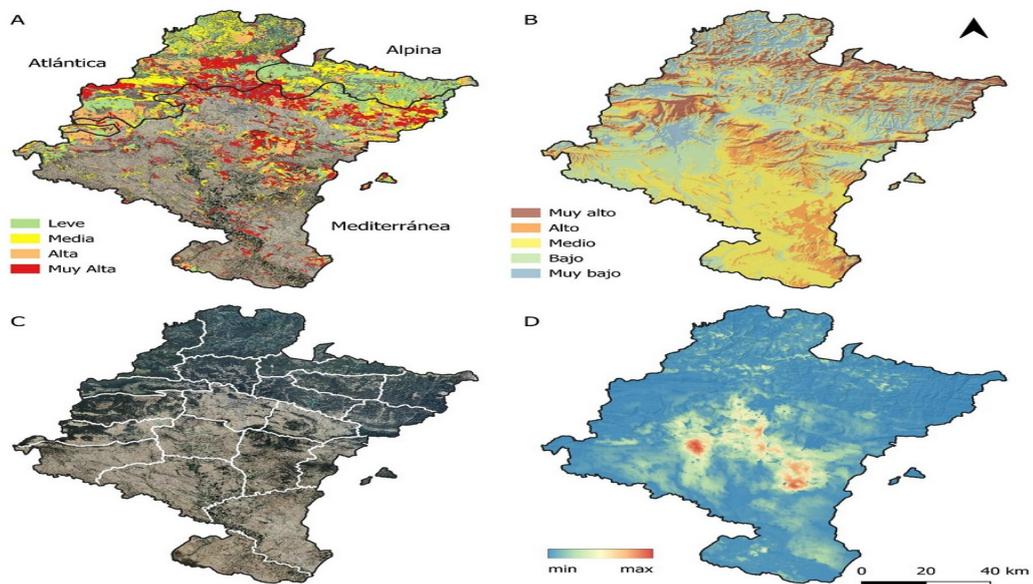


Figura 1. A) Vulnerabilidad potencial relativa de las masas forestales arbóreas frente al cambio climático y regiones biogeográficas en Navarra (atlántica, alpina y mediterránea); B) Riesgo por vientos extremos en Navarra; C) delimitación de zonas homogéneas en relación al comportamiento frente a incendios forestales; D) Probabilidad de quema anual.

4.1.2. El riesgo por vientos extremos está muy relacionado con la orografía del terreno (Figura 1B). Así, las zonas con mayor riesgo son las situadas en las cumbres más altas del territorio, dispersas principalmente por las regiones biogeográficas atlántica y alpina, mientras que la superficie con menor riesgo se localizó en las vaguadas y cotas bajas de los valles. Además, en la región mediterránea de la Comunidad, las zonas con mayor riesgo se localizan en las Sierras orientales y en las Bardenas Reales, en el límite sureste del territorio.

4.1.3. En relación a la caracterización del riesgo de incendios forestales, se identifican un total de 20 zonas homogéneas respecto al comportamiento de los mismos (Figura 1C), mientras que las zonas con valores de probabilidad de quema anual máximos se localizan en la zona central de la Comunidad, en la región



biogeográfica Mediterránea (Figura 1D). Sin embargo, cabe destacar que este resultado está muy influenciado por los grandes incendios acaecidos en Navarra en junio de 2022, incendios históricos desde que hay registros.

## 4.2 Medidas de adaptación al cambio climático

4.2.1. Se han seleccionado un total de diez especies forestales (*Abies alba*, *Acer opalus*, *Buxus sempervirens*, *Carpinus betulus*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus thurifera*, *Pinus uncinata*, *Prunus padus*, *Sorbus aria*, *Taxus baccata*) para la conservación de su material genético *exsitu*, analizando la fenología de cada especie y, así, recoger y procesar las semillas para su conservación en el Banco de Germoplasma Vegetal de la Diputación Foral de Gipuzkoa, en Fraisoro. Por otra parte, se han seleccionado otras diez especies forestales (*Abies alba*, *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Juniperus communis*, *Pinus sylvestris*, *Pinus uncinata*, *Quercus ilex ssp. ballota*, *Quercus pubescens*, *Tamarix gallica*) para la conservación *insitu* de su material genético. Para ello, las localizaciones seleccionadas fueron declaradas como fuentes semilleras adaptadas al CC e incluidas en el Catálogo Nacional de Materiales de Base.

4.2.2. Las guías de gestión forestal adaptativa ofrecen una serie de recomendaciones de cara a aumentar la resiliencia de las diferentes formaciones forestales presentes en Navarra frente al cambio climático. Ponen especial énfasis en la importancia de una gestión integral de los ecosistemas, es decir, una gestión forestal activa encaminada a mejorar el vigor de las masas, aumentar su diversidad y reducir los riesgos asociados al CC, así como la relevancia de la ganadería extensiva en la diversificación de usos y paisajes y su papel en la reducción del riesgo de incendios forestales.

4.2.3. Los resultados y avances obtenidos, tanto en la caracterización del riesgo asociado al CC como en las posibles medidas para paliar el mismo, han sido gradualmente incorporados en la planificación forestal mediante su inclusión en los Planes Comarcales Forestales de Navarra. Dichos Planes recogen la información más relevante, así como las directrices de gestión para la elaboración de los proyectos de ordenación o planes técnicos de gestión en cada una de las tres regiones biogeográficas del territorio. La documentación generada está disponible en la página web de la planificación forestal del Gobierno de Navarra.

## 5. Discusión

Ante la situación cambiante actual y futura, la planificación forestal debe incorporar los escenarios de cambio climático, considerando los riesgos asociados al mismo a los que los diferentes ecosistemas deberán de hacer frente.

Además, a la hora de diseñar estrategias de gestión forestal adaptativa es crucial la identificación de los sistemas forestales más vulnerables a estos riesgos y la caracterización de los principales riesgos a considerar en cada caso. Especialmente



en Navarra, donde la confluencia de tres regiones biogeográficas resulta en una gran diversidad de ecosistemas forestales, siendo en las zonas de transición entre dichas regiones, o en las cotas más bajas o localizaciones más meridionales de las áreas de distribución de las especies donde se esperan los mayores cambios.

En consecuencia y dada la gran incertidumbre relacionada con el CC, la gestión forestal debe ser flexible y diversa para poder dar respuesta a un rango amplio e incierto de situaciones, además de localizada en el espacio y tiempo para hacer frente al factor de mayor riesgo en cada caso (GARCÍA-GÜEMES Y CALAMA, 2015).

Por tanto, la actualización de la gestión forestal debe pasar, necesariamente, por el conocimiento del territorio y la monitorización de su respuesta frente a los impactos del cambio climático, la evaluación de los efectos de diferentes medidas de adaptación y la incorporación de los nuevos conocimientos en las políticas forestales y herramientas de planificación.

## 6. Conclusiones

La magnitud y rapidez del cambio climático hace que la intervención humana (adaptación al cambio climático) sea necesaria para ayudar a las especies y comunidades forestales a reajustarse a las nuevas condiciones. Para ello, el conocimiento de los efectos del impacto del cambio y de las diferentes medidas de adaptación es crucial a la hora de diseñar estrategias de gestión forestal adaptativa viables y efectivas frente al cambio climático. En este sentido, Navarra avanza en su trayectoria de lucha contra el cambio climático en el sector forestal, comenzando a dar sus frutos que, paulatinamente, son integrados en la planificación y políticas forestales.

## 7. Agradecimientos

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

## 8. Bibliografía

FELICÍSIMO, Á. M. (coord.); 2011. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Flora y vegetación. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 552 pág. Madrid

DÖRENKÄMPER M.; OLSEN, T. B.; WITHA, B.; HAHMANN, A. N.; DAVIS, N. N.; BARCONS, J.; EZBER, Y.; GARCÍA-BUSTAMANTE, E.; GONZÁLEZ-ROUCO, J. F.; NAVARRO, J.; SASTRE-MARUGÁN, M.; SĪLE, T.; TREI, W.; ĞAGAR, M.; BADGER, J.; GOTTSCHALL, J.; SANZ RODRIGO, J.; MANN, J.; 2020. The Making of the New European Wind Atlas- Part 2: Production and Evaluation. *Geosci. Model Dev.* 13 5079-5102.

GARCÍA-GÜEMES, C.; CALAMA, R.; 2015. La práctica de la selvicultura 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, pp. 501-512. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

GOBIERNO DE NAVARRA; 2019. Mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra. Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente.

HERRERO, A.; ZAVALA, M.Á.; 2015. Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 610 pág. Madrid.

HAHMANN A. N.; SÍLE, T.; WITHA, B.; DAVIS, N. N.; DÖRENKÄMPER, M.; EZBER, Y.; GARCÍA-BUSTAMANTE, E.; GONZÁLEZ ROUCO, J. F.; NAVARRO, J.; OLSEN, B. T.; SÖDERBERG, S.; 2020. The Making of the New European Wind Atlas – Part 1: Model Sensitivity. *Geosci. Model Dev.* 13 5073-5078.

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.

IPCC; 2022. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. SHUKLA, P.R.; SKEA, J.; SLADE, R.; AL KHOURDAJIE, A.; VAN DIEMEN, R.; MCCOLLUM, D.; PATHAK, M.; SOME, S.; VYAS, P.; FRADERA, R.; BELKACEMI, M.; HASIJA, A.; LISBOA, G.; LUZ, S.; MALLEY, J. (EDS.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA

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.

NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J.M.; 2005. Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra. 45 pág. Barcelona.