



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1993

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

Organiza





INTERREG SUDOE “COOPTREE” (Cooperación transnacional para la conservación y resiliencia de los bosques del suroeste de Europa): una oportunidad para el aprendizaje colaborativo para la adaptación al cambio climático

GUZMÁN ÁLVAREZ, JOSÉ RAMÓN¹; DELPI, RAPHAËL²; BERTOMEU, MANUEL³ CHAUVIN, SEBASTIEN²; BAZIN, ADRIEN⁴; BADINIER, CAPUCINE⁵; MARCILLA GARCIA, MARÍA⁶; DA CONCEIÇÃO CALDEIRA, MARIA⁷; TOBAR LEÓN, RAQUEL⁸; CHAUVIN, THIBAUD⁹; COLLADO COLOMA, EDUARDO¹⁰; SANCHEZ-BRAGADO, RUTH¹¹; PALERO MORENO, NOEMÍ¹²; SILVA PANDO, FRANCISCO JAVIER¹³

¹Dirección General de Política Forestal y Biodiversidad, Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente, Junta de Andalucía

²GEIE FORESPIR, Francia

³Universidad de Extremadura

⁴Centre National de la Propriété Forestière Auvergne-Rhône-Alpes

⁵Centre National de la Propriété Forestière Occitanie

⁶Fundación HAZI Fundazioa

⁷Centro de Estudos Forestais, Instituto Superior de Agronomía Universidade de Lisboa

⁸Gestión Ambiental de Navarra, S.A.

⁹Office National des Forêts

¹⁰Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña

¹¹Unidad Mixta de Investigación CTFC-AGROTECNIO-CERCA

¹²Centre de la Propietat Forestal de Catalunya

¹³Centro de Investigación Forestal de Lourizán de la Axencia Galega da Industria Forestal

Resumen

La finalidad del proyecto INTERREG SUDOE COOPTREE es preservar los sistemas forestales del sur de Europa y proporcionar un corpus de conocimientos que permita tomar decisiones para que puedan mantener las funciones esenciales que desempeñan (absorción y almacenamiento de carbono, repositorio de biodiversidad, infraestructuras verdes, calidad del agua, actividad económica l en las zonas rurales, etc.).

Se desarrollará una estrategia transnacional para el conocimiento y conservación de los recursos genéticos de interés. También se pone en valor el legado de las experimentaciones y ensayos (plantaciones demostrativas y rodales de gestión adaptativa) que se han llevado a cabo en el pasado. Por último, como la problemática que afecta a los bosques continúa en evolución, el proyecto propone la implementación de acciones piloto para preservar y mejorar la resiliencia forestal de los territorios.

El partenariado está formado por 18 beneficiarios asociados de 4 países (Francia, España, Portugal y Andorra) y 10 entidades asociadas. Los territorios representan la diversidad de ecosistemas y especies presentes en el área geográfica del



sudoeste de Europa y se enfrentan a retos similares para la adaptación de los bosques a las condiciones del siglo XXI.

Palabras Clave: Suroeste europeo, cambio climático, gestión adaptativa, material forestal de reproducción, ecosistemas forestales, cooperación transnacional

1.- Introducción

Los ecosistemas forestales están amenazados por distintos tipos de riesgos asociados al contexto actual de cambio global (VITOUSEK, 1994). Factores como el cambio climático, el cambio de uso y antropización de ecosistemas, la contaminación, incendios forestales, la difusión de especies invasoras, el aumento de la virulencia de agentes patógenos y otros están ejerciendo presiones crecientes sobre los bosques, siendo el sur de Europa una de las áreas críticas en la manifestación de estos efectos (IPCC, 2021).

El suroeste europeo, una región que combina características climáticas tanto mediterráneas como atlánticas, es especialmente vulnerable a los efectos del cambio global. Los impactos de este fenómeno sobre los ecosistemas forestales ya han sido ampliamente documentados en toda la zona (MedECC 2020), con consecuencias que incluyen la reducción del crecimiento y el debilitamiento de los bosques, lo que puede conducir a decaimientos progresivos o incluso a la muerte súbita de las formaciones forestales. Además, se observa insuficiencia en la regeneración sexual, especialmente en la fase de establecimiento, un aumento de la frecuencia e intensidad de incendios, el incremento de procesos erosivos, el incremento de los daños causados por vendavales o tormentas, una mayor severidad y frecuencia de plagas y enfermedades, así como alteraciones en la estructura y composición de los ecosistemas (SERRADA et al., 2011; HIDALGO-TRIANA et al., 2023). Los modelos climáticos para esta región predicen efectos intensos sobre la distribución de las especies arbóreas (BENITO-GARZÓN et al., 2008).

El cambio en la composición, estructura y densidad de los ecosistemas forestales es ya claramente evidente (ASTIGARRAGA et al., 2024). Un estudio de 171 especies forestales del oeste de Europa reveló una modificación altitudinal de 29 metros por década en el valor óptimo de elevación, al comparar los períodos de 1905-1985 y 1986-2005 (LENOIR et al., 2008). En términos de variación latitudinal, se ha estimado una tasa de desplazamiento hacia el norte de 6,1 km por década en el óptimo de distribución de un conjunto de 1,700 especies (PAMESAN y YOHE, 2003).

La adaptación de los ecosistemas forestales es una necesidad frente a los desafíos actuales. Las medidas de adaptación comprenden diversas opciones de respuesta que se pueden aplicar a diferentes escalas, desde la individual hasta la de la comunidad vegetal forestal en su conjunto, pasando por estrategias específicas a nivel de especie y población. Estas respuestas incluyen tanto aspectos relacionados con la capacidad evolutiva de adaptación, a través de mecanismos biológicos inherentes que pueden ser seleccionados o potenciados mediante prácticas de gestión e investigación (como mecanismos genéticos evolutivos, plasticidad fenotípica, etc.); como aquellas propias del ámbito de la esfera socio-económica que pueden orientarse a través de decisiones estratégicas.



Entre estas estrategias se encuentran el cambio de variedades (selección de procedencias o ecotipos), la migración asistida, intervenciones silvícolas sobre individuos o sobre rodales (modificación de la cobertura y densidad), la adhesión a la certificación forestal, la adaptación de criterios contables económicos y acciones de restauración ecológica (LINDNER et al., 2008; FUNGOBE, 2023; DELPI et al., 2023).

En este contexto surge el proyecto de cooperación internacional INTERREG SUDOE “COOPTREE” (“Diversificación y adaptación de los bosques del suroeste de Europa al cambio climático”), como una oportunidad para dotar a los territorios de un corpus de conocimientos y de experiencias compartidas que contribuyan a mantener los servicios ecosistémicos que los bosques prestan a nuestras sociedades.

El proyecto COOPTREE

La adaptación al cambio climático es un reto vital para los bosques y territorios de la región SUDOE. Fenómenos climáticos como sequías y olas de calor, que provocan decaimientos e incendios, se están manifestando con mayor frecuencia cada año. La aparición o el aumento de virulencia de los agentes patógenos es también uno de los riesgos asociados al cambio climático. Esta tendencia ha ido en aumento en las últimas décadas, lo que ha impulsado el diseño y la implementación de proyectos y acciones por parte de diversos organismos públicos y privados, así como centros de investigación, para dar respuesta a estos nuevos retos. En su conjunto, estas iniciativas abarcan un amplio espectro de ensayos y experiencias, cuyo potencial de aprendizaje aún no se ha explotado adecuadamente. En efecto, estas iniciativas están dispersas geográficamente, no siempre cuentan con seguimientos a largo plazo, pocas iniciativas de capitalización a gran escala existen y, como consecuencia, los resultados a menudo carecen de una adecuada difusión.

La presencia de un amplio gradiente latitudinal y altitudinal entre las regiones participantes en el proyecto constituye una fortaleza territorial, ya que permite compartir conocimientos basados en experiencias previas. Este conocimiento abarca aspectos biológicos, como la resistencia de las especies, sus métodos de reproducción, su silvicultura y los usos de la madera, y puede resultar valioso para territorios que, debido al cambio climático, experimentarán desplazamientos en sus parámetros climáticos hacia las condiciones previas de otras regiones. En este contexto, el conocimiento de las especies y de los ecotipos locales representa una gran oportunidad para este espacio de cooperación, ya que proporciona el marco de trabajo para realizar ensayos de viabilidad frente a las nuevas condiciones. Aunque la selección y el uso de nuevas especies y variedades no son conceptos nuevos, ya que forman parte de las bases del desarrollo forestal, en el contexto actual de cambio climático, esta herramienta adquiere una importancia mayor, no solo orientada a mejorar la productividad, sino también como una opción clave para hacer frente a los retos del cambio climático en los ecosistemas naturales.

La región SUDOE constituye una suerte de vigía de los efectos del cambio climático; las experiencias de este proyecto INTERREG podrían servir como punto de apoyo para otras regiones situadas más al norte, que también se verán afectadas. El reto territorial es doble: por un lado, preservar el capital natural de un patrimonio genético amenazado de extinción, y por otro, reforzar la resiliencia de los bosques



del SUDOE mediante la diversificación. Esto se logra aprovechando la variedad de especies que es posible en la región gracias a la diversidad de contextos climáticos, suelos y prácticas de gestión.

En el SUDOE existen unas 180 especies arbóreas autóctonas y las especies presentes en varios territorios pueden presentar ecotipos adaptados a hábitats diferentes. Esta diversidad representa una oportunidad: una misma especie que se ha desarrollado en condiciones bioclimáticas más limitadas puede ser una ventaja significativa para favorecer la adaptación de procedencias implantadas en condiciones estacionales más favorables, sin generar modificaciones ecosistémicas significativas. Así, las distintas regiones participantes pueden aportar conocimientos, experiencias y materiales forestales (como semillas y plántones) de otros territorios, favoreciendo la utilización de ecotipos o especies más resistentes.

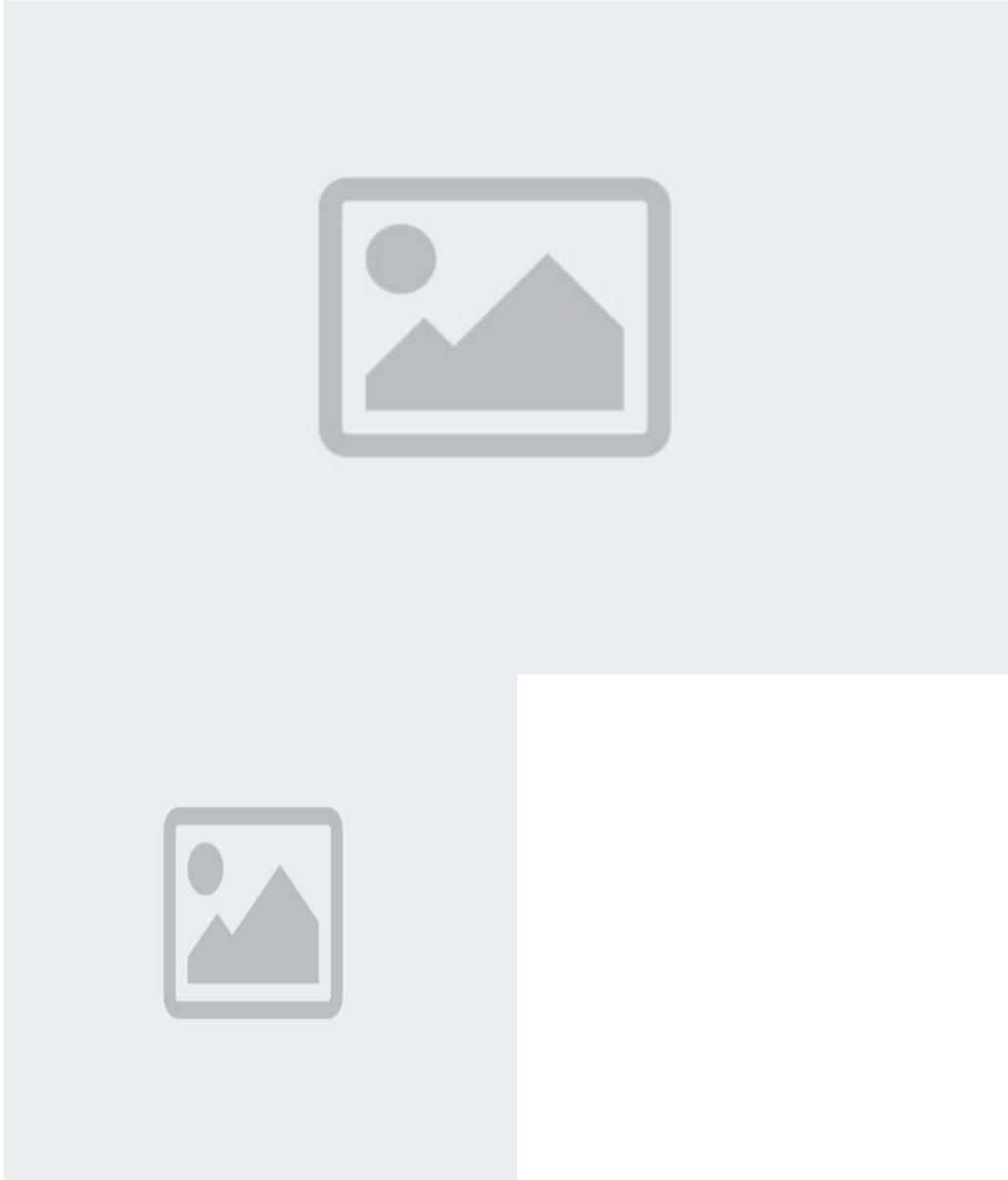
Los espacios forestales se localizan predominantemente en las zonas rurales de las áreas centrales y montañosas de la región SUDOE. Estos territorios enfrentan importantes desafíos, pero albergan una de las biodiversidades más ricas de Europa, con cerca del 75 % de las especies vegetales de la región concentradas en sus bosques. Además, desempeñan un papel crucial como corredores ecológicos funcionales y como reservas estratégicas de carbono. En el ámbito económico, los bosques de esta región son especialmente relevantes a nivel local, ya que sustentan uno de los pocos sectores económicos de las áreas rurales y montañosas, contribuyendo al mantenimiento de las comunidades y fomentando el turismo gracias a su alto valor paisajístico. Estos servicios ecosistémicos son esenciales para nuestras sociedades, lo que hace imprescindible garantizar su conservación.

En definitiva, ante el amplio abanico de ecosistemas forestales naturales y productivos, experiencias pasadas y conocimientos disponibles en el territorio del SUDOE, el proyecto pretende estructurarlos, ponerlos en red y difundirlos, al tiempo que los pone en práctica de manera operativa. Para ello, el proyecto adopta un doble enfoque que favorecerá proponer respuestas de carácter integral a los retos planteados:

- De la semilla al árbol: diversificación y resiliencia de las especies forestales.
- Del bosque al territorio: especies, procedencias y silviculturas para mantener los ecosistemas forestales.

Los actores forestales incluidos como socios son numerosos y disponen de competencias muy variadas y de experiencias complementarias (**Figura 1**). El partenariado está formado por 18 beneficiarios asociados de 4 países (Francia, España, Portugal y Andorra) y 10 entidades asociadas. Este partenariado abarca la mayoría del espacio geográfico del SUDOE.

Figura 1: Cobertura geográfica de los socios del proyecto COOPTREE



Los socios beneficiarios del proyecto son:

Por parte de Francia: GEIE FORESPIR (jefe de fila), Office National des Forêts, Centre Régional de la Propriété Forestière Occitanie, Centre Régional de la Propriété Forestière Nouvelle-Aquitaine, Centre Régional de la Propriété Forestière d'Auvergne-Rhône-Alpes, Union des Communes Forestières du Grand Sud.

Por parte de España: Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, Centre de la Propietat Forestal de Catalunya, Gobierno de Aragón, Gestión Ambiental de Navarra S. A., Fundación Hazi Fundazioa del País Vasco, Fundación Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (CESEFOR), Centro de Investigacions Forestais de Lourizán (Axencia Galega da Industria Forestal), Universidad de Extremadura, Junta de Extremadura, Junta de Andalucía.

Por parte de Portugal: Universidade de Lisboa (Instituto Superior de Agronomía, Centro de Estudos Forestais).

Por parte de Andorra: Fundació Privada del Sector Públic Andorra Recerca i



Innovació.

Las organizaciones asociadas son el Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire DRAAF Occitanie, el CNPF- Institut pour le Développement Forestier (CNPF-IDF), la Fédération Nationale des Communes Forestières (FNCOFOR), Forestal Catalana, S. A., el Gobierno de Navarra, el Gobierno de Castilla y León, la Xunta de Galicia, la Generalitat de Catalunya, el Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) y la União da Floresta Mediterrânica (UNAC).

2.- Objetivos

El objetivo del proyecto es apoyar la adaptación de los bosques del suroeste de Europa al cambio climático mediante la creación de una base de conocimientos especializados sobre los recursos genéticos y las técnicas silvícolas disponibles para la adaptación.

Los objetivos específicos son:

1.- Mejorar el conocimiento sobre la localización, riqueza, diversidad y resiliencia de las especies forestales amenazadas de interés para el SUDOE. Estos conocimientos y experiencias servirán para establecer una estrategia de conservación de los recursos genéticos forestales en el SUDOE y serán utilizados por otros territorios y actores objetivo para alimentar sus propias estrategias de conservación y adaptación forestal.

2.- Desarrollar y estructurar una red de sitios "acciones piloto", capitalizando experimentaciones pasadas y nuevas acciones experimentales y demostrativas (plantaciones y gestión silvícola en particular), llevadas a cabo para proteger y valorar los recursos forestales y los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques. Las lecciones aprendidas de estas acciones pretenden alimentar las estrategias de preservación y adaptación de los bosques de los territorios y actores objetivo.

3.- Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevarán a cabo las siguientes actuaciones, agrupadas en base a los dos objetivos específicos:

Objetivo estratégico 1:

1.1 - Programa transnacional para el conocimiento y la conservación de los recursos genéticos forestales en el SUDOE.

1.1.1. Estudios metodológicos.

1.1.1.1.- Identificación y caracterización genética y edafológica de especies forestales de interés (especies amenazadas y/o especies para el futuro).

1.1.1.2.- Identificación y caracterización genética de las especies forestales de interés.

1.1.1.3.- Estudios específicos de resistencia a la sequía llevados a cabo en el desarrollo del proyecto.

1.1.2 Implementación del programa de conocimiento en los territorios del proyecto, con actuaciones de ensayos específicas del proyecto en las siguientes



materias: pruebas de cavitación y pruebas de estrés hídrico.

1.1.3 Implementación del programa de conservación en los territorios del proyecto, con actuaciones ligadas a la conservación de los recursos genéticos in situ y ex situ, como por ejemplo la plantación de áreas de conservación genética, compartir material forestal de reproducción entre los territorios del proyecto, y la creación de plantaciones demostrativas para evaluar la viabilidad de especies y procedencias.

1.2 - Conocimientos actuales y complementos sobre la hibridación natural, una de las principales herramientas de evolución genética utilizadas por los árboles.

1.2.1. Elaboración de un método común de mejora de los conocimientos.

1.2.2. Selección de sitios de evaluación.

1.2.3. Implementación del método y mejora de los conocimientos.

Objetivo estratégico 2:

2.1. Censo, caracterización y balance de ensayos demostrativos y experimentos anteriores (especies, procedencias, silvicultura).

2.1.1. Recopilación de información y conocimiento. Identificación de los sitios y dispositivos, análisis de estructuras y propuesta de modelos de datos para elaborar un catálogo de metadatos (especies presentes, localización, superficie, año, tasa de supervivencia, estado sanitario, mezclas, procedencia, técnicas silvícolas aplicadas...). Se prevé crear una herramienta común para recopilar y compartir estos datos.

2.1.2. Inventario y balance de las experiencias pasadas en términos de plantación de especies y procedencias y efectos de la silvicultura: recopilación de información en cada territorio.

2.1.3. Compartir conocimientos: Organización de visitas e intercambios técnicos en el campo para compartir los diferentes aprendizajes en términos silvícolas que se están desarrollando, con la finalidad de enriquecer los enfoques de gestión para preservar mejor los recursos forestales amenazados y/o vulnerables en estos territorios.

2.2 Implementación de acciones piloto para desarrollar un catálogo de nuevas experimentaciones demostrativas que respondan a los retos de preservación de los medios forestales y de resiliencia de los bosques, en particular en el contexto del cambio climático.

Estas acciones piloto se diseñarán específicamente para responder a las necesidades de cada territorio. Por ejemplo, podrían enfocarse en preservar la función de un bosque amenazado, , aumentar la resiliencia de los bosques al cambio climático a través de una gestión próxima a la naturaleza, proteger el hábitat de una especie de interés, reducir la vulnerabilidad a los incendios, promover la regeneración natural, entre otros objetivos. Las medidas propuestas incluyen la plantación de especies o procedencias nuevas, la diversificación de especies mediante el manejo de la regeneración natural o el enriquecimiento con especies más resilientes, la diversificación de las masas forestales, la restauración post-incendio, el mantenimiento o la recuperación de los servicios ecosistémicos, y la gestión silvícola orientada a favorecer especies ya establecidas y más resilientes.



4.- Resultados

El proyecto COOPTREE tiene como objetivo generar diversos resultados con un enfoque claramente operacional, asegurando que sean útiles y aplicables para los gestores forestales. Su propósito general es recopilar, estructurar y compartir el conocimiento disponible en los territorios sobre las especies y procedencias de interés, además de identificar lagunas de información y realizar experimentos que, en la medida de lo posible, permitan subsanarlas.

Dado que el proyecto aún está en desarrollo, los niveles de avance varían al momento de la redacción de esta comunicación.

4.1.- Selección de especies de interés para el proyecto.

4.1.1 – Especies consideradas

Durante la fase de preparación del proyecto y su etapa inicial de desarrollo se ha elaborado una lista de especies /procedencias de interés para ejecutar el objetivo estratégico 1 (1.1 - Programa transnacional para el conocimiento y la conservación de los recursos genéticos forestales en el SUDOE) (**Tabla 1**).

Cada una de estas especies fue seleccionada por tener importancia para un territorio u otro, en dos sentidos:

- Procedencia/ especie posiblemente compatible con las futuras condiciones climáticas de la región.
- Procedencia/ especie con riesgo o en peligro en las futuras condiciones de estas mismas regiones.

Así, estas procedencias y especies forman una respuesta a las necesidades ante el reto del cambio climático en las regiones del suroeste de Europa (diversificar, mantener, mejorar los bosques), y/o una necesidad de salvaguarda. Una misma especie puede, según el territorio considerado, estar en estas dos situaciones.

Dado el amplio alcance de los campos de trabajo e investigación, se decidió abordar los temas y las especies con diferentes niveles de detalle. No obstante, todas las especies seleccionadas contarán con una cartografía que refleje su distribución, entorno y estado sanitario a escala del territorio del proyecto. Esta cartografía integrará información sobre el clima, el suelo, la topografía y las condiciones sanitarias de las especies.

Tabla 1. Lista completa de especies de interés para el proyecto INTERREG SUDOE COOPTREE.

Caracterización edafológica y genética y acciones de conservación, hibridación y plantación	Resistencia a la sequía y cavitación
<i>Abies alba</i>	<i>Quercus canariensis</i>
<i>Abies pinsapo</i>	<i>Quercus faginea</i>

<i>Acer campestre</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Quercus cerris</i>
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Betula celtiberica</i>	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>rotundifolia</i>
<i>Castanea sativa</i>	<i>Castanea sativa</i>
<i>Cedrus</i> sp.	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i>
<i>Celtis australis</i>	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>nigra</i> var. <i>corsica/calabriae</i>
<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	<i>Pinus uncinata</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Fraxinus</i> sp.	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Juglans</i> sp.	<i>Pinus halepensis</i> var. <i>brutia</i>
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Abies pinsapo</i>
<i>Pinus nigra</i>	<i>Cedrus atlantica</i>
<i>Pinus nigra austriaca</i>	<i>Arbutus unedo</i>
<i>Pinus nigra hispanica</i>	
<i>Pinus nigra salzmannii</i>	
<i>Pinus pinaster</i>	
<i>Pinus pinea</i>	
<i>Pinus radiata</i>	
<i>Pinus sylvestris</i>	
<i>Pinus uncinata</i>	
<i>Populus</i> sp.	
<i>Prunus avium</i>	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	
<i>Pyrus</i> sp.	
<i>Quercus canariensis</i>	
<i>Quercus faginea</i>	
<i>Quercus ilex</i>	
<i>Quercus petraea</i>	
<i>Quercus pubescens</i>	
<i>Quercus pyrenaica</i>	
<i>Quercus robur</i>	
<i>Quercus rotundifolia</i>	
<i>Quercus suber</i>	
<i>Sequoia sempervirens</i>	
<i>Sorbus domestica</i>	
<i>Sorbus torminalis</i>	
<i>Taxus</i> sp.	
<i>Thuya plicata</i>	
<i>Tsuga heterophylla</i>	

4.1.2 Especies seleccionadas

Todos los socios del proyecto contribuyen a la recopilación bibliográfica, documental y técnica de las especies de interés. Sin embargo, el considerable volumen de trabajo requerido para cada especie llevó a limitar el número de especies incluidas en la caracterización genética.

En el ámbito genético, muchos elementos de caracterización se encuentran a nivel

de género, por lo que se decidió iniciar la recopilación de datos en esta escala.

La siguiente tabla presenta los géneros, así como las especies que son únicas dentro de su género, que se beneficiarán de una investigación compartida en materia de **caracterización genética**.

Tabla 2 – Especies objetivo para la caracterización genética

<i>Abies</i> sp.
<i>Acer</i> sp.
<i>Arbutus unedo</i>
<i>Betula celtiberica</i>
<i>Castanea sativa</i>
<i>Cedrus</i> sp.
<i>Celtis australis</i>
<i>Ceratonia siliqua</i>
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>
<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Fraxinus</i> sp.
<i>Juglans</i> sp.
<i>Pinus</i> sp.
<i>Prunus avium</i>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>
<i>Pyrus</i> sp.
<i>Quercus</i> sp.
<i>Sequoia sempervirens</i>
<i>Sorbus</i> sp.
<i>Taxus</i> sp.
<i>Thuja plicata</i>
<i>Tsuga heterophylla</i>

4.2 Producción del proyecto: datos y soportes operativos

También dentro del objetivo estratégico 1, se desarrollarán diversos recursos para apoyar la toma de decisiones en la gestión forestal, siempre con un enfoque práctico.

4.2.1 – Ubicación, entorno y caracterización de las principales especies forestales del suroeste europeo

El objetivo de esta acción es permitir a los forestales identificar las distintas especies, procedencias presentes en el SUDOE, en relación con

- sus condiciones de crecimiento en el territorio,
- su estado sanitario en dichas condiciones,
- nuestro nivel de conocimiento en la especie (especialmente sobre la genética, autoecología y resistencia al estrés hídrico).

El objetivo de compartir este conocimiento entre todos los socios del proyecto es garantizar que la información esté disponible para evaluar y decidir si una especie o procedencia tiene un futuro viable en el territorio afectado, o si debe descartarse. Los datos recopilados son detallados en las **Tablas 3 y 4**:

Tabla 3: Características genéticas y variables recopiladas

Pruebas de procedencia	Disponibles
	Utilizadas



Marcadores moleculares	Tipo
	Disponible
	Utilizado
Unidades de conservación <i>in situ</i>	Propósito de uso
	Número
Unidades de conservación <i>ex situ</i>	Objetivo
	Existencia de banca clonal
	Existencia de conservación de las semillas a largo plazo
	Existencia de huertos semilleros
Programas de mejora	Existencia de genitores seleccionado por su descendencia
	Objetivos
	Características prioritarias
Material genético forestal	Controlado
	Cualificado
	Seleccionado
	Identificado
Riesgos	Abióticos
	Bióticos
	Conocidos
	Probables / esperados
Comentarios sobre el futuro de la especie	Propietarios forestales
	Gestores / ingenieros

Tabla 4. Variables edafoclimáticas recopiladas

Clima	Temperatura mínima
	Temperatura promedia
	Temperatura máxima
	Pluviometría
	ETP
Topografía	Pendiente
	Altura
	Exposición
Suelo	Reserva útil mínima
	pH
	Caliza activa

Como resultado del proyecto, se difundirá una ficha descriptiva con las características de cada una de estas especies a escala del suroeste europeo.

4.2.2 Resistencia al estrés hídrico: ensayos y balances

La resistencia al estrés hídrico (cavitación y sequía) es una de las principales limitaciones de las especies en relación con el cambio climático. Por lo tanto, la bibliografía es abundante, y cubre una parte significativa de los conocimientos requeridos.

En este tema, se iniciaron dos niveles de actuación:

- Una puesta en común de la bibliografía oficial, técnica, y propia de cada socio (incluyendo informes internos técnicos, de ensayos).
- Experimentos para mejorar el conocimiento de distintas especies.

4.2.2.1 Especies seleccionadas para la recopilación y difusión de la bibliografía

Para esta acción se seleccionaron las especies indicadas en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Lista de especies, subespecies o variedades sobre las que se realizará una recopilación de información sobre la resistencia a la cavitación y/o la sequía.

<i>Abies pinsapo</i>
<i>Arbutus unedo</i>
<i>Castanea sativa</i>
<i>Cedrus atlantica</i>
<i>Pinus halepensis</i> (var. <i>brutia</i>)
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>nigra</i> (var. <i>corsica/calabrica</i>)
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i>
<i>Pinus pinaster</i>
<i>Pinus pinea</i>
<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Pinus uncinata</i>
<i>Quercus canariensis</i>
<i>Quercus cerris</i>
<i>Quercus faginea</i>
<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>rotundifolia</i>
<i>Quercus petraea</i>
<i>Quercus pyrenaica</i>
<i>Quercus suber</i>

4.2.2.2 Especies consideradas para ensayos específicos relacionados con la cavitación y el estrés hídrico.

Los socios del proyecto han puesto en marcha las siguientes actuaciones demostrativas:

- Seguimiento del estrés hídrico en distintas especies y zonas de la Comunidad Autónoma vasca mediante la colocación de sensores en árboles de las especies *Pinus radiata*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Quercus ilex* y *Pinus sylvestris* (HAZI Fundazioa).
- Seguimiento del estrés hídrico de *Castanea sativa* y *Quercus pyrenaica* en diversas zonas de Castilla y León mediante la medición del potencial hídrico y cavitación (CESEFOR-Castilla y León).
- Comprobación del tiempo de respuesta a la cavitación en diferentes estaciones, además de la respuesta de la conductancia cuticular de *Cedrus atlantica* (CNPF, Auvergne).
- Efecto de la densidad de la cubierta forestal de *Abies alba* sobre su resistencia al estrés hídrico (Office National des Forêts, Bosque Nacional de Comefroide-Picaussel, Espezel-Aude).
- Selección de procedencias y de genotipos dentro de procedencias *Quercus ilex* de Extremadura, Marruecos y Cataluña; *Quercus suber* de Extremadura, Marruecos y Cataluña) para aumentar la tolerancia de los materiales forestales de reproducción frente al cambio climático: estrés hídrico, estrés térmico y la combinación de ambos (Universidad de Extremadura).
- Respuesta al estrés hídrico de especies de *Quercus*: *Quercus canariensis*, *Q.*



pubescens, *Q. suber*, *Q. ilex*, *Q. petraea* (Office National des Forêts, Pôle National des ressources génétiques Forestières; Saint Paul lez Durance, Bouches-du-Rhone).

- Selección y estudio en invernadero y en campo de la supervivencia y la resiliencia frente al estrés hídrico de seis poblaciones de *Quercus suber* procedentes de zonas; estudio comparativo de la respuesta al estrés hídrico de *Ceratonia siliqua*, *Arbutus unedo* y *Quercus suber* (Universidad de Lisboa).

4.2.3 Inventario, balance y puesta en común de ensayos pasados (especies, procedencias, silvicultura adaptativa).

Esta acción desarrolla el objetivo estratégico 2 ("2.1. Censo, caracterización y balance de ensayos demostrativos y experimentos anteriores (especies, procedencias, silvicultura).

A la hora de tomar decisiones de gestión, plantación, o regeneración, una de las preguntas más frecuentes es: "¿dónde se podría encontrar información sobre este tipo de acción?".

El proyecto busca ofrecer respuestas a esta pregunta, mediante la capitalización de los experimentos realizados en los territorios miembros de la iniciativa.

Los datos considerados incluyen (**Tablas 6 y 7**):

- todas las plantaciones de procedencias o especies fuera de su área de origen;
- todos los ensayos de silvicultura cuyo propósito principal sea la adaptación al cambio climático.

No se pretende crear una base de datos única que contenga toda la información de los ensayos, sino una herramienta que sirva como primer "filtro" para facilitar el contacto con las instituciones responsables de ensayos relevantes.

Dependiendo de si se trata de plantaciones o ensayos silvícolas, los datos recopilados varían, como se detalla en las siguientes tablas.

Tabla 6: Datos de inventario de ensayos de plantación

Nombre o ID#
Nombre de la red (si está disponible)
Especie de interés 1
Procedencia i1
Especie de interés 2
Procedencia i2
[...]
Especie de interés 10
Procedencia 10
Otras especies de interés
...[Hasta otras especies / procedencias 10]
Superficie de interés (ha)
Número de árboles en el experimento (aproximado)
Variables medidas del suelo (texturales, estructuras, cálculo de agua del suelo, tipo de material, porosidad...)
Variables medidas de la comunidad vegetal (especies, abundancia...)
Mediciones forestales (área basimétrica, altura, volumen cúbico, calidad...)
Mediciones de salud del bosque (estado sanitario, decaimiento, mortalidad...)
Mediciones de biodiversidad (especies o taxones específicos, otros elementos naturales...)
Otros tipos de mediciones (clima local, componentes hidráulicos del suelo, otras medidas con materiales específicos, sensores...)
Patrón de plantación (texto)
Año de instalación (XXXX)
Periodo de instalación (LISTA)
Monitoreo en curso (S/N)
Si es sí, último año (XXX)



Experimentación / Demostración
Conclusiones / Aprendizajes clave
Objetivos complementarios (más allá de la adaptación al cambio climático)
Documentación técnica complementaria disponible (S/N)
Si "Sí": enlace
Localidad
Geolocalización precisa (S/N)
X (longitud/latitud decimal)
Y (longitud/latitud decimal)
Contacto permanente (empresa)
Contacto del socio SUDOE (correo electrónico)

Tabla 7: Datos recopilados para los inventarios de silvicultura adaptativa

Nombre
Nombre de la red (si está disponible)
Especie de interés 1
Procedencia i1
[...]
Especie de interés 10
Procedencia i10
Otras especies de interés
Otras procedencias
[...]
Otra especie 10
Procedencia os10
Objetivo principal: selvicultura adaptativa
Tratamiento silvícola o selvicultura adaptativa
Especifique si es "Otro"
Descripción del protocolo
Variables medidas del suelo (texturales, estructurales, cálculo de agua del suelo, tipo de material, porosidad...)
Variables medidas de la comunidad vegetal (especies, abundancia...)
Mediciones forestales (área basimétrica, altura, volumen cúbico, calidad...)
Mediciones de salud del bosque (estado sanitario, decaimiento, mortalidad...)
Mediciones de biodiversidad (especies o taxones específicos, otros elementos naturales...)
Otros tipos de mediciones (clima local, componentes hidráulicos del suelo, otras medidas con materiales específicos, sensores...)
Superficie de interés (ha)
Año de instalación (XXXX)
Monitoreo en curso (S/N)
Si es sí, último año (XXX)
Experimentación / Demostración
Parcela de control disponible (S/N)
Conclusiones / Aprendizajes clave
Objetivos complementarios (más allá de la adaptación al cambio climático)
¿El experimento cumplió los objetivos? No aún / Parcialmente / Sí / No
Documentación técnica complementaria disponible (S/N)
Si "Sí": enlace
Localidad
Geolocalización precisa (S/N)
X (longitud/latitud decimal)
Y (longitud/latitud decimal)
Contacto permanente (empresa)
Contacto del socio SUDOE (correo electrónico)

4.2.4 – Implementación de sitios

Aunque se está llevando a cabo un trabajo importante de recopilación de datos, aún es necesario realizar ensayos de plantación y gestión para garantizar la conservación de los ecosistemas forestales en el suroeste de Europa. Así, aunque este conocimiento se genere a largo plazo, los socios del proyecto COOPTREE prevén implementar dichas acciones en el futuro.

En esta acción, se prevén por ejemplo acciones de intercambio de material forestal de reproducción de especies y variedades de interés como *Abies pinsapo*, *Quercus pyrenaica*, *Castanea sativa* y otros.

Una síntesis de las 15 acciones implementadas se difundirá al final del proyecto,



siempre con el propósito de difundir el conocimiento compartido.

5.- Discusión y conclusiones

Frente a los desafíos actuales compartidos, la cooperación se presenta como una de las herramientas más poderosas para intercambiar los amplios conocimientos disponibles en los territorios y diseñar respuestas adaptativas. En el caso de los efectos del cambio climático (así como otras presiones derivadas del cambio global como la contaminación, el cambio en el uso del suelo, las especies invasoras o el desequilibrio de agentes patógenos), esta cooperación cobra aún mayor relevancia, ya que puede convertirse en una plataforma de aprendizaje ante diversas situaciones ecológicas. Además, permite abordar las modificaciones que están llevando a la convergencia de las condiciones climáticas futuras de algunas regiones con las situaciones climáticas pasadas de otras.

La necesidad de adaptación se encuentra tanto en las recomendaciones provenientes del ámbito científico (ASTIGARRAGA et al., 2024) como en los enfoques estratégicos a gran escala (IPCC, 2021). También forma parte esencial de las respuestas ofrecidas desde la gestión forestal local. Sin embargo, debido a la insuficiente difusión de los resultados (ya sean positivos o negativos), la capacidad demostrativa de las experiencias pasadas no ha sido plenamente aprovechada. Además es importante destacar que ensayos o experiencias inicialmente diseñados con otros fines pueden ofrecer hoy lecturas e interpretaciones valiosas en relación con el contexto actual de cambio climático.

En este contexto, el potencial del proyecto de cooperación INTERREG SUDOE COOPTREE es muy alto. Además del valor añadido que aporta el conocimiento mutuo y el impulso de redes entre las organizaciones asociadas y su personal, el proyecto constituye un ejemplo práctico de aplicación de las recomendaciones para hacer frente al cambio climático, un desafío común que trasciende fronteras administrativas y que, actualmente, está redefiniendo las fronteras ecológicas.

6.- Agradecimientos

El proyecto COOPTREE -Diversificación y adaptación de los bosques del suroeste de Europa al cambio climático- está cofinanciado por la Unión Europea mediante el programa de cooperación transnacional INTERREG SUDOE.

7.- Bibliografía

ASTIGARRAGA, J.; ESQUIVEL-MUELBERT, A.; RUIZ-BENITO, P.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, F.; ZAVALA, M. A.; VILÀ-CABRERA, A.; SCHELHAAS, M. J.; KUNSTLER, G.; WOODALL, C. W.; CIENCIALA, E.; DAHLGREN, J.; GOVAERE, L.; KÖNIG, L. A.; LEHTONEN, A.; TALARCZYK, A.; LIU, D.; PUGH, T. A. 2024. Relative decline in density of Northern Hemisphere tree species in warm and arid regions of their climate niches. *PNAS* 121 (28) e2314899121

BAEAU, V.; DUPOUEY, J. L.; CLUZEAU, C.; DRAPIER, J.; LE'AS, C. 2010. Climate change and the biogeography of French tree species: first results and perspectives. En: Loustau, D. (ed.). *Forests, Carbon cycle and Climate Change*. Quae, París, pp. 231-252.

BENITO-GARZÓN, M.; SÁNCHEZ, R.; SAINZ-OLLERO, H. 2008. Effects of climate on



the distribution of Iberian tree species. *Applied Vegetation Science*, 11 (2): 169-178
DOI: 10.3170/2008-7-18348.

DELPI, R.; PARGADE, J.; ROUYER, E.; VILLIERS, T.; CHAUVIN, S.; GARCÍA, V. 2022. *Lignes directrices pour l'intégration de l'adaptation au changement climatique dans la gestion forestière pyrénéenne*. OPCC-ADAPYR / FORESPIR, France.

FUNGOBE. 2023. *Criterios para el diseño de acciones de adaptación de los bosques al cambio climático en áreas protegidas. Una Guía para la Adaptación Basada en Ecosistemas*. Proyecto LIFE RedBosques_Clima. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid.

HIDALGO-TRIANA, N.; SOLAKIS, A.; CASIMIRO-SORIGUER, F.; CHOE, H.; NAVARRO, T.; PÉREZ-LATORRE, A. V.; THORNE, J. H. 2023, The high climate vulnerability of western Mediterranean forests. *Science of the Total Environment*, 895, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164983>

IPCC 2021. *Cambio climático 2021. Bases físicas. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas*. Suiza.

LENOIR, J.; GÉGOUT, J.-C.; MARQUET, P. A.; DE RUFFRAY, P.; BRISSE, H. A. Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century. *Science*, 320 (5884): 1768-1771 DOI: 10.1126/science.1156831

LINDNER, M.; GARCÍA-GONZALO, J.; KOLSTRÖM, M.; GREEN, T.; REGUERA, R.; MAROSCHEK, M.; SEIDL, R.; LEXER, M. J.; NETHERER, S.; SCHOPF, A. KREMER, A.; DELZON, S. 2008. *Impacts of Climate Change on European Forests and Options for Adaptation*. AGRI 2007-G4-06. Report to the European Commission Directorate General for Agriculture and Rural Development.

MedECC 2020 Summary for Policymakers. In: *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future*. First Mediterranean Assessment Report [Cramer W, Guiot J, Marini K (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, pp 11-40, doi:10.5281/zenodo.5513887.

PAMESAN, C.; YOHE, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421 (6918): 37-42 doi: 10.1038/nature01286.

SERRADA HIERRO, R.; AROCA FERNÁNDEZ, M. J.; ROIG GÓMEZ, S.; BRAVO FERNÁNDEZ, A.; GÓMEZ SANZ, V. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.

VITOUSEK, P. M. 1994. Beyond Global Warming: Ecology and Global Change. *Ecology*, 75 (7): 1861-1876 <https://doi.org/10.2307/1941591>