



GARANTIZAR LA REGENERACIÓN
Y REDUCIR EL RIESGO DE INCENDIO:
**UN RETO PARA EL FUTURO DE LOS
BOSQUES DEL SUDOESTE DE EUROPA**

ÍNDICE

	Introducción		1
	Presentación de los 9 socios del proyecto ForManRisk		2
F1	Búsqueda de soluciones para favorecer la regeneración de los rodales de los bosques litorales atlánticos de dunas y de la meseta de Las Landas		12
F2	Recomendaciones para mejora de la vitalidad de los pinares de la costa atlántica de Galicia		24
F3	Regeneración de la encina en el contexto del cambio climático		36
F4	Buenas prácticas para promover la regeneración de alcornoque (<i>Quercus suber</i> L.) en el Nordeste Transmontano (Portugal)		43
F5	Regeneración en la Duna Continental		51
F6	Adaptación territorial del método ARCHI de evaluación de la vitalidad de los árboles en los casos particulares de las masas de alcornoque (<i>Quercus suber</i>) y de pino marítimo (<i>Pinus pinaster</i>) de los sitios piloto del proyecto		63
F7	Acciones destinadas a reducir el riesgo de incendios forestales en Nueva Aquitania		72
F8	Recomendaciones para reducir los daños de los incendios en los montes de la costa atlántica de Galicia		80
F9	Regeneración tras incendio en <i>Pinus sylvestris</i>		93
F10	Gestión forestal de áreas de pino marítimo (<i>Pinus pinaster</i> Ait.) regeneradas después de incendio en el Norte de Portugal		99
F11	Prevención de incendios en la Duna Continental		108
F12	Generación de una red de rodales modelo y herramienta en la toma de decisiones silvícolas para la prevención de Grandes Incendios Forestales		116
	Conclusión		125

Fotos de portada:

1) En la parte superior izquierda: España – Galicia – JM Regueiro Fernández.

2) En la parte superior derecha: Portugal – Bosque de Seiros – UTAD.

3) En la parte inferior izquierda: Francia – Meseta landesa – ONF.

4) En la parte inferior derecha: Francia – Bosque de alcornoques Pirineos Orientales – IML.

INTRODUCCIÓN



Los bosques son un ecosistema complejo. Evolucionan y cambian en función de la fase de desarrollo de los árboles. Los cambios climáticos actuales y futuros hacen que los bosques sean cada vez más vulnerables a los episodios de sequía y que se complique su regeneración. La sequía, unida a la creciente presión social, aumenta también el riesgo de incendios, lo que compromete esta etapa crucial de regeneración. La falta de regeneración podría afectar a una parte importante de los bosques del territorio.

En el marco del programa Interreg Sudoeste 2014-2020, un plan de financiación europeo que apoya proyectos de **cooperación transnacional** para abordar problemas comunes, 9 socios franceses, españoles y portugueses han unido sus fuerzas para ejecutar un proyecto conjunto entre 2019 y 2023 (véase la presentación de los 9 socios a delante). El proyecto ForManRisk: Gestión Forestal y Riesgos Naturales ha permitido abordar el proceso de regeneración en el contexto doblemente restringido

de los incendios forestales y los repetidos episodios de sequía, con el fin de aportar soluciones operativas y mutualizables.

Así, el proyecto ForManRisk ha permitido :

- crear una red de bosques piloto y lugares de demostración,
- experimentar con nuevas técnicas de regeneración y gestión de riesgos,
- desarrollar herramientas de gestión modernas y compartidas,
- compartir, intercambiar y comunicar sobre la gestión forestal y los trabajos de investigación desarrollados entre los profesionales y el público en general a escala del suroeste de Europa y más allá.

Esta guía de recomendaciones es una de las herramientas para difundir y compartir el trabajo realizado por todos los socios del proyecto en las dos principales áreas de trabajo: la regeneración forestal y el riesgo de incendios.

PRESENTACIÓN DE LOS 9 SOCIOS DEL PROYECTO FORMANRISK



Office National des Forêts

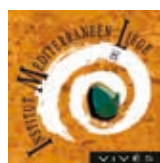
DEMAIN PREND RACINE
— AUJOURD'HUI —

Office National des Forêts
(Chef de file - Francia)

CTFC



Consorci Centre de Ciència i Tecnologia
Forestal de Catalunya (España)



Institut Méditerranéen
du Liège (Francia)

utad

Universidade de Trás-os-Montes
e Alto Douro (Portugal)



INRAE

Institut National de Recherche pour l'Agriculture,
l'Alimentation et l'Environnement (Francia)

AFG

Asociación Forestal de Galicia

Asociación Forestal
de Galicia (España)



Gistree. Sistemas de Informação
Geográfica, Floresta e Ambiente (Portugal)



DIPUTACIÓN
DE **ÁVILA**

Asuntos Europeos, Energía y Turismo

Diputación de Ávila
(España)



Sociedad Aragonesa de Gestión
Agroambiental (España)





Office National des Forêts
(Chef de file - Francia)



HISTORIA • CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA NIVEL DE INTERVENCIÓN

La Oficina Nacional Forestal, creada en 1966, es una Entidad Pública de Carácter Industrial y Comercial (EPIC) que está bajo la doble tutela del ministerio de agricultura y medioambiente.

La ONF es un actor importante en el sector forestal. Gestiona aproximadamente 11 millones de hectáreas de bosques públicos (del Estado y de las colectividades territoriales). Está repartida en 6

direcciones territoriales (DT) en Francia Continental y 6 direcciones en las colectividades de ultramar.

La Agencia Landas Norte Aquitania (LNA) es una agencia de la Dirección Territorial Centro-Oeste-Aquitania. Está ubicada en Bruges (33) y lidera el proyecto ForManRisk. Gestiona especialmente los bosques públicos de los bosques dunares atlánticos y de la meseta landesa.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



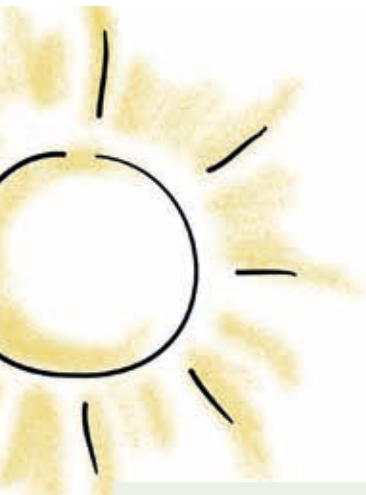
La multifuncionalidad de los bosques requiere competencias y experiencias múltiples y complementarias, adaptadas a los retos económicos, ecológicos, sociales y culturales existentes.

Las misiones de la ONF están diversificadas:

- **La explotación forestal** es la misión principal de la ONF. El 35 % del volumen de madera francesa, es decir, 15 millones de m³ recolectados al año, están gestionados por la Entidad.
- **La protección de los hábitats y de la biodiversidad** también es fundamental. La

creación y la gestión de reservas (una reserva nacional y dos reservas biológicas en el interior de la agencia LNA) es una de las herramientas de gestión y de protección utilizada por la ONF.

- **La atención y la sensibilización del público**, especialmente en el litoral, también es importante. La Oficina dirige la creación y el mantenimiento de Planos Playa, de carriles bici, senderos.
- **El seguimiento y la gestión de los riesgos** de erosión, incendios y tormentas también son esenciales para proteger los bosques, la población y los entornos asociados.



Institut Méditerranéen
du Liège (Francia)



HISTORIA • CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA NIVEL DE INTERVENCIÓN

El Instituto Mediterráneo del Corcho (IML) es una organización sin ánimo de lucro creada en 1993, en Vivès, en los Pirineos Orientales (Francia), con el fin de acompañar la reactivación del sector local del corcho, desarrollando herramientas técnicas destinadas a los propietarios de los

bosques de alcornoques y dirigir proyectos de cooperación con otras regiones productoras de corcho, tanto en Francia como en el extranjero. Cuenta con una amplia red de socios en regiones y en la mayoría de los países dónde está presente el alcornoque.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



La gran diversidad de **las misiones del IML** refleja la extraordinaria multifuncionalidad de los bosques de alcornoques y de las problemáticas asociadas, entre los que destacan el cambio climático y el consiguiente aumento del riesgo de incendio. En estas condiciones se inscribe la participación del IML al proyecto ForManRisk que, específicamente, aspira a mejorar las técnicas de gestión y de regeneración de los bosques, mediante las siguientes acciones:

- Desarrollo de una **herramienta de evaluación del estado sanitario y de las capacidades de resiliencia del alcornoque y del pino**

marítimo según el estudio de la arquitectura de la parte superior del árbol, adaptada al contexto de los bosques mixtos de Aquitania y de las masas agrosilvopastoriles de la península Ibérica;

- Identificación **y testeo** de nuevas tecnologías para la regeneración artificial del alcornoque;
- Muestrario de masas de pino marítimo para el estudio de su capacidad de resistencia al estrés hídrico por parte del INRAE (socio del proyecto).



Institut National de Recherche pour l'Agriculture,
l'Alimentation et l'Environnement (Francia)



HISTORIA • CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA NIVEL DE INTERVENCIÓN

Creado en 1946, el INRA, el Instituto nacional de Investigación agronómica, era un organismo francés de investigación en agronomía. El 1 de enero del 2020, el Instituto se une con el IRSTEA para formar el Instituto Nacional de Investigación para la agricultura, la alimentación y el medioambiente y se convierte en el **INRAE (FR)**.

El INRAE está bajo la doble tutela del ministerio a cargo de la Investigación y del ministerio a cargo de la Agricultura y tiene el estatuto de Establecimiento

Público de carácter Científico y Tecnológico (EPST en Francia).

Primer instituto de investigación agronómica en Europa y segundo en el mundo en cuanto a número de publicaciones en ciencias agrícolas, plantas y animales, el INRAE declara dirigir investigaciones orientadas hacia una alimentación sana y de calidad, para una agricultura sostenible y para un medioambiente protegido y valorizado.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



La **UMR BIOGECO (FR)** (Unidad Mixta de Investigación BIOGECO, Biodiversidad, Genes y Comunidades) tiene un programa de investigación orientado hacia el análisis de la estructura, función y evolución de la biodiversidad en diferentes niveles biológicos (de los genes a las comunidades de organismos) en una perspectiva de gestión sostenible de los recursos y de los medios. Las investigaciones se desarrollan en 7 equipos temáticos apoyados por 4 polos de competencias profesionales que tienen como ambición común promover el **análisis integrado de la diversidad biológica**, considerando las **interacciones entre especies, poblaciones e individuos como motores de su evolución**.

Las misiones de la **UMR BIOGECO** son **estrictamente la investigación, enseñanza y vulgarización**. Basándose en los conceptos de la ecología y de la biología evolutiva, una parte de los conocimientos generados se concreta por **estrategias de gestión adaptativas de los ecosistemas terrestres y contribuye a esclarecer las políticas públicas sobre los grandes retos relacionados con los cambios globales**. En el marco del proyecto ForManRisk, el INRAE centra sus investigaciones en la resistencia al estrés hídrico de las principales especies instaladas entre los socios.



Gistree. Sistemas de Informação Geográfica, Floresta e Ambiente (Portugal)



HISTORIA • CREACIÓN SOCIAL LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA NIVEL DE INTERVENCIÓN

Gistree es una microempresa, con un fuerte componente tecnológico, fundada en 2010 por los actuales socios y directores, Pedro Ferreira y Marco Magalhães. Su objetivo es desarrollar y ofrecer, desde Vila Real, servicios de valor añadido basados en las tecnologías de los sistemas de información

geográfica (SIG), cartografía y teledetección. Gracias a su formación universitaria en ingeniería forestal, los socios proporcionan también servicios especializados para el sector forestal en el seno de Gistree Lda.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



La principal misión de Gistree es promover y difundir el uso de los sistemas de información geográfica, especialmente aquellos que usan tecnologías OpenSource. De este modo, Gistree puede ofrecer un servicio libre de toda obligación en cuanto al uso de las licencias, con toda la flexibilidad que permite este tipo de herramientas.

La oferta de servicios especializados también forma parte de las misiones de Gistree. Más allá de los servicios relacionados con la generación de soluciones basadas en los SIG, realizamos también: cartografías en función de las actividades de nuestros clientes, imaginería aérea con el uso de drones, termografía de paneles solares, inventarios forestales y otros inventarios florísticos. En el marco

del proyecto ForManRisk, Gistree contribuyó al desarrollo de una aplicación WebSIG en la cual aparece información sobre los sitios de experimentación pilotos y de muestreo. En esta aplicación WebSIG, también ha sido desarrollada una herramienta de simulación de la propagación del fuego. De esta manera, gracias a una interfaz simplificada, es posible predecir el comportamiento de un fuego en cualquier lugar de la zona de operación del proyecto.

En resumen, nuestra misión es promover la integración de las soluciones Gistree como herramientas fundamentales para las actividades de nuestros clientes, para hacerlas más eficientes y competitivas.



Sociedad Aragonesa de Gestión
Agroambiental (España)



HISTORIA • CREACIÓN DEL SOCIO POSICIÓN GEOGRÁFICA ESCALA DE INTERVENCIÓN

Sarga es una Sociedad instrumental del Gobierno de Aragón, un medio propio personalizado. Nuestra fuerte especialización en materia agraria, ganadera y medioambiental surge tras años de experiencia y

trabajo al servicio de las políticas de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente en el ámbito de actuación del territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



En el ámbito de la gestión forestal, desde SARGA se trabaja de forma muy amplia con los servicios forestales del territorio aragonés. Tenemos una gran experiencia en prevención y extinción de incendios forestales, gracias a que nuestros servicios se componen de un operativo de cuadrillas terrestres, helitransportadas, vigilantes, autobombas, emisoristas y capataces.

A su vez en Sarga somos responsables del desarrollo de servicios forestales como tratamientos selvícolas en espacios naturales y montes gestionados por el Gobierno de Aragón, tratamientos cuturales en choperas, gestión y seguimiento de cotos de caza y pesca, gestión de piscifactorías, control de la

sanidad forestal y formación forestal. Además, desarrollamos todo tipo de obras forestales que tienen como objetivo básico y principal la puesta en marcha de todas las infraestructuras necesarias enmarcadas en la defensa y mejora del medio natural como recurso básico, no solo para la prevención de incendios, sino para el desarrollo del medio rural.

En esa línea, nuestros trabajos en el marco del proyecto Interreg Sudoe ForManRisk han ido encaminados a la generación de una red de rodales modelo y una herramienta en la toma de decisiones silvícolas para la prevención de Grandes Incendios Forestales.

CTFC

Consorti Centre de Ciència
i Tecnologia Forestal de Catalunya
(Espanya)



HISTORIA • CREACIÓN DEL SOCIO POSICIÓN GEOGRÁFICA ESCALA DE INTERVENCIÓN

El Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC), creado en 1996, es un centro de investigación CERCA, acreditado como agente TECNIO y adscrito a la Generalitat de Catalunya, con la que se relaciona a través del Departamento competente en materia de bosques. Además, es socio y miembro de diversas organizaciones a nivel nacional e internacional.

El CTFC es un equipo multidisciplinar experto en ciencia y tecnología forestal, biodiversidad y

bioeconomía, que centra su actividad en la gestión y la conservación de los ecosistemas desde una perspectiva ambiental, económica y social.

El equipo del Área de Gestión Forestal Sostenible (AGS) es socio del proyecto ForManRisk, del cual lidera el grupo de trabajo de regeneración y las acciones desarrolladas en la Duna Continental.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



La misión del CTFC es realizar ciencia relevante para la gestión forestal sostenible, la biodiversidad y la bioeconomía circular.

Objetivos estratégicos:

- Contribuir a la modernización y a la competitividad del sector forestal
- Impulsar el desarrollo rural
- Desplegar la bioeconomía circular europea

- Promover modelos de gestión sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad
- Desarrollar ciencia aplicada en las relaciones medio natural, salud de los ecosistemas y salud humana-bienestar
- Integrar la valoración de los recursos naturales en los modelos socioeconómicos

utad

Universidade de Trás-os-Montes
e Alto Douro (Portugal)



HISTORIA • CREACIÓN DE LA ESTRUCTURA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA NIVEL DE INTERVENCIÓN

La universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) es una universidad pública desde 1986. Esta institución está ubicada en la ciudad de Vila Real, al noreste de Portugal.

La UTAD es reconocida como una referencia en el sistema universitario portugués, dedicada a la creación, la transmisión y la difusión de la cultura, del conocimiento y de la ciencia. Ubicada en una región en desarrollo, promueve el espíritu empresarial, en estrecha colaboración con la comunidad, sus

organismos, sus instituciones y sus negocios, profundiza en el conocimiento científico, desarrolla tecnologías y trata de dar respuestas a problemáticas mundiales, nacionales y regionales. La UTAD está dividida en 5 escuelas: Ciencias agrícolas y veterinarias, ciencias humanas y sociales, ciencias y tecnología, ciencias de la vida y del medioambiente y enfermería. La investigación está dirigida por diferentes institutos de investigación.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



La UTAD, como establecimiento público de enseñanza superior, tiene las siguientes misiones:

- La construcción de un mundo mejor, más desarrollado, libre y equitativo, gracias al valor del conocimiento que produce y pone al servicio de la sociedad, en perfecta armonía con la naturaleza.
- Gracias a la calidad de su enseñanza y a la transmisión de los principios de ciudadanía activa, al respeto a la vida y a la naturaleza: ofrecer a todos los estudiantes la mejor experiencia global de aprendizaje, preparando profesionales competentes, seres humanos con conciencia social, integrados y autónomos.
- Generar y difundir conocimientos científicos innovadores, como acelerador del desarrollo económico y la mejora de la calidad de vida de

las personas (un factor importante de cohesión territorial).

La formación impartida en el ámbito de la ingeniería forestal y de las ciencias forestales, así como las investigaciones dirigidas por docentes e investigadores de la UTAD en estos campos de conocimiento, están debidamente reconocidas tanto a nivel nacional como internacional. Esta especialización en ciencias forestales legitima la participación de la UTAD como socio importante del proyecto ForManRisk, contribuyendo al progreso científico perseguido por el proyecto de gestión sostenible de los bosques en un escenario de riesgo.



Asociación Forestal
de Galicia (España)



HISTORIA • CREACIÓN DEL SOCIO POSICIÓN GEOGRÁFICA ESCALA DE INTERVENCIÓN

La Asociación Forestal de Galicia (AFG) es una asociación privada sin ánimo de lucro, creada en Santiago de Compostela en 1986. Agrupa a propietarios forestales particulares y comunidades de montes vecinales en mano común de Galicia.

Sus fines principales son defender los intereses profesionales de sus miembros, representarlos ante las Administraciones públicas, la industria forestal y las entidades relacionadas con el sector forestal, así como realizar todas aquellas actividades

que mejoren la silvicultura y la gestión sostenible de los montes de sus socios y que contribuyan a aumentar la rentabilidad y calidad de los recursos forestales gallegos.

Es socia fundadora de la Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España (COSE) y de la Unión de Selvicultores del Sur de Europa (USSE) y a través de ellas forma parte del CEPF y del EFI.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



La AFG se ocupa de prestar apoyo y asistencia técnica a los silvicultores en todas aquellas cuestiones relacionadas con el monte y la propiedad: asesoramiento y asistencia técnica en materia forestal, la gestión de montes (vecinales y particulares) y asesoramiento jurídico, fiscal y administrativo en el ámbito forestal y formación en gestión forestal sostenible, entre otros.

Atendiendo a las demandas de sus asociados, desde su creación la AFG ha desarrollado y participa en numerosas iniciativas que han contribuido y

contribuyen a aumentar el valor añadido de los bienes, productos y recursos generados en los montes gallegos y la protección de éstos frente a las principales amenazas que les acechan en un contexto de cambio de las condiciones climáticas (plagas, enfermedades, sequía persistente, vendavales) y sobre todo el incremento del riesgo y virulencia de los incendios forestales. Los propietarios forestales, más que nadie, necesitan un monte resiliente.



DIPUTACIÓN
DE **ÁVILA**

Asuntos Europeos, Energía y Turismo

Diputación de Ávila
(España)



HISTORIA • CREACIÓN DEL SOCIO POSICIÓN GEOGRÁFICA ESCALA DE INTERVENCIÓN

Diputación de Ávila es la entidad local que aglutina a los 247 municipios de la provincia de Ávila. La provincia de Ávila se sitúa en el centro de España, incluida en la comunidad autónoma de Castilla y León.

Los sectores clave de actividad se basan en la producción primaria, agrícola, ganadera y forestal, la transformación de productos agroalimentarios y el turismo.

La provincia se constituye como un elemento con múltiples posibilidades para el estudio de distintos aprovechamientos forestales ya que reúne en su superficie varias bioregiones con distinta evolución y condiciones y multitud de ecosistemas y distintas realidades bioclimáticas.



MISIONES • ACTIVIDADES PRINCIPALES



Diputación de Ávila, a través del Área de Asuntos Europeos, Energía y Turismo, desarrolla distintas actividades relacionadas con la promoción de la provincia mediante la puesta en valor de recursos y la búsqueda de oportunidades para el desarrollo.

En relación a los aspectos forestales, trabaja en :

- Acciones de prevención de incendios, con atención a la seguridad de municipios y ciudadanos, mediante acciones de promoción de planes de defensa municipales y de adopción de planes de protección en interfaz urbano - forestal.

- Promoción de actividades de agrupación forestal para la puesta en valor de terrenos forestales sin uso.
- Desarrollo de actividades de mitigación del cambio climático mediante la producción forestal y de mitigación del cambio climático poniendo en valor los bosques de la provincia.
- Promoción de acciones de desarrollo sostenible en bosques como aprovechamientos micológicos, promoción de turismo sostenible, protección de la biodiversidad, etc.

Interreg

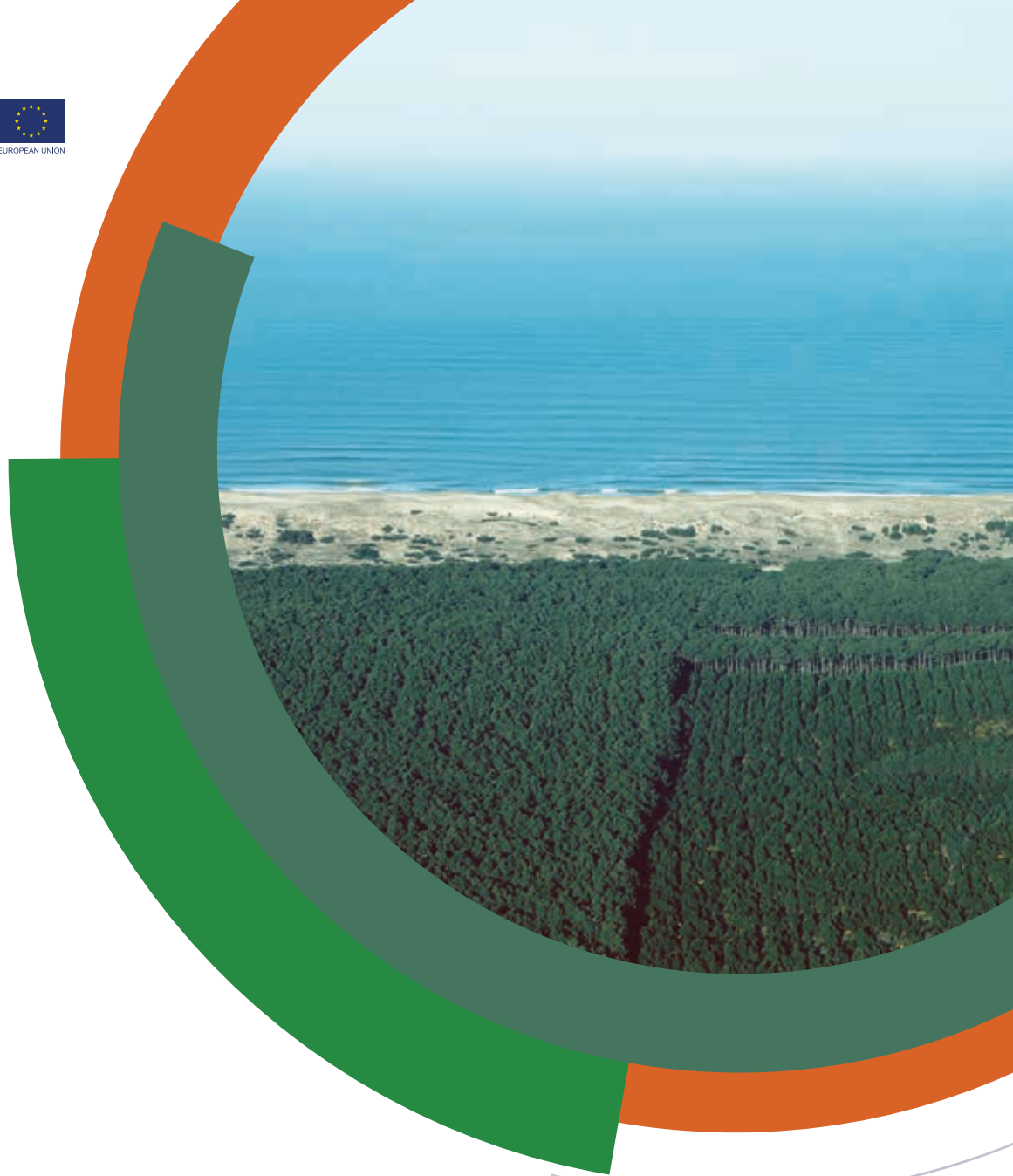


Sudoe



ForManRisk

European Regional Development Fund



FICHA 1

**BÚSQUEDA DE SOLUCIONES
PARA FAVORECER**

**LA REGENERACIÓN
DE LOS RODALES DE
LOS BOSQUES LITORALES
ATLÁNTICOS DE DUNAS Y
DE LA MESETA DE LAS LANDAS**

CONTEXTO GEOGRÁFICO

La zona de estudio incorpora parcialmente **las silvo-ecorregiones de las Landas de Gascuña (F21)** y de las dunas atlánticas (F22) situadas en la región francesa de Nueva Aquitania.

Las dunas atlánticas son una estrecha franja arenosa de 230 km de longitud que se extiende desde el norte del departamento de Loira Atlántico hasta la costa vasca. Cuentan con una vegetación herbácea abierta cercana al océano, seguida de un bosque de protección de pino marítimo (*Pinus pinaster*), que representa 96.000 ha de las cuales, el 82 % son arboladas. Sus suelos son particularmente filtrantes y ácidos.



Según el catálogo de estaciones, la duna arbolada incluye, esencialmente (incluyendo todas las propiedades):

- **estaciones secas muy oligotróficas** (muy pobres en nutrientes minerales) (estación 233: el 81 % de la superficie);
- **estaciones bastante secas oligotróficas** (estación 232: el 7 % de la superficie);
- **estaciones mesófilas** (el crecimiento es óptimo a temperaturas entre 20 y 45 °C – Estaciones 231: el 1 % de la superficie).



menudo con un nivel de alios característico de Las Landas de Gasuña, una arenisca típica formada por concreción en los depósitos sedimentarios. Con frecuencia son hidromorfos, es decir, están saturados de agua, y en su práctica totalidad se utilizan para la silvicultura del pino marítimo.



Existen diferentes unidades estacionales en la meseta de Las Landas que se distinguen, especialmente, por la profundidad de la capa freática:

- La "landa húmeda" es mayoritaria (el 44 %): el nivel freático varía entre la superficie y -40 cm de profundidad;
- La "landa mesófila" (el 33 % de la superficie) es una situación intermedia: el nivel freático se sitúa a +/- 80 cm
- La "landa seca" (el 14 %): la capa freática tiene una profundidad mínima de 1,50 m.

Los bosques de la meseta de Las Landas bordean la costa atlántica. Forman un triángulo, desde Soulac (en el departamento 33, Gironde) hasta Hossegor (departamento 40, Las Landas), extendiéndose hasta Nérac (departamento 47, de Lot y Garona), con una amplia meseta de 1,2 millones de hectáreas, de inclinación sureste/noroeste, y con una altitud media de 50 metros. Los bosques llamados "artificiales" se extienden a lo largo de 870.000 hectáreas (fuente IGN: Institut Géographique National, Instituto Geográfico Nacional).

Están situados en su totalidad sobre la arena de Las Landas. Sus suelos son ácidos, de tipo podsol, a

Las dunas litorales de Gasuña se distinguen de la meseta de Las Landas porque los objetivos de gestión son, a la vez, ambiciosos y múltiples (la protección física y biológica, la bienvenida o acogida de los visitantes y la producción), a diferencia de la meseta de Las Landas, donde el objetivo de producción es claramente predominante y se basa en el monocultivo del pino marítimo.



CONTEXTO FORESTAL

El complejo dunar está formado por hábitats que tienden a discurrir paralelos a la línea de la costa, ya que están condicionados por los cambios graduales de salinidad y viento.



Los hábitats de bosque dunar se encuentran en las dunas y en franjas arboladas (llamadas lettes de forma local) y pueden encontrarse:

- El bosque dunar de pino marítimo y encina;
- El pinar marítimo en las dunas costeras;
- El bosque dunar de pino marítimo y alcornoque;
- Alisedas, abedulares y robledales pedunculados en los suelos encharcados de las dunas costeras.

Esta unidad estacional se caracteriza por la **omnipresencia del pino marítimo que domina claramente el estrato arbóreo**. Mezclados, más a menudo en el sotobosque, están presentes el roble común o albar (*Quercus robur*), la encina (*Quercus ilex*), al norte de la bahía de Arcachon, el alcornoque (*Quercus suber*), al sur de la bahía de Arcachon, y una vegetación oligotrófica: madroño (*Arbutus unedo*), brezo de escobas (*Erica scoparia*), brezo ceniciento (*Erica cinerea*), retama negra o escoba rubia (*Cytisus scoparius*) y tojo (*Ulex europaeus*). En las variantes mesófilas, la vegetación oligotrófica se sustituye por el helecho águila (*Pteridium aquilinum*), el acebo (*Ilex aquifolium*) y el espino blanco (*Crataegus* spp.).

Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN) la gran mayoría de **las zonas forestales denominadas de producción**, están compuestas por rodales de

pino marítimo (el 98 %). Por tanto, la proporción de masas caducifolias se limita al 1 o 2 %. Una parte importante del pinar marítimo puede presentar una **mezcla de roble común o albar, de encina (en Gironde) y de alcornoque (en Las Landas)**. Por tanto, la proporción de árboles caducifolios en las dunas arboladas es mucho mayor si se considera también el sotobosque.

Históricamente, a principios del siglo XIX, las dunas costeras se arbolaban para **proteger a las personas y los bienes**. Posteriormente, durante los siglos XIX y XX, se añadió la función de **producción de resina y de madera**. Finalmente, después de los años 1970 y el desarrollo del turismo en la costa, la **acogida de visitantes** se convirtió en una nueva función con un gran interés para la duna arbolada: a lo largo de décadas, el bosque litoral se ha convertido, por tanto, en un bosque multifuncional que conviene gestionar de forma sostenible para poder seguir garantizando estas funciones.



El objetivo, por tanto, es **implantar una gestión multifuncional** de los bosques de dunas para que puedan responder a los siguientes

grandes desafíos:

- Protección contra la erosión marina y eólica;
- Producción de madera: mantener la oferta del sector maderero en complementariedad con el resto del macizo;
- Protección biológica: proteger un patrimonio natural notable (dunas no arboladas, humedales), favorecer la mezcla entre coníferas y frondosas en la gestión forestal actual, establecer islas de senescencia y de envejecimiento;
- Recepción y acogida del público: acoger a los visitantes en buenas condiciones de seguridad y en un marco de calidad paisajística y turística.

Dado que el **pino marítimo** es una **especie heliófila pionera**, el **tratamiento en silvicultura regular se adapta especialmente bien a él**. En la actualidad, la regeneración de las masas en las dunas de Gascuña se realiza sobre todo mediante regeneración natural. La edad de aprovechamiento de las masas se determina en función del nivel de fertilidad del lugar y de los objetivos atribuidos al rodal. Varía de 50 a 130 años en función de dichos objetivos.

La meseta de Las Landas se caracteriza por la mayor tasa de repoblación forestal Francia (el 74 %) y una superficie de cerca de un millón de hectáreas antes de las tormentas de 1999 y de 2009; aunque actualmente no supera las 870.000 ha.

La producción de madera está muy orientada hacia el pino marítimo, magníficamente adaptado a las condiciones locales. Pero este no es exclusivo ni en el paisaje ni en las parcelas. Así, en 2010, según los datos del Inventaire Forestier National (Inventario Forestal Nacional, también conocido por las siglas IFN en francés), los bosques predominantemente caducifolios representaban el 15 % de la superficie

forestal del macizo de Las Landas. En el mismo periodo y según la misma fuente, el 76 % de los pinares de Aquitania estaban considerados como monoespecíficos.

Sólo tres especies tienen superficies realmente significativas: el roble común o albar, con la mitad de la superficie, ocupa del orden de 165.000 ha, después vendría el melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica*) con 42.000 ha, y por último el castaño (*Castanea sativa*), con 30.300 ha.

En general, el objetivo principal de los bosques de la meseta de Las Landas sería la producción de madera comercial de pino marítimo de calidad, con una producción intermedia de madera para uso industrial. A ciertas zonas, caracterizadas por la presencia de entornos singulares (bosques de ribera, lagunas, bosquetes o sotos caducifolios, humedales, landas o páramos abiertos...) se les habrá asignado un objetivo de conservación de entornos y especies singulares. Por último, hay algunos bosques en los que, en ocasiones, está justificado que exista un objetivo de recepción y acogida del público.



| La meseta de Las Landas.

GESTIÓN FORESTAL Y FACTORES QUE LIMITAN LA REGENERACIÓN

La gestión forestal del **cinturón dunar** debe, por tanto, incluir varios retos multifuncionales. Para conseguirlo, la preservación de la diversidad genética de las masas y de la biodiversidad asociada es primordial. En los bosques de dunas atlánticas se sigue favoreciendo la regeneración natural de las masas.

El objetivo principal es la producción de madera, que está basado, sobre todo, en la economía forestal. La acogida del público en un contexto costero es importante, sobre todo en el periodo estival, pero tiene que realizarse de manera segura y controlada. En estos espacios (los que limitan con los accesos a la playa, los aparcamientos...) se practican rotaciones de talas más largas (que varían en diez años dependiendo del contexto local) con el fin de mantener el ecosistema forestal y reducir el impacto paisajístico. La protección contra la erosión también es un objetivo determinante, motivo por el cual las opciones de gestión se orientan hacia la libre evolución de las masas más cercanas a la costa.

Históricamente, para regenerar las masas forestales de forma natural en las dunas atlánticas, eran práctica común las llamadas talas o cortas a hecho.

La corta a hecho se practica en zonas en las que no se hayan observado fallos en la regeneración. La denominada corta por bosquetes se realiza en superficies pequeñas de 3 a 4 hectáreas. Los rodales maduros cercanos contribuyen a la siembra. Adicionalmente, se pueden realizar siembras de seguridad (3 kg/ha) en rodales con un objetivo de producción definido.

Ahora bien, con la evolución climática actual, las cortas a hecho ya no pueden seguir siendo el único modelo. De hecho, su éxito disminuye e incluso es motivo de fracaso en ciertos casos.



Fustal sobre cepas de encina con fin recreativo – protector.



Joven regeneración natural de pino marítimo.



Regeneración natural de pino marítimo en una corta por aclareo sucesivo uniforme.

La regeneración natural cada vez es más difícil. Desde hace unos quince años, se han venido observando dificultades de regeneración en una amplia zona gestionada por la Oficina Nacional de Bosques (ONF, por sus siglas en francés), concretamente 11.000 ha. Múltiples impactos ligados a factores bióticos y abióticos (estrés hídrico, olas de calor, aumento de la presión cinética, ataques de plagas o patógenos) aparecen o aumentan con el cambio climático.

Se deben tener en cuenta estos factores y anticipar su aparición cuando sea posible (con el uso de modelos de cambio climático como la herramienta "Climessences", por ejemplo). Así pues, la gestión forestal de las dunas atlánticas en el futuro deberá permitir controlar estos impactos o bien adaptar las opciones elegidas en todas las etapas del proceso de renovación de las masas para garantizar su éxito.

Cada etapa del proceso de regeneración natural puede verse afectada. La producción de semillas depende, principalmente, de los árboles productores preservados (edad y tamaño de las copas) en combinación con las condiciones meteorológicas y la depredación (por ejemplo, chinches). La reserva de semillas en el suelo dependerá, asimismo, del proceso de dispersión de las mismas, que a su vez está ligado a los modos de dispersión existentes en los alrededores (el viento, los animales) y a las características propias de cada semilla. El paso del estado latente al desarrollo de una plántula constituye lo que llamamos germinación, y ésta también se ve condicionada por las condiciones ambientales y climáticas.

El objetivo general del proyecto ECODUNE (Ecología de la instalación del pino marítimo en los bosques de dunas de Aquitania) era identificar los procesos ecológicos responsables de los fallos de instalación en determinados bosques del cinturón dunar de Aquitania. Se llevó a cabo entre 2015 y

2018 con la participación de tres socios de investigación: el Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), Bordeaux Science Agro y la École Nationale Supérieure en Environnement, Géoresources et Ingénierie du Développement durable (ENSEGID).

Para llevar a cabo este estudio, se seleccionaron una serie de emplazamientos experimentales en los que se llevarían a cabo los experimentos: Lacanau, Lège, Biscarrosse, Sainte-Eulalie y Saint-Julien.

Los resultados muestran que la siembra parece ser la mejor práctica para el éxito de la regeneración en todo el bosque dunar, especialmente en las zonas de alto fracaso. La presencia de plántulas prolonga la duración de la germinación y ofrece un refugio que atenúa los efectos de la insolación. La adición de plántulas también puede considerarse en caso de posibles fallos en los cortes de siembra.

Esta segunda parte del estudio mostró las interacciones entre las plántulas de pino y el sotobosque de madroño. Las sutilezas de estas interacciones entre plantas son tanto directas como indirectas. Estas dos especies están implicadas en interacciones de varios tipos: desde la facilitación directa mediante un efecto del madroño en el microclima que mejora la supervivencia de los pinos jóvenes de forma temporal a comienzos del verano, hasta una competencia hídrica cuando avanza la estación, que gana importancia entre las dos especies y que provoca un aumento de la mortalidad de las plántulas al final del estío.

Estas dos actuaciones nos aportan perspectivas de adaptación y de mejora que favorecen la regeneración de las masas de pino marítimo en las zonas dunares frente al cambio climático.



En la **meseta de Las Landas**, el objetivo es, por tanto, aplicar una gestión multifuncional. Estos bosques cultivados se gestionarán con los métodos de la silvicultura intensiva garantizando al mismo tiempo el mantenimiento de la fertilidad de los suelos. Estos itinerarios silvícolas se basan en la generalización del trabajo del suelo, la fertilización fosfatada, la extensión de las plantaciones para aprovechar al máximo el progreso genético y, finalmente, el control de la vegetación gracias a los avances de la mecanización.

Para ciertas clases de potencialidad se mantienen dos objetivos de producción:

- La producción de **madera de calidad** con un diámetro aprovechable de **40 cm**, que es el caso general;
- La producción de **madera aserrada secundaria y/o de productos de papel** con un diámetro aprovechable de **35 cm**.

En general, **con 4 clareos como máximo**, se consigue que los rodales tengan una densidad final de 300 pies por hectárea en 35 a 50 años.



La gestión forestal de la meseta de Las Landas se basa principalmente en la regeneración artificial del pino marítimo mediante plantaciones. El éxito de una plantación depende de la atención particular que se presta a todas las etapas: desde la preparación de los suelos hasta la siembra de las plantas.

1) La preparación del suelo: debe hacerse correctamente, teniendo en cuenta el tipo de emplazamiento y el terreno, para que las plantas se asienten en la zona lo mejor posible (desarrollo de las raíces, ubicación).

2) La calidad de las plantas es importante y depende de muchos factores, algunos de los cuales se pueden controlar: la variedad, el tipo de planta (en contenedor o a raíz desnuda) y su desarrollo. La elección de la variedad es determinante, sobre todo en contexto de cambio climático.

Comprender otros factores puede ser más difícil, pero pueden alterar la calidad de las plantas: sustrato, itinerario técnico en el vivero, edad de las plantas, calidad de la implantación.

3) La plantación debe realizarse durante el periodo otoñal, excepto en las parcelas muy húmedas (anegamiento). El trabajo del suelo

debe realizarse de acuerdo con el tipo de landa (húmeda, mesófila o seca) según ITTS, ONF.

En la actualidad, la regeneración de las masas de pino marítimo en la meseta de Las Landas no plantea problemas, aparte de los contextos climáticos particulares (sequías y olas de calor). Se constatan pocos casos de regeneración fallida, especialmente gracias a la frugalidad de la especie que se adapta a suelos pobres.

Existe el riesgo de que el cambio climático ejerza un impacto en estas regeneraciones naturales y/o artificiales. La subida de las temperaturas y el descenso de las precipitaciones serán los principales factores susceptibles de reducir las tasas de éxito (estrés hídrico, radiación solar, calor intenso). Es posible que aparezcan, se acentúen y se generalicen muchos impactos relacionados con los factores bióticos (aumento de la presión cinegética, ataques de plagas o de patógenos) asociados a las alteraciones climáticas. Con el propósito de anticipar estas evoluciones e investigar soluciones de adaptación, se están creando plantaciones experimentales.

ENSAYO EXPERIMENTAL

Con el fin de encontrar soluciones de adaptación al clima del mañana y garantizar la renovación de las masas de pino marítimo, la ONF lleva a cabo experimentaciones centradas en limitar los obstáculos relacionados con el estrés hídrico durante el periodo estival que afectan a la renovación de las masas. Los brotes o plántulas tienen dificultades para sobrevivir.

El estudio previo realizado en el marco del proyecto ECODUNE tenía como objetivo identificar los procesos ecológicos responsables de los fallos de regeneración observados en numerosos

bosques costeros. Este proyecto también permitió proponer itinerarios seguros, teniendo en cuenta los factores negativos identificados, con el fin de obtener regeneraciones naturales que garanticen la renovación de las masas.

La experimentación realizada en el marco del proyecto ForManRisk se ha llevado a cabo en dos etapas:

- identificación de las procedencias a comparar y de los análisis comparativos buscados,
- creación de un dispositivo dedicado a la experimentación.

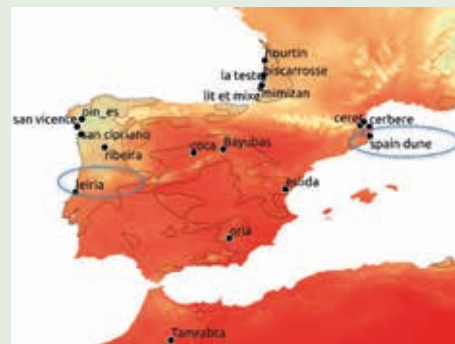
ACCIONES REALIZADAS



ACCIÓN 1: MEDICIONES Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA CAVITACIÓN DEL PINO MARÍTIMO, ELECCIÓN DE LAS ESPECIES DE ENSAYO

Material y métodos

En primer lugar, el laboratorio BIOGECO del INRAE, muy implicado en la investigación del estrés hídrico de los árboles, tomó muestras de ramas de pinos en gran parte del área de distribución del pino marítimo. A continuación, realizó la prueba del "cavitrón". Para ello, se colocan las ramas en este aparato, que utiliza la fuerza centrífuga para simular la embolia gaseosa. Esta fuerza es consecuencia de la cavitación, es decir, de una entrada de aire en el sistema de circulación de agua de los árboles, que produce su muerte. Los resultados han identificado dos especies, de procedencia española ("Spain dune", duna española, en el gráfico) y portuguesa ("Leiria" en el gráfico) como especialmente resistentes.



En segundo lugar, se seleccionaron las procedencias con varios objetivos:

- Determinar si las variedades mejoradas de pino marítimo (VF2 y VF3), seleccionadas por su crecimiento y su rectitud mantenían el mismo grado de resistencia a la sequía que otras variedades;
- Comprobar si las variedades "española" y "portuguesa" seleccionadas por su resistencia al estrés hídrico mantienen sus capacidades al introducirlas en Nueva Aquitania;
- Observar si en las mismas condiciones ambientales, una o varias variedades resisten mejor.

Las procedencias seleccionadas son las siguientes:

- El PPA-303, el "pino de las dunas atlánticas", presente en la línea de costa, está sometido a las salpicaduras del mar y al viento.

- El PPA-301, las variedades de Las Landas mejoradas en la 2ª generación "VF2" y 3ª generación "VF3",
- El PPA-VG008, el pino "de linaje corso", creado con una "madre" VF3 y un "padre" corso, conocido por su rectitud y la calidad de sus ramificaciones.
- El PPA-700, el pino mediterráneo, originario del sudeste de Francia, en la región mediterránea.
- El PPA-VG009, marroquí, procedente del macizo de Tamjout e introducido en el macizo de Maures (Var) en 1992.
- Las dos variedades española y portuguesa seleccionadas por su capacidad para resistir el estrés hídrico. Dos de nuestros socios de ForManRisk enviaron las semillas de estas dos variedades y se cultivaron en vivero.



ACCIÓN 2: IMPLANTACIÓN DE LAS PLANTACIONES EXPERIMENTALES: CAMPO DE EXPERIMENTACIÓN

A continuación, las variedades seleccionadas se plantaron en 3 emplazamientos en enero de 2022: dos están situados en el bosque estatal de La Teste-de-Buch y en el de Vielle-Saint-Girons en la zona costera de las dunas atlánticas, y el último en la meseta de Las Landas, concretamente en el bosque estatal de Lagnereau.

Se han creado 3 campos de experimentación. Este principio de plantación permite dejar que la genética de los árboles se exprese plantándolos en las mismas condiciones ambientales y pedoclimáticas en un mismo espacio. Para cada emplazamiento se ha creado un esquema de plantación teórico basado en una disposición aleatoria de las plantas.



A continuación se muestra el esquema teórico que se ha aplicado en las plantaciones de Vielle-Saint-Girons y La Teste-de-Buch. Cabe señalar que la variedad PPA 700 no se plantó en estas dos plantaciones por falta de suministro. De igual modo, en la

plantación de La Teste-de-Buch, se ha reservado alrededor del 5 % de la plantación para la introducción de alcornoques. Un color representa una variedad de pino marítimo. La ubicación se determinó de forma aleatoria.

Asignación de variedades por línea y por bloque	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5	Línea 6	Línea 7
Bloque nº 1	PU2 VF2	PU3 VF3	PU4 Tamjout	PU1 PPA303	PU5 España	PU7 Córcega	PU6 Portugal
Bloque nº 2	PU5 España	PU2 VF2	PU6 Portugal	PU7 Córcega	PU3 VF3	PU1 PPA303	PU4 Tamjout
Bloque nº 3	PU2 VF2	PU1 PPA303	PU7 Córcega	PU4 Tamjout	PU5 España	PU3 VF3	PU6 Portugal
Bloque nº 4	PU7 Córcega	PU1 PPA303	PU4 Tamjout	PU3 VF3	PU5 España	PU6 Portugal	PU2 VF2
Bloque nº 5	PU1 PPA303	PU2 VF2	PU4 Tamjout	PU3 VF3	PU7 Córcega	PU5 España	PU6 Portugal
Bloque nº 6	PU3 VF3	PU7 Córcega	PU2 VF2	PU5 España	PU1 PPA303	PU6 Portugal	PU4 Tamjout
Bloque nº 7	PU3 VF3	PU1 PPA303	PU2 VF2	PU6 Portugal	PU4 Tamjout	PU5 España	PU7 Córcega
Bloque nº 8	PU4 Tamjout	PU1 PPA303	PU5 España	PU2 VF2	PU7 Córcega	PU6 Portugal	PU3 VF3
Bloque nº 9	PU2 VF2	PU6 Portugal	PU5 España	PU1 PPA303	PU7 Córcega	PU3 VF3	PU4 Tamjout
Bloque nº 10	PU4 Tamjout	PU3 VF3	PU7 Córcega	PU6 Portugal	PU2 VF2	PU1 PPA303	PU5 España
Bloque nº 11	PU3 VF3	PU1 PPA303	PU2 VF2	PU4 Tamjout	PU7 Córcega	PU6 Portugal	PU5 España

Plan de distribución teórico de las plantaciones experimentales de La Teste-de-Buch y de Vielle-Saint-Girons.

RESULTADOS Y PERSPECTIVAS



SEGUIMIENTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SUPERVIVENCIA GRACIAS A LAS CONCLUSIONES DE ANTES Y DESPUÉS DEL VERANO TRAS EL PRIMER AÑO DE VEGETACIÓN

Se prevé hacer un seguimiento de las plantaciones experimentales a lo largo de 15 años. En un primer momento, se basará únicamente en la supervivencia y la recuperación de las plántulas y, posteriormente, se completará el estudio con los análisis de resistencia al estrés hídrico de los individuos. Así, se tomarán muestras de agujas y de ramas de pino para someterlas a las pruebas de simulación de cavitación que permite el cavitron.

Con respecto al protocolo de análisis de recuperación de las plantas, se ha decidido, de acuerdo con el INRAE, efectuar dos durante el primer año de vegetación:

- Se obtuvo un primer índice de recuperación antes del verano, en junio de 2022. Este primer resultado “pre-estival” permitió identificar las primeras mortalidades que no habrían sido inducidas por la sequía del verano (mala implantación del sistema radicular, heladas, ramoneo de animales...);
- El segundo índice de recuperación “post-estival”, efectuado durante el otoño, permite un análisis comparativo para poder identificar así qué procedencias resisten mejor, por el momento, a la sequía (y otras inclemencias meteorológicas).

El protocolo de análisis de la recuperación y la supervivencia de las plantas se basa en una muestra de

alrededor del 33 % de cada plantación, es decir, unas 70 plantas por emplazamiento, esto es, 5.390 plantas en los emplazamientos de Vielle-Saint-Girons y La Teste-de-Buch, y 6.160 plantas en Lagnereau.

Las muestras se toman de la manera siguiente:

- muertas
- vivas
- ramoneadas por los animales
- desaparecidas

En la 1ª toma de muestras anterior al verano también se incluyeron los casos de mortalidad debida a heladas.

Para obtener las 70 plantas, se tomaron muestras de 5 líneas de 13 plantas (flecha verde) y una línea de 5 plantas (flecha roja).

La orientación de las flechas indica la dirección en la que se tomaron muestras de las plantas (el objetivo era tomar muestras de las mismas plantas para los dos índices de recuperación).

Resultados iniciales prometedores

En las dunas atlánticas, la plantación de Vielle-Saint-Girons presenta buenos índices de recuperación. Se ha instalado una cerca en el emplazamiento, ya que presenta una fuerte presión cinegética, lo cual permite, en principio, excluir este factor de fracaso para las plantas y, así, poder centrarse únicamente en la recuperación de cada variedad según sus características genéticas. El primer índice global de recuperación en esta plantación es del 99 %. El segundo índice de recuperación global es del 86 %.

Los primeros resultados de la plantación de **La Teste-de-Buch** arrojaron resultados satisfactorios con un índice de recuperación global del 86 %. Pero, a consecuencia del incendio acaecido en julio de 2022 en La Teste-de-Buch, a las condiciones extremas y al episodio de sequía intensa del verano de 2022, casi ninguna de las plantas sobrevivió. El segundo índice de recuperación pone en evidencia una tasa de supervivencia del 5 %.

En la meseta de Las Landas, la plantación de Lagnereau también presentó índices de recuperación bastante buenos. El primer índice de recuperación presentó un éxito del 82 %. El segundo índice de recuperación posterior al verano es un 10 % más bajo, con una recuperación observada del 72 %. Actualmente se está llevando a cabo una replantación para que la plantación tenga las mayores posibilidades de éxito.

En esta fase, tras un año de regreso a las plantaciones, no es posible extraer conclusiones concluyentes sobre el éxito de una procedencia. Por tanto, debe continuar haciéndose este seguimiento para determinar qué procedencia es, en principio, la más resistente y más capaz de adaptarse a las condiciones climáticas futuras.

El INRAE tomará muestras de acículas de las plantas jóvenes y luego de ramas de los árboles adultos para someterlas a la prueba de cavitación mediante el cavitron. Estos datos futuros permitirán determinar con mayor precisión la adaptación de cada variedad a las condiciones pedoclimáticas de Nueva Aquitania.

EDITORES DE LA FICHA

Bastien DALGE, estudiante en prácticas de la Agencia Landes-Nord Aquitaine, Oficina Nacional de Bosques (ONF)

Auréli LEHOUCQ, responsable del proyecto ForManRisk

Francis MAUGARD, experto en pino marítimo y riesgos

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

La página web de Climessences (<https://climessences.fr/>) «pone a disposición una **serie de ayudas para elegir las especies** (especies forestales arbóreas) en el contexto del **cambio climático**».

Directives Régionales d'Aménagement (DRA) «Dunes Littorales de Gascogne», ONF, mayo de 2006.

Directives Régionales d'Aménagement (DRA) «Plateau Landais», ONF, mayo de 2006.

SARDIN Thierry, *Guide des sylviculteurs Forêts atlantiques dunaires*, 2009.

SARDIN Thierry et al., *Itinéraires Techniques de Travaux Sylvicoles* (I.T.T.S.) Le plateau landais (Aquitaine), 2013.

CANTELOUP Didier, *Reconstitution des forêts publiques du plateau landais après la tempête Klaus Charte de bonnes pratiques*, 2011.

Interreg
Sudoe



EUROPEAN UNION



ForManRisk

European Regional Development Fund



FICHA 2

**RECOMENDACIONES PARA
MEJORA DE LA VITALIDAD
DE LOS PINARES
DE LA COSTA ATLÁNTICA DE GALICIA**

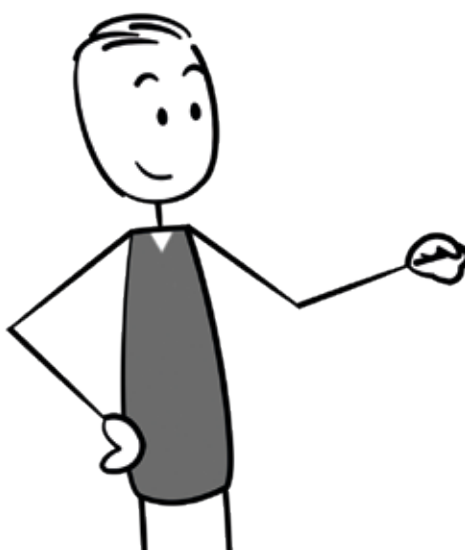
CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio consiste en una franja costera de 300 km de largo y 16 km de ancho con una superficie total de 476.000 ha. Este territorio cuenta con una superficie forestal de 207.000 ha (66 % del territorio), 82 % arbolada y 18 % de matorral. Los montes tienen masas arbóreas y condiciones naturales de productividad alta, que varía sensiblemente en función de la profundidad del suelo y la exposición al viento.

El interés de incluir esta franja de costa es porque durante el verano se padecen episodios con una sequía patente en los que la regeneración de las masas forestales se pone a prueba. El predominio del tiempo anticiclónico en el periodo estival se caracteriza en esta zona por masas de aire seco de componente nordeste que vienen del interior hacia el mar.

El relieve es accidentado, con unas sierras costeras de poca altura fragmentadas por las numerosas entradas del mar (rías). La roca madre predominante

en estos montes es ácida de granito (55 % del área forestal) y de esquistos-pizarras (34 %) que genera suelos con la siguiente secuencia evolutiva: leptosoles (líticos y úmbricos) → umbrisoles (lépticos y cámbicos) → cambisoles dísticos. Estos suelos se caracterizan por su escaso espesor, textura de tendencia arenosa a franco-arenosa, reacción ácida y presencia de horizontes A úmbrico con elevado contenido de materia orgánica, siendo esta floculada por formas de aluminio reactivas que afecta a las reacciones de cambio iónico y a la capacidad de agua útil. El fósforo asimilable es el principal nutriente limitante de la capacidad productiva del suelo forestal.



Mapa de la zona de estudio.

CONTEXTO FORESTAL

Las masas forestales tienen de especie principal al eucalipto (54 % del área), al pino marítimo (35 %), al pino insigne o de Monterrey (3 %) y otras coníferas

(1 %). Las frondosas ocupan como especie principal el 7 % de superficie de los bosques, destacando el roble pedunculado como principal especie.



SE DISTINGUEN DOS TIPOLOGÍAS DE PROPIEDAD QUE DIFERENCIAN LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS MASAS FORESTALES:

- **Los montes vecinales en mano común**, propiedad colectiva privada, con unidades de gestión de 200 ha de superficie media, ocupan un cuarto de la superficie forestal situada en las zonas más altas y de peor calidad productiva. Predominan las formaciones de pino sobre las de eucalipto. Estos montes tienen un uso social destacado y, en algunas zonas, intensivo.
- **Los montes de particulares** (personas individuales o indivisos familiares de herencias) son la situación opuesta respecto a lo anterior. Más calidad productiva, predomina el eucalipto sobre el pino, dependiendo de la zona tienen poca intensidad silvícola, dificultades de acceso y más vegetación natural espontánea de frondosas. La propiedad oscila entre los 150 y los 20.000 m².
- **Los montes públicos** sólo suponen el 2 % de la superficie forestal y en la actualidad hay una escasa proporción de montes vecinales de gestión pública.



Plantación de Pinus pinaster con podas.



Bosque piloto de Santa María de Oín (Rois, A Coruña) con masa adulta de Pinus pinaster.



Pinar de pinaster próximo a la corta.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE LIMITAN LA REGENERACIÓN

La posibilidad de regeneración de las masas forestales para garantizar la perpetuidad y reanudar un nuevo ciclo es el criterio básico de la gestión forestal sostenible. El medio en el que se desarrollan está experimentando cambios continuos debido a la evolución de la actividad humana, de los suelos, la biota y el cambio climático. El análisis de la investigación del estado del regenerado se abordó dividiendo el territorio en once subzonas (vece el mapa en la pagina 25), cada una con sus propias características físicas y de uso del suelo, de forma que se tuviera una representación equilibrada del total del territorio.

En la costa atlántica gallega se han observado dificultades en varias de las especies arboladas más comunes. En el eucalipto las plagas del coleóptero *Gonypteris platensis* y la enfermedad de la *Mycosphaerella* han causado daños severos por defoliación en las plantaciones jóvenes y, en ocasiones, el silvicultor se vio forzado al cambio de especie. Las frondosas caducifolias también están teniendo bajas numerosas en las plantaciones y en algunos casos fracasos de la plantación completa teniendo que hacer una nueva plantación, debido a que son especies más sensibles a la escasez de agua en el suelo y que sufren muchos ataques de herbívoros. Los pinos, en concreto las dos especies más comunes en este territorio: *Pinus pinaster* (pino gallego, del país o marítimo) y, en proporción inferior, *Pinus radiata* (pino insigne o pino de Monterrey), son las especies en las que se centró la investigación sobre la calidad de la regeneración.

Los factores que limitan la regeneración de los pinos en la zona de estudio se clasifican en cuatro grupos:

Factor climático o de cambio climático

Debido a los cambios en los ciclos regulares del clima se generan alteraciones significativas en los ecosistemas. Especies forestales que se reproducían y vegetaban bien en un sitio, por su buena adaptación, ahora dejan de estar en situación de equilibrio y sufren perturbaciones. Se distinguen los siguientes:

- Regeneración deficiente por la acusada sequía estival. Efecto que se puede notar en suelos someros o arenales por la menor capacidad de retención de agua.



Planta de pinaster estresada por sequía en el suelo dunar del bosque piloto de Barroqueiras (San Vicente do Mar, Pontevedra).



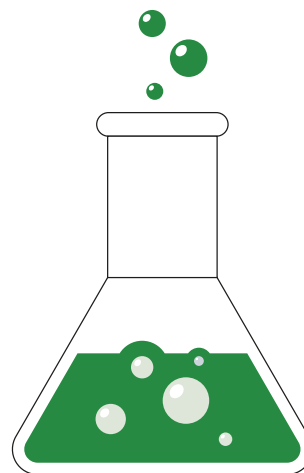
Pinares dunares de *P. pinaster* con un gran uso social que dificulta la regeneración.

- Plagas y enfermedades que aparecen o se intensifican. La tendencia a un clima más mediterráneo debido al cambio del clima está contribuyendo a la expansión de plagas como el nematodo xilófago *Bursaphelenchus xylophilus* y el lepidóptero defoliador *Thaumetopoea pityocampa* (procesionaria del pino). El desorden a lo largo del año de la secuencia natural del régimen térmico y pluviométrico también está originando la mayor intensidad en los ataques de hongos aciculares o bandas a los pinos.
- Daños producidos por temporales de más intensidad o en época inusual (heladas, derribos, roturas de copas, etc.). Fenómenos que normalmente acontecen en la parada vegetativa pueden provocar daños severos cuando no es así.

Factores bióticos

Son organismos vivos que sin una razón de cambio climático pueden limitar las posibilidades de una regeneración eficaz de las masas forestales.

- Daños de animales, fauna silvestre o ganado. A medida que se va imponiendo la plantación sobre la regeneración natural, los ataques de animales son más evidentes y de peores consecuencias. Algunos animales silvestres se han expandido en paralelo al abandono como el corzo y el jabalí, y también el ganado vacuno en régimen de libertad ha ampliado su presencia desde hace varias décadas.
- Competencia de la vegetación. A medida que mejoran las condiciones del suelo por la mejora de fertilidad y contenido en materia orgánica, más se favorece la colonización del sitio por vegetación competidora que tiende a desplazar al pino.
- Enfermedades de hongos. La confluencia de calor y humedad que se da en estos climas favorece su proliferación y, en el caso de los patógenos, supone una concurrencia de enfermedades fúngicas especializadas que afectan a distintas especies, edades y partes del árbol.
- Otros daños de insectos de presencia más regular en los pinares atlánticos a los que no se encontró una vinculación de sus poblaciones con el cambio climático.



Daños ocasionados por un temporal en una masa adulta de *Pinus radiata*.

Factores humanos

Son acciones del hombre que pueden limitar las posibilidades de una regeneración eficaz de las masas forestales.

- Preparación inadecuada de la regeneración. Se debe actuar sobre la vegetación preexistente, preparar adecuadamente el terreno, emplear planta en buenas condiciones e instalar protectores cuando sea necesario.
- Silvicultura deficiente. Se trata de someter a control la vegetación adventicia que pueda ahogar las nuevas plantas hasta que estas logren imponerse.
- Tránsito por las áreas de regeneración en los espacios costero dunares o en parques forestales. La elevada circulación de personas puede comprometer la regeneración de pino. Igual que donde tienen querencias los animales de pastoreo.
- Más excepcionalmente, contaminación en suelos con actividad industrial, minera u obra civil.

Se citan también otros factores abióticos que pueden limitar las posibilidades de una regeneración eficaz de las masas forestales como:

- Problemas de estabilidad o falta de verticalidad en plantas jóvenes.
- Deficiencias nutricionales en algunos suelos.
- Encharcamiento superficial.



OBJETIVOS DE LOS EXPERIMENTOS

De los factores descritos que influyen en el éxito de la regeneración de los pinares se han elegido los dos que más importancia tienen y las tres acciones de mejora que puedan tener un mayor impacto en la solución del problema.

Los cambios del clima (factor 1) están influyendo en el proceso natural o artificial de regeneración de las masas forestales de forma negativa y también en su propia permanencia y aprovechamiento. Para el primero se ha diseñado una línea de investigación (acción 1) sobre el estrés hídrico que padecen las regeneraciones en sus primeros estadios por tratarse de un asunto primordial que se está investigando en el proyecto ForManRisk. Una segunda línea (acción 2) es la relacionada con los daños bióticos potenciados por el cambio

climático, ya que es el problema principal que afecta a la vitalidad de las masas forestales en la zona de estudio de Galicia, según opinan muchos expertos.

Otro factor (2) que influye en gran medida en la regeneración es el biótico, sin una relación con el cambio climático. La incidencia que más problema crea en la supervivencia de las regeneraciones son los daños de la fauna silvestre o del ganado que se ponderan en la acción 3.

MEDIDAS ADOPTADAS O POR ADOPTAR PARA MEJORAR LA REGENERACIÓN



FACTOR 1: CLIMÁTICO

ACCIÓN 1: ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE LA SEQUÍA ESTIVAL EN EL ÉXITO DE REGENERACIÓN DEL PINAR

Material y método

En las áreas de regeneración de pino estudiadas se midieron la densidad del regenerado y las mortalidades de planta en su primer año en varias situaciones diferentes según los sistemas de regeneración (plantación o diseminación natural), tipo de preparación del terreno empleada, calidad del sitio (suelos más secos de solana y someros frente a suelos menos secos y más profundos), presencia o no de arbolado y la alternativa de áreas quemadas frente a áreas no afectadas por el fuego.



| *Regeneración de Pinus pinaster en claros del bosque.*

Resultados y perspectivas

La conclusión principal es que en la costa atlántica de Galicia la sequía de verano en la actualidad no está provocando de forma apreciable y en la generalidad de los casos objeto de estudio una pérdida de la capacidad de regeneración en los pinares, a pesar de observar una intensificación del estrés hídrico debido al cambio climático. Las dos especies objeto de estudio (pinaster y radiata) tienen margen en su tolerancia a la supervivencia frente a la sequía como para aguantar veranos más secos y cálidos, hecho que no sucede para la regeneración de las frondosas en ese mismo territorio. Una mayor sequía puede ofrecer a los pinos mayor ventaja en la competencia por la ocupación y dominancia de las masas forestales frente a otras especies competidoras. La germinación de semillas de primavera y la de otoño presentan condiciones de humedad en el suelo suficientes y no se ha detectado pérdida de su poder germinativo.

Las condiciones de suelos más superficiales y secos de las solanas han mostrado que se alcanza entre un doble y triple de éxito de regeneración al comparar en una misma corta con los suelos con mayor capacidad de retener la humedad de vaguadas o umbrías. La diferencia de insolación puede favorecer en las piñas una apertura de más escamas que liberan el piñón y la radiación y la temperatura estimula la germinación, que tendrá lugar más adelante con unas condiciones mínimas y

prolongadas de humedad en el suelo. Un aspecto muy influyente a considerar es la presencia de vegetación competidora, que es más agresiva en las zonas de mejor suelo y puede asombrar e inhibir la regeneración.

Al comparar suelos quemados con los normales en la regeneración de masas forestales también se obtienen mayores éxitos de regeneración en el primer caso, aunque desigual en función de la edad del arbolado que resulte afectado. Este mayor éxito de la regeneración en caso de que la masa sufra el incendio evidencia la adaptación pirofítica de ambas especies con la dotación de conos serótinis.



Piña precoz de pinaster (a los 3 años de edad del pino) en el bosque piloto de Penas Roibas, Saíar (Caldas de Reis, Pontevedra).

En una misma unidad silvícola se observan más del doble de mortalidad en las plantaciones de hoyos manuales si se compara con una preparación del suelo mecanizada, que se asocia a la rapidez de profundización de raíces en el suelo cuando la tierra se mueve y descompacta en profundidad. En las regeneraciones naturales después de una corta la trituración de restos de las copas estimula en gran medida la germinación y el desarrollo de la planta en sus primeros estadios, que se atribuye a la rotura de piñas que libera más piñón, se homogeniza su distribución, se escarifica el suelo y se elimina vegetación de competencia a los brinzales.



Regeneración natural de Pinus pinaster en el pinar dunar del bosque piloto de Barroqueiras (San Vicente do Mar, Pontevedra).

En los pinares dunares, de escasa presencia en la zona de estudio, no se han realizado nuevas regeneraciones para poder estudiar y en el regenerado bajo arbolado ralo o en claros se han observado dificultades de regeneración por baja densidad y mayor estrés en las plantas, pero no se han podido obtener datos concluyentes sobre la afección del factor climático.



Recomendaciones y buenas prácticas

Cuando se pretende regenerar una masa de pino después de la corta final debe valorarse si interesa introducir material genético mejorado por medio de plantación. En el caso de pino pinaster puede recurrirse a cualquiera de los dos sistemas comúnmente usados: plantaciones o diseminados de la masa cortada. En el pino radiata es habitual que fracasen los diseminados naturales salvo después del fuego o cuando se haya pasado la trituradora a los restos de corta. La siembra para radiata no es un método usado en esta zona por dificultades de mecanización y su incertidumbre de éxito.



FACTOR 1: CLIMÁTICO

ACCIÓN 2: ANÁLISIS DE INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO SANITARIO DE LOS PINARES

Material y método

Para la afección de las bandas se recopilaban los resultados de los estudios realizados en el País Vasco y en Galicia y se hizo un informe con las visitas a los socios de la Asociación para evaluar el estado de los pinares y de los tratamientos con fungicidas. En algunas plantaciones se hizo un monitoreo de fotografía periódica para ver la evolución temporal de la enfermedad. Un método parecido se aplicó al seguimiento de la procesionaria del pino. Para el caso del nematodo se ha evaluado las medidas de control e investigación realizada en Galicia y Portugal.

Resultados y perspectivas

La plaga de la procesionaria y del nematodo del pino tiende a aumentar su daño en los pinares por el nuevo régimen térmico y de precipitaciones que marca una transformación a la mediterraneidad. Los veranos más cálidos y secos y los inviernos suaves favorecen su expansión y el incremento de su población en la zona de estudio por mejorar éxito reproductivo y de supervivencia a la vez que se aprovechan del debilitamiento de los pinos en los periodos de sequía. Donde antes había repuntes ocasionales de las plagas podrá darse más regularidad en sus daños.

La procesionaria del pino está presente en toda la zona de estudio desde hace varias décadas, pero sus ataques fueron siempre poco intensos y con años frecuentes desfavorables que diezaban su población. Ahora puede que en zonas que antes no eran favorables ahora sí se den condiciones mejores, como las zonas altas, las más expuestas al viento de la costa o las zonas más septentrionales de este territorio.



Ataque de procesionaria del pino a *Pinus pinaster*.

En el caso del nematodo detectado sólo en el extremo sur de la zona de estudio cabe esperar que con esta evolución del clima pueda expandirse hacia áreas más frías en latitud y en altitud.

Las bandas del pino son hongos de más de una especie que está causando problemas graves en los últimos dos años principalmente en el pino radiata y mucho menos en el pino pinaster. La ampliación de la estacionalidad de la enfermedad detectada hace reducir la resistencia de los árboles a la defoliación y se traduce en una mayor ralentización del

crecimiento, más mortandad de ramas y más casos de mortandad de pies. Además, se observa cada vez más en plantas jóvenes y más en zonas altas y expuestas al viento que aparecen como las más dañadas, a diferencia de las afecciones del pasado.



| Masa de *Pinus radiata* afectada por hongos foliares.

La tendencia de los últimos años a primaveras más cálidas y húmedas, así como los veranos más calurosos y secos son un detonante de su expansión e intensidad. En los sitios de solana y más expuestos al viento es donde los daños son más graves. Las masas forestales con densidades altas y sin podas son más vulnerables a la enfermedad.

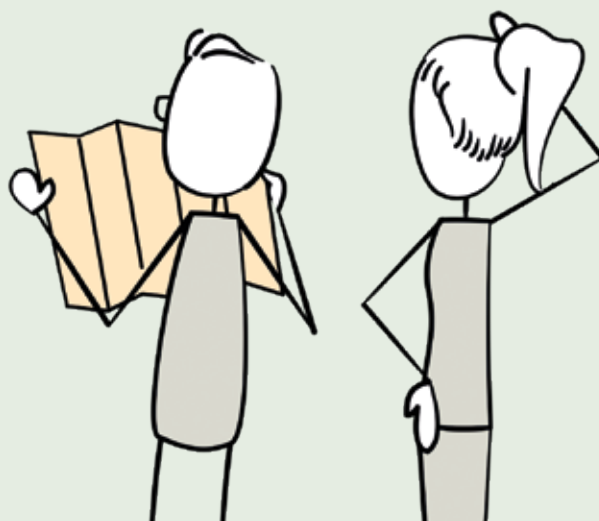


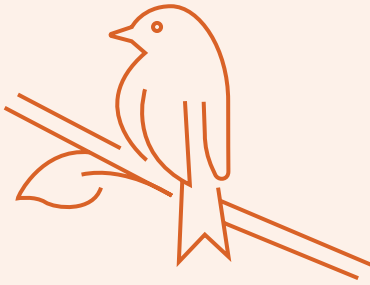
Recomendaciones y buenas prácticas

En las regeneraciones de *Pinus pinaster* en la parte sur de la zona de estudio, próxima al área donde se detectaron casos de infección por nematodo deberían introducirse las nuevas progenies resistentes que se están replicando, con una mejora incluida de rapidez de crecimiento.

Los pinares donde se observen presencia abundante de bolsones de procesionaria y defoliaciones intensas conviene que sean tratados, al menos en las plantaciones con edades de 10 a 20 años.

En los pinares en general conviene evitar la proliferación de las bandas sea cual sea su estado con la elevación de copa y mejorando la aireación. Deben realizarse podas altas hasta los 5,5 m y reducir el número de pies en varias intervenciones acordes con su desarrollo. Los restos deben triturarse por medios mecanizados, siempre que sea posible, o picados de forma manual. Además, estas medidas favorecen la eficacia de la aplicación fungicida, segunda medida a emplear, y reduce el riesgo de propagación del fuego.





FACTOR 2: BIÓTICO

ACCIÓN 3: ANÁLISIS DE INFLUENCIA DE LOS ANIMALES EN EL ÉXITO DE LA PLANTACIÓN.

Material y método

Se hicieron inventarios en los bosques piloto y se completaron con las encuestas a gestores y empresas de servicios.

Donde está presente, el corzo resultó ser la principal afección en las plantaciones de menos de 3 años, mientras que en las regeneraciones naturales por diseminación apenas tienen importancia los daños. Actúa frotando los cuernos hasta dejar sin corteza el tallo y produce múltiples muertes o descabezados que deben eliminarse por causar malformaciones que no cumplen con la calidad esperada de la madera. Los daños pueden ser localmente altos (20-40 %) de pies en los bordes de la plantación o el margen de un camino y reducirse al (5-15 %) en la totalidad de esta. En la parte norte de la zona de estudio es donde se observa más su presencia, estando ausente en la mayor parte del territorio.



Fig. 1. Ataque de corzo en pino pinaster.



buena parte de las montañas costeras se encuentra ganado vacuno en régimen de libertad que puede ocasionar daños en las plantaciones de pino. En los dos primeros años comen la planta de las dos especies con gran avidez, en los tres siguientes suelen comer las puntas y entre los 5 y 10 años suelen frotarse a ellas con el cuerpo y los cuernos para rascarse.



| *Ganado vacuno pastoreando en pinar de Pinus radiata.*

Los conejos sólo causan daño en el primer año cortando la punta del tallo en la época invernal cuando no dispone de pasto abundante. Se observa que el pino suele recuperarse con un brote de yema lateral sin dejar malformaciones futuras en el tronco. Normalmente está ausente de la zona norte de la costa atlántica por no ser su área natural de distribución.



Recomendaciones y buenas prácticas

En montes donde está presente el corzo y se observan daños debe instalarse protectores en los entrenudos para evitar una dañina poda precoz en el pino. Con unos 3 o 4 años de protección debería ser suficiente para evitar el problema.

Contra el ganado vacuno debe instalarse cierre de bajo coste de alambre de 2 o 3 hilos sobre estacas de madera como única forma de defenderse durante 10 años de su entrada. También debe vigilarse la plantación con regularidad.



| *Cierre perimetral con alambre de espino para evitar la entrada de ganado en una repoblación.*

Con el conejo podría recurrirse a un protector total de 50 cm de altura sostenido con un tutor, sólo cuando exista una situación de riesgo alto o con planta clonal de alto valor.

EDITORES DE LA FICHA

Braulio Molina Martínez et M^a Cristina Verde Figueiras,
con el apoyo del equipo técnico de la Asociación Forestal de Galicia.

Interreg
Sudoe



ForManRisk

European Regional Development Fund



FICHA 3

REGENERACIÓN DE LA ENCINA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

La encina es una especie ampliamente distribuida en ecosistemas mediterráneos, en los que las épocas de sequía y de altas temperaturas en época estival se han incrementando en los últimos años asociados al cambio climático.

El aumento de temperatura y los cambios en el régimen de lluvias conllevan un aumento en el estrés hídrico global y una amenaza potencial para los ecosistemas, particularmente para aquellas masas previamente estresadas como muchas mediterráneas (Guiot y Cramer 2016, Cramer et al. 2018). Existen ya en la provincia de Ávila evidencias de decaimiento del arbolado adulto, falta de regeneración y mortalidad acelerada en frondosas como la encina, particularmente en masas adhesionadas sometidas a un uso humano intenso (Gea-Izquierdo et al. 2011, 2015, 2019).

Los episodios de sequía extraordinarios, más frecuentes en los últimos años, generan problemas de regeneración que han provocado decaimiento en las masas de encina y falta de regeneración, con la muerte de ejemplares adultos. La ausencia de



Formación arbolada Encinares. IV Inventario Forestal Nacional. Ávila. En círculo rojo, zonas de estudio

regeneración puede ser generada por diversos factores no excluyentes, incluyendo el estrés hídrico y el efecto de las sequías prolongadas que aumentan con el cambio climático, particularmente en suelos degradados, pastores, depredación de semillas y la herbivoría de plántulas, guegos y agentes bióticos (Herrera 1995; Pulido y Díaz 2005).

CONTEXTO FORESTAL

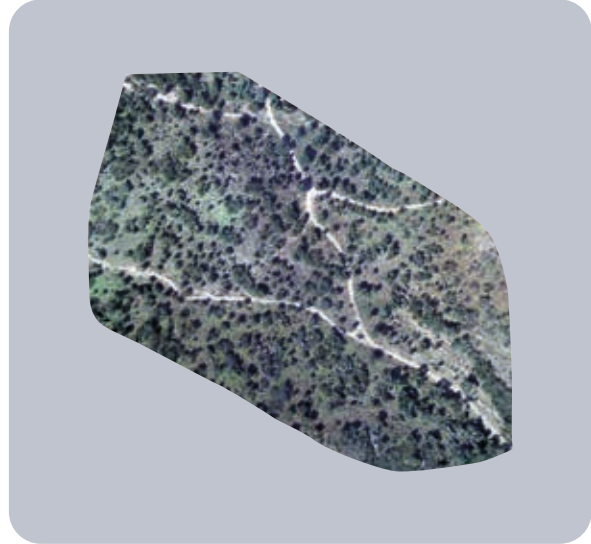
El área de estudio se encuentra en la zona centro de la provincia de Ávila, con alturas de unos 1.000 metros sobre el nivel del mar y una pluviometría de en torno a 500 mm/año. Los suelos son ácidos y de poco espesor. La zona de estudio son dehesas de encinas en que se desarrollan actividades ganaderas de bovino. Estos carrascales interiores continentales son pobres florísticamente comparadas con encinares no-continentales, con especies acompañantes como *Cistus laurifolius* L., *Lavandula stoechas* L., *Cytisus scoparius* (L.) Link,

Cytisus striatus (Hill) Rothm. y *Crataegus monogyna* Jacq., entre otros. Los espacios de estudio son dehesas en los alrededores de la ciudad de Ávila, con la Dehesa de El Pinar al norte y la Dehesa de la Serna al sur de la ciudad.

Zona de relieves suaves donde se alternan colinas y lomas redondeadas con valles poco profundos. La vegetación dominante es el encinar con densidades variables.

En la zona aparecen distintos ríos que sufren un fuerte estiaje en verano.

Uno de los bosques piloto, Dehesa del Pinar, se encuentra dentro del espacio "Encinares de la Sierra de Ávila" de la Red Natura 2000.



| Vista aérea de las zonas de estudio. Izquierda, Dehesa de la Serna. Derecha, Dehesa del Pinar.

GESTIÓN FORESTAL Y FACTORES QUE LIMITAN LA REGENERACIÓN

La gestión forestal realizada en la zona de estudio es la de dehesa con uso agrosilvopastoral, donde se promueve la encina por encima de otras especies, la realización de clareos en zonas de pastos y actividades para convivencia con el ganado bovino.

La carga ganadera en la zona de estudio es baja, por lo que las zonas de pasto tienen una densidad de encina baja, en las zonas en que los pastos son mejores, pero hay zonas en que la densidad de la encina es alta, por dificultad de acceso, altura o inexistencia de pastos, lo cual hace que la carga ganadera de esas zonas sea baja o nula. Así, se encuentran en la zona de estudio dos tipos de formaciones: 1.- Formaciones adehesadas con árboles individuales aislados en densidades alrededor de 20-50 pies/ha y 2.- Formaciones de matorral de encina, sea monte bajo o monte medio procedente de rebrotes de montes sometidos a cortas para leñas recurrentes o rebrotes en montes

sometidos a perturbaciones recurrentes en el pasado como fuegos (Serrada et al. 2008).

No se realizan acciones de regeneración por reforestación, promoviendo en algunas zonas la regeneración natural con modificación de la carga ganadera en determinadas zonas en que se pretende aumentar la regeneración de nuevos individuos.

En cuanto a individuos adultos, se realiza una labor de gestión forestal limitada a podas y retirada de elementos muertos.

Las mayores amenazas sobre la encina en el área de estudio están relacionadas con (1) el aumento del estrés hídrico motivado por el aumento de la temperatura y consiguiente incremento de la demanda evapotranspirativa, y particularmente cuando las olas de calor producen en años de sequía. Aparecen problemas para la regeneración natural de la encina en la zona de estudio como

consecuencia del aumento de sequías, que está comprometiendo la viabilidad de individuos adultos y su capacidad de regeneración. En este sentido, en climas semiáridos y suelos muy someros pueden verse amenazadas por el estrés hídrico continuado así como por un aumento de las sequías (Costa et al. 2005; Cramer et al. 2018), (2) con el sobrepastoreo, que afecta a la regeneración sexual y asexual, comprometida por la herbivoría y el propio ganado, que llegan a hacer incompatible la regeneración natural en determinadas zonas y (3) los incendios.

La falta de regeneración y de sostenibilidad de la especie puede verse aumentada si hay una intensificación del impacto de las sequías particularmente en suelos degradados como consecuencia del sobrepastoreo, la depredación de semillas y la herbivoría de plántulas por la fauna y el ganado, los fuegos y agentes bióticos como insectos y hongos patógenos (Herrera 1995, Pulido et al. 2003; Pulido y Díaz 2005).



EXPERIMENTOS Y RECOMENDACIONES PARA ADAPTAR LA GESTIÓN Y MANTENER LA REGENERACIÓN DEL RODAL



FACTOR 1: ADAPTACIÓN A CAMBIO CLIMÁTICO

ACCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES CON POTENCIAL DE REGENERACIÓN EN LA ZONA MEDIANTE PLANTACIÓN DE DISTINTAS ESPECIES

Material y método

Se han realizado plantaciones en parcelas de 25x30m en suelos más someros y profundos y distintas orientaciones y/o pendientes. En cada parcela se ubicarán 6 marcos de plantación. En cada marco de plantación se plantarán 5 *Quercus faginea*, 5 *Pinus pinaster*, 5 *Quercus ilex* en planta de una savia, 5 *Quercus ilex* a partir de bellota, 5 *Pinus pinea* y 5 *Juniperus oxycedrus*, totalizando 30 unidades de cada elemento por parcela. Las parcelas se han protegido con vallado para evitar herbivoría.

Se ha realizado una preparación del terreno mediante desbroce de las parcelas y preparación de suelo mediante ahoyado manual de plantas de 2 savias, salvo la siembra de bellotas.

Resultados y perspectivas

Se está pendiente de evaluar supervivencia de las especies tras la plantación o siembra. Se prevé obtener información de las especies que mejor se adapten a la zona.

Recomendaciones y buenas prácticas

Plantear promoción de distintas especies adecuadas para la situación de la zona de estudio.



Actuaciones de plantación en Dehesa de la Serna (izquierda) y Dehesa del Pinar (derecha)



FACTOR 2: ESTADO DEL ÁRBOL TRAS EPISODIOS DE SEQUÍA

ACCIÓN 2: ANÁLISIS DENDROECOLÓGICO DE LA VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA EN ENCINAS TRAS EPISODIO DE MORTALIDAD

Material y método

Se seleccionarán 30 encinas en las zonas de estudio, se caracterizará la competencia alrededor de esos pies y se tomarán muestras de la base del tronco (rodajas de unos 10 cm) para realizar análisis dendroecológico, estimar las edades de los árboles que se han muerto y describir la dinámica poblacional.

Resultados y perspectivas

Se está pendiente de obtención y análisis de resultados. Se prevé conocer el patrón de mortalidad de la encina, de los posibles mecanismos que lo producen y de la dinámica de la especie.



FACTOR 3: ANÁLISIS DE PATRÓN GEOGRÁFICO DE LA MORTALIDAD INDUCIDA POR SEQUÍA MEDIANTE TELEDETECCIÓN

ACCIÓN 1: ANÁLISIS DE PATRÓN GEOGRÁFICO DE LA MORTALIDAD POR SEQUÍA MEDIANTE ANÁLISIS DE TELEDETECCIÓN EN LA ZONA

Material y método

Análisis de estado de árboles de la zona de estudio mediante análisis de imágenes de satélite y captación por drones. Se analizaron imágenes de satélite de los últimos 10 años de finales de verano para análisis de evolución de los rodales, además de vuelos con drones para obtención de imágenes de alta resolución.

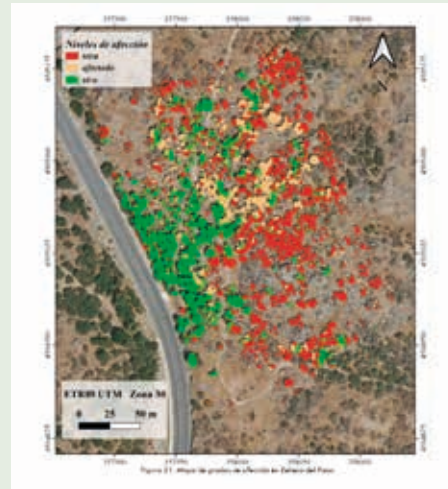
Resultados y perspectivas

Se intuye un patrón de sequía generado en árboles adultos según la profundidad del suelo y la pendiente, lo que da idea de que los individuos en zonas de menor capacidad de retención potencial de agua como consecuencia de baja profundidad del suelo y pendiente sufren las consecuencias de la sequía con decaimiento, falta de regeneración y

muerte de ejemplares adultos. El análisis de la evolución climática indica también que lo que se pierde es capacidad regenerativa e decaimiento de individuos tras la repetición de episodios de sequía

Recomendaciones y buenas prácticas

Reducir la densidad y la competencia en zonas de difícil acceso al agua puede permitir mejorar la supervivencia y la regeneración de individuos. Además, el análisis de periodos de sequía para determinar prácticas silvopastorales de baja intensidad, reduciendo carga ganadera en las épocas en que se prevean problemas continuados de sequía puede mejorar las posibilidades de regeneración-



Carte des degrés d'affection dans le Parc de El Pinar.

EDITOR DE LA FICHA

Alberto López Casillas

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

Cramer W, Guiot J, et al. (2018). *Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean*. Nature Climate Change, 8(11), 972-980. Costa et al. 2005

Gea-Izquierdo G, Cherubini P, Cañellas I. (2011) *Tree-rings reflect the impact of climate change on Quercus ilex L. along a temperature gradient in Spain over the last 100 years*. Forest Ecology and Management 262, 1807-1816.

Gea-Izquierdo G, Montes F, Gavilán R et al. (2015) *Is this the end? Dynamics of a relict stand from pervasively deforested ancient Iberian pine forests*. European Journal of Forest Research 134, 525-536.

Gea-Izquierdo G, Ferriz M, García-Garrido S et al. (2019). *Synergistic abiotic and biotic stressors explain widespread decline of Pinus pinaster in a mixed forest*. Science of the Total Environment 685, 963-975

Guiot, J., and W. Cramer. 2016. *Climate change, the Paris Agreement thresholds and Mediterranean ecosystems* 354:4528-4532.

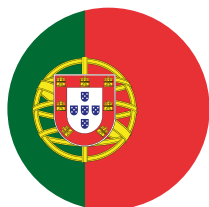
Herrera J (1995) *Acorn predation and seedling production in a low-density population of cork oak (Quercus suber L.)*. Forest Ecology and Management. 76, 197-201.

Pulido FJ, Diaz M (2005) *Regeneration of a Mediterranean oak: A whole-cycle approach*. Ecoscience 12, 92-102.

Pulido R, Campos P, Montero G (2003) *La gestión forestal de las dehesas: historia, ecología, selvicultura y economía*. Ed. Instituto CMC. 183 p.

Serrada R, Montero G, Reque JA (editores) (2008) *Compendio de selvicultura aplicada en España*. Ed. FUCOVASA-INIA. 1178 p.





FICHA 4

**BUENAS PRÁCTICAS
PARA PROMOVER
LA REGENERACIÓN
DE ALCORNOQUE
(*QUERCUS SUBER* L.)
EN EL NORDESTE
TRANSMONTANO (PORTUGAL)**

CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la región de Trás-os-Montes, en la feligresía de Brunhoso, término municipal de Mogadouro, distrito de Bragança, en el nordeste de Portugal (fig. 1). El alcornoque (*Quercus suber* L.) es la principal especie forestal en el área de estudio.

En el nordeste de Portugal, los suelos son predominantemente clasificados como leptosoles dísticos y úmbricos. Estos ocupan aproximadamente el 71 % del área total de la región (Agroconsultores y Coba, 1991). En la región de Trás-os-Montes (NUT III), el clima es templado, caracterizado por veranos cálidos y secos en la zona central y por veranos secos y suaves en el nordeste de la región (IPMA, 2022 a). La temperatura media anual es de 10,9 °C y la precipitación acumulada anual es de aproximadamente 1010 mm. El escenario RCP 4.5 estima un aumento de la temperatura, con valor medio de 11,8 °C para el período de 2011 a 2040 y de 12,5 °C para el período de 2041-2070 y una disminución de la precipitación para valores medios de 985 mm y de 955 mm, en los períodos referidos (IPMA, 2022 b).

En Trás-os-Montes e Alto Douro está previsto un aumento del área de distribución potencial del alcornoque derivado del cambio climático, exceptuando algunas áreas del nordeste de la región que se estiman no aptas para la especie. En el término municipal de Mogadouro la aptitud del alcornoque es predominantemente regular (ICNF, 2018) (fig. 2).

El impacto del cambio climático puede comprometer los procesos biológicos de las masas forestales



Figura 1. Situación del área de estudio (Brunhoso) en el término municipal de Mogadouro (Portugal).

como, por ejemplo, las fases de regeneración natural dada la mayor vulnerabilidad de las especies en esa fase de su desarrollo.

Por esta razón interesa investigar la dinámica de la regeneración natural del alcornoque y los factores que le influyen, así como identificar recomendaciones

generales que promuevan el éxito de la regeneración natural de la especie. El caso de estudio se centra en el área de alcornoque* donde fue instalada una parcela piloto, por parte del equipo de la UTAD, con apoyo de la asociación APATA, dentro de las actividades del proyecto ForManRisk.

* En Portugal, el alcornoque crece en dos sistemas forestales diferentes, el alcornocal y la dehesa. Las dehesas son áreas ocupadas por alcornoques con densidades generalmente bajas, características del sur del país, donde se privilegia el pastoreo. La producción de corcho es considerada una actividad complementaria en estas áreas. Los alcornocales, son típicos de la región Norte, con una densidad arbórea más elevada, donde tienen como principal objetivo de gestión la producción de corcho, pudiendo combinarse con actividades complementarias, como el pastoreo (Ribeiro et al., 2020).

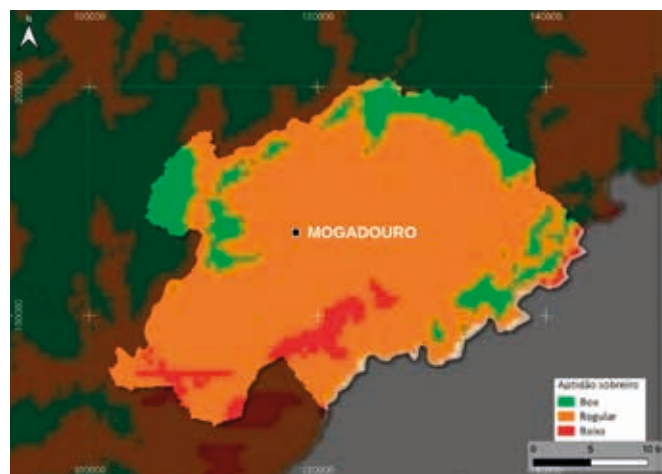


Figura 2. Carta de aptitud para el alcornoque (*Quercus suber*) según el Programa de Ordenación Forestal de Trás-os-Montes e Alto Douro (PROF TMAD) (ICNF, 2018).

CONTEXTO FORESTAL

En la región de Trás-os-Montes (NUT III), el matorral y los pastos son el principal uso del suelo (41 %). La agricultura y los bosques también tienen una elevada presencia en la región, ocupando el 29,8 % y 26,1 %, respectivamente, del área (ICNF, 2019). El bosque está formado fundamentalmente por robles diversos, castaño, pino marítimo y otras frondosas y resinosas diversas. Los alcornoques ocupan 14.560 mil hectáreas, lo que supone el 10,1 % del área ocupada por el bosque en la región (ICNF, 2019).

La parcela piloto, en el término municipal de Mogadouro, está situada en un monte dominado por alcornoque (fig. 3). Se trata de un área privada gestionada por sus propietarios con apoyo técnico de la asociación APATA. En los alrededores también predominan manchas de alcornoque (fig. 3). También hay áreas agrícolas y terrenos con actividad silvopastoral esporádica. Algunas áreas agrícolas se encuentran actualmente abandonadas, habiendo sido muy utilizadas en el pasado para el cultivo de cereales, incluso en el área de estudio.

En los alcornocales, el sotobosque está dominado por herbáceas, jaras (*Cistus spp.*) y lavandas (*Lavandula spp.*). En menor medida, crecen también plantas de quejigo (*Quercus faginea*) y de encina (*Quercus ilex*).



Figura 3. Alcornocales del área de estudio.

GESTIÓN FORESTAL Y FACTORES QUE LIMITAN LA REGENERACIÓN

Existen varios estudios que informan sobre las limitaciones en la regeneración natural del alcornoque en Portugal. La mayoría de los estudios se desarrollaron para sistemas forestales de tipo dehesa, cuyas especificidades restringen la generalización a los alcornocales. Aun así, globalmente, se han identificado múltiples factores que afectan a la regeneración natural del alcornoque: la sequía, la densidad de copas, la densidad del sotobosque, el pastoreo, el fuego, el laboreo, la roza mecánica del sotobosque, entre otros.

En el área de estudio, hay alcornocales en donde la regeneración natural es abundante, como es el caso de la parcela piloto del proyecto ForManRisk (fig. 4), y otros lugares donde la regeneración natural es prácticamente inexistente (fig. 5).

La mala regeneración natural podría ser el resultado de varios factores o de la interacción de alguno de ellos: períodos de sequía, principalmente durante la época estival (fig. 6), densidad de copas, estado sanitario de los árboles (fig. 7), pastoreo de cabras, eliminación de bellotas o daños a las plántulas ocasionados por jabalís (fig. 8a), depredación por aves o roedores, características físico-químicas del suelo, sobre todo la cantidad de materia orgánica, presencia de *Cistus ladanifer* (fig. 8b).



Figura 4. Buena regeneración en la parcela piloto.



Figura 5. Mala regeneración natural de alcornoque.

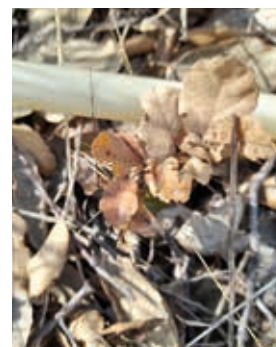


Figura 6. Mortalidad de plántulas de alcornoque después de la época estival.



Figura 7. Alcornocales debilitados.



Figura 8. Indicios en el suelo de presencia de jabalís (a) y presencia de *Cistus ladanifer* (b).

ENSAYO EXPERIMENTAL Y RECOMENDACIONES PARA PROMOVER LA REGENERACIÓN NATURAL

Dentro del proyecto ForManRisk se instalaron cuatro parcelas para monitorización, dos en el alcornoque identificado como parcela piloto (parcelas A1 y A2) y dos parcelas adicionales localizadas en otra propiedad (parcelas B1, B2), tal como se ilustra en la figura 9. Las parcelas A y B tienen características climáticas, exposición y pendiente semejantes. En las figuras 10 y 11 se pueden visualizar diferencias en la cubierta arbórea y en la cantidad de materia orgánica entre las parcelas del alcornoque A y del alcornoque B. Las evaluaciones dendrométricas permitieron determinar una densidad media de 600 árboles/ha en la parcela A y de 260 árboles/ha en la parcela B. Con el análisis de laboratorio se constató que el suelo de la parcela A es de mejor calidad, ya que tiene mayor contenido de materia orgánica, mayor capacidad de retención de agua, mayor actividad enzimática desarrollada en el ciclo del nitrógeno y fósforo y mayor respiración basal del suelo (mayor actividad microbiana), en comparación con los suelos de la parcela B.

Los ensayos experimentales tienen como objetivos específicos cuantificar la regeneración natural del alcornoque en el área de estudio, investigar la dinámica de la regeneración natural de los alcornoques en las fases iniciales de desarrollo (crecimiento y mortalidad) a través de una



Figura 9. Localización de las parcelas de estudio, dos en el alcornoque A (parcela piloto) y dos adicionales en el alcornoque B.



Figura 10. Diferencia entre la cubierta arbórea de las parcelas de los alcornoques A y B.



Figura 11. Diferencia en de la cantidad de materia orgánica entre parcelas.

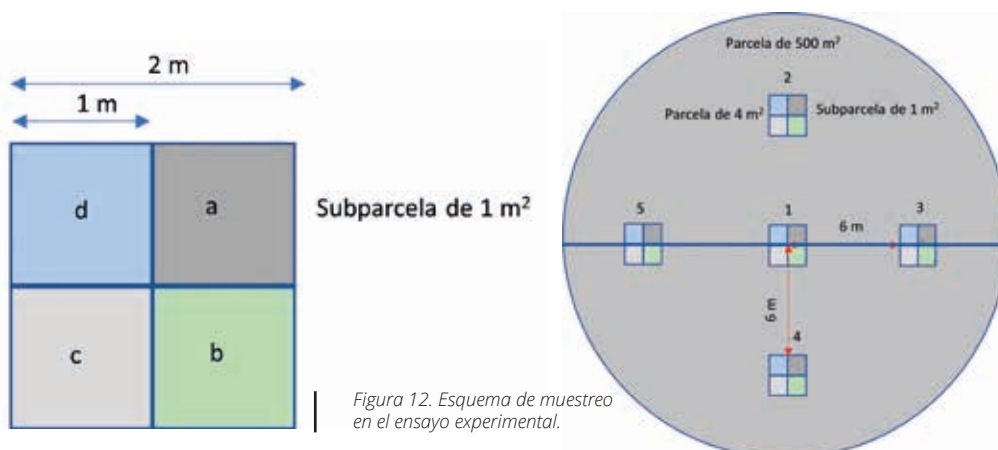


Figura 12. Esquema de muestreo en el ensayo experimental.

monitorización repetida a lo largo del tiempo y evaluar la influencia del suelo y de la densidad de la cubierta arbórea en la regeneración natural del alcornoque. El esquema del ensayo experimental se puede ver en la figura 12. La ejecución práctica se observa en la figura 13.

En cada alcornocal (A y B) se instalaron dos parcelas de estudio de forma circular, con una superficie unitaria de 500 m², para la caracterización de la cubierta arbórea. La monitorización de la dinámica de la regeneración fue realizada en el interior del área de 500 m², en 5 parcelas de 4 m², divididas en subparcelas de 1 m² (fig. 12).

Se plantearon las siguientes hipótesis: (a) la regeneración natural del alcornoque se ve favorecida en masas con mayor densidad arbórea, (b) se beneficia de suelos de buena calidad y (c) se ve afectada por condiciones adversas del período estival (mayor temperatura y menor o nula precipitación), provocando un incremento de la mortalidad de las plántulas de alcornoque.

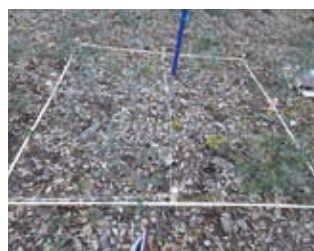


Figura 13. Instalación de parcelas cuadradas (a) y transversales (b).

A partir de la monitorización hecha en tres épocas diferentes se cuantificaron las bellotas y las plántulas (vivas y muertas) en los alcornocales muestreados (tabla 1). Los valores presentados corresponden a los totales registrados en el conjunto de las 10 parcelas de 4 m² instaladas en el alcornocal A (5 subparcelas de 4 m² en A1 y otras 5 en A2) y en el alcornocal B (5 subparcelas de 4 m² en B1 y otras 5 en B2).

Tabla 1. Número de bellotas, cantidad de plántulas y número de plántulas muertas observadas en las parcelas de estudio, en las tres épocas de muestreo.

Época de medición	Alcornocal	Cantidad de bellotas por 40 m ²	Cantidad de plántulas por 40 m ²	Mortalidad de plantas por 40 m ²
Febrero 2022	A	272	206	1
	B	32	1	0
Junio 2022	A	197	228	0
	B	4	6	0
Septiembre 2022	A	75	210	22
	B	0	2	2

En el alcornocal A, correspondiente a la parcela piloto, con mayor densidad de cobertura arbórea y mejor calidad del suelo, se registró un mayor número de bellotas y de plántulas de alcornoque, comparativamente a lo observado en el alcornocal

B (tabla 1). La mortalidad en febrero y en junio fue nula o residual en ambas parcelas. Después de la época estival, la mortalidad varió entre el 9 % y el 14 % para la parcela A y entre el 50 y el 73 % para la parcela B.

FACTOR 1: «SEQUÍA»

Recomendaciones y buenas prácticas «consejos para el gestor»

- Creación de zanjas en sentido de las curvas de nivel para la retención de agua, especialmente en terrenos en pendiente cuando llueve.
- Distribución de materia orgánica sobre el terreno, para aumentar la retención de agua.

- Consideración de colocación de aspersores de riego o de sistema de riego por goteo.
- Para más información consulte la siguiente bibliografía:

APA. National climate change adaptation planning and strategies. Agência Portuguesa do Ambiente ed.; 2021; p. 108.

FACTOR 2: «PASTOREO»

Recomendaciones y buenas prácticas «consejos para el gestor»

- Limitar/controlar el pastoreo
- Colocación de protectores individuales
- Instalación de cercas

Para más información consulte la siguiente bibliografía:

Simões, M. P., Belo, A. F., Fernandes, M., & Madeira, M. (2016). Regeneration patterns of *Quercus suber* according to montado management systems. *Agroforestry Systems*, 90(1), 107-115. doi:10.1007/s10457-015-9818-6.

FACTOR 3: «CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO»

Recomendaciones y buenas prácticas «consejos para el gestor»

- Aplicación de abonos o correctivos orgánicos y minerales.

Para más información consulte la siguiente bibliografía:

Marques, C. P., Fonseca, T. F., Aranha, J. T., Lopes, D. M., Abreu, C. G., Martins, L. M., Silva, C. (2000). Caracterização do Estado Actual dos Montados de

Sobro no Nordeste Transmontano. In UTAD (Ed.), (pp. 223).

Dinis, C., Surovy, P., Ribeiro, N. A., Machado, R., & Oliveira, M. R. G. (2016). Cork Oak Seedling Growth under Different Soil Conditions from Fertilisation, Mycorrhizal Fungi and Amino Acid Application. *Journal of Agricultural Science*, 8(1). doi:10.5539/jas.v8n1p55.

FACTOR 4: «LABOREO»

Recomendaciones y buenas prácticas «consejos para el gestor»

- Limitar el uso de maquinaria pesada en el área de estudio
- Reducir el laboreo y el movimiento de tierra/materia orgánica
- Aplicar prácticas de conservación del suelo

Para más información consulte la siguiente bibliografía:

Silva, J. S., & Catry, F. (2006). Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies*, 63(3), 235-257. doi:10.1080/00207230600720829.

Dinis, C., Surovy, P., Ribeiro, N., & Oliveira, M. R. G. (2015). The effect of soil compaction at different depths on cork oak seedling growth. *New Forests*, 46(2), 235-246. doi:10.1007/s11056-014-9458-0.

BIBLIOGRAFÍA

- Agroconsultores e Coba. *Carta dos solos, carta do uso actual da terra e carta aptidão da terra do Nordeste de Portugal*: Memórias; UTAD, Vila Real, 1991; p. 114.
- APA. *National climate change adaptation planning and strategies*. Agência Portuguesa do Ambiente ed.; Portugal, 2021; p. 108.
- Bugalho, M. N., & Milne, J. A. (2003). *The composition of the diet of red deer (Cervus elaphus) in a Mediterranean environment: a case of summer nutritional constraint?* Forest Ecology and Management, 181(1-2), 23-29. doi:10.1016/s0378-1127(03)00125-7.
- Dinis, C., Surov, P., Ribeiro, N., & Oliveira, M. R. G. (2015). *The effect of soil compaction at different depths on cork oak seedling growth*. New Forests, 46 (2), 235-246. doi:10.1007/s11056-014-9458-0.
- Dinis, C., Surov, P., Ribeiro, N. A., Machado, R., & Oliveira, M. R. G. (2016). *Cork Oak Seedling Growth under Different Soil Conditions from Fertilisation, Mycorrhizal Fungi and Amino Acid Application*. Journal of Agricultural Science, 8(1). doi:10.5539/jas.v8n1p55.
- Duarte, I. M., Rego, F. C., & Fonseca, L. C. (2009). *Avaliação da regeneração da paisagem após incêndio de 2004 na serra do caldeirão*. Revista Portuguesa de Estudos Regionais(20), 41-60.
- ICNF. *Programa regional de ordenamento florestal de Trás-os-Montes e Alto Douro*. Documento estratégico. 2018, 275.
- ICNF. *6.º Inventário Florestal Nacional: 2015 Relatório Final*; ICNF: Lisboa, Portugal, 2019; p. 276.
- IPMA (a). *Normais climatológicas*. Disponible en Internet: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/?print=true> (consultado el 2 de agosto de 2022).
- IPMA (b). *Portal do clima: Alterações climáticas em Portugal*. Disponible en Internet: <http://portaldoclima.pt/> (consultado el 3 de agosto de 2022).
- Maltez-Mouro, S., García, L. V., Marañón, T., & Freitas, H. (2007). *Recruitment Patterns in a Mediterranean Oak Forest: A Case Study Showing the Importance of the Spatial Component*. Forest Science, 53(6), 645-652. doi:10.1093/forests/53.6.645.
- Marques, C. P., Fonseca, T. F., Aranha, J. T., Lopes, D. M., Abreu, C. G., Martins, L. M., Silva, C. (2000). *Caracterização do Estado Actual dos Montados de Sobreiro no Nordeste Transmontano*. In UTAD (Ed.), (pp. 223).
- Moreira, F., Duarte, I., Catry, F., & Acácio, V. (2007). *Cork extraction as a key factor determining post-fire cork oak survival in a mountain region of southern Portugal*. Forest Ecology and Management, 253(1-3), 30-37. doi:10.1016/j.foreco.2007.07.001.
- Ribeiro, J.R.D.P.; Ribeiro, N.A.; Vaz, M.M.A.; Dinis, C.O.; Alves, C.S.P.C.; Beltrán, R.S.; Gomes, C.J.P.; Rodrigues, M.F.C.; Dias, S.S.; Raposo, M.A.M.; et al. Manual técnico de práticas silvícolas para a gestão sustentável em povoamentos de sobreiro e azinheira, ICNF, I.P. ed.; Ribeiro, J.R.D.P., Ribeiro, N.A., Poeiras, A.P.C., Eds.; 2020; p. 137.
- Silva, J. S., & Catry, F. (2006). *Forest fires in cork oak (Quercus suber L.) stands in Portugal*. International Journal of Environmental Studies, 63(3), 235-257. doi:10.1080/00207230600720829.
- Simões, M. P., Belo, A. F., Fernandes, M., & Madeira, M. (2016). *Regeneration patterns of Quercus suber according to montado management systems*. Agroforestry Systems, 90(1), 107-115. doi:10.1007/s10457-015-9818-6
- Sousa, E. M. R., Santos, M. N. S., Varela, M. C., & Henriques, J. (2007). *Perda de vigor dos montados de sobreiro e azinho: Análise da situação e perspectivas (documento síntese)*. In Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Direção-Geral dos Recursos Florestais, Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, I.P., Estação Florestal Nacional (Ed.), (pp. 80).

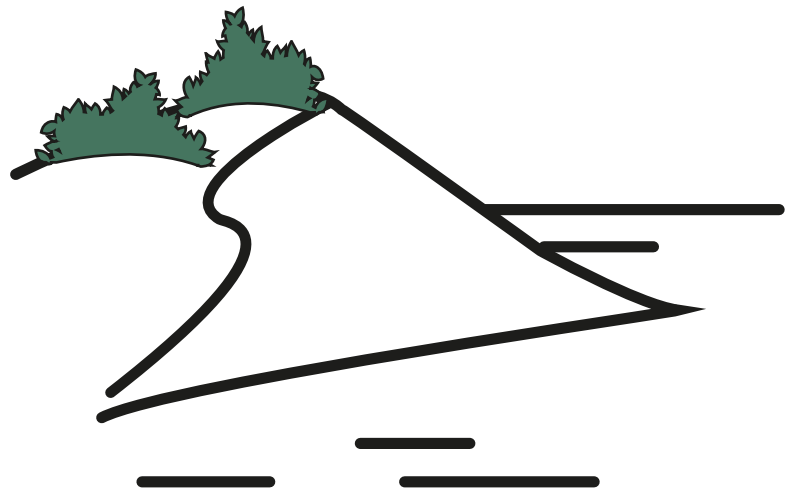
EDITORES DE LA FICHA

Stéphanie Ribeiro y Teresa Fidalgo Fonseca



FICHA 5

REGENERACIÓN EN LA DUNA CONTINENTAL



CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

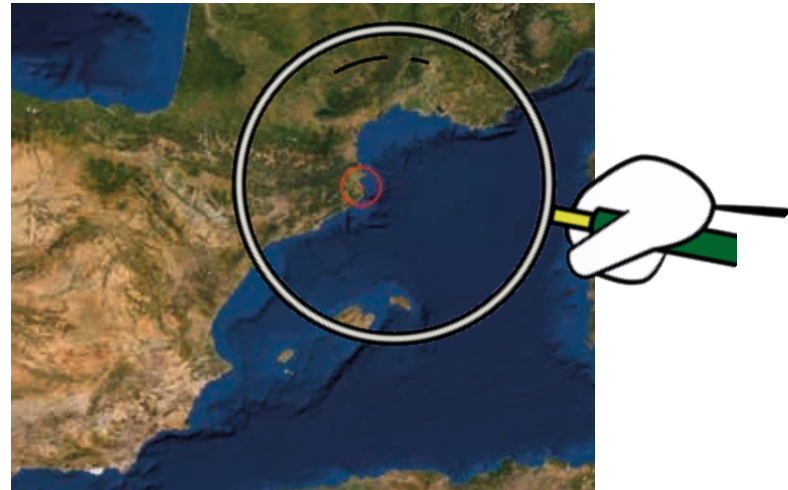
DESCRIPCIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA DE ESTUDIO

Los principales impactos del cambio climático en la zona son el déficit hídrico y los incendios forestales. Estos impactos se retroalimentan entre sí y aumentan el riesgo de daños causados por plagas y enfermedades, que a la vez dificultan la supervivencia de las plantas en caso de estrés hídrico o con el paso del fuego.

La mortalidad de árboles por microembolias derivadas de años secos consecutivos ha provocado el colapso en diversas zonas de la Duna Continental, sobre todo en áreas dominadas por *Pinus pinaster*. Las otras especies no presentan actualmente signos de decaimiento derivados de la falta de agua, pero se observa una falta de regeneración en toda la masa y se esperan signos de disminución de la vitalidad si aumenta la sequía.

Por otro lado, en el verano de 2021 un incendio forestal iniciado en una finca adyacente quemó X ha de la Duna Continental y se espera que estos acontecimientos sean cada vez más recurrentes.

Las principales plagas y enfermedades presentes en la duna son *Thaumetopoea pityocampa*, especialmente en las zonas de pino carrasco; *Leptoglossus occidentalis*, que afecta gravemente al pino piñonero; *Tomicus detruens*, con importantes daños en pies de pino marítimo y pino carrasco; *Matsococcus* sp., que afecta gravemente al pino marítimo; y hongos, con afectación importante en pies de pino piñonero.



La Duna Continental se encuentra en la provincia de Girona, en el NE de la Península Ibérica.

TEMPERATURA MEDIA:	15,4 °C
TEMPERATURA MEDIA INVIERNO:	9 °C
TEMPÉRATURE MEDIA VERANO:	22 °C
PRECIPITACIÓN MEDIA:	778 mm
VIENTO:	N-NE

Condiciones climáticas de la Duna Continental.

CONTEXTO FORESTAL

DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO FORESTAL EN LA ZONA DE ESTUDIO

La Duna Continental tiene una superficie de 201,6 ha y se sitúa entre los 10 y 132 m de altitud, con una parte central más llana en una cota media de 60 m y un relieve ondulado con pendientes medias del 15 %.

La duna fue fijada a principios del siglo XX mediante una plantación de *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* y *Genista* spp., por lo que la mayoría de la superficie está ocupada por masas mixtas heterogéneas a golpes y con una estructura irregularizada (Museu del Montgrí i del Baix Ter, 1999).

Actualmente, las principales formaciones son las masas mixtas de pino marítimo con otras especies (65,8 ha), especialmente con pino piñonero (32,8 ha). El pino carrasco y el pino piñonero forman rodales puros (22,5 ha y 15,4 ha, respectivamente) y mezclados entre sí (23,3 ha) y con otras especies (12,5 ha). La encina es la principal frondosa existente en la duna y aparece formando masas puras (13,5 ha) y mixtas (12,4 ha), creando normalmente en este caso un subvuelo bajo el estrato dominante de pinos.

Otras especies de frondosas presentes son *Phillyrea* spp. y *Quercus* spp. Además, hay una gran variedad de especies arbustivas, entre las que destacan *Rosmarinus officinalis*, *Cistus* spp., *Pistacia lentiscus* y *Quercus coccifera*.

En general, la regeneración en la Duna Continental es muy baja o inexistente.



Masa mixta de pino marítimo y pino piñonero con aberturas naturales por mortalidad.



Masa mixta de pinos con más densidad y poca mortalidad.



Masa mixta de pinos con un subvuelo incipiente de frondosas.



Masa mixta de pinos con un subvuelo abundante de frondosas.

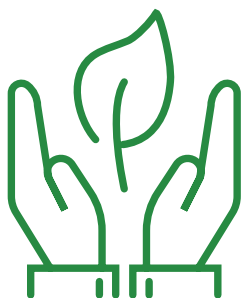
GESTIÓN FORESTAL Y FACTORES QUE LIMITAN LA REGENERACIÓN

GESTIÓN FORESTAL

El objetivo global de la gestión forestal a largo plazo es la conservación de los valores naturales, tal y como se establece en el Proyecto de Ordenación de la Duna Continental (Beltrán y Piqué, 2017). Además, se persigue potenciar la multifuncionalidad del bosque, garantizando la persistencia y la estabilidad de la masa arbolada, la mejora de los hábitats y la conservación de los suelos y de los elementos de flora y fauna de interés. Dado que el origen del bosque es la plantación para la fijación de la duna, se considera necesario la realización de actuaciones selvícolas para modular la evolución del ecosistema.

El estado actual del monte presenta zonas con elevada densidad de árboles grandes y alta tasa de mortalidad por la escasez de recursos, junto con falta de regeneración y fragilidad del suelo. En este contexto, se considera prioritario asegurar la persistencia del bosque, de manera que se apuesta por iniciar la regeneración mediante plantación de manera escalonada para crear una cubierta heterogénea por edad y estructura.

Por otro lado, la capacidad de reacción de los pinos piñoneros adultos a la silvicultura orientada a la producción de piña es previsiblemente baja, por lo que este objetivo queda como secundario en las zonas con presencia significativa de pino piñonero, y en la medida de lo posible centrado en grupos de árboles jóvenes.



La sequía recurrente provoca una elevada mortalidad por microembolias.



La regeneración natural es escasa en la mayor parte de la zona de estudio.



Las plántulas jóvenes se secan por la baja disponibilidad hídrica y las elevadas temperaturas.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE LIMITAN LA REGENERACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

El factor más limitante para la regeneración de las especies principales en la zona de estudio es la baja disponibilidad hídrica. Además de las bajas precipitaciones, el suelo es dunar, lo que provoca una desecación de las primeras capas.

Otros factores importantes que dificultan la regeneración son la poca disponibilidad y la baja capacidad de dispersión de semillas, sobre todo en el caso del pino piñonero.

Las altas temperaturas afectan también al crecimiento del regenerado de pino marítimo, y pueden generar cambios en el metabolismo de las plántulas, llegando incluso a comprometer su existencia.

Asimismo, las condiciones climáticas adversas (altas temperaturas y poca precipitación) afectan negativamente a la germinación de las semillas. Sin embargo, tienen un menor efecto en la supervivencia de los brinzales por el efecto positivo de la humedad

En cuanto a la cubierta forestal, los efectos son distintos en función de la especie y del estado de desarrollo del regenerado. En general, las especies de pino necesitan exposiciones a la luz para regenerar, aunque un dosel arbóreo un poco cerrado es mejor para la supervivencia de las plántulas de pino marítimo. En el caso de las frondosas, la regeneración se desarrolla mejor bajo cubierta.

El efecto del sotobosque es contradictorio. Por un lado, un matorral muy denso dificulta la regeneración por competencia (Tíscar et al., 2017). Por otro lado, la heterogeneidad creada por la presencia de matorral puede beneficiar el regenerado (Tíscar et al., 2017), ya que la humedad relativa del aire y el pH son mayores y la temperatura del suelo menor (Rodríguez-García et al., 2009).



EXPERIMENTOS Y RECOMENDACIONES PARA ADAPTAR LA GESTIÓN Y POTENCIAR LA REGENERACIÓN DEL RODAL

EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

A. Regeneración natural y artificial aprovechando claros existentes y generando nuevos (3,64 ha)

Abertura de bosquetes de unos 1.000 m² en rodales de pino marítimo y pino piñonero aprovechando las aberturas ya existentes para potenciar la regeneración natural y para establecer una plantación a de pino piñonero con frondosas.

B. Plantación bajo cubierta (2,02 ha)

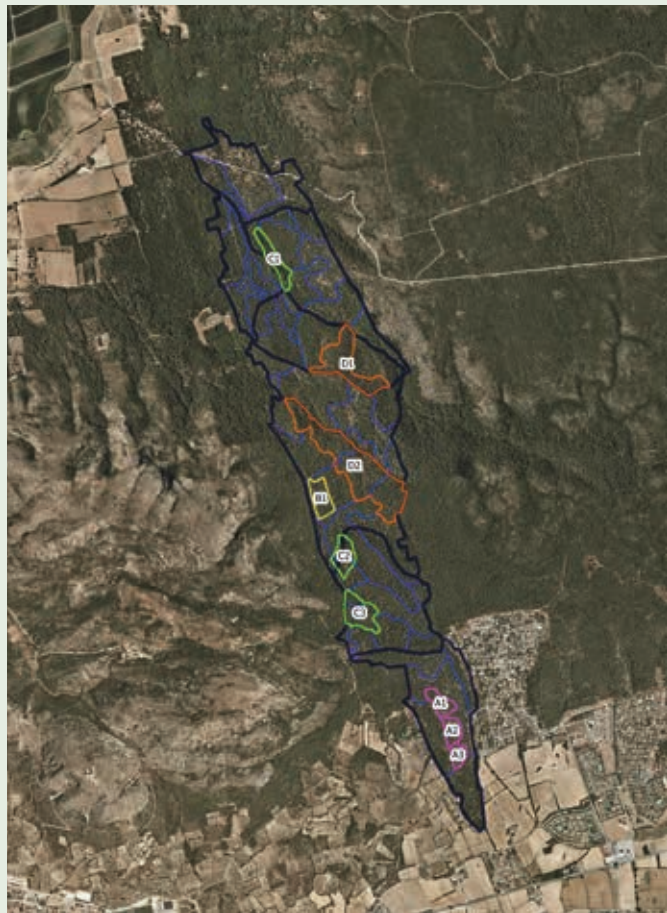
Plantación mixta de pino piñonero con frondosas. Densidad aproximada de 350 pies/ha.

C. Cortas de regeneración (6,93 ha)

Cortas selectivas en rodales de pino marítimo, pino piñonero y pino carrasco con presencia de regeneración y en zonas con un banco de semillas abundante y estructura adecuada.

D. Seguimiento de repoblaciones previas (18,03 ha)

Seguimiento del estado de repoblaciones establecidas en 2018.



| Cartografía de los experimentos



ACCIÓN A: REGENERACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL APROVECHANDO CLAROS EXISTENTES Y GENERANDO NUEVOS

FACTORES: DISPONIBILIDAD DE SEMILLAS, SUPERVIVENCIA DEL BRINZAL Y DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Materiales y métodos

La generación de claros se realizó seleccionando pies madre de pino piñonero, con el fin de favorecer el desarrollo de su copa, y eliminando por corta y extracción completa los pies de pino marítimo competidores en un radio orientativo de 15 m. La heterogeneidad de la cubierta forestal se aprovechó para generar claros de unos 1.000 m² orientativamente, con una forma y orientación favorable para la instalación de nueva regeneración de pino piñonero. Los otros pinos piñoneros presentes en la zona de influencia de la abertura se respetaron en pie (también otras especies arbóreas y arbustivas presentes distintas del pino marítimo).

Estas nuevas aberturas, junto con las ya existentes, fueron aprovechadas para las posteriores actuaciones de regeneración artificial, que consistieron en la plantación de unos 350 pies/ha (30 – 60 plantas por claro) de pino piñonero (*Pinus pinea*, 60 %) y otras especies (40 %): encina (*Quercus ilex*), roble pubescente (*Quercus pubescens*), cornicabra (*Pistacia terebinthus*), sorbo (*Sorbus domestica*) y labiérnago (*Phillyrea angustifolia*). Además, se añadió un acondicionador del suelo (TerraCottem) para favorecer la retención de humedad y el desarrollo de las raíces y se establecieron 4 parcelas experimentales con 220 plántulas en total para evaluar la aclimatación de las distintas especies y el efecto del acondicionador.

Finalmente, se realizó un riego de implantación en dos fases: la primera en los 10 días después de la plantación y la segunda en la primavera de 2022. Ambas aplicaciones fueron de 5l/planta, evitando la erosión del suelo alrededor del árbol.



Vista general del rodal en el que se han realizado la acción.



Árbol seleccionado y marcado para cortar en la abertura de claros.



Abertura de claros mediante la selección de un árbol madre de pino piñonero (punto blanco) y la eliminación de pies de pino marítimo (tocones).

Resultados y perspectivas

La abertura de bosquetes no ha permitido la aparición de regeneración natural durante el primer año, como era esperable, ya que el desarrollo de las copas y la maduración de las piñas necesitan más tiempo. Es necesario evaluar la evolución futura de los bosquetes para conocer mejor el impacto de estos en la regeneración natural. La plantación ha fracasado debido a las condiciones climáticas: ha sido el verano más cálido y mayo – agosto el período más simultáneamente seco y cálido desde que hay registros en España. Se prevé que estas condiciones sean cada vez más habituales.



Ouverture de clairières par la sélection d'un arbre mère de pin parasol (point blanc) et l'élimination de pieds de pin maritime (souches)

Recomendaciones y buenas prácticas

Se recomienda tener en cuenta el tamaño y la posición de las aberturas existentes al generar nuevos claros para que no se junten entre ellos y creen huecos demasiado grandes, ya que una exposición excesiva a la luz podría dañar el nuevo regenerado.

Conclusiones sobre la plantación en el apartado siguiente (Acción B).

ACCIÓN B: PLANTACIÓN BAJO CUBIERTA

FACTORES: SUPERVIVENCIA DEL BRINZAL Y DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Materiales y métodos

La plantación realizada pretende establecer nuevas plantas de pino piñonero y de especies acompañantes bajo el estrato dominante de pinos. La densidad de plantación fue de unos 350 pies/ha y se plantaron pies de pino piñonero (*Pinus pinea*, 60 %) y otras especies (40 %): encina (*Quercus ilex*), roble pubescente (*Quercus pubescens*), cornicabra (*Pistacia terebinthus*), sorbo (*Sorbus domestica*) y labiérnago (*Phillyrea angustifolia*). Al plantar se añadió un acondicionador del suelo (TerraCottem) para favorecer la retención de humedad y el desarrollo de las raíces y se establecieron 2 parcelas experimentales para evaluar la aclimatación de las



Vista general de una zona cerrada donde se ha realizado la plantación bajo cubierta.

distintas especies y el efecto del acondicionador. En total, se plantaron 1.400 pies entre la Acción A (apartado anterior) y la Acción B.

Finalmente, se realizó un riego de implantación en dos fases: la primera en los 10 días después de la plantación y la segunda en la primavera de 2022. Ambas aplicaciones fueron de 5l/planta, evitando la erosión del suelo alrededor del árbol.

Resultados y perspectivas

La plantación ha fracasado debido a las condiciones climáticas: ha sido el verano más cálido y mayo – agosto el período más simultáneamente seco y cálido desde que hay registros en España. Se prevé que estas condiciones sean cada vez más habituales.

Recomendaciones y buenas prácticas

Debe prestarse una atención especial en todo el proceso de plantación y debe asegurarse que las plántulas tengan disponibilidad de agua suficiente, sobre todo durante el primer período seco, y especialmente en condiciones climáticas adversas. Además, es importante hacer una buena aclimatación de las plántulas a la duna antes de ser plantadas y procurar material vegetal de buena calidad.

Las distancias de plantación deben ser $\geq 3,5$ m entre dos plántulas consecutivas y el ahoyado debe tener unos 35 cm de profundidad. Para evitar daños por fauna, cada planta debe llevar un protector individual de 60 cm adaptado a la especie.

La planta debe instalarse completamente vertical, con el cuello de raíz ligeramente enterrado y compactando el suelo para romper posibles bolsas de aire. Además, se recomienda modificar el perfil del suelo para concentrar el agua de lluvia en el brinjal, mediante un alcorque de al menos 40 cm de radio (zonas totalmente llanas).

Para favorecer el desarrollo y la vitalidad de las plantas, se recomienda usar un acondicionador del suelo.



Vista general de una zona abierta donde se ha realizado la plantación bajo cubierta.



Plantación con pino piñonero y especies arbóreas y arbustivas acompañantes.



Riego de implantación de la plantación.



ACCIÓN C: CORTAS DE REGENERACIÓN

FACTORES: DISPONIBILIDAD HÍDRICA POR ÁRBOL, CAPACIDAD DE DISPERSIÓN DE LA SEMILLA, SUPERVIVENCIA DEL REGENERADO Y PIES JÓVENES Y GERMINACIÓN

Materiales y métodos

Con el objetivo de mejorar la estructura forestal para la regeneración natural y para liberar el regenerado o pies jóvenes existentes, se hizo una clara selectiva mixta con una extracción máxima del 20 % del AB total.

Para ello, se seleccionó 1/3 de la densidad como árboles de futuro (árboles dominantes y estables) y se eliminaron competidores directos, más otros árboles dominantes e inestables, hasta llegar al AB máxima a extraer. La selección de árboles de futuro y de los pies a eliminar requiere de un marcaje previo.

Recomendaciones y buenas prácticas

Es imprescindible un buen marcaje para realizar la clara selectiva.



| Vista general de un rodal antes de las actuaciones.



| Vista general después de las actuaciones, donde se ven los árboles seleccionados y se aprecian los efectos de arrastre de un árbol.

ACCIÓN D: SEGUIMIENTO DE REPOBLACIONES PREVIAS

Materiales y métodos

El seguimiento de las repoblaciones realizadas en 2019 se hizo por transectos, recorriendo el total de la superficie plantada. La tasa de muestreo fue del 5,3 %. En cada uno de los 477 árboles analizados se anotó:

- El estado vegetativo, en cinco categorías cualitativas: vivo y sano/vivo, pero con bajo vigor/muerto/muerto por fauna/dañado por fauna.
- La disponibilidad de luz, en tres categorías cualitativas: plena luz/plena sombra/intermedio.
- La posición fisiográfica y orientación, en cuatro categorías: llano o casi llano/fondo de valle/en pendiente, con orientación norte/en pendiente, con orientación suroeste.
- El estado del protector individual, en dos categorías: con protector/sin protector.

Además, en uno de cada cuatro árboles vivos se midió la altura, en centímetros, y se hizo una cuantificación de las especies leñosas espontáneas y de su vigor.



Vista general de un rodad donde se plantó en 2019.

Resultados y perspectivas

El 64 % de las plantas han sobrevivido en buen estado y el 8 % con vigor bajo. La mortalidad ha sido del 28 %, atribuyéndose el 2 % a la fauna. Se observa un 15 % de árboles que han perdido el protector individual.

Los árboles plantados en condiciones muy sombreadas son los que muestran un menor vigor, una mortalidad más alta y un crecimiento más bajo. Las condiciones de plena exposición a la luz presentan una mortalidad superior a las condiciones intermedias, donde los árboles están sometidos a un sombreado parcial.



Técnico evaluando el estado de la repoblación.

Los árboles plantados en pendiente orientada al SW son los que muestran una mayor supervivencia y un estado vegetativo más favorable. En cambio, los árboles plantados en pendientes de orientación norte son los que muestran una mayor mortalidad. Los árboles plantados en fondo de valle muestran a menudo problemas de vigor y daños causados por la fauna, y son los que presentan un crecimiento más bajo.

Parte de esta repoblación (4,1 ha) se quemó en el incendio de julio de 2021.

Recomendaciones y buenas prácticas

Para que los datos sean representativos se deben muestrear todos los rodales repoblados y analizar como mínimo el 5 % de los árboles. Aparte del estado vegetativo, se recomienda tomar medidas de la disponibilidad lumínica, la posición fisiográfica y la orientación, y del crecimiento de las plantas. Además, se aconseja anotar todas las observaciones que se considere que han tenido una influencia importante en el estado de cada individuo.



Pino piñonero en buen estado procedente de la repoblación de 2018.

EDITORES DE LA FICHA

Mar Pallarés Pascual
Mario Beltran Barba
Míriam Piqué Nicolau

Programa Gestión
Forestal Multifuncional

Centre de Ciència i
Tecnologia Forestal
de Catalunya (CTFC)

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

Beltrán, M., Piqué, M. (2017). *Revisió del projecte d'ordenació de la forest UP núm. 65 «Duna Continental»*. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya. 34 p. (No publicado).

Museu del Montgrí i del Baix Ter (1999). *Sorra i vent. Les dunes 100 anys després*. Centenari de la fixació de les Dunes. Papers del Montgrí, 17.

Piqué, M., Beltrán, M., Vericat, P., Calama, R., Cervera, T. (2015). *Models de gestió per a les pinedes de pi pinyer (Pinus pinea L.): producció de fusta i pinya i*

prevenció d'incendis forestals. Sèrie: *Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya (ORGEST)*. Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 133 p.

Rodríguez-García, E., Spies, T. A., Bravo, F. (2009). *El matorral como herramienta para la regeneración natural de Pinus pinaster en ambientes mediterráneos*. 5o Congreso Forestal Español.

Tíscar, P. A., Candel-Pérez, D., Estrany, J., Balandier, P.,

Gómez, R., Lucas-Borja, M. E. (2017). *Regeneration of three pine species in a Mediterranean forest: A study to test predictions from species distribution models under changing climates*. Science of the Total Environment, 584-585, 78-87.

Documentos ForManRisk:

Revisión bibliográfica: regeneración de Pinus pinaster en Cataluña, España

Revisión bibliográfica: regeneración de Pinus pinea en Cataluña, España

Interreg

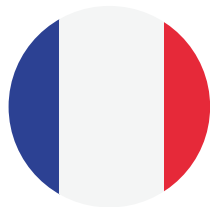


Sudoe



ForManRisk

European Regional Development Fund



FICHA 6

**ADAPTACIÓN TERRITORIAL DEL
MÉTODO ARCHI DE EVALUACIÓN
DE LA VITALIDAD DE LOS ÁRBOLES
EN LOS CASOS PARTICULARES
DE LAS MASAS DE ALCORNOQUE
(*QUERCUS SUBER*) Y DE PINO
MARÍTIMO (*PINUS PINASTER*)
DE LOS SITIOS PILOTO DEL PROYECTO**

CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio es muy heterogénea dado que abarca dos especies (el alcornoque y el pino marítimo) e incluye dos emplazamientos piloto situados en tres países (Portugal, Francia y España) que presentan contextos geográficos, climáticos, y por tanto silvícolas, muy diferentes:

EL BOSQUE DE DUNAS DE LAS LANDAS DE GASCUÑA, FRANCIA

Territorio situado al oeste del macizo de Las Landas, caracterizado por dunas antiguas y, por tanto, con un suelo arenoso, profundo y dotado de capacidad de filtración, que se beneficia de un clima oceánico y que, sin embargo, presenta episodios de sequías estivales cada vez más acusados.

Altitud: de 0 a 80 m

Precipitación media anual: de 826 a 1.182 mm según un gradiente norte-sur

Temperatura media anual: de 13,4 °C (Vendays-Montalivet, Gironde) a 14,9 °C (Soorts-Hossegor, Landas)

(Fuente: Météo-France)

SIERRA DE SAN PEDRO, EXTREMADURA, ESPAÑA

Macizo del sudoeste de España, sobre sustrato de origen principalmente granítico y metamórfico (pizarra) en la encrucijada de las influencias atlántica y mediterránea, lo que propicia un clima cálido y seco en verano y frío y seco en invierno, compensado en parte por la humedad atmosférica gracias a la presencia del Océano Atlántico al oeste.

Altitud: de 300 a 700 m

Precipitación media anual: 621 mm

Temperatura media anual: 16,1 °C

(Fuente: CICYTEX, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura)

MOGADOURO, ALTO TRÁS-OS-MONTES, PORTUGAL

Zona de media montaña al noreste de Portugal, fronteriza con España y con un clima mediterráneo alterado por la altitud, el relieve y la exposición.

Altitud: 550 m

Precipitación media anual: 650 mm

Temperatura media anual: 12,9 °C

(Fuente: climate-data.org).

PINARES DEL TIÉTAR, EXTREMADURA, ESPAÑA

Llanuras arenosas situadas en la margen izquierda del Río Tíetar (afluente del Tago). Son principalmente agrícolas pero incluyen un pinar marítimo que sirve de refugio a numerosas especies protegidas.

Altitud: 270 m

Precipitación media anual: 762 mm

Temperatura media anual: 16,1 °C

(Fuente: climate-data.org)

CONTEXTO FORESTAL

NUEVA AQUITANIA (FRANCIA)

El pino marítimo (*Pinus pinaster*) es la especie forestal de producción más importante de la región, donde normalmente se la trata como un bosque regular monocultural. En aquellos sectores en los que se practica la silvicultura a un nivel menos intensivo, suele ir acompañado de especies secundarias del género *Quercus*, tales como el roble común o albar (*Q. robur*), el melojo o rebollo (*Q. pyrenaica*), la encina (*Q. ilex*) o el alcornoque (*Q. suber*), estando este último especialmente presente en los extremos sur (Marensin) y este (Néracais) del triángulo de Las Landas, donde a veces forma masas puras, denominadas alcornocales.

Entre los emplazamientos piloto, en la comuna de Lit-et-Mixe, se encuentra una isla de senescencia de pinos marítimos denominados "de primera generación", es decir, plantados a comienzos del siglo XIX, antaño explotados para resina. Este emplazamiento, que incluye individuos de más de 200 años de edad, ha permitido estudiar las fases avanzadas de desarrollo del pino marítimo, que son imposibles de observar en otros lugares debido a las rotaciones practicadas en la silvicultura de esta especie (40 años).

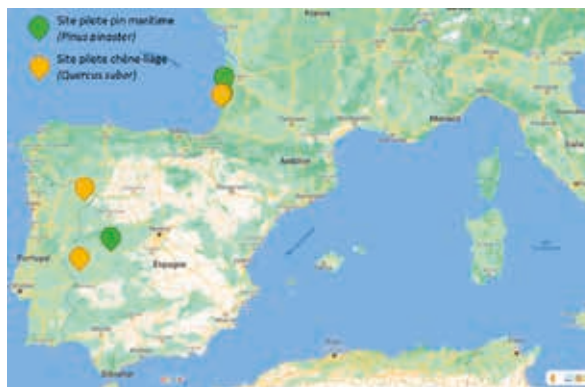


Imagen 1: Emplazamientos pilotos del estudio.



Imagen 2: Alcornocal puro en bosque estatal de Lit-et-Mixe – (foto: R. Piazzetta, IML)

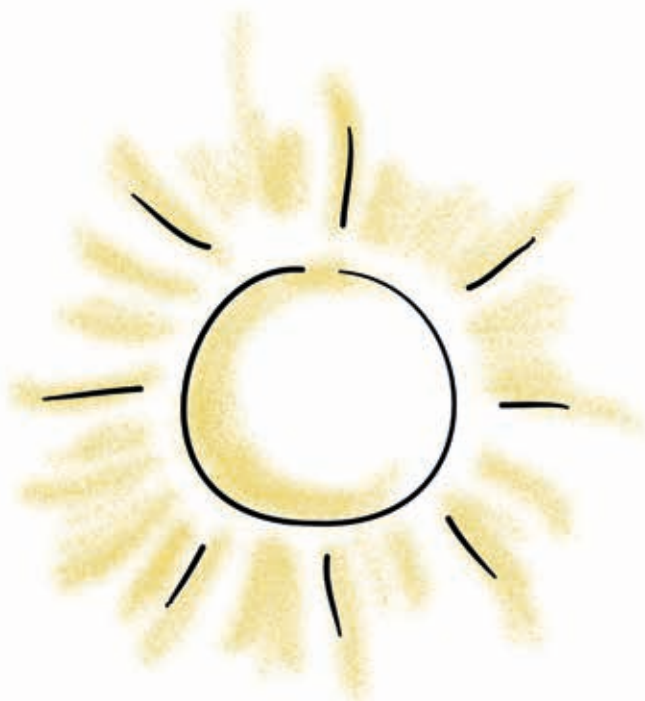


Imagen 3: Islote de senescencia de pinos marítimos en bosque estatal de Lit-et-Mixe – (foto: R. Piazzetta, IML)

ALTO TRÁS-OS-MONTES (PORTUGAL)

El alcornoque y el pino marítimo son, junto con el eucalipto, las especies forestales predominantes de Portugal. El alcornoque está muy extendido en la mitad sur del país (Alentejo, Algarve), donde cumple una función primordial en el ecosistema agro-silvo-pastoral denominado montado, pero también se puede observar en la casi totalidad del territorio portugués, especialmente en la región montañosa de Trás-os-Montes e Alto Douro, donde se encuentra el emplazamiento piloto del estudio.



Imagen 4: Alcornocal en Mogadouro, Portugal (foto: R. Piazzetta, IML)

EXTREMADURA (ESPAÑA)



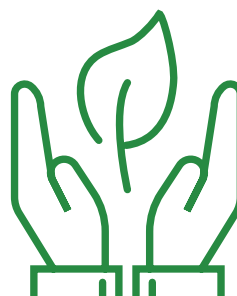
Imagen 5: Pinares del Tiétar, Talayuela, España – (foto: R. Piazzetta, IML)



Imagen 6: Dehesa de alcornoque La Carretona, Cáceres, España – (foto: R. Piazzetta, IML)

Las llanuras extremeñas son una continuación de la región portuguesa del Alentejo, con la que comparten las características climáticas, aunque con un carácter continental más marcado, y paisajísticas, pues están compuestas por zonas poco arboladas que constituyen el equivalente al montado portugués, que en castellano reciben el nombre de dehesas. En ellas se lleva tiempo podando los alcornoques y las encinas por diversos motivos: facilitar la entrada de luz en los cultivos forrajeros, estimular la producción de bellotas, producir madera para leña...

En Extremadura, el pino marítimo sólo ocupa un rodal relicto cercano al municipio de Talayuela (Pinar del Tiétar), donde por este motivo se beneficia de una clasificación como *Corredor ecológico* y de *biodiversidad*.



ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO

Las masas de pino marítimo están muy expuestas al riesgo de incendio, como demostraron los incendios del verano de 2022 en Aquitania. Este riesgo se ve favorecido por la continuidad de la cubierta forestal en el conjunto del macizo de Las Landas, reforzada por la presencia de parcelas de edades diferentes, algunas de las cuales se regeneran sin discontinuidad vertical de la vegetación, y por el aumento de la frecuencia y la intensidad de los episodios de olas de calor, todo ello agravado por una gran afluencia de turistas en verano.

Aunque posee un follaje fácilmente inflamable, el alcornoque tiene en su corteza suberosa una protección natural contra el fuego, lo que lo convierte en el único árbol capaz de rebrotar tras un incendio haciendo uso de sus mecanismos de resiliencia. Especie termófila y meso-xerófila, también está bien adaptada a la sequía, lo que en el contexto del cambio climático le permite tener perspectivas de extensión al norte de su área de distribución natural, como ocurre en Nueva Aquitania, por ejemplo. Sin embargo, los

alcornocales se ven amenazados por el abandono de la subercultura (la explotación del corcho) y de las prácticas silvícolas y agrícolas que tradicionalmente se le asocian (desbroce del sotobosque, silvopastoreo) y que permiten controlar el desarrollo del sotobosque, compuesto por especies fácilmente inflamables: brezo, *cistus* (jaras), *ulex* (tojo), etc.



Imagen 7: Pirineos Orientales (Francia): 3 años después de haber sufrido un incendio, estos alcornoques han reconstituido su copa a partir de los brotes epicórmicos (= bajo la corteza) protegidas por la corteza acorchada del árbol. Obsérvese el vigor de la recuperación del matorral, compuesto principalmente por brezo arbóreo y tojo (foto: R. Piazzetta, IML)

OBJETIVOS DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

El método Archi es una herramienta de diagnóstico visual de la vitalidad de los árboles mediante la lectura de la arquitectura de su copa, que el Centre National de la Propriété Forestière (Centro Nacional de la Propiedad Forestal), o CNPF, ha venido desarrollando desde 2010 para diversas especies, ya se trate de caducifolias como de coníferas. Gracias a una clave de determinación, ARCHI permite caracterizar la etapa de desarrollo de los árboles (joven, adulto, maduro, senescente) y su estado fisiológico (sano, estresado, en

decaimiento irreversible, resistente, decaído, en retirada). El objetivo de esta actividad es doble:

- poner a prueba la validez de la clave de determinación del tipo ARCHI existente para el alcornoque en masas aquitanas que crecen en el sotobosque de pino marítimo, así como en masas ibéricas en las que la práctica tradicional de la poda modifica la arquitectura de sus copas y puede afectar a la vitalidad de los árboles;
- desarrollar la herramienta para una nueva especie: el pino marítimo.

ACCIONES REALIZADAS

ACCIÓN 1: TPUEBA Y ADAPTACIÓN DE LA CLAVE ARCHI AL ALCORNOQUE (*QUERCUS SUBER*)

Material y métodos

- Prueba de la clave del alcornoque existente en los alcornoques de los emplazamientos piloto del proyecto;
- Observaciones en los alcornoques de Extremadura (España) para un desarrollo de la clave adaptado al caso particular de los alcornoques existentes en condiciones de dehesa.

Proveedor: CNPF (Centro Nacional Francés de la Propiedad Forestal); Socios: IML (Instituto Mediterráneo del Corcho), ONF (Oficina Nacional Francesa de Bosques), UTAD (Universidad de Trás-os-Montes y Alto Douro); Socio asociado: CICYTEX (Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura).

Resultados y perspectivas

- Validar la clave Archi del *Quercus suber* para los alcornoques que crecen en el sotobosque de pinos marítimos en Aquitania y para rodales puros en zonas de montaña del norte de Portugal;
- Elaborar una clave nueva y una guía para los alcornoques podados en masas agro-silvo-pastorales en condiciones de dehesa extremeña;
- Comprender mejor la capacidad de los alcornoques para reaccionar a las podas (los individuos senescentes pierden su capacidad de producir reemplazos viables);
- Convertir Archi en la herramienta de ayuda a la toma de decisiones para el descorche (que se deberá evitar en los individuos estresados).



Imagen 8: A la izquierda: prueba de la clave ARCHI del alcornoque en Aquitania; a la derecha: observación de la arquitectura de un alcornoque en situación de dehesa en Extremadura para la elaboración de la clave ARCHI pertinente (fotos: R. Piazzetta, IML)

Para obtener más información: guías de uso del método ARCHI aplicado al alcornoque.

ACCIÓN 2: DESARROLLO DE LA CLAVE ARCHI APLICADA AL PINO MARÍTIMO (*PINUS PINASTER*)

Material y métodos

- Identificación de los rodales de pino marítimo de los emplazamientos piloto del proyecto que presentan el conjunto de etapas de desarrollo y estados fisiológicos de la especie;
- Observaciones para el desarrollo de la clave de determinación del tipo Archi;
- Comprobación de la clave (en Aquitania, Extremadura) y ajustes correspondientes.

Proveedor: CNPF; Socios: IML, ONF.

Resultados y perspectivas

- Elaborar la guía de uso del método Archi aplicada al pino marítimo (*Pinus pinaster*);
- Demostrar el interés de la herramienta para su utilización en individuos aislados (parques), especialmente por parte de los técnicos de Arbre Conseil®, perteneciente a la ONF;
- En las parcelas de regeneración natural: poder establecer la fertilidad de las plántulas mediante el diagnóstico de su etapa de desarrollo (los individuos senescentes ya no producen piñas y, por tanto, tampoco piñones).

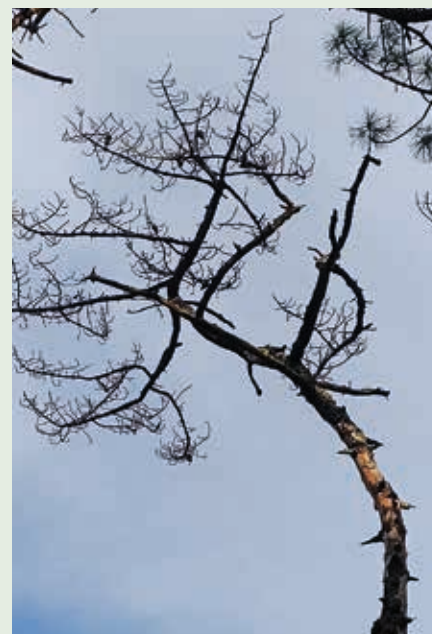


Imagen 9: A la izquierda: arquitectura clásica de un pino marítimo maduro (tronco único, largas ramas bajas horizontales). En el centro: caso menos frecuente de un pino con varias bifurcaciones en la copa. A la derecha: árbol muerto en el que se pueden apreciar los ejes terminales "en forma de cuerda", característicos de los pinos senescentes (fotos: R. Piazzetta, IML)

Para obtener más información:

- Guía de uso del método ARCHI aplicada al pino marítimo;
- <https://www.cnpf.fr/nos-actions-nos-outils/outils-et-techniques/archi>

ACCIÓN 3: FORMACIÓN DEL PERSONAL EN LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO ARCHI

Material y métodos

- Presentación de los principios de la arquitectura arbórea;
- Utilización de las claves de determinación del tipo ARCHI sobre el terreno.

Proveedor: CNPF; Socios: IML, ONF, UTAD; Socio asociado: CICYTEX.

Resultados y perspectivas

- Diciembre de 2022: formación de 11 agentes de la ONF Landas-Norte de Aquitania;
- Enero de 2023: realización de formaciones en Portugal y en España para los socios del proyecto (UTAD, CICYTEX).



| Imagen 10: Formación teórica en aula y utilización del método ARCHI sobre el terreno (fotos: R. Piazzetta, IML)

Para obtener más información: <https://institutduliege.fr/formation-a-la-methode-archi-projet-formanrisk/>

ACCIÓN 4: MEJORA DE LA APLICACIÓN MÓVIL DIAGARCHI

Material y métodos

- Enriquecimiento de la aplicación existente DiagARCHI (desarrollada por el CIRAD, el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo) con las claves del alcornoque y el pino marítimo realizadas en el marco del proyecto.

Proveedor: CIRAD; Socio: IML.

Resultados y perspectivas

- Mejorar la difusión de la herramienta entre los beneficiarios;
- La aplicación móvil permite introducir datos en el teléfono o tableta táctil y georreferenciar las observaciones.

Para obtener más información: <http://amap-dev.cirad.fr/projects/diagarchi/wiki>

EDITOR DE LA FICHA

Renaud Piazzetta – Institut méditerranéen du liège (Instituto Mediterráneo del Corcho)

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Drénou C., 2009 – *Face aux arbres. Apprendre à les observer pour les comprendre*. Ulmer, París. 156 p.
- Drénou C., 2016 – *L'arbre, au-delà des idées reçues*. Publicado por el IDF (Instituto para el Desarrollo Forestal), París, 256 p. + juego de fichas.
- Piazzetta R., 2017. *Guide de sylviculture du chêne-liège dans les Pyrénées-Orientales*. Institut Méditerranéen du Liège, Vivès.

Artículos divulgativos

- Daina P., Drénou C., 2021 – *Lettura e previsione – Il metodo ARCHI per valutare lo stato fisiologico del pini*. Acer, nº2, Editorial «Verde Editoriale», Milán, 40-46.
- Drénou C., Bouvier M., Lemaire J., 2011 – *La méthode de diagnostic ARCHI, application aux chênes pédonculés dépérissants*. Forêt Entreprise nº200, 4-15.
- Drénou C., 2012 – *La méthode ARCHI*. Forêt entreprise, nº203, 29-31.
- Drénou C., 2013 – *Diagnostic sanitaire des arbres, la méthode ARCHI*. La Forêt Privée, nº331, 64-69.
- Drénou C., Bouvier M., Lemaire J., 2013 – *El método de diagnóstico ARCHI. Aplicación en robles (Quercus robur L.) en proceso de decaimiento*. La Cultura del Árbol 66: 13-19 y 67: 11-17.
- Drénou C., 2014 – *Du gourmand au suppléant... Vocabulaire botanique, technique, anthropocentrique* ? La Garance Voyageuse, nº105, 6-11.
- Drénou C., Bouvier M., Lemaire J., 2015 – *The diagnostic method ARCHI applied on declining pedunculate oaks*. Arboricultural Journal, vol. 37, nº3, 166-179.
- Drénou C., Caraglio Y., 2019 – *¿Hablamos ARCHI? Principales definiciones del método ARCHI*. Forêt Entreprise nº246, 28-35. Traducido por Enrique Conde.
- Drénou C., Piazzetta R., Lecomte B., Mariton B., 2019 – *La méthode ARCHI appliquée au chêne-liège, Forêt Méditerranéenne*, t. XL, nº1, 55-66.

Artículos científicos

- Drénou C., Bouvier M., Lemaire J. 2012 - *Rôles des gourmands dans la résilience des chênes pédonculés dépérissants*. Forêt Wallonne, nº116, 42-55.
- Lebourgeois F., Drénou C., Bouvier M., Lemaire J. 2015 - *Caractérisation de la croissance des chênaies pédonculées atlantiques dépérissantes : effets des sécheresses et relation avec l'architecture des houppiers*. Revue Forestière Française, vol. LXVII, nº4, 333-351.

Informes técnicos

- Drénou C., Piazzetta R., 2021 – *Compte-rendu des premières analyses architecturales du Pin maritime (Pinus pinaster Aiton) dans les peuplements aquitains pour l'élaboration de la méthode ARCHI sur cette essence* – 13 y 14 de abril de 2021. Proyecto Interreg Sudoe ForManRisk (SOE3/P4/F0898). Institut Méditerranéen du Liège, Vivès.
- Piazzetta R., 2021 – *Compte-rendu de l'utilisation de la méthode ARCHI d'évaluation de l'état phytosanitaire des chênes-lièges (Quercus suber L.) sur les peuplements aquitains* – 15 de abril de 2021. Proyecto Interreg Sudoe ForManRisk (SOE3/P4/F0898). Institut Méditerranéen du Liège, Vivès.
- Drénou C., Piazzetta R., 2021 – *Méthode ARCHI d'évaluation de l'état phytosanitaire des chênes-lièges (Quercus suber L.) et des pins maritimes (Pinus pinaster Aiton) : Compte-rendu de la tournée sur les sites pilotes portugais et espagnols – del 22 al 26 de nov. de 2021*. Proyecto Interreg Sudoe ForManRisk (SOE3/P4/F0898). Institut Méditerranéen du Liège, Vivès.



| *Incendio de La Teste-de-Buch (28/07/2022)*

FICHA 7

**ACCIONES DESTINADAS
A REDUCIR EL RIESGO DE
INCENDIOS FORESTALES
EN NUEVA AQUITANIA**

CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio incluye partes de las silvo-ecorregiones forestales de Las Landas de Gascuña (F21) y de las dunas atlánticas (F22) situadas en la región de Nueva Aquitania (fuente: Institut Géographique National, Instituto Geográfico Nacional, IGN).

Las dunas atlánticas son una estrecha franja arenosa que se extiende desde el norte del departamento de Loira Atlántico hasta la costa vasca, ocupada por una vegetación herbácea abierta cercana al océano, seguida de un bosque de protección de pino marítimo. Las Landas de Gascuña, contiguas al cordón dunar litoral, constituyen una vasta meseta de 1,2 hectáreas, íntegramente situada sobre la arena de Las Landas.

El **clima** de la región de las dunas costeras de Gascuña es de tipo **oceánico atlántico** y presenta muchas características comunes en lo relativo a las **temperaturas**, ya que las medias anuales son **suaves**. Varían poco de norte a sur y la media se sitúa en torno a los 13,5 °C (de 12,8 a 14,10 °C). Debido a la presencia del océano, la amplitud térmica anual es baja (de 7 a 8 °C) y las heladas son muy poco frecuentes (inferiores a 30 días al año de media). Asimismo, presenta características comunes en cuanto a los **vientos**, dominantes de **componente oeste** con algunas variaciones estacionales.

Sin embargo, la región de las dunas costeras de Gascuña presenta grandes disparidades en cuanto a la cantidad y la distribución de las precipitaciones, lo que permite distinguir cuatro sectores climáticos determinantes: **el Médoc del norte y la franja litoral del Médoc central**: clima atlántico moderado con una **marcada tendencia xérica estival**. Precipitaciones medias del orden de 750 a 800 mm/año. **El Médoc central y las orillas de los lagos**: clima atlántico moderado. Precipitaciones medias del orden de 900 a 950 mm/año. **La bahía de Arcachon y alrededores**: clima atlántico con **tendencia xérica**

estival moderada. Precipitaciones medias de 800-900 mm/año de media. **Las dunas de Las Landas** (de Mimizan hasta la desembocadura del Adour): clima atlántico con un marcado gradiente pluviométrico que aumenta de norte a sur, precipitaciones que oscilan de 900 a 1.400 mm/año.

En los sectores con menor pluviosidad y que sufren de un déficit estival (el Médoc del norte y la bahía de Arcachon), se observa una producción más débil y más dificultades de regeneración que en los sectores con mayor pluviosidad (el Médoc del centro y sobre todo las dunas de Las Landas).

La meseta de Las Landas está sometida a un **clima oceánico de Aquitania**, suave y húmedo. La **temperatura** media anual ronda los 13 °C. No obstante, al este existe una tendencia continental, con una mayor amplitud térmica diurna y con frecuentes heladas matinales a finales de año.

La **precipitación** media anual es abundante (de 700 mm a 1.000 mm), y la pluviosidad va en aumento del norte al sur y del este al oeste. La distribución de las precipitaciones es bastante irregular: los otoños y los inviernos (de noviembre a marzo) suelen ser muy lluviosos, mientras que los periodos de sequía pueden durar varios meses (de abril a julio), a pesar de los numerosos episodios de tormenta, que pueden provocar un marcado déficit hídrico estival.

Los vientos dominantes de componente oeste cargados de humedad pueden soplar en forma de tormentas varias veces al año, e igualmente se pueden dar episodios excepcionales de nevadas y de heladas. A pesar de que el clima de la meseta de Las Landas sea muy favorable para la vegetación forestal, hay que temer su carácter muy cambiante

y siempre imprevisible: heladas tempranas o tardías, tormentas con vientos huracanados, sequías, granizo...

En Aquitania, como en toda Francia continental, el cambio climático se traduce, principalmente, en un aumento de las temperaturas, acusado especialmente desde el comienzo de los años ochenta.

En el periodo 1959-2009, se observa un aumento de las temperaturas anuales de 0,2 °C a 0,3 °C por década. Estacionalmente, la primavera y el verano sufren más recalentamiento, con aumentos de

0,3 °C a 0,4 °C por década. En otoño y en invierno las tendencias son igualmente positivas, pero con valores más bajos, de entre +0,1 °C a +0,2 °C por década. En consonancia con este aumento de las temperaturas, la cantidad de días calurosos (temperaturas máximas superiores o iguales a 25 °C) aumenta y el número de días con heladas disminuye.

La evolución de las precipitaciones es menos sensible, dado que la variabilidad de un año a otro es importante. En el periodo 1959-2009, en Aquitania las tendencias anuales relativas a las precipitaciones son menos marcadas.

CONTEXTO FORESTAL

El macizo forestal de Las Landas de Gascuña se extiende a lo largo de casi 1,2 millones de hectáreas y se caracteriza por un bosque de pino marítimo en monocultivo.

En efecto, el pino marítimo representa el 71 % de las superficies forestales en Las Landas de Gascuña y el 81 % a escala de las dunas atlánticas. Los robles caducifolios, es decir, el roble común o albar (*Q. robur*) y el melojo o rebollo (*Q. pyrenaica*), los robles perennifolios, el abedul (*Betula pendula*) y el aliso común (*Alnus glutinosa*) completan el macizo forestal. Estas especies muestran comportamientos diferentes frente al fuego.

El pino marítimo posee agujas de inflamabilidad media. La inflamabilidad del pino marítimo sería inferior a la del alcornoque y la encina. Sin embargo, los rodales de pino marítimo son altamente combustibles debido a que su copa abierta suele permitir el desarrollo de un sotobosque abundante. Por ello pueden ser objeto de incendios totales.

Los robles de hoja caduca, es decir, el roble común o albar y el melojo o rebollo, tienen una inflamabilidad comparable a la del pino marítimo. Estas especies de robles de hoja lobulada también son muy combustibles; arden con rapidez y propagan las llamas con eficacia.

Las hojas de encina son extremadamente inflamables y la combustibilidad de esta especie depende en gran medida del tipo de rodal. Así, la encina es muy combustible en masas abiertas, sin embargo, en forma de masas densas o de monte bajo envejecido, puede constituir un cortafuegos natural por la ausencia de sotobosque y por el microclima forestal que genera.

Las hojas del alcornoque son altamente inflamables, llegando incluso a provocar incendios generalizados. Debido a la necesidad que tiene de luz y a la renovación anual de sus hojas, el alcornoque forma rodales con cubiertas claras. Cuando no se mantienen para la producción de corcho, los alcornocales suelen ir acompañados de un sotobosque a menudo muy denso, lo que favorece que estas formaciones sean muy combustibles. Esta especie está muy bien adaptada al fuego. La rápida inflamabilidad del follaje, así como una corteza gruesa y aislante (salvo en caso de descorte reciente) permiten la supervivencia de yemas, que forman nuevas ramas con rapidez, lo cual permite que el árbol sobreviva al paso del fuego.

Entre las especies acompañantes, el madroño es poco inflamable y moderadamente combustible.

Las demás especies del sotobosque (tojo, retama, brezo...) se inflaman con facilidad y son muy combustibles, lo que subraya la necesidad de realizar mantenimiento con regularidad.

La estructura de las masas (su continuidad vertical y horizontal) y la naturaleza de las especies que los componen lo han convertido desde hace décadas en un macizo considerado de riesgo frente a los incendios forestales.

Los cambios climáticos recientes tienden a aumentar el número de incendios y de superficies

quemadas (+18 % entre 1960 y 2010 – Fuente: Météo France). En efecto, los fenómenos meteorológicos extremos tales como sequías o las olas de calor son cada vez más frecuentes e intensos y contribuyen en gran medida a aumentar el riesgo de incendios forestales. El verano de 2022 en Nueva Aquitania es prueba de ello: sequía ligada a varias olas de calor intenso y grandes incendios. Por tanto, es importante poner en marcha acciones de prevención y adaptación ante este aumento del riesgo de incendios.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO

Hay varios factores que agravan el riesgo de incendio forestal:

Bosque de dunas:

- Cada año, el litoral de la región que hasta 2016 se denominó Aquitania (ahora Nueva Aquitania) recibe más de un millón de turistas en sus playas;
- El aumento de la actividad humana en verano incrementa la probabilidad de que se produzcan focos de incendio.
- La urbanización principal consiste en viviendas bajo la cubierta forestal y en contacto directo con el bosque.

Meseta de Las Landas:

- El abandono de la agricultura en los últimos años ha creado zonas cubiertas de maleza y desatendidas en interfaz directa con el bosque. La actividad agrícola mecanizada que subsiste aumenta el riesgo de que se produzcan focos de incendio en verano;
- El monocultivo del pino marítimo, que es una especie muy inflamable en sus primeras etapas de crecimiento.

No obstante, desde 1945 un decreto ha hecho obligatoria la creación de Asociaciones Sindicales Autorizadas (ASA) para organizar la Defensa Forestal Contra Incendios (DFCI), que se basa en una complementariedad entre la prevención y la lucha. Los propietarios forestales se implican mucho en la prevención a través de sus contribuciones y su acción cotidiana en las ASA de la DFCI.

La DFCI de Aquitania participa en la prevención del riesgo de incendios forestales, garantizando así la preservación del medio forestal al realizar tres misiones:

- **Crear y mantener infraestructuras:** pistas, puntos de agua, acequias y puentes;
- **Informar y sensibilizar** al gran público en general y a los profesionales en particular acerca del riesgo de incendio;
- **Innovar** mediante la realización de estudios y análisis que ayuden a mejorar la protección del bosque y produciendo herramientas tecnológicas eficaces.

A pesar de un contexto de alto riesgo, las Obligaciones Legales de Desbroce (OLD) definidas en los artículos L131-10 a L131-16 del Código Forestal solo se aplican contadas veces en los departamentos considerados sensibles en Nueva Aquitania. Por desbroce se entiende el conjunto de operaciones de reducción de los combustibles vegetales de todo tipo con el fin de reducir la intensidad y de limitar la propagación de los incendios. Estas operaciones garantizan una ruptura suficiente de la continuidad horizontal de la cubierta vegetal, así como de la continuidad vertical entre cada capa de vegetación. Entre ellas, se puede incluir la poda de los árboles que reciben mantenimiento y la retirada de la tala.

Con el fin de favorecer la realización de estas OLD, dentro del proyecto europeo PYROSUDOE hemos puesto en marcha 5 emplazamientos piloto de 18 hectáreas en total en 3 municipios costeros del Médoc sujetos al riesgo de incendios forestales para poner a prueba un protocolo técnico.



Bombannes antes de las tareas realizadas: pinar en pendiente con sotobosque muy denso de robles y madroños que llegan a las copas de los pinos -- foto Arescopp B. Doumergue -



Estos proyectos piloto han permitido la elaboración y la validación de pliegos de condiciones que integran las acciones destinadas a limitar el riesgo de incendio, teniendo también en cuenta la conservación de la calidad paisajística y de la biodiversidad.

Las tareas de desbroce se llevaron a cabo mediante el corte giroscópico de los arbustos existentes. El objetivo era llegar a una limpieza tal que se pudiera obtener un producto triturado fino y regular. Las especies arbustivas menos combustibles (madroño) o las plántulas de especies arbóreas forestales (pinos marítimos, sotobosque de frondosas, especialmente robles) han sido objeto, según la densidad de cada lugar, de un mantenimiento individual o por grupos de pequeño tamaño, o bien se eliminaron mediante una operación de desbroce, en función de la densidad existente.

Se prefirió el trabajo manual selectivo de la capa arbustiva, utilizando desbrozadoras de mochila.

Se eliminaron sistemáticamente las especies alóctonas con tendencia a convertirse en invasoras.

En caso necesario, el suelo arbolado podría ser objeto de una intervención manual adicional que incluiría:

- La explotación ocasional de los tallos moribundos, secos o crecidos,
- La poda a partir de una altura de dos a cuatro metros de las ramas bajas que pudieran crear continuidades verticales,
- Los restos del desbroce manual podrían someterse, según el caso, a extracción mediante acordonado en zonas mecanizadas para su destrucción por trituración, o a trituración in situ si las condiciones lo permiten.

Los productos comercializables se apilan al borde de la carretera en montones de 2 metros y se evacuan lo antes posible.

Bombannes tras las tareas realizadas: poda, retirada de árboles secos y desbroce del sotobosque -- foto ONF J.M. Fermi -

OBJETIVOS DE LOS EXPERIMENTOS

Objetivos de los experimentos realizados en la zona de estudio

Los experimentos propuestos tienen dos objetivos: por una parte, crear masas menos sensibles al riesgo de incendio y, por otra, desarrollar una herramienta cartográfica de las Obligaciones Legales de Desbroce (OLD) integrada en una plataforma web con el fin de facilitar la ejecución y el seguimiento de los trabajos.

Con respecto al primer objetivo, los rodales están principalmente formados por pino marítimo, acompañado ocasionalmente de diversas frondosas (roble común o albar, melojo o rebollo, alcornoque y encina). Según las zonas, el sotobosque se compone de madroños (bosques litorales), tojo, retamas, brezos, de brecina y arraclán.

Una estrategia que permite reducir la sensibilidad de los bosques al fuego consiste en mezclar especies introduciendo unas menos sensibles a los incendios forestales; en ese caso la especie que mayoritariamente se deberá introducir como prueba deberá ser el alcornoque, por su reconocida resistencia al fuego.

Para satisfacer el segundo objetivo, se contempla el desarrollo de una plataforma web que permita facilitar la distribución y la aplicación de las Obligaciones Legales de Desbroce a escala de territorio municipal. Estas tareas de prevención desempeñan una función muy importante en lo relativo al inicio y la propagación de un incendio, dado que la actividad humana es la causa principal de los inicios de incendio (en más del 90 % de los casos).



ACCIÓN 1: INTRODUCCIÓN DE ESPECIES MENOS SENSIBLES AL RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

Conclusiones

el pino marítimo es una especie moderadamente inflamable pero altamente combustible debido a que su ligero dosel generalmente permite el desarrollo de un abundante sotobosque potencialmente formado por especies altamente inflamables. Por tanto, se considera que las masas de pino marítimo son muy sensibles, especialmente en su edad joven. No obstante, los pinares adultos con un sotobosque ligero son muy resistentes a los incendios de superficie.

En general, para reducir el riesgo de incendios forestales se recomienda limitar las continuidades horizontales y verticales de la cubierta forestal. El desbroce permite reducir estas continuidades y atenuar, con ello, los riesgos de inflamabilidad y de combustibilidad de las masas.

La segunda posibilidad para reducir la continuidad del dosel es crear zonas y/o bordes de especies menos inflamables y menos combustibles. Por tanto,

se ha optado por probar a plantar alcornoques con el fin de crear cortinas menos combustibles para formar cortafuegos que pudieran servir de línea de apoyo para los servicios de lucha contra incendios.

Material y métodos

Con el fin de evaluar su capacidad de recuperación y crecimiento inicial así como para comparar comportamientos, los alcornoques se han instalado en varias plantaciones de pino marítimo distribuidas por la zona litoral. No se ha incluido la encina en estas pruebas por el carácter tan competitivo que tiene con respecto al pino marítimo.

Con ayuda de los servicios estatales, en una fase previa se puso en marcha un procedimiento de selección de los rodales clasificados con el fin de disponer de los orígenes genéticos mejor adaptados a la región. Tras la recolección de bellotas en los rodales clasificados, se ofreció a viveristas la posibili-

dad de firmar contratos de cultivo con el objetivo de controlar en todo momento el origen de las plantas. Se procedió a plantar los alcornoques en el invierno de 2021-2022, después de haber realizado las tareas de labranza con el arado "Gasuña" o tras la utilización de un cultivo de cobertura.

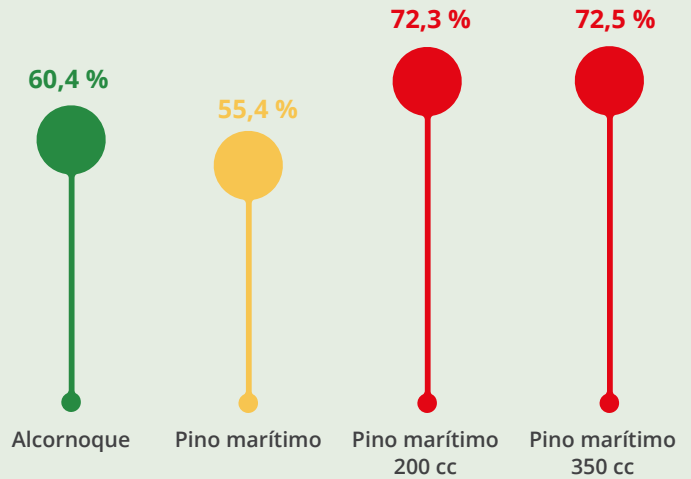
En octubre de 2022 se hizo una estimación de la tasa de recuperación. Además, se medirán las alturas en las parcelas de muestreo cada año hasta que alcancen la edad de 7 años, a partir de la cual se medirán cada 3 años. Se realizará una evaluación periódica de la vegetación acompañante (en especies y en volúmenes) con el fin de estudiar el papel de las especies principales del rodal en relación con el sotobosque.

Resultados y perspectivas

La evaluación de las tasas de recuperación en otoño de 2022, tras un verano caracterizado por olas de calor y sequías, muestra un buen comportamiento

por parte del alcornoque. En efecto, esta especie presenta tasas de recuperación comparables a las del pino marítimo y muy claramente superiores a las que reflejaban los alcornoques de origen mediterráneo, que rondaban el 30 % (ver gráfico a continuación).

Tasa de enraizamiento - octubre 2022



ACCIÓN 2: DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB QUE PERMITA FACILITAR LA DISTRIBUCIÓN Y LA CORRECTA APLICACIÓN DE LAS OBLIGACIONES LEGALES DE DESBROCE A ESCALA DE TERRITORIO MUNICIPAL

Conclusiones

Las OLD son un mecanismo histórico y fundamental de la defensa forestal contra incendios (DFCI), de cuya importancia se ha hecho eco el informe de inspección interministerial de abril de 2016 denominado Mission d'évaluation relative à la défense de la forêt contre l'incendie (Encargo de evaluación relativa a la defensa forestal contra incendios). Estas obligaciones se rigen por el artículo L 131.1 del Código Forestal y permiten cortar la continuidad vertical y horizontal de los tres estratos de vegetación y disminuir con ello la intensidad de un incendio y su propagación.

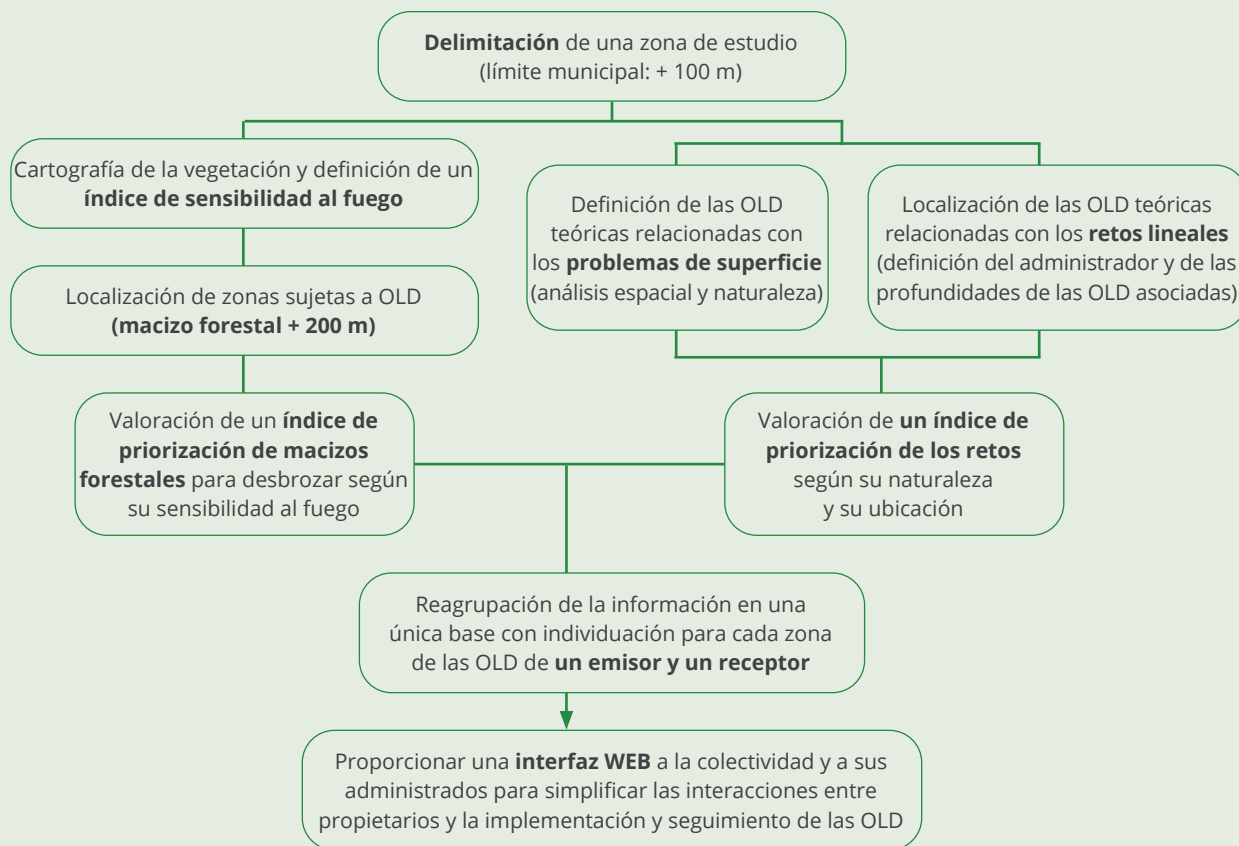
No obstante, hoy en día se sigue sin respetar las OLD a un nivel suficiente. De hecho, hay diversos obstáculos: subestimación del riesgo, reticencias antes de

realizar las obras iniciales por su coste y por la modificación del paisaje, por no hablar de la complejidad de su distribución, que puede llevar a que un administrador privado o un gestor tenga que intervenir en propiedades vecinas. De hecho, la complejidad de los textos legales puede implicar dificultades a nivel local para su aplicación.

Material y métodos

se ha desarrollado una cadena de procesamiento SIG (Sistema de Información Geográfica) o GIS, por sus siglas en inglés, para conocer, por un lado, la extensión exacta de terreno sujeto a desbroce en cualquier punto de un territorio municipal y, por otro, la distribución espacial entre un emisor (la persona que debe desbrozar) y un receptor (aquel en cuyo terreno ha de realizarse el desbroce).

Diagrama de flujo simplificado de la cadena de procesamiento GIS



Dado que los resultados de este análisis son complejos y difíciles de utilizar, el encargo se confió a un proveedor especializado (la Société Magelium) para poder desarrollar una plataforma web que permita:

- **Facilitar el suministro y la utilización** de las bases de datos y las representaciones cartográficas anteriormente obtenidas;
- Poner a disposición de las autoridades locales (y los servicios estatales) una **herramienta práctica para la aplicación, la priorización y el seguimiento de las OLD;**
- Permitir los intercambios y las interacciones entre los ciudadanos;
- Mejorar la **comunicación** con el gran público acerca de un tema sensible: crear o recrear una **memoria del riesgo.**

EDITORES DE LA FICHA

Francis MAUGARD, experto en pino marítimo y riesgos

Benoît DESTribat, especialista en geomática - jefe de proyecto de riesgos naturales

Aurélié LEHOUCQ, responsable de proyecto

Bastien DALGE, responsable del encargo

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

Marine Boulogne et al.,
Bibliographie sur la
réglementation liée au risque
incendie (ONF – 2020)

Guide technique : Les
obligations légales de
débroussaillage (MAAF ; ONF/
DFCI ; DPFM – Enero de 2019)

Proyecto Europeo PYROSUDOE
(ONF/DFCI – 2011)

Guide de sylviculture des
incendies de forêts en Corse
(ONF – 2022)

Diversification et reconstitution
post incendie dans le massif des
Landes de Gascogne - Revue de
littérature scientifique et
technique. (CNPf – 2022).



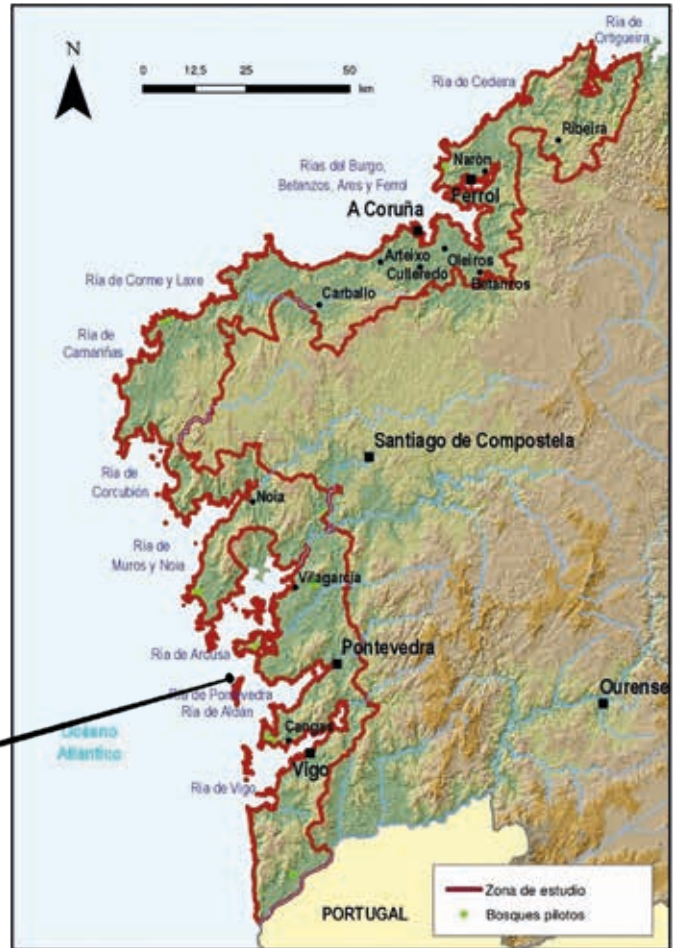
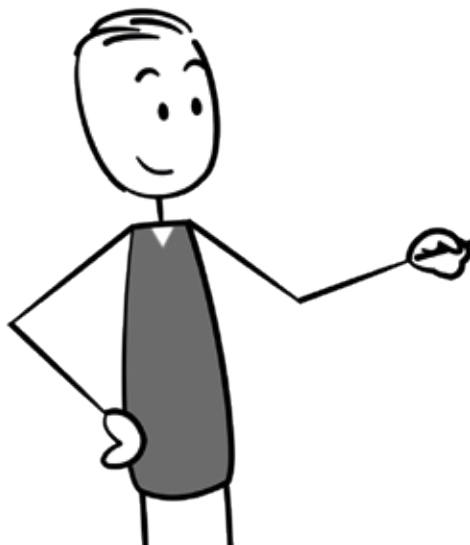
*Bosque piloto de Penas Roibas,
Saiair (Caldas de Reis, Pontevedra)
cinco meses después de un
incendio en 2021.*

FICHA 8

**RECOMENDACIONES
PARA REDUCIR
LOS DAÑOS DE LOS
INCENDIOS EN LOS MONTES
DE LA COSTA ATLÁNTICA
DE GALICIA**

CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

El territorio de estudio de 4.760 km² lo forma la fachada atlántica de Galicia hasta una incursión hacia el interior de unos 15 km. La mitad norte de la franja costera, de Finisterre a Ortegal, está orientada al Noroeste y la mitad sur, de Finisterre a A Guarda, más bien hacia el Suroeste. La línea de costa es quebrada en todo su recorrido con numerosos entrantes y salientes que, junto a la orografía complicada que presenta, dan lugar a una compleja y larga red de comunicaciones sorteando accidentes geográficos.



Mapa de la zona de estudio.

El relieve es accidentado, con presencia de unas sierras costeras de baja altitud que alternan con depresiones de poca pendiente donde se reduce la proporción de superficie forestal en favor de cultivos y suelos urbanos. Una cantidad importante de población vive en viviendas unifamiliares diseminadas en la zona rural, con una elevada longitud de la interfaz urbano-rural, lo cual favorece que la superficie forestal se encuentre muy fragmentada.

El cambio climático está provocando un mayor predominio del tiempo anticiclónico que trae a esta franja costera un viento seco del interior de componente nordeste que con la pendiente pronunciada de los montes y la acumulación de biomasa, provoca situaciones de alto riesgo de incendios. Confluyen múltiples usos en los montes y en los entornos, que con una densidad de población alta en áreas rurales son un detonante significativo del número de focos de incendio.

CONTEXTO FORESTAL

En la costa atlántica gallega los montes tienen una alta capacidad productiva de madera que oscila en función de la especie y de la profundidad del suelo. Las dos especies principales que cubren el 85 % de la cabida forestal son *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*, presentando alternancia en la distribución territorial y combinándose con otras especies.

La bondad del clima suave costero templado-cálido y húmedo favorece una densidad alta de biomasa vegetal leñosa. Las formaciones arboladas de pino y eucalipto dejan pasar mucha luz al suelo a través de sus copas reducidas que dependen de la luz lateral y no tienen apenas tangencia. Esa insolación que llega al suelo favorece la regeneración de un potente cortejo de árboles jóvenes y matorrales, que si no se intensifica la silvicultura para su control puede generar una formación con un peligro alto de propagación del fuego.

En el territorio hay sitios con propiedades de reducida dimensión y de baja atención silvícola en los pies de ladera, que generan gran peligro si las condiciones del clima son más extremas y es donde se suele iniciar el incendio, subiendo por las laderas de más pendiente y creciendo en intensidad y en amplitud del frente.



Masa de *Pinus pinaster* con buena atención silvícola.



Masa de *Pinus pinaster* sin silvicultura.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO

Este territorio cuenta con una superficie forestal de 207.000 ha (66 % del total), de las cuales un 82 % son masas arboladas y un 18 % matorral arbustivo. Las áreas forestales floclan entre numerosos núcleos de población dispersos, que se rodean a su vez de suelo agrícola de pequeñas explotaciones dedicadas al autoconsumo doméstico. En las partes altas el paisaje forestal es más monótono y no se encuentran asentamientos de población.

En la antigüedad los montes eran un complemento de la agricultura, se usaban para el pastoreo del ganado y se recogía la capa de hojarasca con la vegetación subarbustiva de tojo, brezo y helecho (esquilme) para llevar a las cuadras y formar el estiércol que después se empleaba de abono en los cultivos agrícolas. Mientras hubo esos aprovechamientos en los montes no había apenas combustible, se aprovechaba todo. La desaparición de esta actividad tradicional ha transformado radicalmente los suelos forestales a la vez que aumentaban las repoblaciones de arbolado. La disminución de la población rural dedicada a la agricultura o ganadería se sucede a la vez que una generación de labradores se retira y sus hijos no continúan con la actividad del campo.

Actualmente, muchos propietarios de montes viven y trabajan en la ciudad y algunos continúan la gestión forestal, pero otros la abandonan. La actividad intensiva que predominaba en estos territorios ha pasado ahora a un bosque productivo con una atención mínima por la carestía de la selvicultura y en algunos casos por desvinculación de los propietarios. Los montes tienen masas arbóreas y condiciones naturales de productividad alta, aunque la explotación del recurso presenta dificultades en la producción real de madera por el relieve accidentado, las dimensiones de la propiedad y las carencias de vías de acceso.



Monte pedregoso en ladera, poblado con varias especies y sin silvicultura activa en el sur de la costa atlántica gallega.

La afección por incendios es alta en superficie quemada y recurrencia, a pesar de las actuaciones importantes de obras de prevención y medios de extinción empleados por la Administración Forestal en estos territorios. Estas medidas permiten un control y contención de la catástrofe a un nivel aceptable pero que es insuficiente cuando se dan oleadas con una gran concentración de incendios en momentos de máximo riesgo y que puede repetirse en ciclos de 5 a 10 años, donde el sistema de defensa se ve superado por la situación.



Aprovechamiento de esquilme en un pinar de pinaster respetando la regeneración.



| Pinar de Pinus pinaster desbrozado y con podas, afectado por un incendio.

Se trata de una zona donde los incendios son intencionados en más del 95 % de los casos y fruto de diversas casuísticas. Los incendios son provocados en condiciones de máximo peligro: en situaciones de sequía climatológica y fisiológica y con viento, para lograr la finalidad que motiva al incendiario. Si se provoca en condiciones de poco peligro, el avance del fuego sería rápidamente atajado por los medios de extinción y se reduciría el área quemada a un conato de escasa superficie. Por tanto, para ser realista en el riesgo, la previsión de los daños esperados para la masa forestal debe abordarse en el peor de los escenarios.

Los factores que influyen en el riesgo de incendio se han tratado para la zona de estudio desde la perspectiva de vulnerabilidad del bosque al paso del fuego, donde la supervivencia de la masa arbolada y los daños económicos sobre la madera son los efectos a evaluar y a tratar de aminorar con las buenas prácticas. Otra posibilidad que no se contempla es cuando la masa arbolada quemada no tiene viabilidad, se procede a regenerar cortando y plantando o esperando el regenerado natural. Con este tipo de especies y en la zona de estudio se consigue la renovación de la masa con éxito en la mayor parte de los casos, gracias a la adaptación para la supervivencia de la especie después de sufrir el incendio o por tratarse de especie frugales que se repueblan con éxito.



| Pinar joven de Pinus radiata quemado con posibilidad de supervivencia.



| Pinar adulto de pinaster tras incendio intenso que requiere su corta.

Las actuaciones en infraestructuras son trascendentales para la seguridad de la masa forestal. Son las principales líneas de defensa en el caso de la lucha contra el frente del fuego, aparte de su función imprescindible para la selvicultura en general. Se trazan por las laderas a nivel y se refuerzan con los cortafuegos trazados perpendicularmente en máxima pendiente.



| *Área cortafuegos antes y después de un incendio forestal.*

El cierre de copas es favorable para intensificar la sombra en la vegetación del sotobosque (reducción de matorral+árboles jóvenes), para un mayor desarrollo vertical de la biomasa arbórea y para reducir el tiro e intensidad del fuego al disminuir la circulación vertical del aire. Es difícil conseguir un dosel cerrado en los pinares adultos y más aún en las plantaciones de eucalipto de la zona de estudio por el temperamento de luz de esas especies que rara vez les permite cerrar la cubierta (FCC<80 %).

Para mantener el bosque más protegido contra el fuego deben realizarse intervenciones regulares sobre la vegetación del piso inferior reduciendo el exceso de pies arbóreos, eliminando las ramas basales, los renuevos y el resto de vegetación leñosa de arbustos y árboles jóvenes.



| *Pinar de pinaster con sotobosque sin especies leñosas.*

OBJETIVOS DE LOS EXPERIMENTOS

El estudio de montes quemados en los últimos años en los que se desarrollaron acciones preventivas en sus planes de defensa ofrece la posibilidad de evaluar el grado de acierto y error de las soluciones que se plantearon en el pasado. Es decir, se hace el análisis experimental aprovechando las acciones realizadas en años anteriores en los bosques piloto o montes elegidos para la investigación de la zona de estudio. No se han efectuado parcelas de ensayo propiamente dichas en las que se programan unas actuaciones nuevas de prevención para ver los resultados después de

un incendio, puesto que supondría efectuar fuegos experimentales que no estaban previstos en el proyecto.

El objetivo principal es el estudio de los factores que pueden ser determinantes para lograr la supervivencia de los pinares (las especies más vulnerables o de menos resistencia) después de sufrir un incendio y que los daños en la madera sean mínimos. Para ello se identificaron tres factores para los que se realiza una acción de investigación: estado de infraestructuras, control de combustible en el sotobosque y morfología del árbol.

ACCIONES A APLICAR PARA REDUCIR EL RIESGO DE INCENDIO EN LAS MASAS FORESTALES

FACTOR 1: ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS

ACCIÓN 1: DETERMINAR LAS ACTUACIONES DE CONTROL DE COMBUSTIBLE EN MÁRGENES DE PISTA.

Material y método

Con la información recopilada de las visitas de expertos a los bosques piloto se obtuvieron unas conclusiones aplicables de ámbito general. En el bosque piloto de Penas Roibas (Saiar) G07, de muy alto riesgo y con frecuencias de incendios de unos 10 años, y en el entorno inmediato se hizo una evaluación del riesgo con precisión, en función de las observaciones de la cuadrilla de trabajadores y la visita de los técnicos sobre el control de maleza en los márgenes de la pista, a la vez que se consensuaron las medidas de prevención con un criterio de coste mínimo.



Camino forestal en el bosque piloto de Penas Roibas, Saiar, empleado para apagar el fuego. A la derecha pinar quemado a la izquierda masa verde.

Resultados y perspectivas

En la costa atlántica de Galicia la densidad de pistas es elevada y suficiente en la mayor parte de los sitios, fruto de una actividad forestal activa de silvicultura y aprovechamientos de madera. También los depósitos de agua para la extinción. Para los medios aéreos, la proximidad a la costa es un aspecto muy favorable para conseguir agua del mar.

Los principios básicos de defensa con apoyo en las infraestructuras viarias son:

- Mantenimiento de los caminos en buen estado de tránsito
- Trabajos de tractor en limpieza de márgenes
- Fajas de trabajos manuales de refuerzo.



Pista forestal ancha adecuada para su desbroce con máquina, con firme y drenaje en buen estado.

Recomendaciones y buenas prácticas

Las áreas de defensa de los caminos forestales deben ser objeto de planificación y supervisión por parte de la Administración forestal y apoyarse en los instrumentos de gestión de los montes privados para lograr una mayor eficacia en su función.

Los costes de mantenimiento deben contar con ayudas públicas al 100 % y una organización colectiva que garantice su servicio continuo de atención, con la regularidad necesaria.

El estado de la red de caminos debe ser objeto de seguimiento y de mejora en los elementos deficientes o puntos críticos. En caso de deterioro de sus drenajes y del firme, habituales en la zona de estudio por las lluvias intensas del invierno, deben arreglarse en primavera para facilitar la realización de las labores de prevención y de extinción posteriores.

Los trabajos de desbroce mecanizado con tractor de máquina remolcada y brazo lateral en los márgenes de caminos deben realizarse con frecuencia de 1-2 años en los principales y de 3-6 años en los secundarios. En la región el crecimiento de la vegetación en los laterales de la plataforma es muy intenso por la abundancia de semillas, luz, agua y nutrientes.



El buen estado del firme y del drenaje del camino es fundamental para la prevención de riesgos y para la silvicultura.



Pista estrecha en mal estado que requiere desbroce de vegetación en los márgenes.

Los trabajos de desbroce manuales con máquina personal de arnés y poda basal se pueden realizar en fajas laterales contiguas donde no accede el tractor y bajo arbolado. Los anchos de trabajo pueden oscilar entre los 2 y los 5 m, en función de la importancia de la pista, su situación estratégica y disponibilidad económica.

La frecuencia de las rozas puede variar dependiendo del estado de desarrollo del arbolado, dado que, a más edad, más sombra y menos crecimiento del matorral en los márgenes de pista.

En los terrenos de pendiente el gasto debe ser de 2 a 3 veces superior para lograr la misma protección que en los sitios llanos.

Las actuaciones primeras son muy superiores en cantidad de biomasa y en coste que las de repaso en la siguiente ocasión, por ser vegetación menos leñosa y por tender a una mayor presencia de hierba o helecho, que soportan mejor la frecuencia de cortes.

Las fracciones vegetales podrían ser objeto de aprovechamiento para producir biomateriales porque el camino es una vía asequible en acceso y cosecha a máquinas recolectoras o compactadoras. Podrían obtenerse en los mantenimientos cosechas de 5-10 t de materia seca por km y año.

FACTOR 2: CONTROL DE COMBUSTIBLE EN EL SOTOBOSQUE

ACCIÓN 2: DETERMINAR EL TRATAMIENTO ÓPTIMO DE VEGETACIÓN Y DE RESTOS EN TERRENOS DE LADERAS



| : Desbroce mecanizado en la calle de una plantación de 5 años de Pinus pinaster.

Material y método

Se realizaron visitas a los montes de asistencia técnica regular para monitorizar operaciones de esta naturaleza donde se actuaba en el sotobosque y se fijaban condiciones diferenciadas en las contrataciones de obra. La recopilación de datos con un protocolo común ha permitido la síntesis de resultados que pueden aplicarse a los montes.



| Desbroce manual en masa de pino insignie en ladera no mecanizable.

Resultados y perspectivas

Estas tareas forman parte de los gastos de silvicultura de un ciclo productivo de una masa forestal. Pueden considerarse como una operación más de las realizables en un trabajo de silvicultura, en el que se fijan unas tareas de eliminación o tratamiento de restos de operaciones como clareo, poda o desbroce.

Los restos leñosos de la silvicultura o de caída natural que yacen en el suelo del pinar son la base energética que alimenta al fuego. A más cantidad aumenta la intensidad y duración de la radiación que daña los árboles, más difícil es la extinción por el brasero que deja y más fácil es la reactivación de este. Es muy importante, si se puede, actuar sobre el combustible del suelo para transformarlo o reordenarlo.



| Desbroce de matorral y restos de corta con tractor oruga.

Estas actuaciones son más propias de silvicultores que pretenden defender el valor económico de su masa, que de gestores conservadores que no pueden afrontar este tipo de gasto en el monte.

El objetivo que se persigue es hacer la masa forestal más resistente al paso del fuego y no de tener una línea de defensa contra el frente, aunque siempre será más posible detener el fuego en estas condiciones, y será óptimo para apagar sus flancos.



| Los restos de poda deben trasladarse a la calle central para su trituración posterior.

El caso de terrenos con posibilidad de mecanización abre muchas más posibilidades e interés para llevar a cabo este tipo de operaciones, ya que el combustible puede quedar triturado y permite una rápida descomposición.

Recomendaciones y buenas prácticas

La presencia de regenerado en el sotobosque de las masas forestales en pleno desarrollo o en su madurez no es deseable en los pinares de Galicia, en donde la regeneración tiene lugar después de la corta final. Por tanto, en el sotobosque la regeneración anticipada debe tener el mismo trato que el matorral, salvo algunos árboles de especies que se quieran conservar por diversidad o protección.



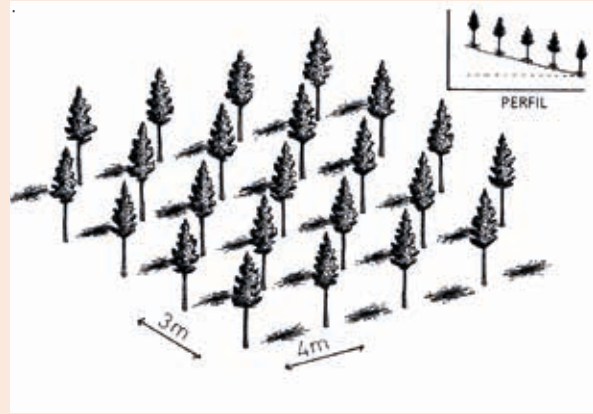
Regenerado de pino pinaster prematuro, antes de la corta final.

El matorral del sotobosque debe someterse a control en su totalidad o parcialmente para crear condiciones más seguras si viene el fuego y por la razón adicional silvícola de evitar la competencia.

Los restos leñosos del suelo deben alejarse de la base del tronco siempre que sea posible. La brasa generada después del paso del fuego está irradiando calor durante mucho tiempo y debe estar lo más alejada posible del tronco para que los daños producidos por a la radiación térmica en los tejidos vivos que hay debajo de la corteza sean mínimos o nulos.

Los restos leñosos deben alejarse hasta un espaciamiento medio entre árboles. En las laderas deben situarse alineados entre dos árboles en el mismo nivel o cota y no entre dos árboles alineados en máxima pendiente. En el segundo caso, la radiación de las brasas a igual distancia es más dañina por estar el suelo en plano inclinado respecto al tronco situado por debajo: se acorta la distancia a la fuente de calor, tiene más perímetro radiante de brasa y se suma el calentamiento con el

efecto chimenea producido en la cara alta del tronco, que sumados acaban por dejar una fenda de fuego que puede superar el metro y estropea la troza basal de madera.



Croquis de la disposición de restos leñosos alineados a nivel en una ladera.

En la disposición indicada, los restos de ramas o troncos conviene que estén en piezas cortas (<1 m) y disponerlas en horizontal porque reducen la superficie radiante de la brasa en dirección de nivel, que es donde están los árboles más cercanos. La disposición horizontal de restos es beneficiosa también en las laderas para evitar caídas por resbalar y para disminuir erosión de superficie.

Además, estando los restos situados en el centro de la calle de una plantación y si el terreno es mecanizable con tractor, es conveniente que periódicamente o al finalizar un trabajo de selvicultura se dé un pase con la desbrozadora para triturar los restos leñosos y el matorral que haya podido crecer desde la última vez.



Restos de podas acordonados en el centro de la calle para su posterior trituration.



| Restos de poda sin acordonar.

Las quemas prescritas deben tenerse en consideración bajo arbolado, con más investigación y más introducción en los escenarios donde pueden ser útiles.

FACTOR 3: MORFOLOGÍA DEL ÁRBOL

ACCIÓN 3: INTERVENCIONES DE SELVICULTURA PREVENTIVA PARA ATENUAR EL DAÑO DEL FUEGO

Material y método

El trabajo consistió en una recopilación de los modelos de silvicultura de diferentes técnicos que probaron distintas normas silvícolas en las podas y los clareos desde una perspectiva triple: preventiva (incendios), económica (reducción de costes) y productiva (cantidad/calidad de madera). Se hicieron visitas a los montes para discutir in situ los criterios óptimos de aplicación de modelos silvícolas y observar los resultados. Recopilada la información se hizo una síntesis para las recomendaciones de alcanzar unas masas forestales más resistentes en la zona de estudio.

Resultados y perspectivas

Las intervenciones en la estructura del árbol con fines preventivos están orientadas a fomentar la discontinuidad vertical, a reducir combustible en los primeros metros del tronco y a tratar de que incendios de superficie no se transformen en fuegos de copas. Son medidas cuya aplicación puede suponer a la vez una mejora de calidad maderable y sanitaria. Estas sinergias son las que animan a que el selvicultor las tenga en consideración en el tratamiento de una masa forestal.

Una espesura alta se considera más perjudicial si se trata de un incendio de copas pero sólo cuando en la superficie hay una carga importante de combus-



| Trabajos de poda alta en masa de pinaster.

tibles, restos leñosos y matorral, que lo mantiene vivo, y el cierre de copas no es total, ya que en esta situación el fuego rara vez sube en altura. Las densidades viarias de la costa atlántica gallega son altas y cada 50-100 m el frente se tropieza con un camino o accidente natural que rompe la continuidad de copas.



Clara de Pinus radiata para reducir el número de pies de cara a la corta final.

Los árboles de futuro deben salir de una selección adecuada de pies de mejor porvenir. El objetivo es conseguir el número mínimo de pies que serán dominantes con las siguientes características: gran diámetro basal, desprovisto de ramas en la parte inferior del tronco y máximo desarrollo de copa y vitalidad, logrando la mayor cubierta del suelo que permita la especie y la estación. Al ser montes de producción de madera, es necesaria una densidad volumétrica elevada por razones de productividad y viabilidad económica. El espesor de corteza mayor de los árboles dominantes en la base de tronco es una protección por su efecto aislante contra los daños de radiación del fuego.



Masa de Pinus radiata clareada y podada con una espesura adecuada para su edad.

Recomendaciones y buenas prácticas

En los montes de producción principal de madera más habituales en la costa occidental de Galicia, lo óptimo desde un punto de vista preventivo es que los árboles crezcan en espesura y se vayan clareando aquellos pies con pocas posibilidades de mantenerse vivos por padecer una dominancia clara o los que hayan secado.

Desde el punto de vista de crear masas forestales más resistentes al paso del fuego se concluye que la densidad de pies debe regularse desde su juventud, siendo válidos los criterios de producción de madera. Se recomienda la instalación de plantaciones alineadas, siempre que no sean contraindicadas por cuestiones de paisaje, ya que facilitan los tratamientos de combustibles por mecanización e incluso manuales.



Clareo en regeneración natural de Pinus pinaster. Calle mecanizada y entrecalle manual.

Las podas en la base del tronco deben realizarse hasta la máxima altura que sea posible, que sea correcta desde el punto de vista técnico y compense económicamente. Igualmente, la selección de brotes en los renuevos del monte bajo o los chupones de las heridas de poda.

En los montes cerrados de la costa atlántica la biomasa viva de ramas y renuevos de los árboles situada en los primeros metros sobre el suelo tiene poca posibilidad de supervivencia por la sombra producida por las copas y la competencia del piso dominante. Toda biomasa sin porvenir, de escasa vitalidad o muerta como norma general debe eliminarse en la selvicultura

EDITORES DE LA FICHA

Braulio Molina Martínez y M^a Cristina Verde Figueiras, con el apoyo del equipo técnico de la Asociación Forestal de Galicia.



| *Vista pinar Peguerinos.*

FICHA 9

REGENERACIÓN TRAS INCENDIO EN *PINUS SYLVESTRIS*

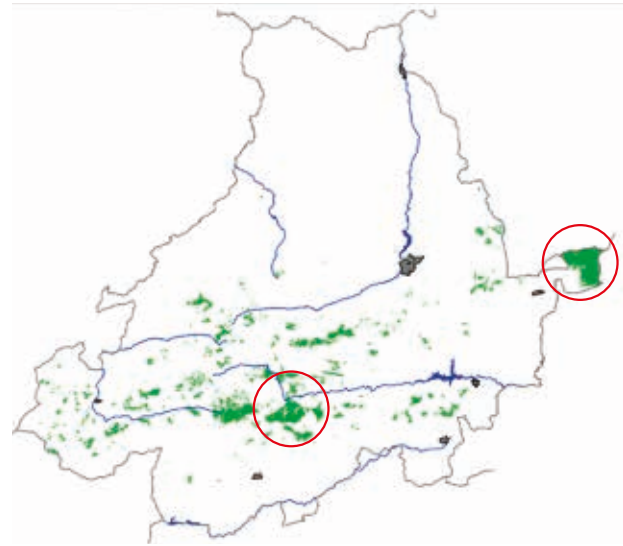
CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

El pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) es la especie de pino más extendida en Europa, con una amplia presencia en la península ibérica en los Sistemas Central, Ibérico y Pirenaico. Su gran amplitud ecológica hace que se haya utilizado ampliamente en repoblaciones, con ejemplares en zonas altas de montañas mediterráneas por encima de los 1300-1500 metros, siendo el límite altitudinal forestal en zonas con climas mediterráneos continentales fríos. Requiere una precipitación anual superior a los 500-600 mm.

La especie, perennifolia, se regenera sexualmente por medio de semillas procedentes de pilas con maduración anual.

Actualmente el pino silvestre muestra evidencias de decaimiento y mortalidad en ciertas localidades que suelen coincidir con el límite seco de su distribución, provocando sustituciones por diferentes especies de *Quercus* mediterráneos (Rigling et al. 2013).

La especie es poco resistente al fuego, sin adaptaciones al mismo como puedan ser una corteza gruesa o conos serótinos (Tapias et al. 2001;



Formación arbolada Pino silvestre. IV Inventario Forestal Nacional. Ávila. En círculo rojo, zonas de estudio

Karavani et al. 2018), por lo que la especie ha desaparecido de muchas zonas con fuegos recurrentes o sometida a un intenso pastoreo, mientras que se extiende en zonas en las que se han realizado repoblaciones.

CONTEXTO FORESTAL

El área de estudio se encuentra en la zona centro de la provincia de Ávila, con alturas de 1.400 y 1.500 metros sobre el nivel del mar.

En el Sistema Central el pino silvestre se mezcla o bordea con otras especies generalmente más tolerantes a la sequía y de climas más cálidos. Distintos estudios sitúan un bosque dominado por pino silvestre y pino laricio hasta la Edad Media, extendiéndose entre las Sierras de Gredos,

Paramera y Serrota (Génova et al. 2009; López-Merino et al. 2009; López-Sáez et al. 2014; Rubiales et al. 2007, 2012). Esta distribución cambia como consecuencia de la acción del fuego y del pastoreo, quedando de aquel pinar primigenio rodales aislados y generalmente envejecidos de las dos especies en lugares puntuales de esa antigua distribución. El resto de pinares son frutos de repoblaciones.

En la provincia de Ávila, se distribuye en la mitad sur de la provincia, con atención a las masas de la Sierra de la Paramera, al norte de Arenas de San Pedro y al este de Las Navas del Marqués, en el Parque Natural Sierra Norte de Guadarrama. Es de las formaciones que mayor altitud alcanza, con zonas con presencia de pino silvestre entre los 1.000 y los 1.800 metros.

Las masas de pino silvestre presentan alrededor del 85 % de los pies mayores y volumen con corteza de la provincia de Ávila, y representa el 46 % del total provincial, y la primera en cuanto a volumen maderable por unidad de superficie.

GESTIÓN FORESTAL Y FACTORES QUE LIMITAN LA REGENERACIÓN

La gestión forestal de la especie viene determinada por las posibilidades de la regeneración de la misma, que está basada casi exclusivamente, de forma natural, en la reproducción sexual (González-Martínez et al. 1999). Dicha reproducción sexual está condicionada por factores ambientales como la sequía y la competencia en los primeros años, ya que la especie presenta un crecimiento lento de la raíz en el momento de la germinación, por lo que la sequía en los primeros estadios limitan la regeneración.

Este hecho hace que el factor climático básico para entender el establecimiento natural del regenerado sea la humedad, con la necesidad de veranos no muy secos con cosechas de semillas abundantes para obtener regeneraciones aceptables (González-Martínez et al. 1999). Este hecho se transforma en crítico para la regeneración post incendio, en que la baja humedad durante el primer verano tras el incendio limita el éxito de la regeneración natural (Montero, 1994).

El hecho de que el pino silvestre no cuente con conos serótinicos (Tapias et al. 2001), hace que necesite reforestación asistida tras un incendio.

En cuanto a la regeneración artificial, el condicionante de la humedad se mantiene, incluyendo un añadido que demuestra mayor éxito en la regeneración en zonas de umbría que en solana, cuando se encuentra en zonas de baja pluviometría (Vega et al., 2005), por lo que la elección de espacios para el regenerado de acuerdo a los registros hídricos es un factor de gestión forestal a considerar.

Estos conceptos de gestión forestal que limitan la regeneración se complementan con situaciones post-incendio se asocia a la severidad del incendio y su tipología. Los incendios que afectan al suelo generan problemas al regenerado por la reducción del espesor de la cubierta orgánica, eliminando el banco de semillas edáfico (Vega et al. 2005). Si el incendio es de copas, se afecta la regeneración natural como consecuencia de la eliminación de la principal fuente de diseminación (Vega et al., 2005).

Centrados en la regeneración artificial, conviene resaltar aspectos de gestión forestal que pasan por la preparación del terreno de forma previa

según la previsión de la producción de semillas, tratando de poner en contacto la semilla con el suelo mineral y eliminar la competencia de herbáceas y matorrales, que afecta negativamente a la posibilidad de éxito del regenerado (González-Martínez et al., 1999). La preparación del terreno deberá garantizar el control o eliminación de herbáceas y matorral, aumentar la profundidad útil del perfil para conseguir mayor profundidad de los sistemas radicales e incrementar la capacidad de retención de agua (Aroca Fernández, 2016).

Suelen ser además necesarios varios desbroces en función del desarrollo del matorral y del arbolado, para reducir la competencia interespecífica (Montero et al., 2000), ya que la ausencia de

tratamientos silvícolas que reduzcan la densidad de individuos, mejora el acceso a recursos hídricos, reduciendo por tanto la vulnerabilidad a la sequía. Para parcelas con intensidades moderadas, las intervenciones selvícolas tempranas pueden ser menos intensivas, basándose en un clareo y una limpia a los 6 años y una clara hasta 1.5000 pies/ha, acompañada de una poda de los mejores ejemplares a los 15-20 años. (González-Martínez et al., 1997).

Además, es importante definir estrategias que disminuyan la combustibilidad de los matorrales que aparecen tras los pinos después de los incendios (Banqué et al., 2013).



EXPERIMENTOS Y RECOMENDACIONES PARA ADAPTAR LA GESTIÓN Y MANTENER LA REGENERACIÓN DEL RODAL

FACTOR 1: SOSTENIBILIDAD DEL REGENERADO TRAS EPISODIOS DE SEQUÍA O FUEGO

ACCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES CON POTENCIAL DE REGENERACIÓN EN LA ZONA MEDIANTE PLANTACIÓN DE DISTINTAS ESPECIES

Material y método

Se han realizado plantaciones en parcelas de 10x8m en suelos con distintas orientaciones y/o pendientes. En cada parcela se ubicarán 6 marcos de plantación. En cada marco de plantación se plantarán 5 *Pinus pinaster*, 5 *Quercus pyrenaica*, 5 *Pinus nigra*, 5 *Quercus faginea*, 5 *Pinus sylvestris* y 5 *Quercus ilex*, totalizando 30 unidades de cada elemento por parcela. Las parcelas se han protegido con vallado para evitar herbivoría.

Se ha realizado una preparación del terreno mediante desbroce de las parcelas y preparación de suelo mediante ahoyado manual de plantas de 2 savias.

Resultados y perspectivas

Se está pendiente de evaluar supervivencia de las especies tras la plantación o siembra. Se prevé obtener información de las especies que mejor se adapten a la zona.

Recomendaciones y buenas prácticas

Plantear promoción de distintas especies adecuadas para la situación de la zona de estudio, apostando por especies de distinto temperamento, en particular con especies que tengan mayor tolerancia a la sequía.

Realización de tareas de desbroce y reducción de la competencia para fomentar el regenerado.

Control de la herbivoría.



FACTOR 2: MORTALIDAD POR PROBLEMAS DE REGENERACIÓN NATURAL

ACCIÓN 2: ESTUDIO DE MORTALIDAD DE MASA ANTIGUA CON REGENERACIÓN NATURAL

Material y método

Se ha llevado a cabo un estudio de análisis de la mortalidad de arbolado adulto en el pinar de Hoyocasero, uno de los pinares autóctonos de pino silvestre. Se caracteriza la respuesta funcional al clima y la sequía comparando pinos muertos, en decaimiento y vivos, con el análisis de 40 árboles

muertos, procedentes de masas puras y de masas mixtas con *Q.pyrenaica*.

Resultados y perspectivas

Se está pendiente de obtención y análisis de resultados.

EDITORES DE LA FICHA

Alberto López Casillas

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

Aroca Fernández, P. (2016) *La regeneración natural del pino silvestre en el Valle del Lozoya (Madrid): Germinación y supervivencia inicial*. Tesis doctoral.

Banqué Casanovas, M. et al. (2013) CANVIBOSC: *Vulnerabilidad de las especies forestales al cambio climático*.

Génova M, Gómez F, Morla C (2009) *Los bosques de Gredos a través del tiempo. Monografías de la Red de Espacios Naturales de Castilla y León*. Serie Técnica: Junta de Castilla y León. Valladolid. 320p.

González-Martínez, S.C. & Bravo, F. (1997) *Estudio y caracterización del pino silvestre e masas forestales del Alto Valle del Ebro*.

González-Martínez, S.C. & Bravo, F. (1999) *Regeneración natural, establecimiento y primer desarrollo del pino silvestre*.

Karavani A et al. (2018) *Fire-induced deforestation in drought-prone Mediterranean forests: drivers and*

unknowns from leaves to communities. Ecological Monographs 88, 141-169.

López-Merino L et al. (2009) *2.000 years of pastoralism and fire shaping high-altitude vegetation of Sierra de Gredos in central Spain*. Review of Paleobotany and Palynology 158, 42-51.

López-Sáez et al. (2014) *Vegetation history, climate and human impact in the Spanish Central System over the last 9000 years*. Quaternary International 353, 98-122.

Montero, G. (1994) *Generalities on silviculture of Pinus sylvestris L. in Spain*

Montero, G. et al. (2000). *Ensayo de claras en una masa natural de Pinus sylvestris L. en el Sistema Central*.

Rigling A et al. (2013) *Driving factors of a vegetation shift from Scots pine to pubescent oak in dry Alpine forests*. Global Change Biology, 19(1), 229-240.

Rubiales JM et al. (2007) *The Holocene history of Highland pine forests in a submediterranean mountain: the case of Gredos mountain range (Iberian Central range, Spain)*. Quat Sci Rev 26(13-14): 1759-1770.

Rubiales JM et al. (2012) *Negative responses of Highland pines to anthropogenic activities in inland Spain: a palaeoecological perspective*. Vegetation History and Archaeobotany 21, 397-412.

Tapias R et al. (2001). *Canopy seed Banks in Mediterranean pines of southeastern Spain: A comparison between Pinus halapensis Mill., P. pinaster Ait., P. nigra Arn. and P. pinea L.* Journal of Ecology. 89. 629-638.

Vega, J.A. et al. (2005) *Regeneración de Pinus pinaster Ait. tras incendios forestales y medidas silvopastorales para favorecerla*.

Interreg
Sudoe

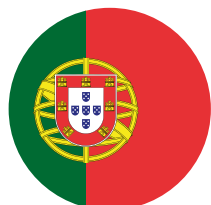


EUROPEAN UNION



ForManRisk

European Regional Development Fund



FICHA 10

**GESTIÓN FORESTAL DE
ÁREAS DE PINO MARÍTIMO
(*PINUS PINASTER* AIT.)
REGENERADAS DESPUÉS
DE INCENDIO
EN EL NORTE DE PORTUGAL**

CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio seleccionada en el ámbito de las actividades del proyecto ForManRisk para la implantación de una parcela piloto de pino marítimo (*Pinus pinaster* Ait.), se localiza en la región del Alto Tâmega, término municipal de Ribeira de Pena, distrito de Vila Real, Portugal (fig. 1). El pino marítimo es la especie forestal más representada en el Alto Tâmega, ocupando cerca de 39.500 hectáreas, lo que corresponde a más del 50 % del estrato bosque en la región (IFN6).

En esta región los suelos son predominantemente clasificados como cambisoles úmbricos de esquisto. El clima es templado, caracterizado por veranos secos y suaves (IPMA, 2022 a). La temperatura media anual es de 9,8 °C y la precipitación acumulada anual es de aproximadamente 1.489 mm. Los incendios rurales, que se han producido con frecuencia en el área de estudio, tienen un elevado impacto en estos sistemas forestales en las diferentes fases de su desarrollo.

El escenario RCP 4.5 estima un aumento de la temperatura, con valor medio de 10,6 °C para el período de 2011 a 2040 y de 11,3 °C para el período de 2041-2070 y una disminución de la precipitación para valores medios de 1.446 mm y 1.400 mm, respectivamente, en los períodos referidos (IPMA, 2022 b).

El aumento de temperatura y de períodos de sequía contribuyen a la pérdida de humedad de los combustibles forestales y al aumento del riesgo de incendio. Las fases iniciales de desarrollo de las masas forestales son particularmente sensibles a los factores ambientales por lo que la regeneración natural puede verse fuertemente comprometida.

De modo que, para poder anticiparse al impacto de la sequía y de la recurrencia del fuego en la sostenibilidad de los pinares de pino marítimo se diseñó un ensayo para evaluar el impacto de estos dos factores en la capacidad germinativa de las

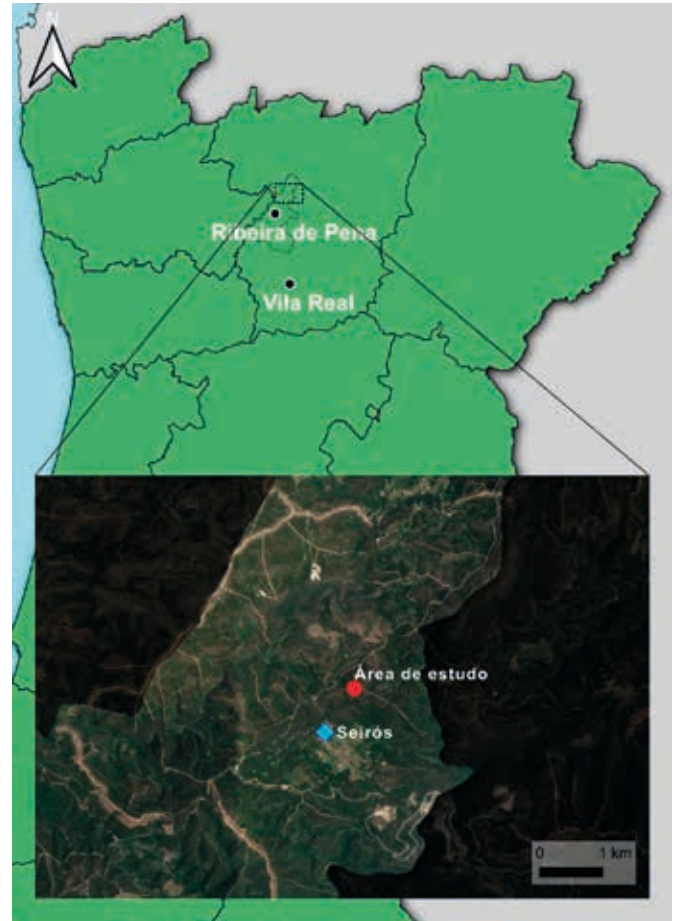


Figura 1. Situación del área seleccionada como parcela piloto de pino marítimo, en la región Norte de Portugal.

semillas de *Pinus pinaster*. A partir del estudio y del conocimiento científico consolidado en la bibliografía, se presentan recomendaciones generales para promover el éxito de la regeneración natural de pino marítimo en situación de post-incendio.

CONTEXTO FORESTAL

En la región del Valle del Tâmega (NUT III), el principal uso del suelo son los matorrales y los pastos (48,5 %). La silvicultura y la agricultura representan los usos del suelo con mayor representación en la región. Estos ocupan cerca del 24,3 % y 16,9 % respectivamente (ICNF, 2019).

El bosque está mayoritariamente poblado de pino marítimo, castaño y otras frondosas. El pino marítimo ocupa en la región aproximadamente 39.540 hectáreas, o sea, el 55,7 % del área ocupada por el bosque en la región (ICNF, 2019).

En la figura 2 se muestran imágenes de masas de pino marítimo en diferentes fases de desarrollo. El principal objetivo económico de gestión es el material leñoso y además, en algunos casos, el aprovechamiento de resina.

En el área de estudio, el sotobosque está dominado por herbáceas, carqueja (*Genista* spp.), helecho (*Pteridium* spp.) y tojo (*Ulex* spp.).

El área de forestal en la región está formada predominantemente por "baldios", los "baldios" son terrenos poseídos y gestionados por las comunidades locales. La administración de los "baldios" es realizada por los miembros de la comunidad a la que pertenecen, en el caso de decidir hacer una co-gestión, la gestión técnica puede ser responsabilidad del Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF).



Figura 2. Masas de pino marítimo en el área de estudio.

GESTIÓN FORESTAL Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO

En la región del Valle del Tâmega, el modelo de silvicultura adoptado tradicionalmente consideraba una gestión de la densidad que consiste en la adopción del factor de espaciamento de Wilson igual a 0,23 (Moreira y Fonseca, 2002), a partir de valores iniciales de 2.200 árboles por hectárea, en pinares de 15 a 20 años. La reducción de la densidad era realizada periódicamente (ciclos de 5 años). Para estaciones de calidad media y superior la edad de corta estaba prevista alrededor de 40 años y próxima a los 50 años cuando la calidad de la estación era menor.

Recientemente se han determinado directrices diversas, algunas con base científica, atendiendo a objetivos de gestión claramente definidos, otras subordinadas a los medios y presupuesto disponibles. Con frecuencia se constata una deficiente gestión forestal o una falta de esta. La acumulación de carga de combustible y la ausencia de discontinuidad vertical y horizontal, favorecen el aumento del riesgo de incendio, lo que hace que las masas sean más vulnerables al fuego, pudiendo poner en riesgo su permanencia y su banco de semillas.



| Figura 3. Carga de combustible – continuidad vertical y horizontal.



OBJETIVOS DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

El ensayo experimental realizado en el ámbito del proyecto ForManRisk, tiene como objetivo específico estudiar el efecto de la recurrencia del fuego y del estrés hídrico en la capacidad germinativa, en el tiempo de germinación y en el desarrollo del sistema radical de las plántulas.

Cabe esperar que la recurrencia del fuego y la sequía influyan en los tres parámetros anteriores

poniendo en peligro el desarrollo de las futuras plántulas.

En la figura 4 se indica la localización de la zona muestreada en el contexto del ensayo, describiendo la metodología adoptada y los resultados obtenidos.



ACCIONES REALIZADAS

ACCIÓN 1: EFECTO DE LA RECURRENCIA DEL INCENDIO Y DEL ESTRÉS HÍDRICO EN LA GERMINACIÓN DEL PINO MARÍTIMO (*PINUS PINASTER*)

Material y métodos

- Se seleccionaron cuatro masas de pino marítimo con diferentes tasas de recurrencia de incendio (C – sin historial de incendios; A1 – ardió una vez; B2 – ardió dos veces; D3 – ardió tres veces) próximas a la población de Seirós y de la parcela piloto, en el término municipal de Ribeira de Pena, distrito de Vila Real.
- Se instalaron dos parcelas circulares de 200 m² por rodal. En cada parcela se midió el diámetro a la altura del pecho de todos los árboles y la altura de 10 árboles distribuidos por cada clase diamétrica existente. También se procedió a la evaluación de la edad en los árboles dominantes.
- Se recogieron piñas sanas y cerradas.
- En laboratorio se colocaron 10 semillas por tratamiento y por rodal. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes: sin inducción de estrés hídrico – 0 % de polietilenglicol (PEG); y con inducción de estrés de 10 % de PEG y 20 % de PEG.
- Se evaluó el impacto del estrés hídrico y/o de la recurrencia del fuego en la capacidad germinativa de las semillas, en el tiempo medio de germinación y en el desarrollo radicular.

Resultados y perspectivas

- No hubo un efecto significativo del estrés hídrico ni de la recurrencia del fuego de las masas en el índice de germinación de las semillas del pino marítimo.
- El estrés hídrico aumentó el tiempo medio de germinación, verificándose que durante el período de estrés hídrico las semillas expuestas al 20 % de PEG tardaron aproximadamente siete días más en germinar, en comparación con las semillas no expuestas al tratamiento con PEG.
- La inducción de estrés hídrico con el 20 % de PEG inhibió el crecimiento de las raíces en la mayoría de las semillas germinadas.
- El porcentaje de división de células con anomalías (DCA) no fue afectada por la ocurrencia del fuego. En contrapartida, el estrés hídrico inducido por el 10 % de PEG aumentó el porcentaje de DCA, lo que puede afectar al normal crecimiento de las raíces.

Más información en Ribeiro, S.; Gaspar, M.J.; Lima-Brito, J.; Fonseca, T.; Soares, P.; Cerveira, A.; Fernandes, P.M.; Louzada, J.; Carvalho, A. *Impact of Fire Recurrence and Induced Water Stress on Seed Germination and Root Mitotic Cell Cycle of Pinus pinaster Aiton*. *Forests* 2023, 14, 78. <https://doi.org/10.3390/f14010078>.



| Figura 5. Procedimiento metodológico (fotografías de Stéphanie Ribeiro, UTAD).

ACCIONES IMPLEMENTADAS, O A IMPLEMENTAR, PARA LIMITAR EL RIESGO DE INCENDIO, O PARA TENER EN CUENTA EL RIESGO DE INCENDIO EN LAS OPCIONES DE FORESTACIÓN

FACTOR 1: AUSENCIA DE GESTIÓN O GESTIÓN INADECUADA

Recomendaciones y buenas prácticas «consejos para el gestor»

Las medidas tradicionalmente recomendadas para proteger los bosques del fuego abarcan tres componentes:

- La disposición de los rodales (concentración o dispersión de las propiedades, compartimentación, fajas de contención del fuego).
- La gestión de las masas a través de acciones de silvicultura dirigidas a la gestión de la densidad y la adaptación a través de rareos en estadios juveniles y reducción de la edad de corta en parte del área de pino marítimo.
- Medidas de apoyo a la preextinción y extinción del fuego incluyendo la creación de infraestructuras de acceso, detección y puntos de agua, planeamiento y respuesta de combate al incendio.

A escala silvícola la acción puede pasar, por ejemplo, por gestionar la densidad de la masa según un valor de factor de espaciamiento de Wilson de 0,21 (Fonseca y Duarte, 2019) para evitar el crecimiento y la proliferación del sotobosque, reduciendo la vulnerabilidad a los incendios forestales y garantizando al mismo tiempo valores elevados de producción leñosa de las masas. Alternativamente se puede abogar por una gestión que mantenga los árboles más espaciados, por lo que las opciones de gestión y actividades a realizar dependerán siempre

de las circunstancias específicas de las masas y de los objetivos de gestión.

Dado que la silvicultura tradicional no está adaptada al fuego se recomienda la piro-silvicultura. La piro-silvicultura es un conjunto de procedimientos de silvicultura y de estrategias que aborda explícitamente el riesgo del fuego. Se consideran acciones de gestión, organizadas según una jerarquía de tres niveles destinadas a:

- La disminución o modificación de los combustibles de superficie (con aplicación de fuego prescrito, trituración con tractor o máquina manual, pastoreo),
- La disminución de la continuidad vertical (podas),
- La disminución de la continuidad horizontal (rareos).

Las estrategias pueden considerar el aislamiento del fuego (mediante fajas de 50 a 200 m de ancho, en lugares estratégicos, según la red viaria o divisoria), o la modificación del fuego (creación de un mosaico de tratamientos, cuyo diseño puede ampliarse al uso de otras especies).



Al igual que lo expuesto con las acciones de gestión asociadas a la silvicultura tradicional, en la pirosilvicultura también hay que adaptar las prescripciones generales a cada caso y hacer uso del conocimiento, de la experimentación y de la investigación para la definición de las acciones a llevar a cabo en el planeamiento.

Se recomienda el uso de modelos y de simuladores (como PiroPinus en el componente del incendio y de

ModisPinaster para la proyección del crecimiento, la simulación de gestión de la densidad y la estimación de la producción) y recurrir a técnicas de optimización para probar escenarios que tengan en cuenta la conciliación de los objetivos de gestión en una situación de riesgo de incendio salvaguardando la sostenibilidad de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabral, M., Fonseca, T.F., Cerveira, M.A.. 2022. *Optimization of forest management in large areas arising from grouping of several management bodies: An application in Northern Portugal*. *Forests* 13:471. DOI: 10.3390/f13030471
- Cerveira, A, I Martins, A Mota, J Bento, TF Fonseca. 2014. *Otimização de Planos de Exploração Florestal em Baldios do Norte de Portugal. Caso 1, p.17–56. In Investigação Operacional em Ação – Casos de Aplicação*. RC Oliveira, JS Ferreira (Ed.). Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. ISBN 978-989-26-0737-5. DOI: 10.14195/978-989-26-0738-2
- Costa, PD, Cerveira A.C., Kašpar, J., Marušák, R., Fonseca, T.F.. 2021. *Forest Management of Pinus pinaster Ait. in unbalanced forest structures arising from disturbances - a framework proposal of Decision Support Systems (DSS)*. *Forests* 12: 1031. DOI: 10.3390/f12081031
- Fernandes, P. M. (2009). *A silvicultura preventiva do pinhal bravo*. Ponencia presentada en las Jornadas Técnicas «Investigação Aplicada na Gestão do Pinhal», Vila Real.
- Fernandes, P. M. (2023). *Maritime pine forest management under wildfire risk*. Comunicación presentada al Seminario ForManRisk, Galicia & Portugal, 17-19 de enero de 2023. UTAD, Vila Real.
- Fernandes, P. M., & Rigolot, E. (2007). *The fire ecology and management of maritime pine (Pinus pinaster Ait.)*. *Forest Ecology and Management*, 241(1-3), 1-13. doi:10.1016/j.foreco.2007.01.010
- Fernandes, P., & Botelho, H. (2003). *A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction*. *International Journal of Wildland Fire*, 12, 127-128. doi:10.1071/WF02042.
- Fernandes, P., & Guedes, C. (2011). *Fichas-tipo das relações entre o fogo e a floresta Portuguesa*. In UTAD (Ed.), *Recuperação de Áreas Ardidas* (pp. 10).
- Fernandes, P., Botelho, H., & Rego, F. (2005). *A Piroecologia do Pinheiro Bravo*. *Silva Lusitana* 13 (2), 233-248.
- Fonseca, T. F., & Duarte, J. C. (2017). *A silvicultural stand density model to control understory in maritime pine stands*. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 10(5), 829-836. doi:10.3832/for2173-010.
- Fonseca, T.F., Lousada, J.L.. 2021. *Management of Maritime Pine: Energetic Potential with Alternative Silvicultural Guidelines*. Chapter 4, p.71–86. In *Forest Biomass - From Trees to Energy*. C Gonçalves, A Sousa, I Malico (Ed.). IntechOpen, London. ISBN 978-1-83962-971-6. DOI: 10.5772/intechopen.93222.
- Fonseca, TF, B Parresol, C Marques, F de Coligny. 2012. *Models to Implement a Sustainable Forest Management – an Overview of the ModisPinaster Model*. Chapter 18, p.321-338. In *Sustainable Forest Management/Book 1*. J Martín García, JJ Diez Casero (Ed.). InTech - Open Access Publisher, London. ISBN: 978-953-51-0621-0. DOI: 10.5772/29808

Fonseca, T.F., FT Manso, C Martins, M Castro. 2021. *A Gestão Florestal Sustentável na Prevenção do Risco de Incêndio: Silvicultura e Pastoreio na Redução da Biomassa Combustível*. Capítulo 6, p.54–71. In Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3. CA Felseburgh (Ed.). Atena Editora, Brasil. ISBN 978-65-5706-963-9. DOI 10.22533/at.ed.639211404

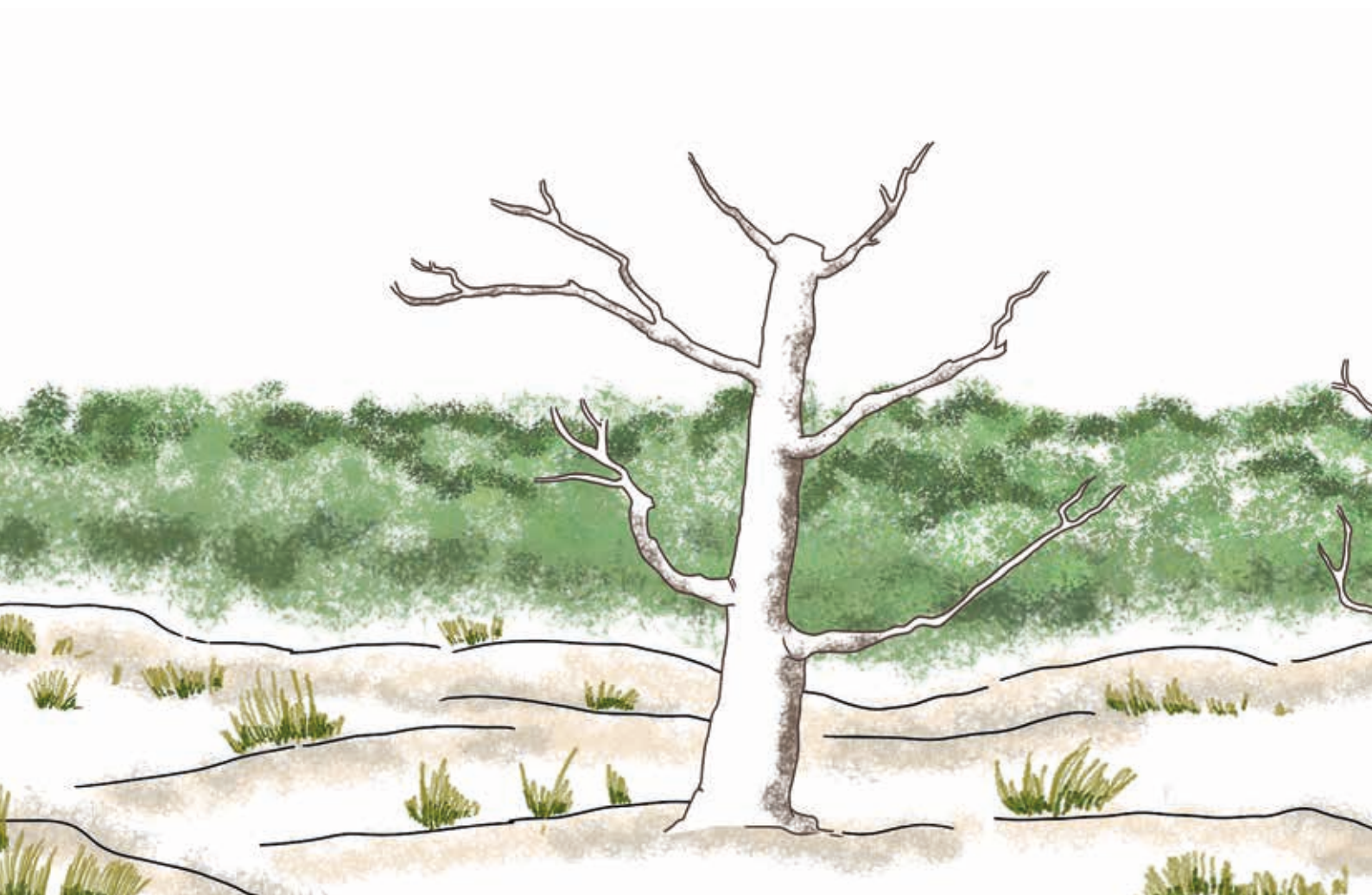
Marques, C.P., Fonseca, T.F., Aranha, J.T., Duarte, J.P.C., Ribeiro, E.L., Duro, M.R., & Brás, M.J.. 2000. *Ordenamento de Povoamentos de Pinheiro Bravo na Região do Alto Tâmega*. Relatório Final do projeto PAMAF 4004. UTAD, Vila Real. 177p.

Moreira, A.M., & Fonseca, T.F.. 2002. *Tabela de produção para o pinhal do Vale do Tâmega*. Silva Lusitana 10(1):63-71. ISSN 0870-6352.

Ribeiro, S., Cerveira, A., Soares, P., & Fonseca, T. (2022). *Natural regeneration of maritime pine: A Review of the influencing factors and proposals for management*. Forests, 13(3), 386.

EDITORES DE LA FICHA

Stéphanie Ribeiro y Teresa Fidalgo Fonseca





FICHA 11

PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN LA DUNA CONTINENTAL



CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

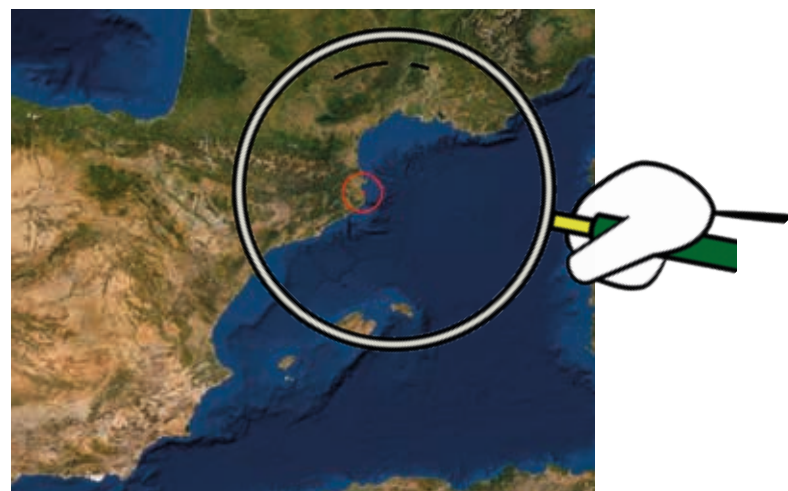
DESCRIPCIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL RIESGO DE INCENDIO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA DE ESTUDIO

Los incendios forestales son una de las principales perturbaciones naturales que modulan los paisajes mediterráneos. La Duna Continental presenta un riesgo muy alto a los incendios tipo de Cataluña (Castellnou et al., 2010), y este riesgo es todavía mayor en el contexto actual de cambio climático, puesto que los árboles están en condiciones más vulnerables por la sequía acumulada y las elevadas temperaturas incrementan el número de días de riesgo de incendio.

Este incremento de la aridez propicia la acumulación de combustible seco, tal como se observa en la Duna Continental, donde muchos árboles están muriendo a causa de la sequía persistente, principalmente de *Pinus pinaster*.

Por otro lado, la actual configuración del paisaje presenta una gran acumulación de combustible, tanto por la expansión del bosque como por la densificación del mismo, lo que da lugar a incendios de alta intensidad que superan la capacidad de actuación de los sistemas de extinción y empeoran las condiciones climáticas.

Así, todo apunta a que la ocurrencia de incendios tienda al alza como consecuencia del cambio climático y de los cambios de uso del suelo (Piqué et al., 2011), y a que los incendios que se produzcan en la zona sean de mayor intensidad.



La Duna Continental se encuentra en la provincia de Girona, en el NE de la Península Ibérica.

TEMPERATURA MEDIA:	15,4 °C
TEMPERATURA MEDIA INVIERNO:	9 °C
TEMPÉRATURE MEDIA VERANO:	22 °C
PRECIPITACIÓN MEDIA:	778 mm
VIENTO:	N-NE

Condiciones climáticas de la Duna Continental.

CONTEXTO FORESTAL

DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO FORESTAL EN LA ZONA DE ESTUDIO (DIFICULTADES DE RESISTENCIA AL RIESGO DE INCENDIO)

Las principales formaciones de la Duna Continental son las masas mixtas de pino marítimo con otras especies (65,8 ha), especialmente con pino piñonero (32,8 ha). El pino carrasco y el pino piñonero forman rodales puros (22,5 ha y 15,4 ha, respectivamente) y mezclados entre sí o con otras especies (35,8 ha). La encina es la principal frondosa existente en la duna y aparece formando masas puras (13,5 ha) y mixtas (12,4 ha), creando normalmente un subvuelo bajo el estrato dominante de pinos.

Muchos rodales de la duna presentan una elevada vulnerabilidad estructural a generar incendios de copas de alta intensidad, principalmente las masas mixtas de coníferas con un subvuelo de frondosas y los pinares con un estrato arbustivo muy desarrollado, como por ejemplo algunos rodales con abundancia de *Viburnum tinus*. Los rodales dominados por pinos sin presencia de frondosas y sin un estrato arbustivo desarrollado son los que presentan una menor vulnerabilidad a formar fuegos de copas y, en consecuencia, una mayor resistencia al fuego.

La vulnerabilidad a generar un fuego de copas depende, en términos de estructura forestal, de las características de continuidad vertical y horizontal de la vegetación de un rodal, siendo mayor cuando la distancia entre los estratos es reducida y cuando la carga de combustible es elevada.



| Rodal con vulnerabilidad alta (A) a generar fuego de copas.



| Rodal con vulnerabilidad media (B) a generar fuego de copas.



| Rodal con vulnerabilidad baja (C) a generar fuego de copas.



| Tipos de vulnerabilidad al fuego de copas (Piqué et al., 2011).

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO

Los principales factores de riesgo en relación con los incendios forestales en la Duna Continental son las condiciones climáticas, la estructura forestal y la presión antrópica.

En cuanto a las condiciones climáticas, el aumento de las temperaturas y el cambio en el régimen de precipitaciones incrementan el riesgo de incendio forestal. En efecto, según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el verano de 2022 ha sido el más cálido y el período mayo – agosto el más seco y cálido desde que hay registros en España. A estos factores hay que añadir el frecuente e intenso viento del norte (tramontana) en la zona, que reseca la vegetación, propicia la propagación del fuego y dificulta su extinción.

La continuidad del combustible (vertical y horizontal) y la acumulación de combustible fino seco son los factores más relevantes a la hora de producirse un gran incendio forestal que propague por las copas y

con efectos devastadores. Las estructuras con discontinuidad en la vegetación evitan que los fuegos pasen a las copas, evitando un aumento en la intensidad de los incendios. Asimismo, un paisaje en mosaico genera estructuras menos vulnerables al fuego.

La presión antrópica en el área de estudio es elevada debido a que se encuentra en una zona costera turística, lo que acrecienta el riesgo de ignición por la gran concurrencia de personas. Además, durante el verano de 2021 un incendio forestal provocado intencionadamente por un vecino quemó varias zonas, entre ellas 21,4 ha de la Duna Continental.

Dado que muchos de estos factores se retroalimentan, siendo el riesgo especialmente alto en verano, el Cuerpo de Agentes Rurales de Cataluña ha definido distintos niveles de riesgo que prohíben o restringen determinadas actividades



| Rodal quemado en la zona de estudio.



| Rodal quemado en la zona de estudio.

susceptibles de provocar incendios forestales cuando se alcanzan niveles elevados de peligro de incendio. En el verano de 2022 se activó en varias ocasiones el Plan Alfa Nivel 3 (riesgo extremo) en el Parque Natural donde se encuentra la Duna Continental, prohibiendo el acceso y la realización de cualquier actividad, incluidas las de científicas.

Se espera que estos acontecimientos sean cada vez más recurrentes.



| Plántula quemada en la zona de estudio.



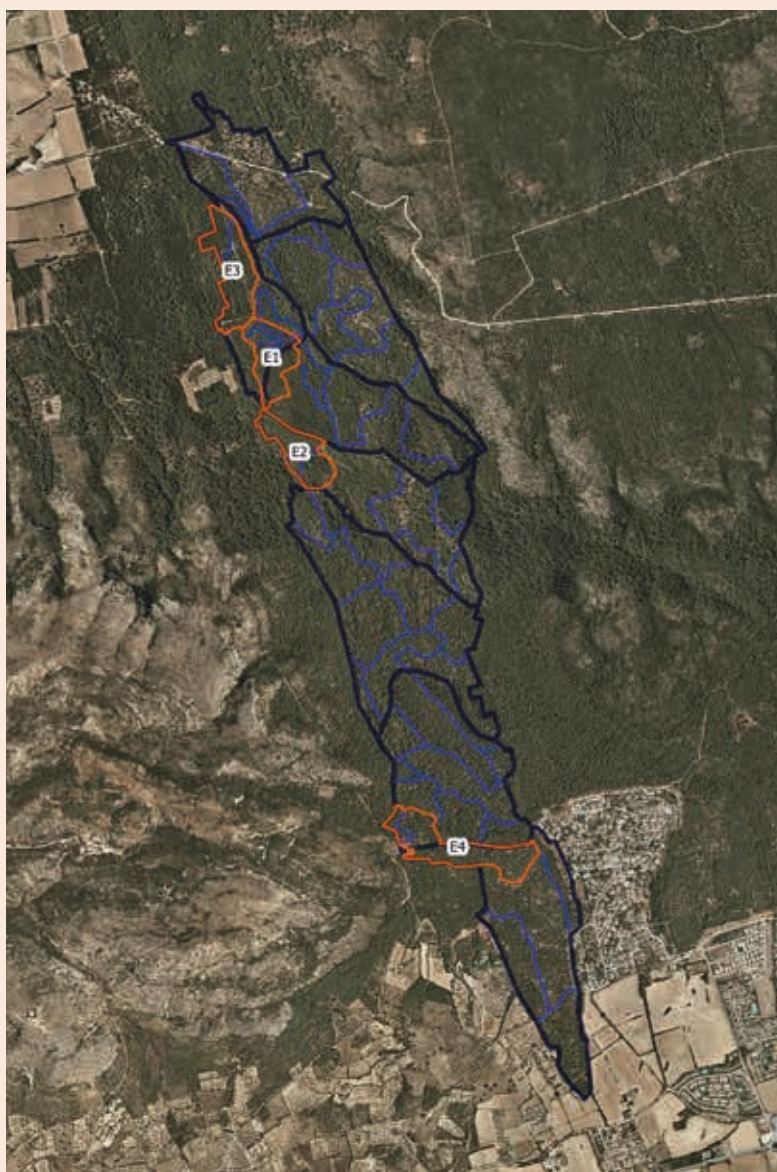
EXPERIMENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LIMITAR EL RIESGO DE INCENDIO



OBJETIVOS DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Las actuaciones selvícolas tienen como objetivo **mejorar la masa para la prevención de incendios y reducir el riesgo de gran incendio forestal (GIF)** mediante la promoción de estructuras de baja vulnerabilidad a generar fuegos que propaguen por las copas.

Los tratamientos se han realizado en 17,8 ha distribuidas en 3 zonas: E1 (4,7ha), E3 (6,0 ha) y E4 (7,1 ha). Las actuaciones planificadas en la zona E2 (4,3 ha) no se pudieron realizar puesto que el área se quemó en el incendio de Torroella de julio de 2021.



Límites de la Duna Continental y localización de las actuaciones para la prevención de incendios forestales.





ACCIÓN E: PREVENCIÓN Y FACILITACIÓN DE LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

FACTORES: CONTINUIDAD VERTICAL Y CONTINUIDAD HORIZONTAL

Material y método

La actuación se centró en reducir la carga de combustible y en aumentar la distancia entre estratos, actuando de manera selectiva y con la mínima intensidad posible. Las actuaciones que se realizaron son:

- **Clara baja.** Se realizó sobre el estrato dominante de pinos, y se eliminaron también los árboles suprimidos y dominados y los dominantes y codominantes que pudieran llegar a dificultar la visibilidad y/o la movilidad viaria del personal de extinción de incendios forestales.
- **Desbroce selectivo.** Se eliminó gran parte del estrato arbustivo hasta reducirlo a un recubrimiento menor al 30 % y a una altura máxima de 1,3 m. Se respetaron pequeños golpes distanciados entre ellos, preferentemente de las especies menos inflamables y de menor potencial de crecimiento en altura.
- **Resalveo.** En las cepas de encina o roble con varios rebrotes se dejaron 1 – 2 pies por cepa, respetando los mejor conformados.

Resultados y perspectivas

Las actuaciones han logrado reducir la vulnerabilidad de los rodales en los que se ha actuado, de manera que el riesgo de propagación de fuegos de copa en estos rodales es muy bajo, siempre y cuando no se den unas condiciones extremas de vientos o no alcance la zona un incendio externo a la Duna que avance con gran virulencia. Además, estas zonas gestionadas pueden actuar como infraestructuras de ayuda a la extinción de incendios.

Con el tiempo, se prevé que el matorral y las especies con capacidad de rebrote crezcan, aumentando de nuevo la vulnerabilidad del bosque a generar fuegos de copas.



| La estructura forestal antes de la actuación era muy vulnerable a generar fuegos de copas.



Recomendaciones et bonnes pratiques

On recommande de ne pas ouvrir les cimes en excès pour que la lumière qui entre ne favorise pas la croissance du sous-bois ni la nouvelle pousse des espèces qui ont la capacité de repousser.

De plus, il est conseillé de laisser la plus petite quantité de restes possible dans le peuplement, avec la possibilité de les empiler et de les brûler ou même de les couper en morceaux ou de les triturer.



Con las actuaciones implementadas se ha conseguido una estructura forestal con baja vulnerabilidad a generar fuegos de copas.



Un operario realizando trabajos de prevención de incendios forestales.

EDITORES DE LA FICHA

Mar Pallarés Pascual
Mario Beltran Barba
Míriam Piqué Nicolau

Programa Gestión
Forestal Multifuncional

Centre de Ciència i
Tecnologia Forestal
de Catalunya (CTFC)

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

Castellnou, M., Pagés, J., Larrañaga, A., Piqué, M. (2010). *Mapa de riesgo de incendio tipo de Cataluña. GRAF-Bomberos. Departamento de Interior.* Generalidad de Cataluña y Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.

Piqué, M.; Castellnou, M.; Valor, T.; Pagés, J.; Larrañaga, A.; Miralles, M.; Cervera, T. (2011) *Integració del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures*

forestals al foc de capçades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 122 p.

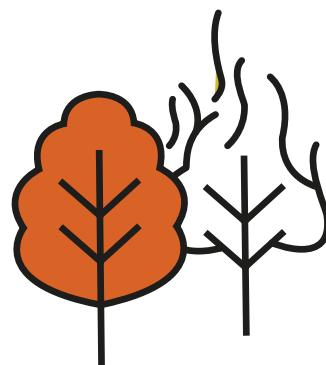




Rodal de pino carrasco (Pinus halepensis) donde la diferencia en estructura vertical del rodal mediante la eliminación de matorral y poda algo más alta permite diferenciar en comportamiento de fuego de superficie con sofocación de copas y fuego de copas. Autor: Álvaro Hernández (Gobierno de Aragón). Incendio Forestal de Ateca (Valle del Ebro-Valle del Jalón), verano de 2022.

FICHA 12

**GENERACIÓN DE UNA RED
DE RODALES MODELO
Y HERRAMIENTA EN
LA TOMA DE DECISIONES
SILVÍCOLAS PARA LA
PREVENCIÓN DE GRANDES
INCENDIOS FORESTALES**



CONTEXTO GEOGRÁFICO E IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Descripción de la relación entre el riesgo de incendio y el cambio climático en la zona de estudio

Aragón es una comunidad autónoma en el nordeste de España, que cuenta con una gran variedad de paisajes y climas debido a su posición geográfica y relieve. El Pirineo y los Sistemas Ibéricos son las principales cordilleras montañosas de la región.

El clima en Aragón es mediterráneo continentalizado, con inviernos fríos y veranos cálidos y escasas precipitaciones, localizadas fundamentalmente en primavera y otoño.

Por otro lado, el abandono progresivo de las zonas rurales y de las actividades tradicionales que venían realizándose en ellas (agricultura, ganadería, aprovechamientos de leñas etc.) ha propiciado un aumento de la biomasa forestal en los montes. Este hecho, unido al cambio climático, con un aumento de la temperatura promedio, una mayor frecuencia de olas de calor y una reducción de la cantidad de precipitaciones (especialmente en verano) genera un escenario más propenso para el desarrollo de grandes incendios forestales. De hecho, los incendios forestales en Aragón han sufrido un importante incremento en las últimas décadas, tanto en número como en la superficie total afectada por los mismos.



CONTEXTO FORESTAL

Descripción del contexto forestal en la zona de estudio (dificultades de resistencia al riesgo de incendio)

El área de interés ocupa algo más de 820.000 ha en toda la comunidad autónoma de Aragón, ya que

incluye todas las formaciones puras de *Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster* y *Quercus faginea*, además de las masas mixtas de *Quercus faginea* con *P. sylvestris* o con *P. nigra*.



Rodal de *Pinus nigra* con matorral bajo.



Rodal de pino albar (*Pinus sylvestris*) sin matorral y poda alta con poca probabilidad de fuego de copas debido a la estructura.



Masa mixta de coníferas y frondosas (*Pinus sylvestris* + *Quercus pyrenaica*).



| *Rodal de Pinus halepensis. Esta estructura es muy susceptible a fuegos activos de copa y muy representativa del entorno del Valle del Ebro (Zaragoza).*

Como es lógico, dentro de esta enorme extensión es factible encontrar condiciones estructurales muy variables, pero, con carácter general, al encontrarnos inmersos predominantemente dentro del contexto mediterráneo y con una baja acción humana sobre las masas forestales durante las últimas décadas, la continuidad del combustible, tanto vertical como horizontal suele ser elevada.

Es particularmente destacable la gran continuidad y acumulación de combustible en las formaciones de *Quercus faginea* como consecuencia del tradicional método de beneficio de monte bajo empleado para

su aprovechamiento y que, como consecuencia de su abandono generalizado, ha permitido la generación de masas de gran espesura, con desarrollo en ocasiones muy reducido y con notable acumulación de madera muerta.

En el caso de los pinares, son de destacar las masas de repoblación de *Pinus halepensis*, muchas de las cuales apenas han recibido intervenciones de naturalización desde su instauración, lo cual ha conducido a enormes densidades, gran acumulación de ramas muertas a lo largo de los fustes y de madera muerta en pie o derribada.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO EN LA ZONA DE ESTUDIO

Con carácter general, los factores relacionados con el riesgo de incendio pueden agruparse en tres categorías: los relacionados (i) con la ignición, (ii) con la propagación y (iii) con la intensidad del daño (Serrada et al.2008).

Según datos del Gobierno de Aragón (DGA, 2022), en el periodo 2005-2021, aproximadamente un 70 % de los incendios forestales tuvieron origen humano (tanto negligentes como intencionados), un 20 %, origen natural y en un 10 % no pudo determinarse su causa. Al estarse analizando un territorio de gran extensión, estos porcentajes pueden cambiar notablemente de unas áreas a otras, fruto de las diversas condiciones sociales, económicas y culturales, que derivan en una variada presión antrópica sobre el territorio.

En cuanto a la propagación, su mayor o menor velocidad depende a su vez de factores meteorológicos, fisiográficos y de la estructura de la vegetación. Sobre los dos primeros, lógicamente, es imposible actuar salvo en lo relativo a la evaluación del riesgo que impliquen en cada lugar y momento concreto. El tercer aspecto, por el contrario, es sobre el que la acción selvícola puede y debe operar efectivamente.



La estructura de este rodal a priori es el mismo tipo de modelo A8 (matorral inferior a 0,3m y poda superior a 2,5) sin embargo no ha habido comportamiento de copas. Autor: Álvaro Hernández (Gobierno de Aragón). Incendio Forestal de Ateca (Valle del Ebro-Valle del Jalón), verano de 2022.

Los cuatro subfactores que a su vez gobiernan la influencia que la vegetación ejerce sobre la velocidad de propagación son el tamaño del combustible, su continuidad vertical y horizontal, la inflamabilidad de las especies presentes y la cantidad o carga de combustible.

En las formaciones de interés, típicamente mediterráneas o submediterráneas, es frecuente la presencia de varios estratos de arbolado (habitualmente un estrato superior de pinar con uno inferior de alguna especie del género *Quercus*) o con un sotobosque abundante de diversas especies, algunas de las cuales pueden alcanzar dimensiones suficientes como para entrar en contacto con el combustible de copas, como es el caso de las especies de los géneros *Buxus*, *Rhamnus*, *Cistus*, *Phillyrea*, *Genista* o *Cytisus*. Algunas de ellas, además, presentan alta inflamabilidad todo el año. Las especies de matorral, además, proveen, proporcionalmente, de más elementos finos a la carga de combustible presente.



Rodal estructura modelo A8 que corresponde a matorral de sotobosque >0,3m y poda superior a 2,5 en mayoría de pies. Autor: Álvaro Hernández (Gobierno de Aragón). Incendio Forestal de Ateca (Valle del Ebro-Valle del Jalón), verano de 2022.



Rodal estructura A7 donde la combinación de matorral superior a 0,3m y distinta altura de poda que delimita el combustible en escalera genera fuego pasivo, activo o antorcheo de algunos pies. Autor: Enrique Arrechea (Gobierno de Aragón). Incendio Forestal de Ateca (Valle del Ebro-Valle del Jalón), verano de 2022.

Por otro lado, las masas de origen artificial que no se han beneficiado de una selvicultura adecuada desde su instauración han derivado en una muy baja presencia de estrato arbustivo o arbolado inferior pero, a cambio, pueden presentar altas cargas de combustible muerto en pie o derribado, así como ramas secas a lo largo de gran parte del fuste. Tanto en este caso como en las formaciones con estratos inferiores de vegetación abundantes la continuidad vertical de combustible puede llegar a ser muy alta o completa, lo que, combinado con una continuidad horizontal, permite una elevada propagación del incendio y su salto inevitable a copas.

Por último, en lo relativo a la intensidad del daño, de nuevo el tipo de formación es un factor determinante, junto con la carga de combustible el tipo de suelo y el clima. Las formaciones arbóreas, a igualdad de otros factores, siempre sufren más

daños ya que presentan mucha mayor dificultad y plazo para regenerarse. En cuanto a los suelos, los de tipo calizo, muy frecuentes en el área de interés, poseen una particular vulnerabilidad, ya que al paso del incendio puede calcinarse el carbonato cálcico y transformarse en óxido de calcio, lo que a su vez provoca una potente alcalinización del suelo, con las graves consecuencias que esto puede tener para la absorción del potasio, el hierro y el fósforo. Si estos suelos, además, son poco evolucionados y se ubican sobre fuertes pendientes (con la consecuente intensificación de los procesos erosivos tras el incendio), los daños edáficos pueden ser irreversibles e impedir la reinstauración de la vegetación preexistente. Finalmente, la carga de combustible, como es obvio, está directamente relacionada con la intensidad del daño, a igualdad del resto de factores.

OBJETIVOS DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

ACCIÓN 1: METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RODALES SELVÍCOLAS

Material y método

En primer lugar, se ha establecido una metodología para la caracterización de rodales selvícolas de especies arboladas orientadas a la prevención de incendios forestales.

Resultados y perspectivas

Esta metodología, a su vez, debe servir para proporcionar al gestor o redactor de un documento de planificación forestal una herramienta que sirva como directriz para evaluar los tratamientos necesarios en la gestión del combustible. La descripción detallada de la metodología puede consultarse en López et al. (2020).

ACCIÓN 2: HERRAMIENTA INFORMÁTICA

Material y método

Como segundo objetivo se ha desarrollado una herramienta informática («FIREGON») para la prevención de Grandes Incendios Forestales en Aragón. El propósito perseguido con este desarrollo es calcular las principales características de un incendio con el fin de simular su comportamiento (basado en el modelo Rothermel) y así poder minimizar su impacto, actuando sobre las variables que es posible modificar mediante tratamientos selvícolas. La aplicación permite corregir las variables de entrada en función de los resultados obtenidos en una simulación para, en un proceso iterativo, poder encontrar los valores óptimos de dichas variables.

Resultados y perspectivas

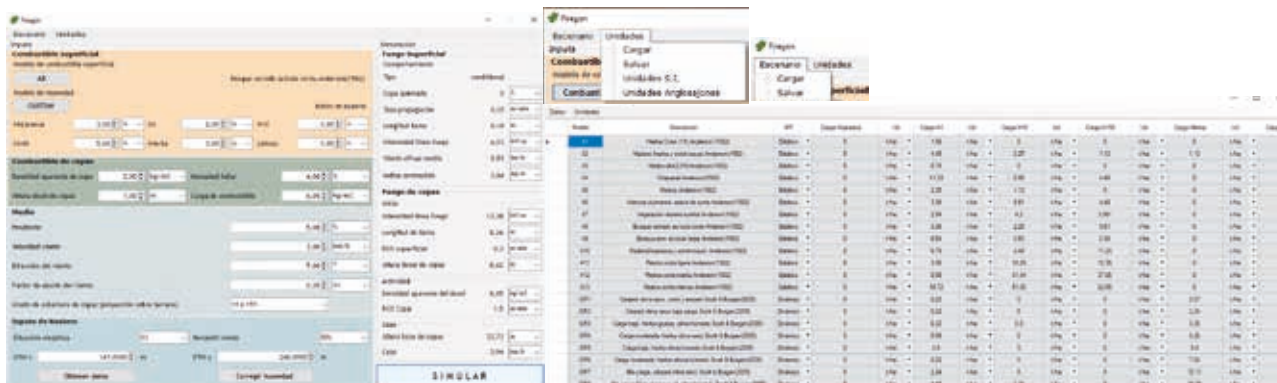
En la herramienta desarrollada, los datos de entrada son los propios del modelo Rothermel y se pueden introducir de varias maneras, incluso de forma simultánea: manualmente, mediante modeliza-

ciones estándar o personalizadas por el usuario y/o automáticamente a partir de los rásteres suministrados (modelo del terreno, viento, humedad y temperatura). La información de los rásteres varía en función de la situación sinóptica elegida por el usuario, por lo que con igualdad de entradas en el resto de los campos, los resultados de la simulación del incendio pueden variar de manera notable.

Además, la herramienta permite modificar cada una de las unidades de los datos de entrada y de salida de manera independiente. Se han implementado las principales unidades del sistema internacional y anglosajón, mostrando en tiempo real las magnitudes convertidas. Los juegos de unidades se pueden grabar para poder volver a usarlos cuando el usuario lo requiera. También se pueden grabar las sesiones de la aplicación (tanto los datos de entrada como los de salida y sus unidades de medida) para poder continuar en el momento en que lo requiera el usuario. La aplicación fue concebida en formato standalone (ejecutable desde

una terminal) y no depende de ningún medio ni recurso externo. Todo lo necesario se proporciona en el paquete de instalación. No es necesario

instalar software adicional ni disponer de conexión a internet.



ACCIÓN 3: DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNOS RODALES MODELO DE LAS FORMACIONES FORESTALES OBJETIVO QUE CUMPLAN LAS CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA Y RESILIENCIA AL FUEGO

Material y método

Dada la vasta extensión de territorio objeto de estudio, resulta imprescindible la utilización de sensores remotos y procesos de modelización para lograr dicho objetivo. Mediante esta metodología resulta factible identificar, de manera ágil y precisa, rodales candidatos para establecer una red de referencia de rodales resistentes frente a incendios forestales, que a su vez sirva como herramienta al gestor a la hora de diseñar los tratamientos selvícolas de futuras masas arboladas. Las variables estructurales condicionantes del comportamiento del fuego se seleccionaron siguiendo las recomendaciones de Piqué et al. (2011).

Resultados y perspectivas

Para el proceso de modelización de variables estructurales se emplearon las dos coberturas LiDAR PNOA disponibles en Aragón y la información de campo recogida en 99 parcelas distribuidas por las formaciones de interés. Se generaron ecuaciones para la densidad aparente de copa y altura de la base de la copa viva, además de para la altura dominante, área basimétrica, diámetro medio

cuadrático, densidad y volumen en pie, que posteriormente fueron aplicadas a todo el territorio de interés con el fin de obtener una predicción continua y espacialmente explícita de dichas variables. La fracción de cabida cubierta del arbolado se estimó directamente a partir del porcentaje de primeros retornos LiDAR con respecto al total. Además, se emplearon distintas métricas LiDAR para evaluar la cobertura y la altura del sotobosque y, de esta manera, estimar la distancia entre el combustible de superficie y el de copas. Con todas estas variables se identificaron en gabinete de los rodales candidatos.

La última etapa ha consistido en la caracterización de 2 rodales (de entre 10 y 30 ha), escogidos de entre los candidatos, para cada una de las siete formaciones de interés. Una vez identificados, se procedió a su validación en campo mediante muestreo por parcelas.

Todos estos trabajos fueron desarrollados mediante licitación pública por la empresa Fora Forest Technologies SLL

ARCHIVOS Y BIBLIOGRAFÍA

DGA. 2022. Avance estadístico de incendios forestales. Dirección General del Medio Natural y Gestión Forestal. Gobierno de Aragón. https://www.aragon.es/documents/20127/3647218/Avance_incendios_estadistica_20221231.pdf/eea3e1bb-acef-0919-9817-fb9a9f32a181?t=1673260250805.

López, R.; Ortega, G.; Rodríguez, C.; Cabrera, J. y Hernández, R., 2020. Metodología aplicada a la determinación de áreas de defensa y rodales estratégicos de gestión en los planes de defensa contra incendios forestales en Aragón. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 46(1): 161-172.

Piqué, M.; Castellnou, M.; Valor, T.; Pagés, J.; Larrañaga, A.; Miralles, M.; Cervera, T. 2011.

Integració del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya.

Serrada, R.; Aroca, M.J. y Roig, S., 2008. Selvicultura preventiva de incendios, en: Montero González, G., Serrada, R., Reque, J.A. (Eds.), Compendio de selvicultura aplicada en España. INIA. Madrid, pp. 949-979.

EDITORES DE LA FICHA

Equipo técnico de SARGA, con la colaboración del **Gobierno de Aragón** y de la empresa **Fora Forest Technologies SLL**



CONCLUSIÓN



Office National des Forêts

DEMAIN PREND RACINE
— AUJOURD'HUI —

Office National des Forêts
(Chef de file - Francia)

ÉRIC CONSTANTIN, DIRECTOR DEL AGENCE LANDES NORD-AQUITAINE DEL OFFICE NATIONAL DES FORÊTS

¡Plantaciones experimentales con 8 variedades de pino marítimo, ¡una primicia para la Office National des Forêts (ONF)!

El proyecto ForManRisk nos ha permitido avanzar en nuestras reflexiones sobre cómo garantizar la renovación de los bosques. La ONF proseguirá así los trabajos iniciados para determinar qué

variedades son las más resistentes al estrés hídrico y las más capaces de adaptarse al clima del futuro.

El riesgo de incendio también está al centro de las preocupaciones del Office National des Forêts. En el 2022, Nueva Aquitania padeció numerosos incendios forestales durante el verano. Desde el 2020, el Office National des Forêts trabaja en el desarrollo de una herramienta cartográfica para facilitar la aplicación y el seguimiento de las Obligaciones Legales de Desbroce (OLD). El desbroce es la medida preventiva más eficaz para limitar los daños a personas, viviendas e infraestructuras. La plataforma web desarrollada en el marco de ForManRisk podría desempeñar un papel crucial a la hora de facilitar la aplicación de las OLD por los propietarios de terrenos, y su seguimiento por los servicios estatales responsables de los mismos.

Para el Office National des Forêts, ForManRisk es un proyecto enriquecedor, de intercambio de prácticas y aportaciones mutuas con socios españoles y portugueses realmente comprometidos.





Institut Méditerranéen
du Liège (Francia)

RENAUD PIAZZETTA, DIRECTOR DEL L'INSTITUT MÉDITERRANÉEN DU LIÈGE (IML)

El bosque mediterráneo es «hijo del fuego», y desde luego no es el alcornoque quien negará este adagio, ¡ya que la evolución le ha llevado a protegerse tras una corteza aislante! Pero con los efectos previstos del cambio climático, y más allá del riesgo de incendio que los forestales mediterráneos conocemos bien, pesan también sobre la salud de nuestros bosques otras amenazas contra las que necesitamos herramientas de gestión.

Junto con nuestros socios españoles, franceses y portugueses, el proyecto ForManRisk nos ha permitido desarrollar una herramienta innovadora

de evaluación visual de la vitalidad de los árboles -que permite definir su estado de desarrollo, su estado fisiológico y sus capacidades de resiliencia- en dos especies importantes en la región SUDOE: el alcornoque y el pino marítimo. También pudimos trabajar en la regeneración natural y artificial del alcornoque. Se trata de una especie caducifolia que presenta buenas capacidades de adaptación al cambio climático debido a su resistencia a la sequía y a su extraordinaria capacidad de regeneración tras un incendio. Por la continuidad de la cubierta forestal que proporciona el alcornoque, que aprovecha la corteza (corcho) y no la madera, así como por sus buenas capacidades de desarrollo en mezcla con el pino marítimo, representa una especie de futuro y permite una necesaria diversificación de las masas resinosas. El proyecto ForManRisk ha ilustrado y puesto de relieve todas estas ventajas.

**INRAE**

Institut National de Recherche pour l'Agriculture,
l'Alimentation et l'Environnement (Francia)

SYLVAIN DELZON, DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN DEL INRAE

En un contexto de cambio climático y de aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, la cuestión de la resistencia a la sequía de las especies cultivadas se plantea en toda Europa.

En este contexto, la Unidad Mixta de Investigación BIODiversidad, GENes y COMunidades (BIOGECO-INRAE) ha trabajado y realizado importantes avances en la comprensión de los mecanismos de adaptación a la sequía del pino marítimo durante el proyecto ForManRisk. Por un lado, identificando las procedencias ibéricas más resistentes a la cavitación, gracias a nuestros colegas de proyecto españoles y portugueses, que podrían eventualmente ser el origen de los bosques aquitanos de pino marítimo del futuro. Sin

embargo, debe acompañarse de una prueba preliminar de campo : el dispositivo experimental ya ha sido implementado junto con la ONF durante el proyecto.

En segundo lugar, demostrando que las variedades mejoradas de pino marítimo son tan resistentes a la sequía como las poblaciones naturales: este resultado es importante para la industria forestal y maderera, ya que las nuevas plantaciones de pino marítimo se hacen casi exclusivamente con variedades mejoradas.

Por último, este proyecto nos ha permitido estudiar el impacto de los incendios en la vitalidad y la supervivencia de los árboles tras el incendio y, por tanto, proporcionar un logigrama (herramienta de toma de decisiones) a los silvicultores y gestores que deseen priorizar la tala tras el incendio.



PEDRO FERREIRA, SOCIO DIRECTOR DE GISTREE – SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SILVICULTURA Y MEDIO AMBIENTE

Los incendios rurales son la principal amenaza para los bosques. Combinados con el cambio climático, crean las condiciones para la devastación del patrimonio forestal. Los territorios del suroeste de Europa están especialmente expuestos a estos fenómenos. De hecho, la falta de conocimiento y preparación para enfrentar este tipo de agresiones abióticas puede llevar a una reducción de los bosques, tanto en tamaño como en variabilidad y patrimonio genético.



**Gistree. Sistemas de Informação
Geográfica, Floresta e Ambiente (Portugal)**

A través del proyecto ForManRisk, Gistree ha podido desarrollar una herramienta informática, pública y de libre acceso, que permite simular la propagación de incendios rurales, sin necesidad de tener amplios conocimientos sobre combustibles forestales y dinámica de propagación de incendios. Basándose en modelos normalizados y aceptados por la comunidad científica, los propietarios forestales pueden realizar diversas simulaciones de propagación de incendios para defender mejor sus bosques.

Para Gistree, este principio de transferencia de tecnología es algo de lo que estamos muy orgullosos. Con la ayuda de ForManRisk pudimos garantizar que cada gestor o propietario forestales de la zona de Sudoe pueda recibir estos conocimientos.



Sociedad Aragonesa de Gestión
Agroambiental (España)

RUTH AGUAROD BERNAT, TÉCNICO DE PROYECTOS EUROPEOS EN SARGA

El proyecto ForManRisk nos ha permitido avanzar en la generación de herramientas que nos ayuden a estar más preparados ante el incipiente riesgo de sufrir grandes incendios forestales. El cambio climático, con un aumento de la temperatura promedio, una mayor frecuencia de olas de calor y una reducción de la cantidad de precipitaciones (especialmente en verano) genera un escenario más propenso para el desarrollo de grandes incendios forestales. De hecho, los incendios forestales en Aragón han sufrido un importante incremento en las últimas décadas, tanto en número como en la superficie total afectada por los mismos, siendo el verano de 2022 un claro ejemplo de ello.

A través de la herramienta informática FIREGON, creada en el marco del proyecto, esperamos poder calcular las principales características de un incendio con el fin de simular su comportamiento y

así poder minimizar su impacto, actuando sobre las variables que es posible modificar mediante tratamientos silvícolas, lo cual nos parece una herramienta de gran ayuda para adaptar nuestros bosques a las condiciones futuras.

Además, el establecimiento de una red de referencia de rodales resistentes frente a incendios forestales, que a su vez sirva como herramienta al gestor a la hora de diseñar los tratamientos silvícolas de futuras masas arboladas, es también un instrumento de gran utilidad para la planificación y prevención de los incendios forestales.

Ha sido un reto participar en el proyecto ForManRisk pero sin duda, ha resultado muy enriquecedor, especialmente por las posibilidades que la cooperación transnacional aporta: el acceso a conocimientos y técnicas que otros socios utilizan, el intercambio de experiencias y buenas prácticas y, en definitiva, por la posibilidad de aunar esfuerzos en torno a una gestión más sostenible de los bosques del espacio sudoe.



Consorci Centre de Ciència i Tecnologia
Forestal de Catalunya (España)

MÍRIAM PIQUÉ NICOLAU, RESPONSABLE DEL PROGRAMA DE GESTIÓN FORESTAL MULTIFUNCIONAL DE CENTRE DE CIÈNCIA I TECNOLOGIA FORESTAL DE CATALUNYA (CTFC)

El proyecto nos ha permitido poner en común problemáticas sobre los impactos del cambio climático en el espacio Sudoe y aportar conocimiento y soluciones para afrontar el reto de la gestión y conservación de los bosques y sus funciones, ante la creciente situación de estrés hídrico e incendios forestales.

Ha quedado de manifiesto que tenemos que actuar hoy para preservar los bosques del futuro, sobretodo en esos espacios más vulnerables, asegurando su regeneración natural y un mayor grado de resistencia y resiliencia ante los grandes incendios forestales, que nos afectan y afectarán.

Para ello, diferentes técnicas de gestión forestal, como cortas selectivas, plantaciones de enriquecimiento o tratamientos selvícolas para promover bosques con estructuras más resistentes al paso del fuego, se muestran como herramientas importantes para garantizar la persistencia de estos espacios forestales frágiles.



utad

Universidade de Trás-os-Montes
e Alto Douro (Portugal)

TERESA FIDALGO FONSECA, INVESTIGADOR Y PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD DE TRÁS-OS- MONTES E ALTO DOURO

Los bosques son la piedra angular de la sostenibilidad de los recursos terrestres del planeta, y su papel está reconocido en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas.

La investigación llevada a cabo por la UTAD, con el apoyo de las partes interesadas locales (Associação de Produtores Agrícolas Tradicionais e Ambientais (APATA), Associação Florestal de Ribeira de Pena (AFRP), Instituto da Conservação da Natureza (ICNF), ha identificado los principales factores que influyen en la dinámica de regeneración natural del pino marítimo y el alcornoque, desde el banco de semillas hasta el desarrollo de las plantas jóvenes. Las investigaciones sobre la recurrencia del fuego y

la sequía en el pino marítimo han puesto de manifiesto el efecto negativo del estrés hídrico sobre la capacidad de germinación de las semillas y sobre el desarrollo de las raíces en las primeras etapas posteriores a la germinación. En el caso del alcornoque, la atención se centró en la conservación del suelo, la prevención de daños en el sistema radicular y el mantenimiento de una densidad de cobertura arbórea adecuada, asegurada por árboles en buenas condiciones de vitalidad.

Aunque muchos de los factores que interfieren en la regeneración y el crecimiento de los árboles forman parte intrínseca e inextricablemente de la naturaleza, una gestión adecuada de estos bosques, especialmente si es proactiva (en el contexto de una gestión forestal adaptativa) en lugar de reactiva, puede minimizar el impacto de los riesgos a los que están sometidos y promover el desarrollo sostenible de los bosques desde el punto de vista económico, social y medioambiental.



**Asociación Forestal
de Galicia (España)**

FRANCISCO DANS DEL VALLE, DIRECTOR DE LA ASOCIACIÓN FORESTAL DE GALICIA (AFG)

La experiencia del proyecto ForManRisk en Galicia ha servido para valorizar los pinares dunares de la costa, de importante uso social y valor ecológico, que deben ser atendidos y ordenados para su conservación. Las especies presentes pinaster, radiata y pinea han demostrado, en esta región más lluviosa, su capacidad de adaptación y una tasa de regeneración actual aceptable pese a las adversidades del cambio climático y a la concurrencia de gente en los arenales como espacios de recreo.

El cambio climático está favoreciendo un ambiente propicio a plagas y enfermedades de climas más cálidos y secos, que, si antes las especies forestales del sitio toleraban los daños, ahora aumenta el

debilitamiento y a veces la muerte de los árboles en mayor proporción. Al tratarse de masas forestales, en ocasiones de carácter productivo, y en otras ocasiones por su uso social, las consecuencias pueden llegar a ser graves para la economía rural y para su conservación como elementos socioculturales de primera magnitud.

Los incendios azotan el bosque costero gallego cada vez con más intensidad y frecuencia por lo que el proyecto ha investigado y propuesto actuaciones para lograr masas forestales más resistentes y minimizar los daños al paso del fuego. Es crucial animar a los propietarios forestales y a las Administraciones competentes a que practiquen una silvicultura activa tanto para la mejora de la producción como para la protección de ecosistemas amenazados.



Diputación de Ávila
(España)

ALBERTO LOPEZ CASILLAS, TÉCNICO DE ASUNTOS EUROPEOS, ENERGÍA Y TURISMO, DIPUTACIÓN DE AVILA

El cambio climático es un hecho, y la afección a los bosques del espacio SUDOE, también. ForManRisk nos ha permitido conocer consecuencias del cambio climático en la superficie forestal de la provincia de Ávila, y sobretodo apuntar a elementos de actualización y adaptación de los mismos, estableciendo las bases de propuestas de adaptación con nuevas especies y variedades que permitirán la sostenibilidad de los bosques en un futuro.

Además, ForManRisk nos permite avanzar en la reducción de los riesgos más evidentes del cambio climático, como pueden ser el decaimiento de

determinadas especies por las consecuencias de las sequías, así como la reducción del riesgo del incendio. Conocer la evolución esperada de la superficie forestal y apuntar a las mejores medidas de adaptación establece unas bases interesantes para la gestión del riesgo.

Por último, el proyecto ForManRisk servirá de campo de pruebas y evolución de las posibilidades de adaptación, porque la instalación de cuatro bosques piloto en la provincia, con distintas especies de acuerdo a su capacidad de adaptación, nos permitirá estudiar cómo avanza el cambio climático y cuáles son las mejores especies para la adaptación al mismo en los bosques de la provincia. Establecemos, por tanto, un trabajo continuado en la mitigación y adaptación al cambio climático que no sería posible sin la colaboración y cooperación entre los socios del proyecto.



ISBN 978-989-704-539-4

Título: Garantizar la regeneración y reducir el riesgo de incendio: un reto para el futuro de los bosques del sudoeste de Europa

Autor: A. Lehoucq. (Co-autores: B. Dalgé + D. Araújo + M. Beltrán + Destribat, B. Ferreira, P. Fonseca, T.F. López, A. + Magalhães, M. Maugard, F. Molina, B. Pallarés, M. + Piazzetta, R. Piqué, M. Ribeiro, S. Verde, M.C.)

Suporte: electrónico (formato: PDF / PDF/A)

**Interreg
Sudoe**



ForManRisk

European Regional Development Fund



INRAE



CTFC

utad

UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO DOURO

