


Guía de recomendaciones y medidas de adaptación al cambio climático en la gestión de *Quercus suber*



**Guía de recomendaciones
y medidas de adaptación
al cambio climático
en la gestión de *Quercus suber***



Guía de recomendaciones y medidas de adaptación al cambio climático en la gestión de *Quercus suber*

Coedita

Consorci Forestal de Catalunya, Centre de la Propietat Forestal, Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, Forestal Catalana, SA, Amorim Florestal, SA.

Coordinación de la edición

Roser Mundet (CFC), Teresa Baiges (CPF), Mario Beltrán (CTFC), Antonio Torrell (Forestal Catalana)

Responsable del proyecto

Joan Rovira (Consorci Forestal de Catalunya)

Comité de expertos del proyecto

Antoni Bombí (Diputació de Barcelona), Francisco Carvalho (Amorim Florestal), Rosendo Castelló (CFC), Xavier Clopés (DARP), Jaime Coello (CTFC), Enrique Enciso (Grupo Sylvestris), Juli Garcia (CIDE-CSIC), Antoni Gorgot (Forestal Empordà, SL), Joan Homs (CPF), Raúl Lanzo (CICYTEX-IPROCOR), David Meya (DARP), Renaud Piazzetta (Institut Méditerranéen du Liège), Joan Puig (Francisco Oller, SA), Josep M. Riba, Josep M. Tusell (CFC), Nuno Ribeiro (Universidad de Évora), Ramon Riera (Diputació de Barcelona), Mariano Rojo (DARP), Míriam Piqué (CTFC), Ramón Santiago (CICYTEX-IPROCOR), Enrique Torres (Universidad de Huelva), Philippe Van Lerberghe (Centro National de la Propriété Forestière), Pau Vericat (Escola Agrària del Solsonès)

Primera edición: junio de 2018

Diseño y maquetación

Elizabeth Fernández (Centre de la Propietat Forestal)

Fotografías

Introducción (AGS-CTFC); Sección I (Centre de la Propietat Forestal); Sección II (Bombers de la Generalitat de Catalunya); Sección III (Consorci Forestal de Catalunya); Sección IV (Forestal Catalana).

Corrección y asesoramiento lingüístico

Maria Llopis Freixas

Tirada: 200 ejemplares

Depósito legal: B 18771-2018

Citación recomendada:

Mundet, R.; Baiges, T.; Beltrán, M.; Torrell, A. 2018. Guía de recomendaciones y medidas de adaptación al cambio climático en la gestión de *Quercus suber*. Proyecto Life+SUBER.

Las opiniones expresadas en este manual son las de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea y de la Comisión Europea, por lo que no son atribuibles a estas instituciones.

Entidades socias del proyecto Life+SUBER

Consorci Forestal de Catalunya (coordinación), Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, Centre de la Propietat Forestal (Generalitat de Catalunya), Forestal Catalana, SA y Amorim Florestal, SA.

Colaboración y cofinanciación

Diputación de Barcelona, Amorim Florestal Mediterráneo, SL e Institut Català del Suro.



Índice

Introducción	7
<i>(Mario Beltrán, Míriam Piqué, Pau Vericat)</i>	
Sección I Gestión del alcornocal para la adaptación al cambio climático	25
<i>(Teresa Baiges, Mario Beltrán, Roser Mundet)</i>	
Situación actual de los alcornocales catalanes	26
Una selvicultura para mejorar la capacidad de adaptación de los alcornocales al cambio climático	31
Modelos de gestión que optimizan la producción corchera, mejorando la vitalidad y la resistencia frente a grandes incendios: el ejemplo de los modelos multifuncionales ORGEST en Catalunya	41
Tratamientos de adaptación propuestos para el alcornocal	45
Casos prácticos de gestión productiva de alcornocales y de adaptación al cambio climático.....	51
Bibliografía.....	58
Sección II Gestión para la reducción del riesgo de grandes incendios forestales	61
<i>(Míriam Piqué, Eduard Busquets, Mario Beltrán)</i>	
Los grandes incendios forestales en Catalunya.....	62
El comportamiento del fuego en las formaciones forestales de alcornocal.....	64
Resistencia y resiliencia	65
Gestión tradicional para la prevención de incendios forestales	67

Prácticas innovadoras y recomendaciones de gestión para la prevención de grandes incendios forestales en alcornocales	67
Beneficios y compatibilidades de la gestión para la reducción del riesgo de grandes incendios forestales.....	75
Casos prácticos de gestión de alcornocales para la prevención de grandes incendios forestales	75
Bibliografía.....	80
Sección III Restauración de alcornocales degradados	82
<i>(Roser Mundet, Josep M. Tusell, Joan Abel)</i>	
Descripción de los alcornocales degradados.....	84
Principales causas de la degradación.....	84
Prácticas de restauración de alcornocales degradados.....	88
Densificación de las masas de <i>Quercus suber</i>	90
Casos prácticos de gestión para la restauración de alcornocales degradados.....	102
Bibliografía.....	105
Sección IV Gestión para el control integral de plagas de alcornoque	107
<i>(Antonio Torrell, Josep Maria Ribá)</i>	
Patologías del alcornoque.....	108
Enfermedades	109
Plagas ocasionadas por insectos o ácaros	113
El caso del <i>Coraebus undatus</i>	126
Bibliografía.....	135



Introducción

Mario Beltrán
Miriam Piqué
Pau Vericat



Introducción

Los alcornocales en Catalunya y el mediterráneo

Los alcornocales de *Quercus suber* L. constituyen un hábitat de interés comunitario (9330, Directiva 92/43/CEE) en el que la propia especie es uno de los elementos más singulares. El alcornoque destaca por su corteza, formada por un conjunto de capas de células suberificadas que en árboles no descorchados puede superar los 30 cm de anchura (Vieira, 1950) y que puede haber evolucionado como una adaptación al fuego (Pausas *et al.*, 2009). Esta corteza, el corcho, puede volver a crecer cuando se extrae sin eliminar la capa madre, y en torno a esa característica se ha desarrollado toda una cultura forestal. Se denomina inicialmente bornizo, segundero después del primer

descorche y corcho de reproducción a partir del segundo descorche.

Los bosques de alcornoque constituyen un elemento característico del paisaje mediterráneo de gran singularidad a nivel mundial, con una larga cadena económica y sociocultural asociada. Varios elementos contribuyen a ello, principalmente el sistema de aprovechamiento del corcho junto con otros elementos del hábitat y su biodiversidad asociada (Figura 1). El corcho es uno de los productos forestales más importantes en el Mediterráneo, aun siendo no maderero, y en su entorno se ha desarrollado un conjunto de prácticas de gestión forestal propias (la subericultura) debido a sus particularidades y la necesidad de especialización.

Los alcornocales se distribuyen en el Mediterráneo occidental, concentrados principalmente en el suroeste de la pe-



Figura 1. El aspecto característico del alcornoque es su corteza. Su aprovechamiento sostenible genera estructuras forestales singulares en el ecosistema mediterráneo.

nínsula Ibérica (Figura 2). Dentro de su área de distribución existen diferencias significativas tanto en las características de la formación forestal como en las prácticas de gestión habituales. Los alcornoques de la parte occidental de la península suelen presentar masas puras o mezcladas con otras quercíneas (*Quercus ilex* y *Q. faginea*) y con estructuras adhesionadas con un manejo selvícola combinado con el pasícola. En cambio, en la parte oriental predominan las masas densas, frecuentemente mezcladas con coníferas y frondosas (pinos y quercíneas), donde la estructura suele presentar varios estratos de vegetación.

En Catalunya, los datos del Mapa Forestal de España (DGDRPF, 2016) indican que los alcornoques (espacios donde el alcornoque es la especie do-

minante) ocupan unas 69.000 ha, de las que unas 29.000 ha serían masas puras. Adicionalmente, unas 55.000 ha son masas dominadas por otra especie en que el alcornoque aparece como especie secundaria o acompañante. Tradicionalmente se han definido cuatro ámbitos de distribución del alcornoque en Catalunya a partir de factores ecológicos principalmente: el Empordà, Montseny-Guilleries (Figura 3), les Gavarres y el Montnegre-Corredor.

El alcornoque es una especie claramente calcífuga y vegeta casi exclusivamente sobre sustratos de reacción ácida. Se encuentra preferentemente sobre granitos, pizarras, gneis y cuarcitas, que dan lugar a suelos de elevado drenaje y aireamiento. Respecto a la climatología, esta especie requiere condiciones térmicas suaves y relativa-

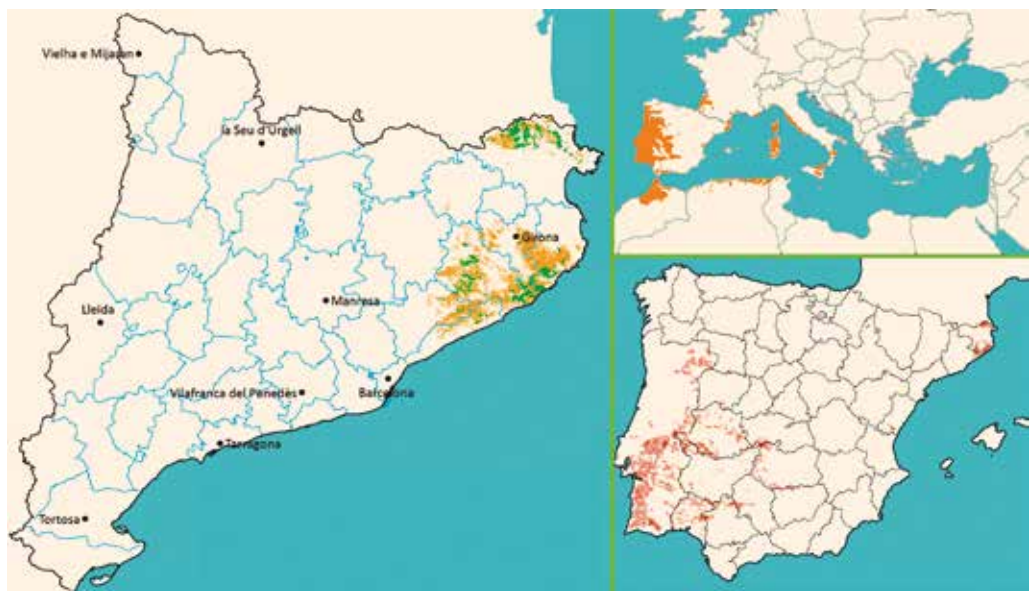


Figura 2. Distribución estimada para los alcornoques en el Mediterráneo (EUFORGEN, 2009), en la península Ibérica (6IFN Portugal, 2010; MFE España, 2016) y en Catalunya (MFE, 2016). En Catalunya se diferencian las masas puras (verde) de las mixtas (naranja) dominadas o con presencia significativa de alcornoque.

mente húmedas, con leve sequía estival o sin sequía, y sin heladas. Estas condiciones dificultan su presencia en las partes más continentales de la zona mesomediterránea (Díaz-Fernández *et al.*, 1995; Ruiz de la Torre, 2006).

Las condiciones ecológicas óptimas para el alcornoque en Catalunya (Piqué *et al.*, 2014) se corresponden con zonas de pluviometrías medias anuales superiores a 600-700 mm y estivales siempre superiores a 100 mm. Las orientaciones de umbría o media umbría son más adecuadas, pero también las de solana, siempre y cuando haya suelo suficiente y una elevada pluviometría estival. Las altitudes pueden llegar a cerca de 1.000 m, siempre que la orientación y la influencia marítima limiten las bajas temperaturas.

La densidad del arbolado y el crecimiento lento por condiciones de la estación forestal hacen que el corcho catalán sea de mayor densidad y esto le confiere unas características apreciadas para la fabricación de tapones naturales para vinos tranquilos, el pro-

ducto corchero de mayor valor añadido (Figura 4). Sin embargo, el corcho suele ser poco homogéneo y con mayor porcentaje de merma que en otras zonas productoras, por lo que el porcentaje de corcho de calidad suele ser bajo. Con todo, y a pesar de la disminución generalizada de la gestión forestal y de la industria de primera transformación propia de la segunda mitad del siglo XX, los alcornocales catalanes siguen siendo la base de un subsector importante en términos socioeconómicos, tanto territoriales como industriales.

Los usos del corcho son numerosos y variados. Destaca su uso para la fabricación de tapones, pero también es necesario destacar los usos en la industria del calzado, de aislantes en construcción e instalaciones industriales, de componentes para la industria automovilística, naval, aeronáutica, química, etc. Todas estas aplicaciones tienen requerimientos diferentes respecto a las características de la materia prima y el proceso de transformación. Como factores destacan el tipo de corcho (bornizo, segundo o de repro-



Figura 3. Los alcornocales son un elemento característico del paisaje del entorno del Montseny.

ducción), el calibre y los defectos (porosidad excesiva, permeabilidad elevada, densidad excesiva, elasticidad deficiente, agrietados, daños de origen biótico, vientre irregular, etc.).

A escala de árbol, los principales parámetros que afectan a la productividad en cantidad de corcho son el crecimiento en grosor (calibre), la densidad de corcho por superficie (kg/m^2) y la altura de descorche. El calibre a una determinada edad depende principalmente de la calidad de estación y de la altura en el tronco (Vieira, 1950).

Con todo, los alcornoques catalanes son multifuncionales, presentan simultáneamente diferentes funciones (bienes y servicios) a la sociedad. La función productiva actualmente se concentra en la producción de corcho y, ocasionalmente, leña. La función social corresponde mayoritariamente a la composición del paisaje y de entorno recreativo, junto con el valor patrimonial que se asigna frecuentemente al aprovechamiento de los alcornoques. Las principales funciones ambientales

son la regulación hídrica, la atenuación de la erosión, la fijación de CO_2 atmosférico y la reserva de biodiversidad.

La gestión de los alcornoques y el aprovechamiento del corcho generan un importante volumen de actividad económica en los territorios rurales, ya que se trata de una producción forestal de las más intensivas en generación de mano de obra. Las tareas de descorche, los tratamientos de mejora selvícola (desbroces, cortas de mejora) y la componente técnica de esta actividad (planificación, señalamientos de las cortas, control de actuaciones) contribuyen a la fijación de la población en el medio rural de todos los niveles de cualificación.

Por otra parte, el alcornoque desempeña también un papel destacado en el Mediterráneo por su adaptación al fuego. La capacidad de resistencia al paso del fuego para después rebrotar y recuperar la estructura forestal es destacada en esta especie (Figura 5). En el contexto actual, es uno de los principales activos en la resistencia y resi-



Figura 4. El tapón para vinos tranquilos es uno de los productos principales del corcho.



Figura 5. El corcho protege los tejidos vitales de los alcornoques que son capaces de rebrotar tras el fuego.

liencia del bosque mediterráneo frente a los incendios forestales.

Los efectos del cambio climático sobre los alcornoques

El cambio climático constituye una seria amenaza para la conservación del alcornoque, la producción sostenible de corcho y la cadena de valor ligada a este producto. La zona mediterránea, donde el alcornoque es un elemento característico, está considerada como una de las regiones bioclimáticas más vulnerables al cambio climático (EEA, 2008). Diferentes trabajos apuntan hacia tres grupos de impactos sobre los bosques de alcornoque (Regato, 2008; Díaz *et al.*, 2009; Pereira *et al.*, 2009; Vericat y Piqué, 2012):

- Reducción de la disponibilidad hídrica, lo que implicará menor crecimiento, producción de corcho y fijación de carbono. Además, estará relacionado con el aumento del decaimiento y mortalidad del alcornoque.
- Mayor incidencia de plagas y enfermedades. Las condiciones más secas y cálidas del ambiente y la debilidad del arbolado favorecerán los episodios de plagas y enfermedades, con especial importancia aquellas que afectan a la producción y calidad del corcho.
- Aumento de la frecuencia de los incendios de mayor intensidad y tamaño (grandes incendios forestales), debido a las condiciones meteorológicas más cálidas y áridas (menor humedad del combustible, mayor

temperatura del aire, mayor frecuencia, duración e intensidad de olas de calor), junto con el incremento de la cantidad y continuidad de la biomasa.

Estos impactos tendrán unos efectos claramente negativos sobre las funciones productivas, ambientales y sociales de los alcornocales: menor producción de corcho y menor calidad del producto, menor capacidad de secuestro de carbono, pérdida de calidad del hábitat para muchas especies y biodiversidad, incremento de la erosión, pérdida de calidad del paisaje y de valor como entorno turístico y recreacional. Por otra parte, incidirán negativamente en el estado de conservación de este hábitat.

Dado que la gestión forestal sostenible para la producción de corcho es uno de los activos más importantes para la conservación del alcornocal, merecen especial atención las plagas y enfermedades que pueden afectar a este producto. Las más importantes son la afectación por culebrilla (*Coraebus undatus*) (Figura 6), el «escaldado» (*Diplo-*

dia corticola) y las hormigas (*Crematogaster scutellaris* y *Lasius brunneus*).

Vulnerabilidad de los alcornocales en Catalunya al cambio climático

Una de las principales acciones del proyecto Life+SUBER ha consistido en la caracterización de la vulnerabilidad de los alcornocales catalanes al cambio climático. Ha sido un primer paso para definir y cuantificar el riesgo, aunque se trata de procesos de elevada complejidad e incertidumbre en que resulta necesario mantener una monitorización de los impactos, a través de indicadores, para mejorar la capacidad de proyección tanto espacial como temporal de los efectos del cambio climático.

La vulnerabilidad depende tanto del carácter y magnitud del impacto como de la sensibilidad y capacidad de adaptación de la cubierta forestal. Por lo tanto, la vulnerabilidad será diferente según el tipo de impacto, el área geográfica



Figura 6. Ejemplar adulto de *Coraebus undatus*, una de las principales amenazas para la calidad de corcho.

donde se localice, la historia de gestión, el estado actual de las masas, etc.

Así, se ha analizado la vulnerabilidad de los bosques de *Quercus suber* L. para los tres principales tipos de impacto previstos del cambio climático sobre estas formaciones, que son la reducción de la disponibilidad hídrica, los grandes incendios forestales (GIF) y la afectación por *Coraebus undatus*. Como resultado se ha obtenido una cartografía (zonificación) del grado de vulnerabilidad a dichos impactos dentro del área de distribución del alcornoque en Catalunya.

Reducción de la disponibilidad hídrica

La restricción hídrica derivada del cambio climático supone un riesgo para el alcornoque porque limita su vitalidad, crecimiento y capacidad de respuesta a los cambios y a otras amenazas. En general, una limitada vitalidad puede llevar a la sustitución por otras especies más competitivas en las nuevas condiciones, generando un cambio sustancial en el ecosistema. A la vez, la cadena de valor ligada a la producción de corcho se verá directamente afectada. Para evaluar la vulnerabilidad a la restricción hídrica se ha determinado el grado de adecuación ecológica de los alcornocales actuales a los escenarios climáticos previstos a largo plazo. En concreto, se han establecido dos categorías: zonas de menor adecuación ecológica y zonas de mayor adecuación. En las zonas de mayor adecuación la especie presentaría me-

jores crecimientos y vitalidad, con mayor potencial desde el punto de vista de producción forestal (crecimiento).

Los modelos actualmente utilizados para la proyección futura del clima muestran la predicción del régimen pluviométrico con mayor incertidumbre que para el caso de la temperatura. No obstante, en líneas generales, los modelos apuntan a un régimen con mucha más variabilidad inter e intraanual pero con una pluviometría total anual con pocos cambios respecto a la actualidad, en un horizonte de cincuenta años. Por lo tanto, es necesario utilizar parámetros que combinen la pluviometría con otras variables ambientales para aumentar la representatividad de los efectos del cambio climático, como es el caso de la evapotranspiración potencial (ETP). Un aumento de ETP representa mayor restricción hídrica para el ecosistema a pesar de que la pluviometría total anual alcance valores similares a los actuales.

Las calidades de estación definidas por Piqué *et al.* (2014) para los alcornocales determinan que las mejores localizaciones en cuanto a pluviometría son aquellas con un total anual superior a 700 mm y un total estival superior a 100 mm. Utilizando la serie histórica de 1985 a 2015, se pueden identificar las zonas en las que la pluviometría media anual y estival (meses de junio, julio y agosto) supera estos umbrales, diferenciando los alcornocales que actualmente se situarían en zonas adecuadas y en zonas de menor adecuación.

Para identificar el umbral entre las zonas adecuadas y no adecuadas en términos de ETP, se han analizado los valores de ETP en relación con la pluviometría. La equivalencia entre pluviometría y ETP no es directa, porque en la ETP intervienen más factores, aunque se puede marcar un valor de ETP como umbral equivalente a 700 mm de pluviometría anual. Por debajo de este valor, el estrés hídrico es suficientemente bajo como para determinar que se trata de una zona adecuada para el alcornocal, mientras que valores superiores identifican las zonas de menor adecuación.

Para evaluar el impacto de la restricción hídrica del cambio climático, en términos de aumento de ETP, se ha realizado una proyección climática según el modelo regional estandarizado CCLM4-8-17 con el escenario de concentración reproducible rcp4.5 para el periodo de 2020 a 2050. El modelo regional concreta las predicciones globales del clima a una escala más fina, mientras que el escenario intenta incorporar a la proyección el efecto de determinados cambios en las tendencias actuales. En este caso se ha considerado el escenario que incorpora determinadas medidas de adaptación y mitigación. Con la proyección climática para el período de 2020 a 2050 se obtiene un valor medio anual de ETP, y se delimitan así las zonas adecuadas como aquellas donde se estima un valor inferior al umbral marcado y las zonas de menor adecuación donde se espera un valor de ETP más alto.

La Figura 7 muestra la clasificación de los alcornoques catalanes según el grado de adecuación ecológica para la vulnerabilidad a la restricción hídrica, resultando que un 65% de los alcornoques se clasificarían como de menor adecuación.

Por lo tanto, existen amplias áreas actuales de alcornocal en riesgo de sufrir un mayor impacto negativo por la restricción hídrica futura. En cualquier caso, la vegetación (densidad, estratificación, composición específica, estado de desarrollo) desempeña un papel determinante en el uso del agua, junto con factores físicos (pendiente, orientación, edafología). La gestión forestal para regular las relaciones de competencia y facilitación dentro del bosque es determinante para atenuar el impacto de la restricción hídrica (Figura 8). Es necesario gestionar la estructura forestal para maximizar la eficiencia en el uso del agua y concentrar, en la medida de lo posible, los mayores recursos para el alcornocal y para las especies de interés biogeográfico y las facilitadoras (por ejemplo, aquellas que capturan precipitación horizontal en las zonas de nieblas frecuentes).

Grandes incendios forestales

Los grandes incendios forestales, de mayor alcance e intensidad, constituyen uno de los efectos más visibles del cambio climático. Aunque interactúan varios factores, la vegetación es uno de los más determinantes, pues el aumento de superficie forestal y la densificación de los bosques aumentan la

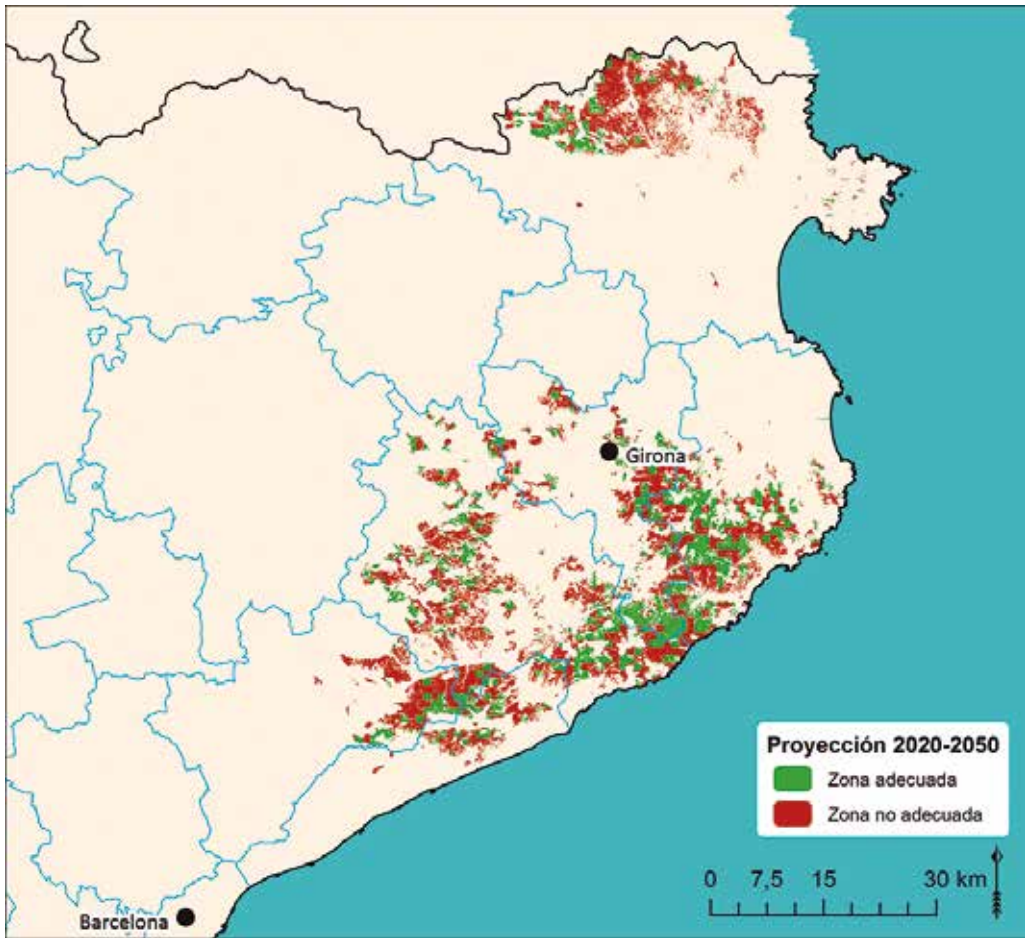


Figura 7. Clasificación de los alcornocales catalanes según el grado de adecuación ecológica para la vulnerabilidad a la restricción hídrica derivada del cambio climático.

cantidad de combustible disponible. Los eventos climáticos extremos, cada vez más frecuentes, agravan el problema manteniendo por mayor tiempo las condiciones meteorológicas más adversas: calor, sequía en la vegetación y vientos dominantes, principalmente. Para evaluar la vulnerabilidad de los alcornocales a los grandes incendios forestales se han definido tres categorías: muy vulnerable, medianamente vulnerable y poco vulnerable. Para esta evaluación se utilizan variables estruc-

turales, de continuidad de la cubierta y del tipo de incendio más probable en la zona y su recurrencia a partir de datos históricos.

Las variables que definen la estructura forestal, como el recubrimiento de los diferentes estratos de vegetación o la distancia vertical entre ellos, presentan una elevada influencia en la intensidad y la propagación de un incendio. Sin embargo, estas variables son muy cambiantes a pequeña escala, tan-



Figura 8. Rodal del proyecto Life+SUBER dos años después de las actuaciones. Se mantienen los alcornoques más vitales, las especies acompañantes que no limitan su desarrollo y cierta cobertura arbustiva de especies de interés que ayuda a limitar la insolación directa y a capturar precipitación horizontal en caso de nieblas frecuentes.

to espacial como temporal, y además pueden ser modificadas por acción de la gestión.

Así, la vulnerabilidad a los grandes incendios forestales se evalúa por fases. En primer lugar, se utiliza la información del régimen de incendios a partir de los incendios históricos, sin tener en cuenta las condiciones actuales de la estructura forestal. Para ello se utiliza el mapa de riesgo de incendio tipo de Piqué *et al.* (2011), que identifica las zonas con mayor riesgo de que se produzca un gran incendio forestal (GIF), a partir de los datos históricos de incendios forestales.

Para determinar el grado de vulnerabilidad a los GIF se ha utilizado la información aportada por el mapa de riesgo de incendio tipo, siendo la información de vulnerabilidad estructural una in-

dicación adicional de que el grado de vulnerabilidad también depende de las condiciones propias del rodal. Por lo tanto, la Figura 9 muestra la asignación del grado de vulnerabilidad a los GIF a partir de la información del riesgo de incendio tipo. Así, se determina que el 78% de los alcornocales tienen un grado alto de vulnerabilidad y un 20% un grado medio.

Para incorporar la estructura forestal a la evaluación de la vulnerabilidad a los incendios sería necesario utilizar datos de la cubierta forestal, teniendo en cuenta la escala de cambio tanto espacial como temporal. Una primera aproximación a nivel regional se puede realizar utilizando los datos del Inventario Forestal Nacional, asumiendo que se han producido cambios desde que fueron tomados, así como generalizándolos espacialmente asumiendo

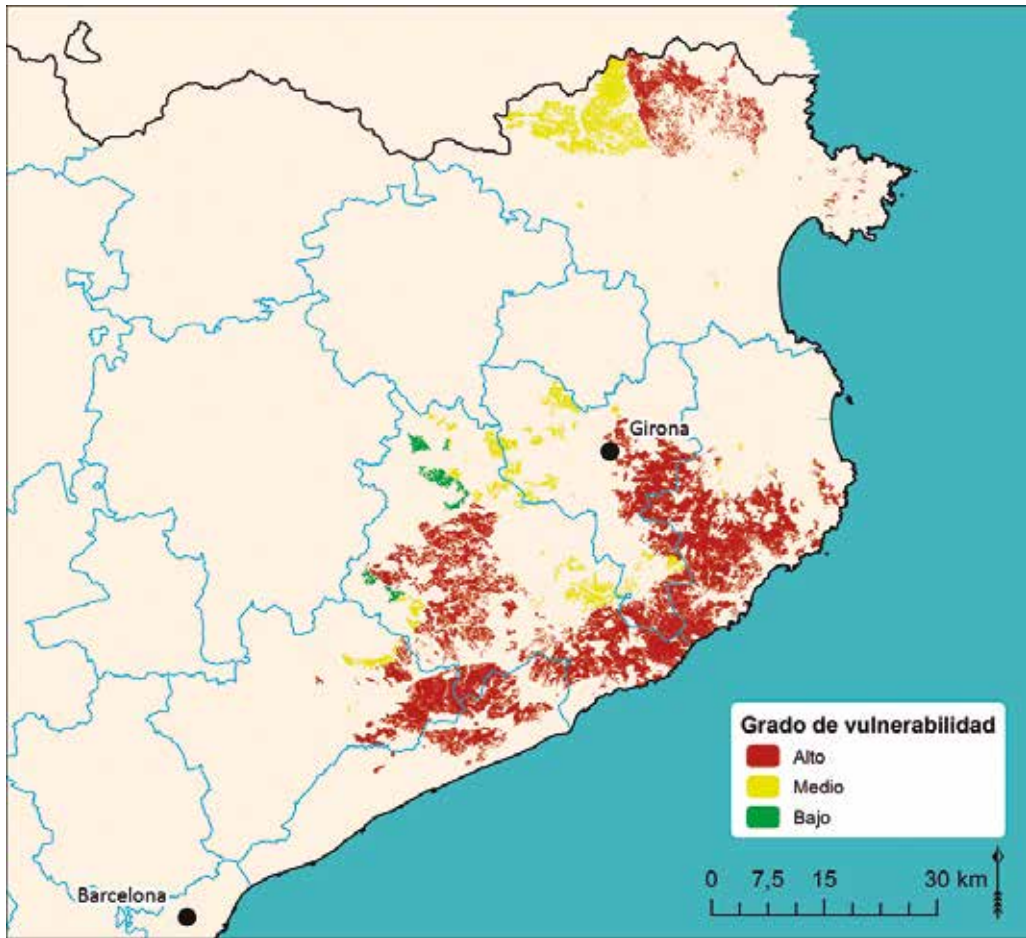


Figura 9. Clasificación de los alcornocales catalanes según el grado de vulnerabilidad a los grandes incendios forestales.

que hay cambios a pequeña escala. El IFN3 es el que más representatividad espacial tiene con datos de inventario tomados en campo.

Utilizando las Claves de identificación de la Vulnerabilidad estructural al Fuego de Copas, CVFoC (Piqué *et al.*, 2011) con los datos de las parcelas del IFN3 se ha analizado la vulnerabilidad estructural en cada punto de inventario con tres categorías (alta, media y baja). Después, los valores de cada punto se

han generalizado espacialmente para tener una predicción de la vulnerabilidad estructural de manera continua en las zonas de alcornocal (Figura 10). En total, un 56% de los alcornocales catalanes se clasificarían como de alta vulnerabilidad estructural y un 39% como de vulnerabilidad media.

En cualquier caso, los grandes incendios forestales constituyen un riesgo que debe analizarse y abordarse siempre a nivel de paisaje, en la planifica-

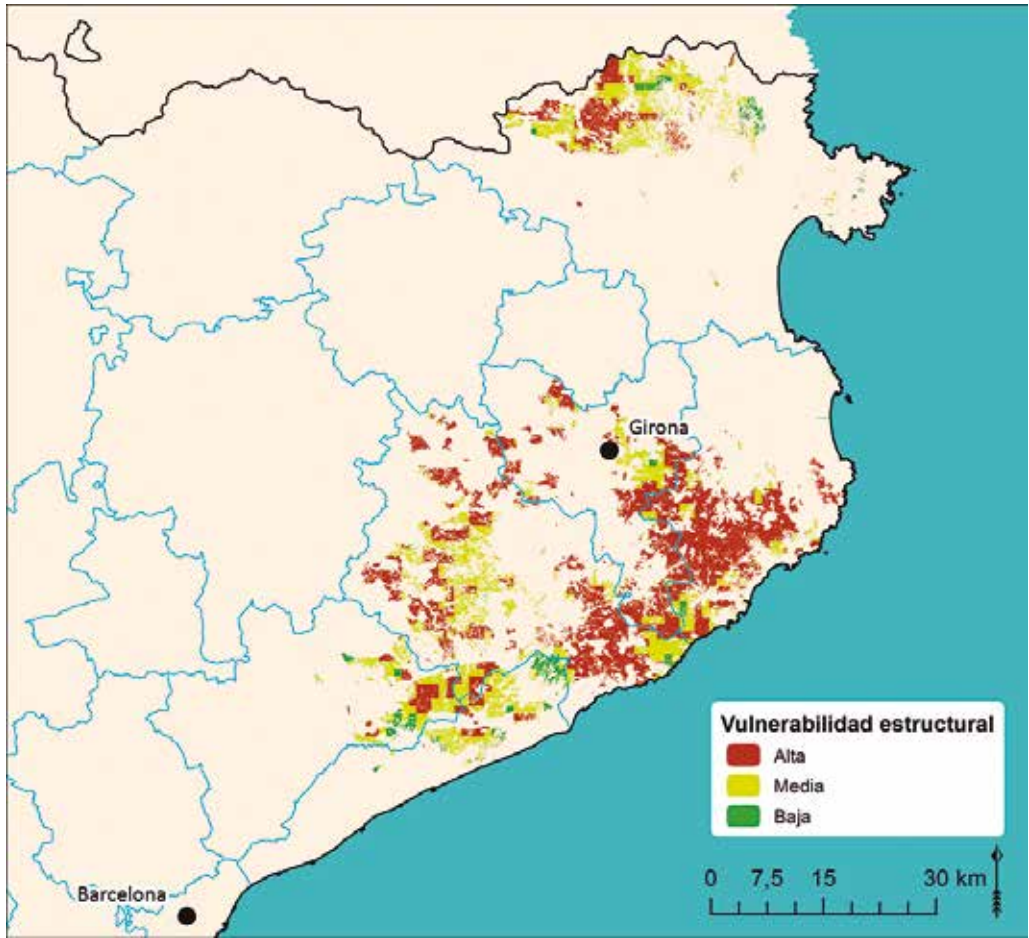


Figura 10. Generalización espacial de la vulnerabilidad estructural en las zonas de alcornocal, evaluada a partir de los datos de las parcelas del IFN3 siguiendo las CVFoC de Piqué *et al.* (2011).

ción, la gestión y el seguimiento. A partir de los conceptos y las metodologías que establecen Costa *et al.* (2011) y Piqué *et al.* (2011), el factor clave para la prevención de los grandes incendios es la gestión en determinados puntos estratégicos del comportamiento y la propagación del fuego.

Aun teniendo en cuenta las limitaciones de la información de la cubierta vegetal a nivel regional, queda patente la importancia de la estructura forestal en

cuanto a la vulnerabilidad de los alcornocales a los grandes incendios. Así, la gestión forestal para la prevención de grandes incendios debe abordar principalmente la generación y el mantenimiento de estructuras de baja vulnerabilidad al fuego de alta intensidad en los rodales situados en los puntos estratégicos para el comportamiento de los incendios (Figura 11).



Figura 11. Rodal del proyecto Life+SUBER dos años después de las actuaciones. Se generan estructuras de baja vulnerabilidad al fuego de alta intensidad en puntos estratégicos para el comportamiento de los incendios. Además, con estructura adhesada puede compatibilizarse el uso pastoral con la prevención de incendios y la producción de corcho.

Afectación por culebrilla

Varias plagas pueden afectar significativamente al alcornocal, aunque es la culebrilla la más destacada por sus daños en la producción de corcho de calidad. La afectación por este insecto se ha incrementado notablemente en los últimos años, a pesar de que ya estaba presente anteriormente en los alcornocales. Con todo, es un insecto relativamente desconocido en cuanto a la biología, los patrones poblacionales, de comportamiento y distribución. Además, es posible que el cambio de las condiciones ambientales pueda haber alterado determinados aspectos de la biología y el comportamiento en los últimos años. Para evaluar el grado de vulnerabilidad a afectaciones de culebrilla se han utilizado variables ecológicas y datos de afectaciones pa-

sadas de *Coraebus undatus* a nivel de parcela, y han establecido dos niveles: zonas más vulnerables y zonas menos vulnerables a altas afectaciones.

Los datos de las capturas de las campañas 2015, 2016 y 2017 realizadas en el marco del proyecto Life+SUBER se utilizan para modelizar el nivel de capturas mediante parámetros ecológicos que puedan estar relacionados con la biología del insecto o que puedan tener influencia en sus niveles poblacionales. El modelo generado sirve de algoritmo de asignación de niveles de vulnerabilidad a altas afectaciones, asumiendo que un mayor número de capturas de insectos adultos se relaciona con mayor afectación por galerías de las larvas. Para mejorar la capacidad predictiva del modelo se han añadido datos de capturas realizadas por Forestal

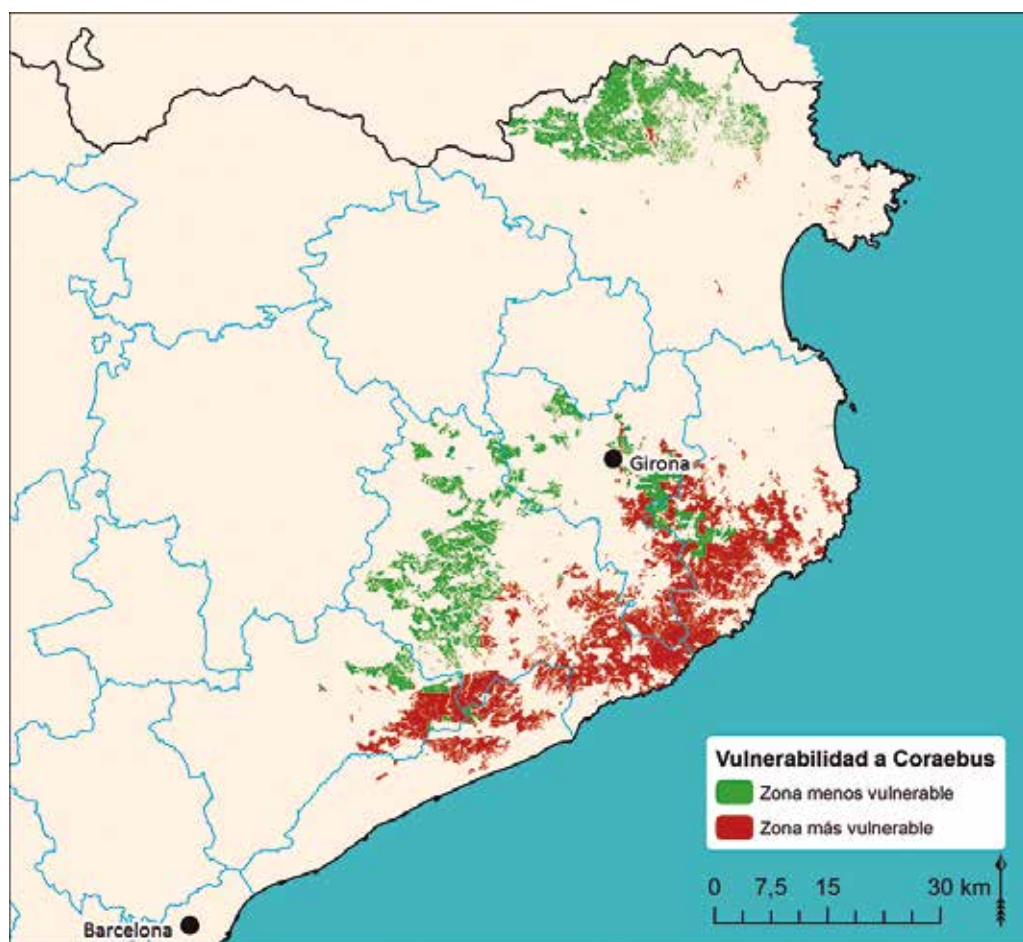


Figura 12. Clasificación de las zonas de alcornocal según la predicción de capturas de culebrilla, diferenciando las zonas menos vulnerables (verde) de las más vulnerables (rojo).

Catalana en las campañas de 2012 a 2014 en distintos rodales de alcornocal en Catalunya, junto con cinco rodales donde se tiene constancia de que la presencia de culebrilla es nula.

El modelo finalmente elaborado utiliza como variable predictora la precipitación acumulada en el periodo anual de julio a junio de dos años antes de la captura de los insectos adultos, lo que correspondería con el año anterior a la

puesta de los huevos de los insectos que se capturan dos años después.

La variabilidad en la pluviometría anual también aporta variabilidad a la predicción de capturas. Además, aunque otras variables ambientales o geográficas no hayan aportado mejoras significativas a la capacidad de predicción del modelo, aún quedan muchas otras variables que pueden tener una influencia significativa en la afectación

por culebrilla, como aquellas referidas a la vegetación (y a la gestión forestal).

Para definir las categorías de zona más vulnerable y zona menos vulnerable se ha utilizado el modelo elaborado para predecir las capturas de 2018, fijando un valor umbral. Las zonas más vulnerables son aquellas donde se predice un nivel de capturas superior al valor umbral (Figura 12). Como resultado, un 56% de los alcornoques se situaría en las zonas más vulnerables.

En cualquier caso, queda patente que la capacidad predictiva del nivel de capturas debe ser mejorada, especialmente introduciendo más datos mejor distribuidos espacialmente para representar todas las zonas de alcornocal.

Con todo, existe una elevada incertidumbre en cuanto a predicción de la

afectación por culebrilla, así que esta primera evaluación de la vulnerabilidad de los alcornoques debe tomarse con cautela. Los datos disponibles parecen indicar que las características de la vegetación no parecen ser determinantes directamente en los niveles de afectación, aunque una adecuada estructura forestal puede mejorar la efectividad de las trampas (Figura 13). En los niveles poblacionales del insecto interaccionan varios factores, e incluso la propia biología del insecto, con características no del todo conocidas y con posibles cambios recientes inducidos por las nuevas condiciones climáticas. El impacto por la afectación de culebrilla es uno de los principales efectos del cambio climático en el que más se deben centrar las acciones de monitoreo para, entre otras cosas, mejorar su conocimiento y la capacidad de predicción futura.



Figura 13. Rodal del proyecto Life+SUBER donde se han colocado trampas para insectos adultos de culebrilla y se han realizado actuaciones selvícolas de mejora de la estructura forestal. Las trampas funcionan principalmente por la forma, el color y la colocación, por lo que la gestión de la vegetación circundante ayuda a su efectividad.



Bibliografía

- Costa, P.; Castellnou, M.; Larrañaga, A.; Miralles, M.; Kraus, D. 2011. *La prevención de los grandes incendios forestales adaptada al incendio tipo*. Unitat Tècnica del GRAF, Departament d'Interior, Generalitat de Catalunya, Barcelona. 87 p.
- De Cáceres, M.; Martín, N.; Cabon, A. 2017. *meteoland: Landscape Meteorology Tools*. R package.
- DGDRPF. 2016. *Mapa Forestal de España. Escala 1:25.000. Catalunya*. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Díaz-Fernández, P. M.; Jiménez, M. P.; Catalán, G.; Martín, S.; Gil, L. A. 1995. *Regiones de procedencia: Quercus suber L.* ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ETSI Montes, Madrid.
- Díaz, M.; Pulido, F. J.; Pausas, J. D. 2009. «9330 Alcornocales de Quercus suber». En: VV.AA. (ed.). *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid, p. 58.
- EEA. 2008. *Impacts of Europe's changing climate - 2008. An indicator-based assessment (EEA Report No 4/2008)*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- EUFORGEN. 2009. *Distribution map of cork oak (Quercus suber)*. European Forest Genetic Resources Programme. www.euforgen.org.
- Pausas, J. G.; Pereira, J. S.; Aronson, J. 2009. «The tree». En: Aronson, J.; Pereira, J. S.; Pausas, J. G. (eds.). *Cork Oak woodlands on the edge: ecology, adaptive management, and restoration*. Island Press. Washington DC, p. 11-21.
- Pereira, J. S.; Vaz Correia, A.; Joffre, R. 2009. «Facing climate change». En: Aronson, J.; Pereira, J. S.; Pausas, J. D. (eds.). *Cork oak woodlands on the edge: ecology, adaptive management, and restoration*. Island Press. Washington, DC, p. 219- 226.
- 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.
- Piqué, M.; Vericat, P.; Cervera, T.; Baiges, T.; Farriol, R. 2014. *Tipologies forestals arbrades. 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. 346 p.
- Regato, P. 2008. *Adaptación al cambio global. Los bosques mediterráneos*. UICN Centro de Cooperación del Mediterráneo, Málaga, España. 254 p.
- Ruiz de la Torre, J. 2006. *Flora mayor*. Organismo autónomo parques nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 1756 p.
- Vericat, P.; Piqué, M. 2012. «El cambio global: impactos probables sobre las formaciones de Quercus y gestión para la adaptación». En: Vericat, P.; Piqué, M.; Serrada, R. (eds.). *Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus Mediterráneos*. CTFC. Solsona, p. 29-46.
- Vieira, J. 1950. *Subericultura*. Dir. Geral. dos Serv. Florestais e Aquícolas, Lisboa.



Sección I

Gestión del alcornocal para la adaptación al cambio climático

Teresa Baiges
Mario Beltrán
Roser Mundet

Situación actual de los alcornocales catalanes

Características de los alcornocales catalanes

Los alcornocales catalanes pertenecen al grupo de los alcornocales de montaña. Se localizan en zonas fitoclimáticas más propias del encinar y presentan densidades generalmente elevadas debidas a una gestión que claramente ha favorecido la especie durante los

últimos 150 años, aunque con algún intervalo de retroceso en función de la rentabilidad de la explotación corchera.

Desde el punto de vista biogeográfico, en Catalunya se pueden distinguir cuatro grandes áreas de distribución del alcornoque con características ecológicas diferenciadas (González *et al.*, 1993), a las que hay que sumar su propio historial de gestión e incendios, lo que revierte en una gran diversidad estructural (Tabla 1, Figura 14).

Tabla 1. Superficie y porcentaje de superficie ocupada por el alcornoque en Catalunya, por tipología. A partir del mapa de tipologías forestales arboladas de Catalunya (Piqué *et al.*, 2014).

TFA	Alt Empordà ha (%)	Gavarres ha (%)	Montserrat-Guilleries ha (%)	Montnegre-Corredor ha (%)
ALCORNOCAL PUROS	9.334 (77%)	13.117 (42%)	5.309 (47%)	266 (4%)
ALCORNOCAL MIXTOS CON CONÍFERAS	163 (1%)	12.789 (41%)	1.485 (13%)	4.666 (78%)
Bosques de alcornoque	67	240	0	189
Bosques de alcornoque y pino piñonero	84	11.190	880	4.477
Bosques de alcornoque y <i>Pinus pinaster</i>	12	1.359	605	0
ALCORNOCAL MIXTOS CON PLANIFOLIOS	2.651 (22%)	5.111 (16%)	4.445 (40%)	1.027 (17%)
Bosques de alcornoque y otros planifolios	292	30	2.303	34
Bosques de alcornoque y encina	1.469	2.122	1.428	750
Bosques de alcornoque y madroño	879	2.436	308	161
Bosques de alcornoque y robles	11	523	405	82
Otros bosques mixtos dominados por alcornoque	448	54	105	13
Superficie total con presencia de alcornoque	12.148 (100%)	31.017 (100%)	11.239 (100%)	5.958 (100%)

Mediterráneo húmedo



Montseny - Guillerdes. Son los alcornoques situados en localizaciones más frías, a veces > 600 metros, en sustrato granítico. Zona con alta actividad forestal, con frecuencia de bosques mixtos con planifolios o pinos procedentes de repoblaciones.



Alt Empordà. Alcornocales bien conservados, aunque con signos de envejecimiento, entre 100 y 600 metros de altitud, a menudo puros o formando bosque mixto con la encina. En 2012, un incendio forestal quemó 10.476 ha, la mayoría de alcornocal.

Mediterráneo seco

(litoral, con zonas elevadas que pueden ser más húmedas)



Montnegre - Corredor. Sustrato exclusivo de rocas graníticas. Alcornocales formando bosques mixtos con pinos (piñonero, pino pinaster), encinas y madroños, muchos no gestionados activamente. Localizados mayoritariamente en la zona norte del macizo.



Gavarres. En diferentes sustratos y formando bosques mixtos con pinos (piñonero, pino pinaster), encinas y madroños, todos ellos con ventaja competitiva respecto al alcornoque. En las zonas regeneradas de antiguos incendios, la gestión es limitada.

Figura 14. Descripción general de las cuatro zonas de alcornoque catalán a partir de González *et al.* (1993), con fotografías ilustrativas de fincas gestionadas en el marco del proyecto Life+SUBER.

A escala de rodal, y en función de los requerimientos ecológicos de la especie, Piqué *et al.* (2014) definen tres calidades de estación para los alcornoques de Catalunya:

- **Calidad alta (A).** Estaciones óptimas para la producción corchera: pluviometría >700 mm (100 mm en verano), zona exenta de nevadas intensas, no expuesta a tramontana o viento de poniente, altitud <1.000 m. y profundidad de suelo >50 cm. La producción de corcho de calidad se sitúa entre 200 y 300 kg/ha y año o superior.



- **Calidad media (B).** Estaciones subóptimas para la producción corchera: pluviometría >600 mm (>100 mm en verano), zona exenta de nevadas intensas, no expuesta a tramontana o viento de poniente, altitud <1.000 m. y profundidad de suelo >40 cm. Producciones inferiores a las estaciones de calidad alta.



- **Calidad baja (C):** estaciones no óptimas para la producción corchera: pluviometría <600 mm (100 mm en verano), zona con frecuentes vientos dominantes secos, suelos con profundidad <300 cm de abundante pedregosidad y con afloramientos rocosos.



El matorral típico del alcornoque catalán es abundante y de porte arbóreo, con alturas, densidades y recubrimientos que compiten con los alcornoques por la luz, el agua y los nutrientes.

La gestión actual de los alcornoques: ¿selvicultura o arboricultura?

A pesar de las diferencias entre regiones y calidades de estación, en Catalunya puede identificarse un patrón común de gestión del alcornoque, que sigue la lógica de la **producción sostenible y periódica de corcho de calidad**. El corcho es uno de los productos no madereros de mayor importancia económica. Su aprovechamiento no requiere la tala del árbol, hecho que ha acercado su gestión más a criterios propios de la arboricultura que de la selvicultura, y ha dado lugar a un arte y una ciencia con nombre propio: la subercultura.



Figura 15. Panas de corcho apiladas en el monte.

La gestión ligada al objetivo preferente de producción de corcho ha favorecido el mantenimiento de **estructuras de apariencia irregular**, con aprovechamiento de corcho cada 12-16 años, seguido de cortas de mejora suaves basadas más en criterios fenotípicos y ligados a la producción corchera (pana de mala calidad, dificultad en la saca...) que en promover la regeneración. Ya en 1893, el forestal francés Lamey afirmaba, a partir de su experiencia en alcornoques catalanes y franceses, que «ningún propietario corta alcornoques productivos para obtener un futuro regenerado» (citado en Montero *et al.*, 1994). Las cortas suelen realizarse entre el primer y el tercer año posteriores a la saca y, en alguna ocasión, el año anterior. La gestión del alcornocal con

estructura regular es muy poco significativa en superficie y se aplica en plantaciones jóvenes.

En cuanto a la **gestión del matorral**, después de un período en que fueron comunes los desbroces totales en cada turno de saca, y en ocasiones dos veces cada turno, se ha pasado a limitar el desbroce a la mínima superficie requerida para garantizar la transitabilidad y seguridad en las actuaciones ligadas a la saca del corcho. Ha influido en ello una menor rentabilidad de la explotación en los últimos años debido a la disminución del porcentaje de corcho de calidad obtenido (véase la sección IV).

Efectos sobre la vitalidad y la producción

Con la aplicación continuada de esta gestión tipo, se tiende a la monoes-tratificación a pesar de tener árboles de diámetros y edades variadas. Esta estructura conlleva una menor producción, un desarrollo excesivo del matorral, una menor disponibilidad hídrica a nivel de árbol individual y un mayor riesgo y vulnerabilidad frente a incendios.

Los problemas de falta de regeneración viable son frecuentes, sobre todo en semilla, lo que acentúa el problema del envejecimiento de las cepas y conlleva baja diversidad genética. Además, se traduce en una baja disponibilidad de individuos jóvenes y vitales para la sustitución de los alcornoques poco productivos o la recuperación de la masa post-incendio. En Catalunya se considera que cerca del 50% de los alcornocales presentan algún problema de degradación.



Figura 16. Aspecto de un alcornocal en producción con alta densidad de pies, gestionado durante más de 200 años (Montseny, Girona).

Una selvicultura para mejorar la capacidad de adaptación de los alcornoques al cambio climático

Aunque es muy probable que el bosque mediterráneo sea capaz de adaptarse al cambio climático sin necesidad de la intervención humana (Regato, 2008), cabe reflexionar si, a corto plazo, podríamos asumir el coste social y territorial que ello supondría. Esta reflexión es más pertinente, aún, en el caso de los alcornoques, por las funciones económicas, ecológicas, sociales y patrimoniales que ofrecen, difícilmente equiparables, en su conjunto, a cualquier otra formación forestal y muy ligadas a su estructura actual, altamente antropizada.

Se parte, pues, de la asunción de que se desea mantener las funciones actuales del alcornoque y la cadena de valor ligada a este, y que ello requiere de una intervención activa por parte del gestor o gestora del monte. Teniendo en cuenta que la gestión aplicada hoy es la que va a generar las masas que deberán ser capaces de hacer frente, en el futuro, a una mayor aridez, frecuencia e intensidad de las perturbaciones, es pertinente preguntarse: ¿existe una «selvicultura para la adaptación»?

La gestión forestal sostenible ya incorpora, más o menos intencionadamente, muchas de las acciones biológicas, físicas y sociales que serán necesarias para dar respuesta a los

cambios proyectados (Spittlehouse, 2005). No obstante, veremos que es posible diseñar una selvicultura mejor orientada a optimizar esta gestión bajo el prisma de la adaptación.

Atributos de una selvicultura para la adaptación

Dado que el rasgo principal del cambio global es su incertidumbre, la recomendación previa surge del sentido común y hace referencia a buscar la **flexibilidad** en los objetivos a largo plazo y a mantener abiertas varias opciones posibles de evolución del monte, incluyendo cambios bruscos de gran magnitud (por ejemplo, la mortalidad masiva de la especie).

En segundo lugar, hay que entender que la **gestión para la adaptación** debe incluir una combinación de medidas que aumenten la **resistencia y resiliencia** de la masa a condiciones desfavorables o perturbaciones, es decir, la capacidad de mantener su estructura y sus funciones básicas y, eventualmente, su capacidad de **respuesta y recuperación** en las nuevas condiciones (CCSP, 2008).

Pueden ser medidas que vayan dirigidas a un efecto concreto del cambio, que generen sinergias entre sí o que incluso lleguen a ser contraproducentes entre ellas (como se ilustra más adelante en el caso de los desbroces). Por ello, **no hay una recomendación global**, sino que deben buscarse soluciones locales en función de los condi-

cionantes de cada rodal y los objetivos prioritarios de gestión, y para las cuales debe conocerse el impacto de los diferentes tratamientos aplicados sobre la capacidad adaptación de la masa. Esta guía pretende, justamente, abundar en este último punto.

Finalmente, y en general, es preferible procurar que la adaptación sea una **adaptación autónoma**, a la que se pueda acompañar de manera intencionada con la silvicultura propuesta.

Para el caso específico de la gestión de *Quercus* mediterráneos, una de las primeras aproximaciones a la gestión de adaptación al cambio climático en estas especies es la llevada a cabo por Vericat *et al.*, (2012), en la que se identifican **cinco grandes bloques de medidas de adaptación a considerar en *Quercus***, a partir de los principales impactos negativos detectados (Figura 17):

1. *Mejora de la vitalidad de las masas.*
2. *Adaptaciones en las actuaciones de regeneración.*
3. *Reducción de la vulnerabilidad a los grandes incendios forestales (GIF).*
4. *Fomento de la heterogeneidad.*
5. *Facilitación de la adaptación genética.*

Además, la *Mejora de la calidad del hábitat y la función de conservación de la biodiversidad* se considera una medida transversal de adaptación.

En esta sección de la guía se plantea la definición de una silvicultura de adaptación del alcornocal a partir de dos ejes:

- los criterios de adaptación a tener en cuenta en la gestión para aumentar la resistencia y resiliencia de las masas de alcornoque, y
- la identificación de sinergias entre los modelos de gestión optimizados para la producción de corcho y la mejora de la capacidad de adaptación del alcornocal.

La argumentación teórica sigue la estructura de medidas de adaptación propuestas por Vericat *et al.*, (2012) para los *Quercus* mediterráneos, aunque se restringe exclusivamente a las medidas que hacen referencia a la **escala de rodal**.

La planificación de la gestión forestal a **escala de paisaje** es necesaria en relación al cambio climático, y se contempla tanto en el capítulo introductorio de la guía —con la presentación de los mapas de vulnerabilidad—, como en el capítulo de prevención de incendios.

Criterios de gestión para aumentar la capacidad de adaptación de alcornocales

Mejorar la vitalidad del arbolado

El **agua** es, sin duda, el factor clave a tener en cuenta en la silvicultura de adaptación del monte mediterráneo, en relación al aumento de vitalidad de las masas. En este sentido, es tan importante aumentar la disponibilidad hídrica y la eficiencia en el uso del agua **a nivel de árbol individual**, como las medidas

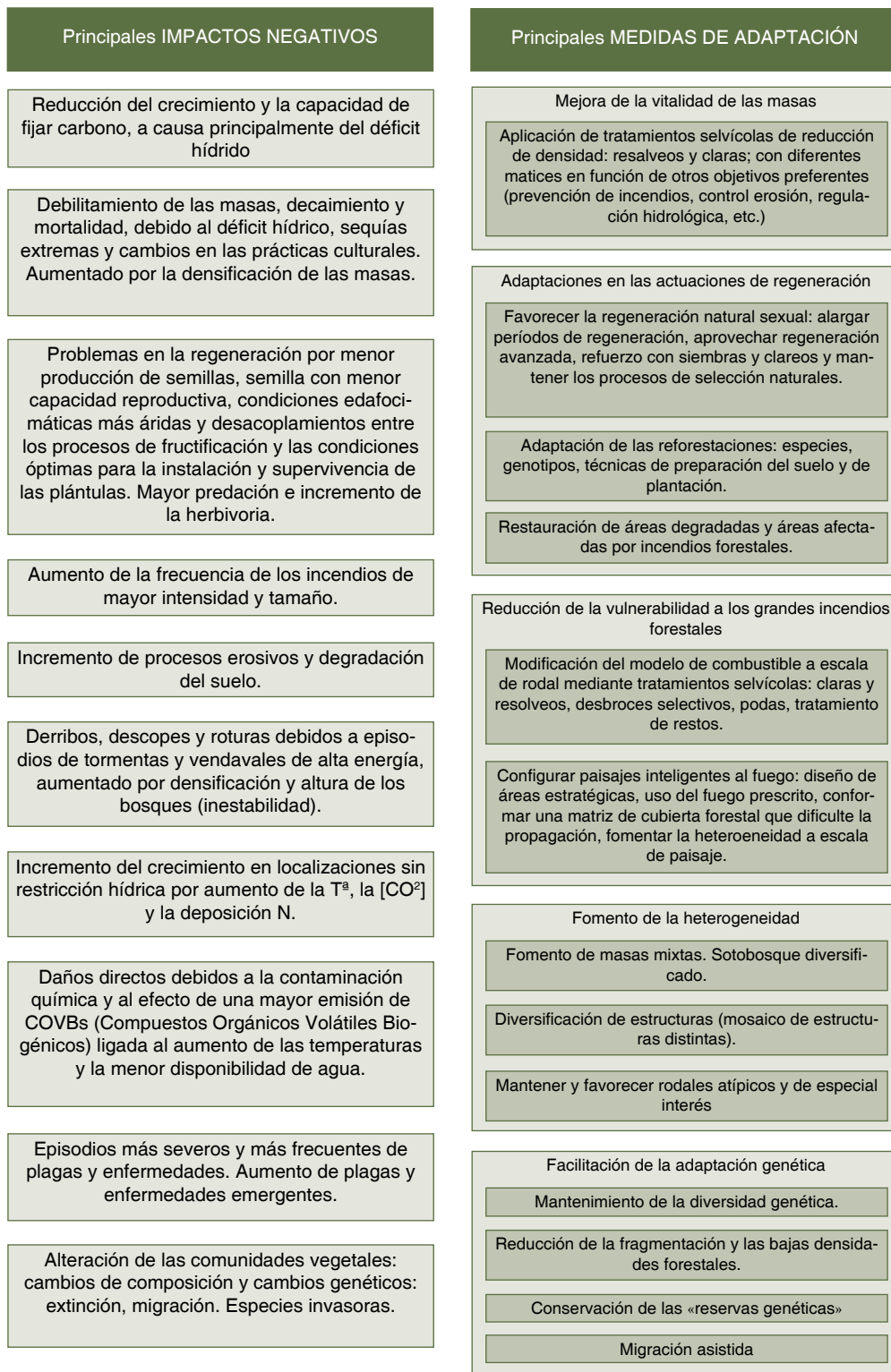


Figura 17. Medidas de adaptación de las formaciones de *Quercus* al cambio global, a nivel de rodal y de paisaje, a partir de los principales impactos negativos detectados. Fuente: adaptado de Vericat *et al.*, (2012).

encaminadas a retener la máxima cantidad de agua **a nivel de rodal**.

- **Reducir la competencia.** La mejora de la vitalidad del arbolado depende de la estructura de la masa (densidad) y de su estado inicial en relación con la calidad de estación (Serrada, 2001). En los alcornoques catalanes, especialmente de calidades de estación medias o bajas, la espesura es excesiva, en ocasiones dentro la misma cepa. Esto debilita la masa, sobretudo en masas recedadas varias veces (especialmente en zonas afectadas por incendios), con el consiguiente gasto en mantener una estructura subterránea considerable. Es necesario llevar a cabo **tratamientos que reduzcan la competencia, para aumentar la vitalidad individual, y que promuevan el rejuvenecimiento de la masa para aumentar la eficiencia en el uso del agua**, favoreciendo la regeneración por semilla. El abundante matorral mediterráneo también puede suponer una competencia significativa al arbolado, que será necesario valorar en cada caso. No obstante, en general, los beneficios que supone mantener el matorral en un contexto de cambio climático sobrepasan su potencial impacto negativo sobre el crecimiento del arbolado.
- **Mantener/aumentar la disponibilidad hídrica en el rodal.** Se basa principalmente en la gestión de la humedad ambiental, en la cual la **gestión del matorral y de los restos de corta** juega un papel fundamental. Así,

mantener cierta cubierta de matorral en zonas secas o de bajo recubrimiento arbóreo puede mejorar la disponibilidad hídrica, principalmente por reducción de las pérdidas por evaporación al proteger el suelo de la insolación directa. En zonas del litoral con nieblas de condensación, las especies de mayor Índice de Área Foliar (LAI) como el brezo (*Erica*), actúan de captadoras de precipitación horizontal aumentando la disponibilidad hídrica del rodal. En las Gavarres, se ha observado que el agua procedente de la precipitación horizontal puede llegar a doblar el agua procedente de la lluvia, además de ser más frecuente (Botey, 2013). En este mismo alcornoque se han observado otros efectos positivos del mantenimiento del matorral en relación al agua: la posibilidad de recuperar el agua procedente de la propia transpiración de la vegetación, lo que produce un efecto tampón de la temperatura; y la presencia de especies que acumulan agua (*Arbutus*, *Viburnum*), lo que aumenta la eficiencia del sistema y reduce la inflamabilidad del rodal. En relación a los restos de corta, si éstos se distribuyen por la superficie del rodal, en general, ayudan a mantener la humedad del suelo en situaciones de lluvia de intensidad moderada, de un modo similar al matorral. No obstante, algunos expertos documentan situaciones en eventos de lluvia extremos (de muy alta o muy baja intensidad) en que el efecto de los restos ha sido contraproducente. Dado que las proyecciones de cambio climático prevén una mayor

recurrencia de estos eventos extremos, es recomendable profundizar en este aspecto.

- **Limitar el estrés fisiológico de la saca.** El descorche produce una elevada pérdida de agua y savia por transpiración a través de la superficie descorchada, en época de pleno calor y baja humedad. El crecimiento del árbol se frena durante unos días y, a largo plazo, se reduce la vida del árbol. En muchas regiones, como en Catalunya, los criterios técnicos que definen el periodo anual para la saca de corcho y el peso (diámetro mínimo y altura de saca) están regulados en legislación. El cambio climático ya ha evidenciado la necesidad de introducir modificaciones en esos criterios en la mayoría de regiones corcheras de la península, como **avanzar el inicio del periodo habitual de saca a mayo y aumentar el perímetro mínimo de saca, de 65 a 70 cm.** (Figura 18).

Fomento de la heterogeneidad

- **Fomento de la heterogeneidad de especies.** La **presencia de individuos de diferentes especies, aun de manera esporádica**, garantiza la existencia de una biodiversidad característica ligada a una especie determinada (Camprodon, 2013). Las diferentes estrategias funcionales de las diferentes especies permiten, además, mayores oportunidades de recuperación en caso de perturbaciones. La heterogeneidad de especies hace referencia tanto a nivel de arbolado como arbustivo. En rela-



Figura 18. Alcornoques recién descorchados. En el nuevo descorche se ha reducido la altura excesiva de la anterior saca, por motivos de rentabilidad de las operaciones de descorche, hecho que favorece la vitalidad del árbol.

ción al arbolado, aproximadamente la mitad de las formaciones con presencia de alcornoque en Catalunya son formaciones mixtas, es decir, en que otras especies arbóreas, incluyendo el madroño, ocupan más del 20% del Área Basimétrica (AB). En la gestión del alcornocal, aunque se promueva la dominancia del alcornoque, es importante mantener otras especies, en cantidad suficiente, para mantener abiertas las opciones de recuperación (Figura 19). En relación al matorral, la recomendación sería cuanto más diverso mejor, teniendo en cuenta el comportamiento de las diferentes especies en relación al agua (retienen o almacenan agua), al fuego (pirófitas o no) y a su biodiversidad asociada (productoras de fruto o no) así como a sus estra-



Figura 19. Tratamiento en masa mixta alcornoque-encina del Montnegre, en la que se han eliminado la mayor parte de los ejemplares de encina.

tegias de reproducción (rebotadoras *versus* germinadoras) que condicionarán su control.

- **Heterogeneidad fenotípica: facilitación de adaptación genética.** Mantener la alta diversidad fenotípica, propia de alcornoques y otros *Quercus*, favorece la **adaptación *in situ*** de sus poblaciones (Benito Garzón, 2011). La diversidad fenotípica — que engloba diferencias morfológicas (por ejemplo, porte), fenológicas (por ejemplo, fechas de brotación) y fisiológicas (por ejemplo, estrategias reproductivas o resistencia a sequía)— es un indicador de la **diversidad genética** y de la **plasticidad fenotípica** de una población. La diversidad genética incrementa la capacidad de adaptación a largo plazo y facilita la migración, mientras que la plasticidad fenotípica ofrece

respuesta a corto plazo y amortigua los impactos negativos (Figura 20).

- **Heterogeneidad estructural.** La presencia de diferentes estratos de vegetación (herbáceo, arbustivo, arbóreo) es clave no sólo por la diferente biodiversidad asociada a cada uno de ellos, sino también por el papel que desempeñan en relación a la conservación de la humedad ambiental del rodal, como ya se ha comentado.
- **Atención a la regeneración.** La presencia de individuos jóvenes en los alcornoques es importante porque éstos permiten realizar una mejora continua de la masa y, al ser menos susceptibles al fuego por no estar descorchados, permiten abordar con rapidez la renovación después de incendios, episodios de decaimientos u otros imprevistos. En los alcorno-



Figura 20. Variabilidad morfológica en una plantación de alcornoque de 20 años en las Gavarres.

cales catalanes, la presencia de individuos jóvenes es escasa. Precisamente la alta variabilidad fenotípica puede generar masas de apariencia irregular, aunque formadas por no más de dos clases de edad contiguas. La presencia de nuevos individuos debe buscarse: i) favoreciendo el desarrollo de la regeneración en espera; ii) a partir de los resalvos (de cepa o raíz) de árboles envejecidos o no productivos recepados o iii) buscando la aparición de nuevo regenerado de semilla, que contribuirá a aumentar también la heterogeneidad genética de la masa. Por otro lado, el matorral ofrece una función protectora de la regeneración, ocultándola a los posibles predadores y garantizando un microclima favorable durante los primeros meses o años de vida del brinzal, clave en rodales expuestos a vientos fuertes (Figuras 21 y 22).

Mejora de la calidad del hábitat y aumento de la biodiversidad

Promover la citada heterogeneidad del sistema ya es, en sí misma, una medida de mejora de la biodiversidad. Con ella se fomenta la complejidad y la producción de alimento (frutos, artrópodos) lo que favorece la presencia del complejo de fauna auxiliar tanto de artrópodos (parasitoides y predadores) como de avifauna (Camprodon y Brotons, 2006), de vital importancia para el control de diversas plagas (p.e., *Lymantria dispar*). Pero existen una serie de **elementos clave para la biodiversidad** a los que hay que prestar atención:

- Árboles de gran tamaño y árboles portadores de microhábitats diversos. Son vitales para la alimentación, cría o refugio de fauna específica. En este sentido, los *Quercus* y, en especial, el alcornoque por las



Figuras 21 y 22. Arriba, regenerado de alcornoque de semilla desarrollado con la protección del matorral en un rodal expuesto a tramontana. Abajo, cepa de 60 cm de diámetro que no ha rebrotado. Para la encina se ha estudiado que a partir de los 50 cm de diámetro (150-250 años), el 20% de cepas no rebrota. (Serrada *et al.*, 2004).

características de su corteza y explotación, tienen mayor facilidad que otros grupos de especies arboladas para alojar microhábitats, dada su particular morfología y capacidad rebrotadora, y a generarlos a una edad más temprana (Emberger, *et al.*, 2016). Esto, sumado al hecho que la producción de corcho no supone la corta del árbol, hace que el retener estos elementos en el rodal no suponga un conflicto con el objetivo productivo del mismo (Figura 23).

- Madera grande (diámetro >20 cm) muerta en pie y en el suelo en diversos estados de descomposición, para promover las especies sapróxilas, que dependen en algún momento de su ciclo vital de la existencia de madera muerta.
- Otros elementos de interés que favorecen el refugio, la cría y la alimentación de fauna diversa. Como son la flora productora de fruto carnoso, la presencia de pequeños claros con especies herbáceas con flores o la presencia de elementos rocosos o acuáticos.

La Figura 25 recoge algunos ejemplos de elementos singulares presentes en un rodal del Alt Empordà, que le confieren un alto potencial de alojar biodiversidad.



Figura 23. Las características morfológicas propias del alcornoque y su gestión, la hacen una especie favorable a alojar microhábitats clave para la diversidad biológica.



Figura 24. Los alcornoques tienen una larga cadena de biodiversidad asociada.

Madera expuesta formando bolsillos y flujo de saba.



Madera muerta en copa y cavidades de pícticos.



Dendrotelmos (cavidades de raíz que almacenan agua).



Cavidades de raíz y de tronco.



Musgo y líquenes.



Heridas de fuego.



Muros de piedra.



Madera muerta en suelo de grandes dimensiones.



Madera muerta en pie y en suelo, de grandes dimensiones.



Figura 25. Algunos ejemplos de elementos clave para la biodiversidad, identificados en un alcornocal del Alt Empordà.

Modelos de gestión que optimizan la producción corchera, mejorando la vitalidad de la masa: el ejemplo de los modelos multifuncionales ORGEST en Catalunya

En general, **la gestión forestal sostenible ya incorpora muchos de los rasgos definidos para la silvicultura de adaptación al cambio climático.** Sin embargo, las características particulares de la gestión de alcornocales, con claras de bajo peso y escasa atención a la regeneración, tiene aún margen de mejora.

En este sentido, la aplicación de modelos selvícolas ya existentes, optimizados para la producción corchera, puede aportar, además de una mayor productividad a largo plazo, una serie de ventajas adaptativas, generalmente relacionadas con un mayor incremento en la vitalidad del arbolado respecto a la gestión convencional, ya que suelen proponer densidades bajas para concentrar la producción en pocos pies de gran tamaño.

Si se optimizan desde la óptica de la multifuncionalidad, pueden aportar ventajas adicionales relacionadas, por ejemplo, con las medidas de prevención frente a grandes incendios y de atención a la regeneración, como las propuestas en los modelos ORGEST en Catalunya.

Las Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Catalunya (ORGEST) definen modelos selvícolas innovadores que describen la gestión óptima para las principales especies forestales en un contexto de multifuncionalidad. Para el alcornoque, los modelos ORGEST (Vericat *at al.*, 2013) optimizan tres objetivos preferentes:

- La producción de corcho.
- La prevención de grandes incendios forestales.
- La mejora de la vitalidad del alcornocal.

Los modelos definidos para estructuras irregulares (o irregularizadas) de alcornocal (Figura 26) proponen unos esquemas selvícolas basados en tres criterios básicos:

- *Definición de parámetros de control a nivel de la masa —área basimétrica (AB) y fracción de cabida cubierta (FCC)— en función de la calidad de estación.* Así, para la calidad de estación alta, la estructura que optimiza los objetivos de producción, prevención y vitalidad es aquella que presenta una **AB cercana a 20 m²/ha**, bajo corcho, mientras que para calidades de estación baja es aquella que presenta una **AB alrededor de 16 m²/ha**, manteniendo siempre una **fracción de cabida cubierta (FCC) del 60-70%** y una proporción entre grupos de tamaño favorable a las clases diamétricas mayores.

Calidad de estación alta. Producción de corcho y prevención de incendios.

Estructura irregular por bosquetes pequeños. Distribución de referencia: $D_{m\acute{a}x, bajo\ corcho}$: 55 cm; N: 390 pies/ha; AB_{ss} = 20 m²/ha; Fcc: 65%. Cortas de selección cada turno de saca (12-14 años) con extracción de un máximo del 20% de la AB inicial.

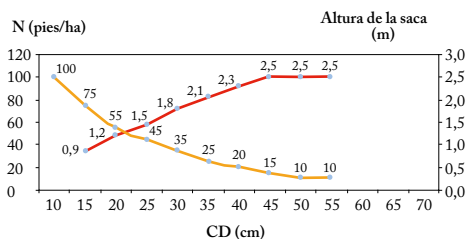
MODELO Qs01

Productos y funciones

En cada turno de saca (12-14 años) se obtienen alrededor de 4.000 kg/ha de corcho, de los cuales unos 350 kg/ha corresponden a bornizo (peso fresco). Además, es posible obtener leña comercial en las cortas de selección, de forma orientativa unas 15 t/ha.

Parámetros selvícolas del modelo

Grupo de tamaño	CD	Referencia			
		N (pies/ha)	AB (m ² /ha)	AB (%)	Fcc (%)
No inv.	5	>150	–	–	5
Pequeño	10-15	175	2,1	10	10
Mediano	20-30	135	6,4	31	22
Grande	35-40	45	4,9	24	15
	≥45	35	6,7	33	19
Toda la masa (CD≥10)		390	20,2	100	~65



Calidad de estación baja. Producción de corcho y prevención de incendios.

Estructura irregular por bosquetes pequeños. Distribución de referencia: $D_{m\acute{a}x, bajo\ corcho}$: 40 cm; N: 495 pies/ha; AB_{ss} = 16,5 m²/ha; Fcc: 60%. Cortas de selección cada turno de saca (12-14 años) cada dos turnos (28 años), con un peso máximo del 20% del AB inicial.

MODELO Qs07

Productos y funciones

En cada turno de saca (14 años) se obtienen alrededor de 2.000 kg/ha de corcho, de los cuales unos 250 kg/ha corresponden a bornizo (peso fresco). Además, es posible obtener leña comercial en las cortas de selección, de forma orientativa unas 10 t/ha.

Parámetros selvícolas del modelo

Grupo de tamaño	CD	Referencia			
		N (pies/ha)	AB (m ² /ha)	AB (%)	Fcc (%)
No inv.	5	>150	–	–	5
Pequeño	10-15	280	3,5	21	16
Mediano	20-30	165	7,7	47	27
Grande	35-40	50	5,3	32	16
	≥45	--	--	--	--
Toda la masa (CD≥10)		495	16,5	100	~60

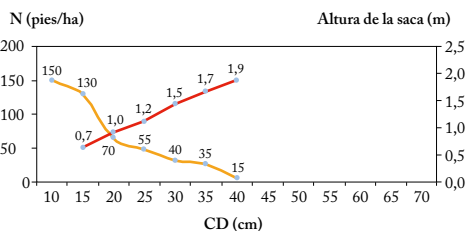


Figura 26. Modelos ORGEST para el alcornoque de estructura irregular, en estaciones de calidad A-alta (arriba) y estaciones de calidad media (C-abajo). La implementación, en el marco del proyecto Life+SUBER, de los modelos ORGEST ha permitido avanzar en su aplicación y divulgación, así como en la introducción de los nuevos criterios específicos para una mayor adaptación de los alcornoques a los cambios pronosticados, descritos en esta sección.

- *Promoción de masas capitalizadas con mayor dimensión de los árboles existentes* pero menor densidad de árboles por hectárea. Se busca maximizar la producción de corcho a lo largo del turno y aprovechar los efectos positivos que aportan los recubrimientos altos sobre el control del matorral (reduciendo, por lo tanto, la carga y continuidad vertical de combustible y los costes de desbroce) y sobre la protección contra la erosión.
- *Estructuración de la masa por bosquetes pequeños que faciliten la regeneración* y una mayor atención a la presencia de todas las clases de edad, siempre atendiendo a los requerimientos ecológicos de la especie (grado de iluminación según fase de desarrollo).

Estos modelos optimizan la producción de corcho a lo largo del turno, con producciones que van de 2.000 kg/ha de corcho en calidades bajas a 4.000 kg/ha en calidades altas. La producción media actual en Catalunya estimada por productores expertos es de 1.500 kg/ha, con fincas excepcionales de gran calidad de estación que llegan a los 4.000.

Una de las recomendaciones planteadas en el marco del proyecto Life+SUBER a escala de paisaje, para superar la limitación de la calidad de estación en un contexto de cambio climático, es la posibilidad de mejorar la productividad del alcornocal facilitando su avance hacia zonas

de mayor calidad de estación para la especie, laderas productivas o fondos de valle, tradicionalmente reservados para especies madereras más productivas (*Pinus radiata*, *pinaster*, *Castanea*).

Con relación a la adaptación de la masa al cambio climático, los modelos ORGEST aportan:

- **Flexibilidad con relación a los cambios previstos**, al definirse la calidad de estación en función de parámetros extrínsecos de la masa (variables ecológicas, como pluviometría). Su posible variación como consecuencia del cambio climático permitiría adaptar los parámetros de control a la nueva situación creada.
- **Mejora de la vitalidad de la masa** respecto a la gestión convencional (que aplica claras poco intensas, casi sanitarias), al promover estructuras capitalizadas con menos árboles, lo que reduce la competencia individual, aspecto clave ante una menor disponibilidad hídrica. El impacto de la gestión en la vitalidad del arbolado se ha evaluado en el marco del proyecto Life+SUBER, mediante el índice NDVI, a partir de los datos de teledetección por satélite de las misiones Landsat y Sentinel (Figura 27). Propuestas de gestión similares en alcornocal en Francia y Turquía evidencian la alta compatibilidad de este tipo de estructuras menos densas, aunque más capitalizadas, con un aumento en la eficiencia en el uso del agua por parte del arbolado (Khalfauri, 2018).

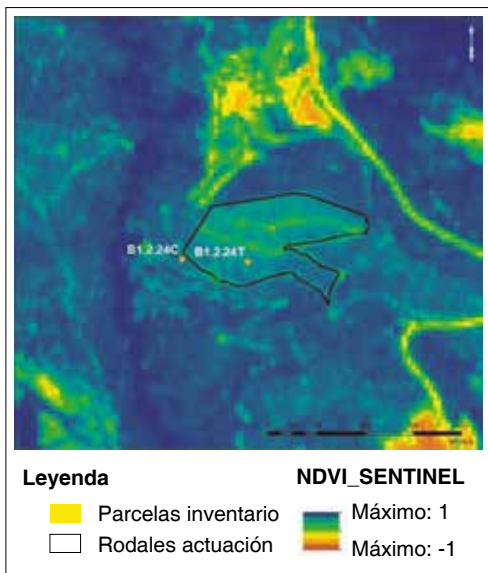


Figura 27. Ejemplo de visualización del NDVI con datos de Sentinel en un rodal demostrativo del proyecto Life+SUBER en el Alt Empordà, a los dos años de la actuación (modelo ORGEST Qs04). Este índice permite evaluar los cambios de vitalidad del arbolado en rodales gestionados vs. no gestionados.

- **Atención a la regeneración**, al proponer la aplicación de las cortas por bosquetes pequeños como estrategia para potenciar el desarrollo de la regeneración a la espera, presente bajo la cubierta de alcornoque y matorral, en masas con déficit de individuos jóvenes que permitan plantear el rejuvenecimiento de la masa.
- **Mejora de la resistencia y resiliencia frente a grandes incendios**, al crear estructuras con discontinuidad vertical de combustible sostenida en el tiempo y con individuos jóvenes menos vulnerables al fuego (no descorchados). La compatibilización del objetivo productor con el objetivo de prevención de grandes incendios en estos modelos se desarrolla ampliamente en la Sección II de la Guía.
- **Fomento de la heterogeneidad de especies**. A partir de los modelos ORGEST de masas puras presentados, se han descrito, también, orientaciones selvícolas para las principales masas mixtas presentes en Catalunya. En función de la dinámica de la masa mixta y de criterios productivos específicos de cada rodal, se recomiendan diferentes opciones de gestión (Tabla 2), que contemplan mantener las dos especies a escala de rodal, en diferentes proporciones.

Tabla 2. Principales masas mixtas presentes en Catalunya, superficie ocupada y opciones de gestión contempladas en las ORGEST (Vericat *et al.*, 2013).

Bosques mixtos con alcornoque	Superficie (ha)	Mantener la masa mixta (las 2 especies con >20% AB)	Avanzar hacia la dominancia del alcornoque	Aumentar la proporción de la otra especie
Alcornoque y pino carrasco	496	✓	✓	X
Alcornoque y pino piñonero	16.631	✓	✓	✓
Alcornoque y pino pinaster	1.976	✓	✓	✓
Alcornoque y encina	5.769	✓	✓	✓
Alcornoque y roble	1.022	✓	✓	✓
Alcornoque y madroño	3.784	✓	✓	X
Alcornoque y otros planifolios	2.658	✓	✓	✓

Aunque matemáticamente es posible optimizar un modelo de gestión que incluya todas las medidas de adaptación señaladas en el apartado anterior, siempre habrá aspectos que deberán aplicarse a nivel de tratamiento, ya que atañen a criterios de selección de las especies e individuos a cortar, mantener o potenciar, a nivel de microestación. Algunos de estos criterios son difícilmente discriminables en modelos selvícolas definidos por parámetros de masa.

Tratamientos de adaptación propuestos para el alcornocal

Los tratamientos selvícolas se definen a partir de los parámetros de masa y de los criterios de ejecución fijados, donde se incluyen los de adaptación. En conjunto conforman las *normas selvícolas* de la actuación. Estas normas son específicas de cada rodal en función de sus características y objetivos. No obstante, es posible definir, de manera general, una serie de **tratamientos de adaptación al cambio climático para la gestión de alcornoques**, como sigue:

Desbroces parciales y selectivos

La reducción del matorral se aplica actualmente siguiendo criterios ligados a la producción de corcho (garantizar la seguridad de los trabajadores, favorecer la circulación del aire y reducir el riesgo de afectación del alcornoque por

el hongo *Diplodia corticola*), así como criterios de prevención de grandes incendios. En un contexto de cambio climático, los beneficios que ofrece la presencia de matorral son cruciales, y deben potenciarse, en la medida de lo posible, valorando para cada rodal los inconvenientes que supone mantenerlo.

- **Peso:** mantener parte de la cubierta arbustiva en un porcentaje variable en función de la necesidad o el objetivo del desbroce. Si se quiere mantener una baja vulnerabilidad a generar incendios de copa y/o reducir la competencia por los recursos, el recubrimiento del matorral será de un máximo del 30 o 40%. Este criterio es compatible con la lógica del desbroce para favorecer el acceso al árbol y puede ser una primera directriz básica para la persona encargada de los trabajos. Siempre se priorizará mantener el matorral en las áreas de menor cobertura de alcornoque. En algunas situaciones, el efecto negativo de la competencia que supone el matorral puede verse compensado por su efecto facilitador en un contexto de cambio climático, lo que contraindicaría el desbroce. Algunos ejemplos serían:

- En áreas de la zona litoral (sierras del Montnegre y Les Gavarres) o con nieblas habituales, el matorral, especialmente la *Erica*, puede capturar la precipitación horizontal (nieblas de condensación) y aumentar, así, la disponibilidad hídrica (Botey, 2013), por ello habrá que considerar mantenerlo en

estaciones menos favorables a retener agua edáfica.

- ▶ En zonas expuestas a vientos fuertes y secos (Alt Empordà) en las que se quiere favorecer la regeneración, el matorral puede actuar de facilitador en los primeros estadios, por lo que conviene mantenerlo alrededor de brinzales. Si se desbroza, hay que respetar especies de matorral de crecimiento lento o moderado que cumplan con esa función auxiliar de protección de la regeneración natural.
- ▶ En rodales de muy alta calidad (por ejemplo, fondos de valle en áreas secas), algunos gestores mantienen la competencia del matorral para ayudar a conseguir crecimientos más lentos y regulares del corcho, lo que le confiere mayor calidad.

En rodales donde el combustible problemático es el combustible de escala (como rodales de alta calidad donde el estrato dominante tienen una altura diferenciada del matorral alto), puede usarse como directriz la eliminación del matorral que supere los 1,30 metros, respetando siempre el mantenimiento del 30-40% de recubrimiento de matorral y favoreciendo las especies mencionadas como prioritarias.

- **Criterios de selección:** se priorizará conservar preferentemente golpes de rebrotadoras (*Arbutus*, *Viburnum*), sobre las que se llevará a cabo un resalveo respetando los

1-3 resalvos más vigorosos y verticales por mata, buscando promover su porte arbóreo para distanciar las copas del combustible de superficie. Se eliminan prioritariamente aquellas especies de crecimiento más rápido, las germinadoras más pirófitas y de porte bajo (*Ulex*, *Cistus*), para eliminar combustible de superficie y las especies más abundantes. Las especies germinadoras mantienen un abundante banco de semillas en el suelo. Hay que procurar mantener individuos de especies productoras de fruto carnoso, apetentes para diferentes especies de fauna, posibles predatoras del *Coraebus*.

Claras selectivas mixtas con criterios de mejora (de tipo entresaca)

El objetivo de las claras debe incluir: reducir la competencia, adecuando la estructura a la calidad de estación, garantizar la presencia de individuos jóvenes y potenciar la heterogeneidad.

- **Peso:** variable, pero en general moderado (extrayendo hasta un 20% del área basimétrica inicial). Se recomienda mantener estructuras con FCC de al menos 60% (calidad de estación baja) o 70% (calidad de estación media o alta), para evitar la proliferación excesiva del matorral. Aunque la intensidad de corta debe adaptarse a las características de cada bosque, se recomienda dejar como máximo un área basimétrica de unos 20 m²/ha bajo corcho en calidades de estación alta y unos 16 m²/ha en calidades de estación baja.



Figura 28. A la izquierda, desbroce total. A la derecha, desbroce parcial y selectivo con resalveo de las matas de *Erica*.

- **Criterios de selección:** eliminar los alcornoques de baja calidad en relación a la producción de corcho, manteniendo pies dominantes, sanos y vigorosos, que muestren una buena tasa de crecimiento y productividad de corcho, y bien conformados: rectos y derechos, con un fuste largo y una copa equilibrada $(\varnothing \geq 1/3 h)$. Aprovechar para promover los alcor-

noques más vigorosos y productivos mediante la eliminación de su competencia; **buscar la regeneración y promover la presencia de diferentes clases de edad, concentrando el AB en las clases diametrales superiores** ($>50\%$ AB en árboles de diámetro >35 cm). Mantener otras especies arbóreas, principalmente frondosas, como el madroño (*Arbu-*



Figura 29. Rodal regenerado después de la corta a hecho el año posterior al incendio. Arriba, mata con resalvos no diferenciados. Abajo, diferenciación de 3 resalvos dominantes.

tus unedo), robles o encinas (*Quercus* sp.), en una proporción que no afecte al desarrollo y producción del alcornocal (máximo del 20% del AB), en masas puras. En masas mixtas, seguir las recomendaciones contempladas en las ORGEST (Vericat *et al.*, 2013) para las diferentes masas mixtas existentes. Identificación y retención de elementos de biodiversidad clave en el rodal (árboles >CD 45, árboles portadores de microhábitats) y mantener o dejar madera muerta de CD >25 en pie y en el suelo.

Resalveos

Al igual que las claras, los resalveos son actuaciones necesarias de reducción de competencia, que aumentan la vitalidad del arbolado.

- **Peso:** se dejará preferentemente un pie por cepa, pero si los resalvos son

muy jóvenes, abundantes y hay una escasa diferenciación, se podrán dejar como máximo tres pies por cepa.

- **Criterio de selección:** preferentemente se dejarán los pies de más vitalidad, diámetro, altura, conformación más vertical, copa equilibrada (diámetro de copa superior a un tercio de la altura del árbol), estabilidad física, alta capacidad de reacción a la liberación (pies no dominados) y cuanto más separados mejor, si pertenecen a la misma cepa.

Podas de formación

El objetivo es fomentar la calidad del corcho futuro mediante la elevación de la altura de la copa, creando así un fuste sin ramas de una altura que facilite el aprovechamiento corchero.

- **Peso:** en las podas de formación no se superará una altura de 2/3 de la



Figura 30. Descorche.

altura total del árbol. Se intentará conseguir la máxima longitud de fuste libre de ramas. Se procurará cortar las ramas antes de que alcancen los 3 cm de diámetro. En conjunto, las podas de formación y de limpieza de fuste no se extraerán en ningún caso más del 50% de la superficie foliar del árbol. Habitualmente se extrae el 30%.

- **Criterio de aplicación:** en general, no se realizarán podas del arbolado adulto. En todo caso, se realizarán solo cuando estas responden a un objetivo claramente definido, como es la creación de discontinuidades verticales para la reducción de la vulnerabilidad a los fuegos de copas, o si responden a un uso combinado silvopastoral. En estos casos, las podas de mantenimiento en corchos adultos no afectarán más de un tercio del total de la biomasa de la

copa, ni a ramas con diámetro superior a 18 cm que modifiquen la forma natural.

Tratamiento de los restos

Su objetivo principal es evitar el riesgo de incendio. En general, se realiza un tronzado corto *in situ* para facilitar la rápida descomposición e incorporación al suelo y extracción o trituración mecánica en zonas adyacentes a caminos. Si el desbroce es manual, se trocean los restos leñosos de diámetro superior a 5 cm en piezas de 1 a 1,5 m de longitud y se dejan tendidos en el suelo, homogéneamente repartidos. Si el desbroce es mecánico, los restos se triturarán con la misma oruga desbrozadora. Para facilitar la rápida descomposición e incorporación al suelo se recomienda realizar el tronzado corto *in situ*, de forma que no superen los 0,5 m de altura del suelo y el acordonado por curvas de nivel.



Figura 31. Restos de la corta de pino piñonero en una masa mixta de alcornoque-pino piñonero en el Montnegre, troceados y repartidos.

Tabla 3. Beneficios y compatibilidades de la gestión preventiva de grandes incendios forestales.

Medida de adaptación	Consecuencias	Impacto sobre la capacidad de adaptación al cambio climático
1. Cortas selectivas, con criterios positivos y de heterogeneidad	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la competencia: Mejora de la eficiencia en el uso del agua y mayor disponibilidad hídrica y de otros recursos para los individuos restantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la vitalidad de los árboles y la persistencia (= resistencia + resiliencia) y estabilidad de la masa.
2. Masas capitalizadas (menos árboles de mayor dimensión) y recubrimiento altos	<ul style="list-style-type: none"> Control del matorral a largo plazo que permite mantener discontinuidad vertical y horizontal de combustible y mayor circulación de aire. Mayor superficie de saca, mayor calibre del corcho 	<ul style="list-style-type: none"> Prevención de incendios. Reducción del riesgo de ataque de plagas. (Aumento de la fijación de carbono en el corcho).
3. Atención a la presencia de individuos jóvenes, a poder ser procedentes de semilla	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de individuos jóvenes vitales. Facilidad de renovación de las masas forestales después de perturbaciones (incendios, sequía, decaimientos, etc.). Mayor heterogeneidad genética. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la capacidad de persistencia de la masa. Mejora de la vitalidad.
4. Retención de especies e individuos de interés en las cortas (Madroño, roble, encina...)	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de especies y de rasgos funcionales. Presencia de una estructura favorable a alojar mayor biodiversidad (p.e. árboles vivos portadores de microhábitats, madera muerta en pie y en el suelo) 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora del hábitat. Mejora de la biodiversidad del rodal - mayor capacidad de control de plagas (p.e. presencia de aves insectívoras). Mejora de la resiliencia de la masa
5. Resalveos selectivos por lo bajo	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la competencia: Mejora de la eficiencia en el uso del agua y mayor disponibilidad hídrica y de otros recursos para los individuos restantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la vitalidad de los árboles y la persistencia y estabilidad de la masa.
6. Podas de formación	<ul style="list-style-type: none"> Menor superficie foliar. Mayor productividad y facilidad de saca - mayor calidad del corcho. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la vitalidad.
7. Conservación parcial y selectiva de la cubierta de matorral (desbroces selectivos)	<ul style="list-style-type: none"> Presencia parcial: i) Mejora de la disponibilidad hídrica (Limitación de la insolación directa, captura precipitación horizontal); ii) Mayor diversidad potencial de alojar especies de fauna, capaces de actuar en el control de plagas. Ausencia parcial: i) Mejor circulación del aire (menos ataques fúngicos); ii) Estructura con discontinuidad horizontal (Dificultad para generar un incendio de copas) 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor disponibilidad hídrica a nivel de rodal. Reducción del ataque de plagas como el perforador (p.e el hongo <i>Diplodia corticola</i>). Mejora la persistencia y estabilidad de la masa. Resistencia a incendios.
8. Troceado de los restos de corta y desbroce, y distribución en el rodal	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la disponibilidad hídrica del rodal. 	

Casos prácticos de gestión productiva de alcornoques y de adaptación al cambio climático

Actuaciones implementadas en el proyecto Life+SUBER

Se han realizado actuaciones de gestión de alcornoques en dieciséis rodales, cuatro en cada ámbito de distribución del alcornocal en Catalunya (Alt Empordà, les Gavarres, Montseny-Guilleries y Montnegre-Corredor). Ocho rodales en calidad de estación alta, de 3 hectáreas, y ocho en calidad de estación baja, en 5 hectáreas cada uno.

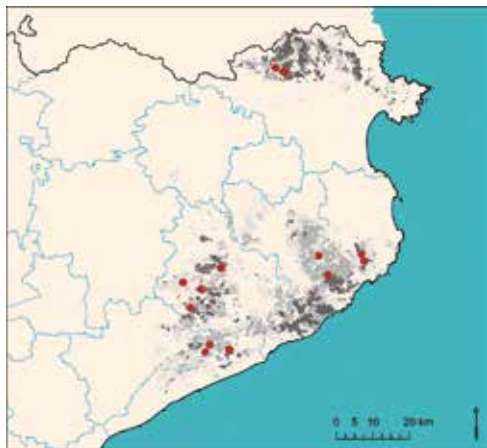


Figura 32. Localización de los 16 rodales en los que se han implementado actuaciones selvícolas para la mejora de la capacidad productiva y su adaptación al cambio climático.

Objetivos y definición de las actuaciones

El objetivo de las actuaciones selvícolas implementadas ha sido la mejora

de la capacidad productiva del rodal y su adaptación al cambio climático, principalmente en relación a la mejora de la vitalidad del arbolado. Se estableció el siguiente esquema de rodales demostrativos:

- Dos escenarios de calidad de estación: Alta y Baja. Se definen según los criterios establecidos por Piqué *et al.* (2014) para los alcornoques catalanes, teniendo en cuenta que la calidad Baja contemplada en el Life+SUBER se corresponde con la clase de calidad media definida en el manual de las *Tipologías Forestales Arboladas*.
- Dos intensidades de desbroce: Total y parcial, que se combinan con los escenarios de calidad de estación.

En todos los rodales se realizó la saca de corcho durante el verano de 2015, justo después del desbroce y antes de la corta de mejora, con dos excepciones, una en que el descorche se realizó antes del desbroce y otra, después de la clara.

Resultados principales

- En cuanto a la **producción de corcho**, en todos los rodales estuvo entre las 1,5 tn/ha y las 3,5 tn/ha. Estas diferencias de producción se relacionan con las cuatro áreas de localización de los rodales (Tabla 4), no existiendo ninguna diferencia significativa entre calidades de estación (Tabla 5). Las diferencias estructurales entre los alcornoques de las dife-

Tabla 4. Diferencias de producción y calidad de corcho entre zonas biogeográficas, para los 16 rodales del proyecto (4 por cada zona). Alt Empordà y Montseny pertenecen al Mediterráneo húmedo, mientras que Gavarres y Montnegre pertenecen al Mediterráneo seco.

	CORCHO (t/ha)				LEÑA (t/ha)			MADERA PINO (t/ha)	
	Corcho (A+B)	Refugo y bornizo	Total	% Corcho clase A	Corcho	Encina	Otras	Sierra	Tritur.
Alt Empordà	0,13	1,60	1,73	5%	62,0	5,3	0,0	0,0	0,0
Montseny	0,46	3,02	3,48	11%	16,3	3,1	3,8	0,3	0,5
Gavarres	0,60	0,94	1,49	26%	2,3	4,2	1,6	1,4	0,0
Montnegre	0,30	2,30	2,60	9%	1,5	5,7	0,0	16,0	16,0

Tabla 5. Diferencias de producción entre calidades de estación, para los 16 rodales del proyecto (8 por cada calidad)

CORCHO (t/ha)				
Calidad de estación	Corcho (Clase A+B)	Refugo y Bornizo	Total	% Corcho Clase A
Alta	0,34	1,91	2,25	11%
Baja	0,39	2,02	2,40	14%

rentes áreas (desde los alcornocales envejecidos del Alt Empordà hasta los alcornocales mixtos y jóvenes del Montnegre), y el nivel de afectación por *Coraebus*, pueden explicar las diferencias de producción y de calidad del corcho en esta saca.

Al final de la sección se detallan las actuaciones implementadas en 4 de estos rodales, representativos de las diferentes tipologías de alcornocal existentes en Catalunya.

- En cuanto a la **vitalidad de la masa**, a los 2 años de haber realizado las actuaciones ya se observan algunas diferencias en la respuesta de la vitalidad de los árboles, que permiten extraer las primeras conclusiones preliminares:

- ▶ **Las actuaciones de clara y desbroce selectivo generan un crecimiento en diámetro de entre el 7 y el 21%** (más alto en calidades de estación bajas), mientras que **las zonas control (sin ningún tratamiento) no presentan un crecimiento significativo en estos 2 años**. Las actuaciones aplicadas mantienen una cubierta arbórea del 70-75%, arbustiva por encima del 30% y un área basal de 15-17 m²/ha.
- ▶ **Las actuaciones de clara y desbroce generan un crecimiento en diámetro de entre el 2 y el 8%** (más alto en calidades de estación bajas), mientras que las zonas de control no tienen un crecimiento significativo. Estas

actuaciones mantienen una cobertura arbórea del 70-75%, arbustiva inferior al 10% y un área basal de 15-17 m²/ha.

Estos resultados evidencian un **impacto positivo e inmediato de la gestión**

en la vitalidad de la masa y, en particular, el papel crucial del matorral, cuya presencia podría justificar un crecimiento mayor (más del doble) en aquellos rodales en que se realizó un desbroce parcial respecto de aquellos en que se realizó un desbroce total.



Figura 33. Aspecto de dos parcelas demostrativas y de seguimiento antes (izquierda de cada foto) y después (derecha de cada foto) de las intervenciones selvícolas.

1. MASA PURA EN CALIDAD DE ESTACIÓN MEDIA, EN EL MONTSENY

Características generales del rodal

<i>Comarca</i>	Selva	Precipitación media anual	822 mm
<i>Altitud media</i>	260 m	Temperatura media de las mínimas / anual / máximas	2,0°C / 14,1 °C / 27,6°C
<i>Pendiente media</i>	<35%	Orientación predominante	Sur

Situación de partida y objetivo

Rodal con densidad excesiva en relación a su calidad de estación. Se propone reducir la competencia, ajustando la AB a la propuesta en los modelos ORGEST para calidades de estación más bajas. Aunque se trata de una masa pura hay presencia abundante de regenerado a la espera de *Quercus ilex* y *Q. suber* en el estrato arbustivo.

Tratamientos

- **Corta de mejora** (de tipo entresaca), hasta ajustar el área basal a unos 16 m²/ha bajo corcho. Se manifiestan pies de alcornoque de mejores aptitudes productivas, vitalidad y conformación. Se eliminan alrededor de 200 pies/ha de corcho de todos los grupos funcionales (CD), sobretodo de CD 10 dominados o de mala conformación y entre 25-30 individuos competidores de alcornoque de calidad.
- **Desbroce casi total**, manteniendo el 15% de cubierta arbustiva. Se ha realizado de forma manual, con motosierra. No se han seguido criterios de selección.
- **Saca del corcho**: 3,9 tn/ha (13% corcho de clase A).
- **Tratamiento de los restos de corta**, a través del tronzado corto *in situ*.

Resultados

	Antes de la intervención	Después de la intervención
<i>Estrato arbóreo</i>		
Densidad total (pies/ha) (Densidad alcornoque)	738 (727)	540 (529)
AB total (m ² /ha) (AB alcornoque)	22,1 (22)	16,1 (16)
Dn medio (cm)	15,0	14,6
Do dominante (cm)	32,3	30,8
<i>Estrato arbustivo</i>		
Principales especies (por orden de abundancia)	<i>Erica</i> > <i>Q. suber</i> > <i>Cistus ladanifer</i>	<i>Erica</i> > <i>Ruscus</i> > <i>Q. ilex</i>
Recubrimiento total (%)	36	8
Altura media (cm)	215	225



ANTES





DESPUÉS

Valoración

Corta de transición para ir ajustando la masa a la curva ideal definida que prevé >30% del AB del rodal concentrado en las clases. Aunque de manera indirecta, parte del regenerado a la espera se ha visto favorecido por la corta y el desbroce.

2. MASA PURA DE CALIDAD BAJA, EN EL ALT EMPORDÀ

Características generales del rodal			
<i>Comarca</i>	Alt Empordà	Precipitación media anual	861 mm
<i>Altitud media</i>	260 m	Temperatura media de las mínimas / anual / máximas	2,4°C / 13,9 °C / 26,3°C
<i>Pendiente media</i>	<10%	Orientación predominante	Noreste
Situación de partida y objetivo			
Rodal en terreno muy magro situado cerca de una antigua cantera. Alcornocal envejecido. Presencia puntual de encina. El objetivo de la actuación es la reducción de la competencia ajustando la densidad a la propuesta en los modelos ORGEST, para calidades bajas, la búsqueda de nuevos pies jóvenes bien conformados y aumento de la heterogeneidad del rodal.			
Tratamientos			
<ul style="list-style-type: none"> • Corta de mejora (de tipo entresaca) intensa, hasta ajustar el área basal a los 16 m²/ha bajo corcho, manteniendo una Fcc>60%. Se han eliminado unos 300 pies/ha de todas las CD intentando aumentar la proporción de pies de CD mayores. Clara centrada mayoritariamente en pies menores de mala conformación, alcornocales de baja aptitud productiva y pies de <i>Quercus ilex</i> competidores. Se han mantenido 10 árboles muertos en pie/ha. Los árboles vivos identificados como portadores de microhábitats de interés (cavidades y ramas grandes muertas) se han mantenido en el rodal. • Desbroce parcial, se buscaba una cobertura de matorral entre el 30% y el 40%. • Saca de corcho: 1,7 tn/ha (5% corcho de calidad). • Tratamiento de los restos de corta, a través del tronzado corto <i>in situ</i>. 			
Resultados			
		Antes de la intervención	Después de la intervención
		<i>Estrato arbóreo</i>	
Densidad total (pies/ha) (Densidad alcornoque)		705	374
AB total (m ² /ha) (AB alcornoque)		20,08	16,0
Dn medio (cm)		14,3	20,8
Do dominante (cm)		32,7	32,3
		<i>Estrato arbustivo</i>	
Principales especies (por orden de abundancia)		<i>Erica</i> > <i>Ulex</i> > <i>Arbutus</i>	<i>Q. suber</i> > <i>Ulex</i> > <i>Erica</i>
Recubrimiento total (%)		36	25
Altura media (cm)		215	51
			
ANTES		DESPUÉS	
Valoración			
Corta de transición que ha ajustado la masa a la distribución buscada (AB=16 m ² /ha, concentrada en >30% en diámetros >32,5 cm). El desbroce realizado ha sido excesivo, dado que en la zona es habitual el desbroce total y ha costado trasladar los nuevos criterios al equipo ejecutor de los trabajos. La falta de regenerado de semilla compromete el rejuvenecimiento y la heterogeneidad genética de la masa. El reclutamiento de nuevos pies se basará en la selección de resalvos de los pies recepados..			

3. MASA MIXTA DE CALIDAD ALTA, EN LES GAVARRES

Características generales del rodal

Comarca	Baix Empordà	Precipitación media anual	754 mm
Altitud media	225 m	Temperatura media de las mínimas / anual / máximas	4,3°C / 14,6 °C / 26,4°C
Pendiente media	<15%	Orientación predominante	Norte

Situación de partida y objetivo

Rodal mixto colindante a un campo de cultivo en el que las especies acompañantes superan el 50% del área basal. El objetivo de la actuación era la reducción de la competencia al alcornoque, manteniendo la heterogeneidad de especies y estructural de la parcela.

Tratamientos

- **Corta de mejora** (de tipo entresaca) de peso moderado hasta ajustar el área basal total del rodal a 20 m²/ha bajo corcho. Se ha priorizado la eliminación de pinos, dejando los que presentaban mejores aptitudes para la producción de piña.
- **Desbroce parcial**, se buscaba una cobertura de matorral entre el 30 y el 40%, como compromiso entre la prevención de incendios y las ventajas en relación a la disponibilidad hídrica del rodal que ofrece la presencia de matorral.
- **Saca del corcho**: 1,2 tn/ha (33% corcho de calidad).
- **Tratamiento de los restos de corta**, a través del tronzado corto *in situ*.

Resultados

	Antes de la intervención	Después de la intervención
<i>Estrato arbóreo</i>		
Densidad total (pies/ha) (Densidad alcornoque)	991 (518)	815 (441)
AB total (m ² /ha) (AB alcornoque)	24,3 (11,4)	20,3 (10,5)
Dn medio (cm)	13,2	13,4
Do dominante (cm)	36,0	34,4
Principales especies (% AB)	<i>Pinus pinea</i> (30%) <i>Quercus ilex</i> (15%) <i>Arbutus unedo</i> (6%)	<i>Pinus pinea</i> (23%) <i>Quercus ilex</i> (17%) <i>Arbutus unedo</i> (16%)
<i>Estrato arbustivo</i>		
Principales especies (por orden de abundancia)	<i>Arbutus</i> > <i>Erica</i> > <i>Q. ilex</i>	<i>Arbutus</i> > <i>Q. ilex</i> > <i>Viburnum</i>
Recubrimiento total (%)	76	35
Altura media (cm)	209	235



ANTES





DESPUÉS

Valoración

Rodal con corcho de calidad. En la corta prácticamente no se han eliminado alcornoques, sino pinos competidores a éste. Se ha favorecido la presencia de madroño de porte arbóreo por su capacidad de acumulación de agua y de producir frutos carnosos, reduciendo la presencia de brezo por motivos de prevención de incendios, dada su alta inflamabilidad.

4. MASA MIXTA DE CALIDAD ALTA, EN EL MONTNEGRE

Características generales del rodal			
<i>Comarca</i>	Vallès Oriental	Precipitación media anual	847 mm
<i>Altitud media</i>	295 m	Temperatura media de las mínimas / anual / máximas	2,7°C / 14,4 °C / 26,3°C
<i>Pendiente media</i>	<40%	Orientación predominante	Sudeste
Situación de partida y objetivo			
Rodal con una elevada densidad del arbolado, que no permite que se establezca regenerado, pero frena el desarrollo del sotobosque. Hay una cantidad importante de <i>Erica arborea</i> y <i>Arbutus unedo</i> de porte arbóreo. Los alcornoques, algunos en mal estado, no se descorchan desde hace unos 30 años. Los objetivos de la actuación son: mejora de la productividad de corcho, reducción de competencia, fomento de la heterogeneidad y atención a la regeneración.			
Tratamientos			
<ul style="list-style-type: none"> • Corta de mejora (de tipo entresaca) hasta ajustar el área basimétrica a 20 m²/ha bajo corcho. Se ha priorizado la eliminación de los pinos y las especies secundarias siempre que compitieran con el alcornoque. Donde existía regeneración a la espera se eliminó competencia con la creación de oberturas (eliminación de 2-3 árboles contiguos). • Desbroce parcial, se buscaba una cobertura de matorral entre el 30 y el 40%. • Saca del corcho: 2,76 tn/ha (0,2% corcho de calidad). • Tratamiento de los restos de corta, a través del tronzado corto <i>in situ</i>. 			
Resultados			
		Antes de la intervención	Después de la intervención
		<i>Estrato arbóreo</i>	
Densidad total (pies/ha) (Densidad alcornoque)		1.740 (771)	815 (441)
AB total (m ² /ha) (AB alcornoque)		36,5 (18,6)	20,3 (10,5)
Dn medio (cm)		10,9	13,4
Do dominante (cm)		40,9	34,4
Principales especies (% AB)		<i>Pinus pinea</i> (29%) <i>Pinus avium</i> (14%) <i>Quercus</i> sp. (5%)	<i>Prunus avium</i> (11%) <i>Quercus</i> sp (3%)
		<i>Estrato arbustivo</i>	
Principales especies (por orden de abundancia)		<i>Q. ilex</i> > <i>Q. humilis</i> > <i>Q. suber</i>	<i>Q. ilex</i> > <i>Q. humilis</i> > <i>Q. suber</i>
Recubrimiento total (%)		12	10
Altura media (cm)		113	144
			
ANTES		DESPUÉS	
Valoración			
El desbroce fue mínimo debido a la poca presencia de matorral bajo y se centró en el resalveo de cepas de brezo y madroño para promover su porte arbóreo. La eliminación de los pies de piñonero reduce el AB de la parcela más de un 40% en algunos puntos, pero ello no ha comprometido la estabilidad de la masa y ha ayudado a crear huecos para la aparición de nuevo regenerado. Corta de transición en la que temporalmente se ha reducido el % de AB de pies de clases diametrales mayores que se espera compensar con el desarrollo de los árboles a lo largo del turno de saca.			



Bibliografía

Benito, M.; Alía, R.; Robson, T. M.; Zabala, m. A. 2011. *Intraspecific variability and plasticity influence potential tree species distributions under climate change*. *Global Ecology and Biogeography*, 20 (5), p.766-778.

Botey, J. 2013. *Bases para la creación de una silvicultura genuinamente mediterránea*. Actas del VI Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz, p. 1-18.

Camprodon, J. 2013. *Ecologia i conservació dels ocells forestals. Un manual de gestió de la biodiversitat en boscos catalans*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya - Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, Generalitat de Catalunya, Solsona. 225 p.

Emberger, C.; Larrieu, L. ; Gonin, P. 2016. *Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP)*. Document technique. Paris: Institut pour le développement forestier. 57 p.

González, JR. ; Montero, G. ; Ortega, C. 1993. *Caracterización productiva de los alcornoques catalanes*. Investigaciones Agrarias – Sistemas y Recursos Forestales. Vol 2(1). Madrid, p. 55-69.

Khalfauri, M.; Siti, B.; Jebari, S.; Daly-Hassen, H. 2018. *Decision making support through spatially distributed valuation: tunisian cork oak forest's ecosystem services*. INFORMED final meeting Minutes. Zagreb.

Montero, G.; Torres, E.; Cañellas, I. 1994. *Regeneración de alcornoques*. Síntesis bibliográfica. *Ecología* (8). ICONA. Madrid, p. 271-283.

Piqué, M.; Vericat, P.; Cervera, T.; Baiges, T.; Farriol, R. 2014. *Tipologies forestals arbrades*. 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. 346 p.

Regato, P. 2008. *Adaptación al cambio global. Los bosques mediterráneos*. UICN Centro de Cooperación del Mediterráneo, Málaga, España. 254 p.

Serrada, R.; Aroca, M.J.; Roig, S.; Bravo, A.; Gómez, V. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Notas sobre gestión adaptativa de las masas forestales ante el cambio climático*. Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 128p.

Vericat, P.; Piqué, M.; Serrada, R. (eds.). 2012. *Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneos*. CTFC. Solsona. 171 p.

Vericat, P.; Beltrán, M.; Piqué, M.; Cervera, T. 2013. *Models de gestió per als boscos de surera (Quercus suber L.): producció de suro i prevenció d'in-cendis 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. 169 p.



Sección II

Gestión para la reducción del riesgo de grandes incendios forestales

Míriam Piqué
Eduard Busquets
Mario Beltrán

Los grandes incendios forestales en Catalunya

Los incendios forestales son hoy en día la perturbación principal que afecta al área mediterránea. La actual configuración del paisaje y estructura del bosque, con una gran acumulación de combustible, da lugar a fuegos de intensidad y velocidad elevadas que pueden escapar de la capacidad de actuación de los sistemas de extinción. Estos grandes incendios forestales (GIF), aunque escasos en número si se comparan con el total de incendios que afectan a las zonas del Mediterráneo, suponen un grave problema medioambiental y un riesgo para las actividades humanas, así como para la persistencia de los recursos forestales.

En Catalunya, según los datos de incendios forestales del DARP (sin incluir los conatos) para el período de 1986 a 2017, de media cada año un 12% del número de incendios supera las 500 ha, llegando a suponer el 83% de la superficie quemada anualmente. Estas medias anuales disminuyen al considerar solo las décadas de 1997 a 2017 (8% de incendios de más de 500 ha que queman el 74% de la superficie) o la última década de 2007 a 2017 (7% de incendios de más de 500 ha que queman el 67% de la superficie).

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los grandes incendios son un fenómeno complejo en el que interactúan varios factores, y las estadísticas de los últimos años pueden no reflejar tendencias de más largo plazo.

Ya hace unos años que se trabaja sobre el concepto de la «paradoja de la extinción» (por ejemplo, en Piñol *et al.*, 2005), en que la mayor eficacia de los sistemas de extinción de incendios de pequeña envergadura favorece aún más la acumulación de biomasa vegetal, lo cual puede favorecer una mayor ocurrencia de grandes incendios que superen los sistemas de extinción.

El aumento en extensión e intensidad de los incendios forestales suele presentarse como uno de los principales efectos del cambio climático en el Mediterráneo. Diferentes factores contribuyen a ello, pero la vegetación es uno de los más determinantes. A parte del aumento de la superficie forestal y la densificación de los bosques, el cambio climático agrava el problema al facilitar la disponibilidad de la vegetación como combustible para los incendios. La probabilidad de ocurrencia de GIF aumenta por la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos (olas de calor, sequías prolongadas), así como por la reducción de precipitación anual y más concentrada en menos episodios de lluvia y el incremento de temperaturas.

Para abordar la prevención de grandes incendios forestales es necesario estudiar los componentes del riesgo, esto es principalmente el régimen, la propagación y el comportamiento de los incendios, en relación con la vegetación. Existen dos formas diferentes de propagación del fuego en los incendios forestales en función del estrato de vegetación en el que se sustentan: de superficie y de copas. Los primeros

normalmente se refieren a fuegos de baja-media intensidad y los segundos a fuegos de alta intensidad. Concretamente estos se clasifican en (Figura 34):

- **Fuego de superficie.** La llama se propaga a través de los combustibles de superficie y por el sotobosque de mayor altura.
- **Fuego de copas.** Se inicia como consecuencia del calor de convección que transmite el fuego de superficie a las copas de los árboles (Van Wagner, 1977). Incluye tres subgrupos:
 - **Pasivo:** las copas queman individualmente, el calor de convección no es suficiente para mantener la propagación entre copas.
 - **Activo:** el fuego se propaga por las copas y por la superficie de forma continua, pero necesita el calor de convección para mantener esta propagación entre las copas.
 - **Independiente:** el fuego se propaga por las copas de manera independiente a la propagación del fuego por la superficie. Este tipo de incendio es poco común

y se desarrolla bajo condiciones meteorológicas extraordinarias y pendientes elevadas.

El fuego de copas activo es el que representa la mayor amenaza para los sistemas de extinción, ya que genera intensidades de fuego altas, lanzamiento de focos secundarios masivos, longitudes de llamas elevadas y velocidades de propagación que duplican las producidas en un fuego de superficie (Scott y Reinhardt, 2001).

Para evitar estas situaciones, es muy importante la gestión forestal activa con el objetivo de crear estructuras forestales que dificulten la propagación del fuego a las copas y faciliten la extinción de los incendios. Hay que tener en cuenta que, a veces, la meteorología puede desempeñar un papel más relevante en el comportamiento del fuego que el propio combustible. En general, los alcornocales catalanes se sitúan en zonas donde los vientos suelen ser un factor determinante en el comportamiento de los incendios, especialmente en la zona del Empordà.

A grandes rasgos, los incendios se pueden clasificar en tres grandes grupos según los principales factores que

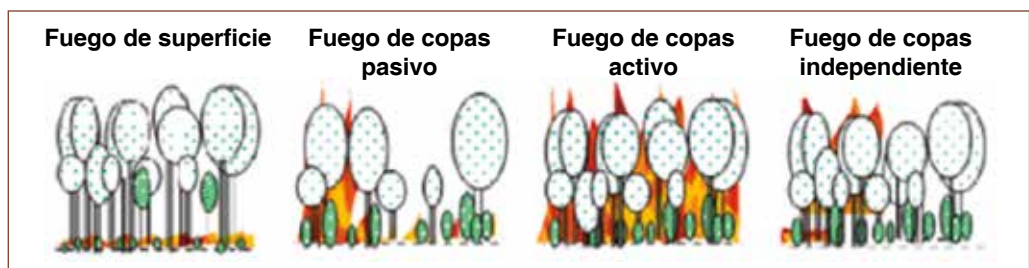


Figura 34. Tipos de incendios forestales según el estrato por donde se propaga el fuego.

determinan su comportamiento (Rothermel, 1972; Costa *et al.*, 2011):

- **Incendios de convección** (de tipo estándar o conducidos por viento). La gran acumulación de combustible forestal es la principal causa de la intensidad que se desarrolla.
- **Incendios de viento** (de tipo con relieve o en las llanuras). Las condiciones meteorológicas son determinantes en el comportamiento del incendio, generalmente con una velocidad de propagación elevada.
- **Incendios topográficos**. La orografía compleja y su interacción con el viento convectivo producido por el propio incendio determinan el comportamiento del incendio.

Para definir el régimen de incendios de una zona se utilizan los parámetros de frecuencia (número de incendios en un periodo determinado), periodo de recurrencia, extensión, severidad (afectación en los organismos o las propiedades del sistema), intensidad (magnitud física de energía liberada) y estacionalidad (Heinselman, 1981; Agee, 1993).

El mapa de riesgo de incendios tipo, presentado por Piqué *et al.* (2011), permite conocer las zonas con mayor probabilidad de generar grandes incendios forestales en función de las características de cada zona y de su historial previo. Los alcornoques catalanes se sitúan mayoritariamente en zonas clasificadas como de alto o muy alto riesgo de incendio tipo (Figura 35).

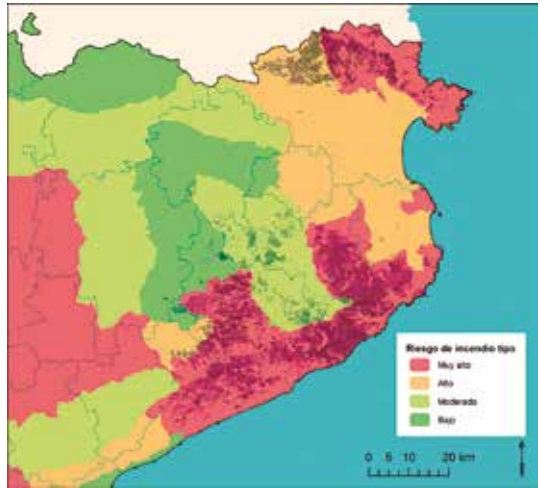


Figura 35. Detalle del Mapa de riesgo de incendios tipo de Catalunya (Piqué *et al.*, 2011) sobre la distribución de los alcornoques catalanes (DGDRPF, 2016).

El comportamiento del fuego en las formaciones forestales de alcornocal

Para integrar el riesgo de GIF en la gestión y planificación forestal de las formaciones de *Quercus suber* es necesario contar con herramientas que ayuden a identificar el grado de vulnerabilidad al fuego de las masas forestales y orientar la gestión forestal hacia masas más resistentes y resilientes al fuego.

En este sentido, es importante tener en cuenta los factores principales que condicionan el comportamiento y la propagación de un incendio (topografía, meteorología y combustible) (Rothermel, 1983) (Figura 36) y poner especial atención en aquellos que se pueden modificar con la gestión forestal, como es el caso del combustible (vegetación).

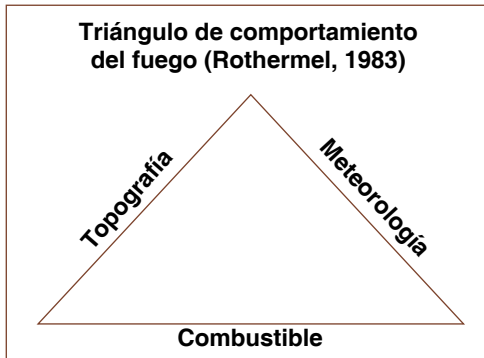


Figura 36. Desde la óptica de la gestión forestal y la prevención de incendios hay que tener presente que el combustible es el único factor sobre el que se puede influir si se quiere modificar el comportamiento del fuego (Graham *et al.*, 2004).

La tipología forestal, entendida como la formación forestal con una composición de especies y características selvícolas determinadas, relativas a su estructura y a su estado de desarrollo (González-Olabarria *et al.*, 2007), es fundamental en la definición de la propagación del fuego y su virulencia (Dodge, 1972; Rothermel, 1991; Bilgili, 2003). Las tipologías forestales con poca acumulación de combustible y las estructuras forestales con discontinuidad vertical (por lo que se refiere a los estratos de vegetación), y horizontal (por lo que se refiere a la cobertura de copas y sotobosque), son más resistentes al fuego, dificultan su propagación y reducen su intensidad.

Las masas de *Quercus suber* gestionadas presentan estructuras forestales que concentran el combustible en las copas y presentan un sotobosque bastante escaso y una estructura forestal con discontinuidad vertical, lo que dificulta el paso a las copas de los incendios, aunque, lamentablemente, cada

vez hay menos superficie con estas características. La falta de viabilidad económica en la gestión de los alcornoques se traduce en una limitación de los trabajos de mantenimiento realizados y cada vez son más las formaciones de alcornoque que presentan densos sotobosques y acumulación combustible y, en años extremadamente secos, en los que la vegetación está muy estresada, presentan un alto riesgo de sufrir grandes incendios propagados por copas (Figura 37).

Resistencia y resiliencia

La resiliencia define la capacidad de un ecosistema para absorber una perturbación o alteración y recuperar estructuras y procesos sistémicos similares a los existentes previamente (Waltz *et al.*, 2014). Por ejemplo, en el caso del alcornoque, su corteza le permite aguantar altas temperaturas que le permiten sobrevivir el paso de un incendio, siempre que no se vean afectados los tejidos con capacidad de rebrote. Sin embargo, los cambios en el régimen de incendios pueden llegar a superar la capacidad de los sistemas forestales mediterráneos para resistir y recuperarse tras una perturbación tan intensa como los grandes incendios forestales (Pausas, 2004).

El análisis de la resiliencia de un ecosistema es complejo, pero a grandes rasgos requiere definir una serie de parámetros iniciales mediante los cuales se puede evaluar la resiliencia de un elemento concreto a una perturba-



Figura 37. Incendio de alta intensidad propagado por las copas en un alcornocal (la Jonquera, Girona, 2012).

ción concreta (Waltz *et al.*, 2014). En el caso de la resiliencia del bosque de *Quercus suber* frente a los incendios forestales, incluyendo los GIF, los indicadores principales son parámetros relacionados con la estructura forestal (vulnerabilidad a los incendios de alta intensidad), y en especial teniendo en cuenta la localización de estas estructuras. Otros indicadores pueden ser los relativos a la vitalidad de la masa y la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en condiciones de aridez creciente.

Un alcornocal con una conformación estructural menos vulnerable al desarrollo y a la propagación de fuegos de copas, de alta intensidad, y además localizado en puntos estratégicos para el comportamiento de un gran incendio forestal, tiene una mayor resiliencia frente a los incendios forestales. Además, si la masa mantiene una buena

vitalidad, especialmente en el arbolado, por ejemplo, con niveles bajos de competencia por los recursos hídricos, también tiene una mayor resiliencia frente a incendios. La vitalidad se traduce en mayores tasas de crecimiento, de productividad en corcho, de almacenaje de reservas y de producción de semilla, por lo que el bosque puede resistir mejor los periodos de sequía, dificultando la disponibilidad de combustible seco, y puede regenerarse con mayor efectividad después del paso del fuego.

En Catalunya, varios estudios en el ámbito de la adaptación del bosque al cambio climático (Lindner *et al.*, 2010; Vayreda *et al.*, 2012) ya indican que la gestión forestal puede tener un papel relevante en la supervivencia de los bosques a unas condiciones más áridas, a través de la mejora de la vitalidad del sistema.

Gestión tradicional para la prevención de incendios forestales

Las propuestas de selvicultura preventiva contra incendios (por ejemplo, Vélez, 2000; Serrada *et al.*, 2008) se centran en la reducción de la carga de combustible y en la creación de grandes discontinuidades horizontales, también desde la estrategia de compartimentar el bosque. Sin embargo, su efectividad no está garantizada ante determinados tipos de incendio, especialmente en los GIF conducidos por viento, uno de los tipos más devastadores. Estas actuaciones tienen un marcado carácter de defensa contra los incendios, no tanto de prevención de que un fuego se convierta en un gran incendio forestal, por lo que el margen para que esto no ocurra en un área cortafuegos es limitado si no se vincula con las maniobras de extinción.

Por otra parte, no se suelen utilizar estructuras adhesionadas que combinen la producción de corcho y configuren un paisaje más resistente y resiliente al fuego forestal y, sin embargo, se sigue otorgando un elevado peso a la capacidad de extinción, tanto en rapidez como en eficacia, como protección frente a los incendios forestales.

Prácticas innovadoras y recomendaciones de gestión para la prevención de grandes incendios forestales en alcornoques

El reto que se debe afrontar conjuntamente desde el ámbito de la prevención y extinción de incendios forestales es el de anticiparse y reducir la capacidad de propagación de los GIF, así como de sus potenciales riesgos sobre personas, bienes y usos del paisaje (Costa *et al.*, 2011; Piqué *et al.*, 2011).

Una de las principales innovaciones consiste en abordar la prevención de los incendios centrándose en los grandes incendios forestales a escala de paisaje. Las actuaciones selvícolas para la prevención se priorizan en determinadas áreas que resultan estratégicas para el comportamiento del fuego, con el objetivo de generar cambios en los incendios y oportunidades de extinción para evitar que un fuego se convierta en un gran incendio forestal (Figura 38).

El combustible disponible para el incendio forestal es el único factor que determina la propagación del fuego sobre el que puede actuarse. La disponibilidad de combustible, es decir, la estructura forestal, es fundamental en la propagación del fuego y su intensidad (Cooper, 1960; Dodge, 1972; Rothermel, 1991; Bilgili, 2003). Las actuaciones forestales para la prevención de incendios deben focalizarse en la estructuración de la vegetación para disminuir su vulne-

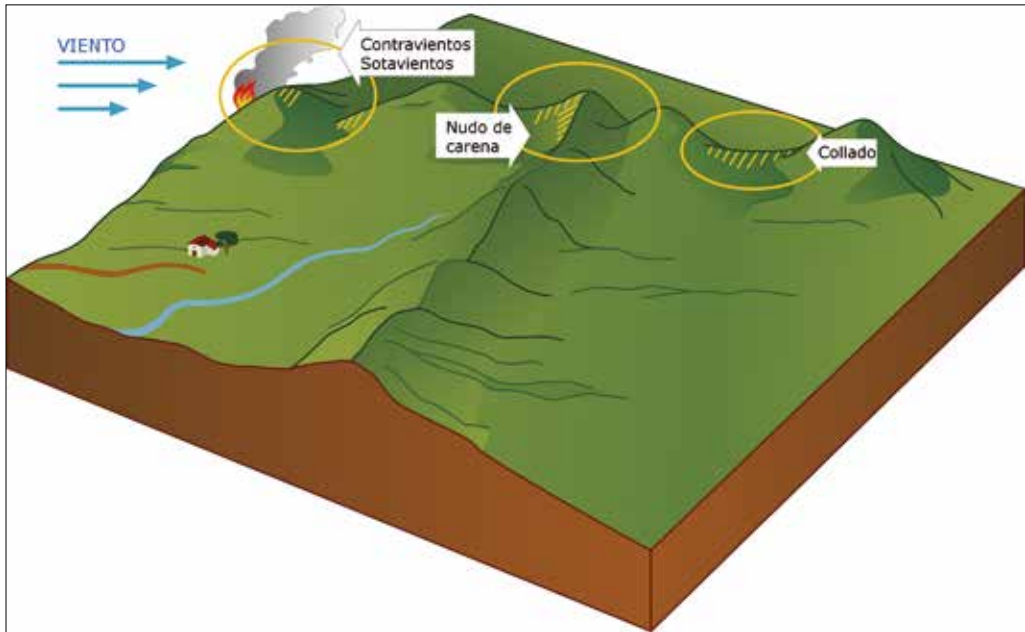


Figura 38. Ejemplo de localización de determinados puntos estratégicos para el comportamiento de los incendios forestales (adaptado de Vericat *et al.*, 2013).

rabilidad, teniendo en cuenta, además, los incendios tipo con mayor riesgo de ocurrencia en la zona de actuación.

Medidas a escala de rodal

En el actual contexto de cambio global, la gestión de las formaciones de *Quercus suber* con el objetivo de prevención de GIF pasa por reducir la vulnerabilidad de las masas a generar incendios que se propaguen por las copas y realizar una silvicultura orientada a promover la capacidad de adaptación intrínseca de estas formaciones al fuego.

En este sentido, el alcornoque (y en general las quercíneas) tienen la ventaja de estar adaptadas al fuego, y por lo tanto a perturbaciones renovadoras, por su capacidad de proteger los teji-

dos vitales y mantener reservas en las raíces, lo que le permite rebrotar después del fuego, lo cual facilita enormemente la gestión adaptativa de estas especies y las sitúa entre las especies con mayor capacidad de resiliencia frente al fuego.

Así, el objetivo para las formaciones de alcornoque pasa por configurar bosques más resistentes al paso del fuego e incluso que sean capaces de modificar el comportamiento de incendio en determinados puntos estratégicos, para así limitar que se generen incendios de alta intensidad y de gran superficie, evitando así pérdidas ecológicas y económicas traumáticas, aun sabiendo que dada una perturbación de alta intensidad el sistema tendrá capacidad de renovarse. Las principales medidas de gestión a nivel de rodal que se pro-

ponen para la adaptación al cambio global de las formaciones de alcornoque son:

- Fomentar la resiliencia natural de estas formaciones a los incendios, manteniendo la vitalidad y la heterogeneidad de especies (preferentemente las frondosas).
- Conformar formaciones menos vulnerables (más resistentes) a los GIF, mediante la aplicación de modelos y tratamientos selvícolas de estructuración de la cubierta forestal, básicamente, resalveos, claras y desbroces (Figura 39).
- Reducir la cantidad de combustible mediante tratamientos selvícolas y la gestión de los restos, incluyendo el uso del fuego prescrito en determinadas situaciones, siempre sin afectar directamente a la corteza de los

alcornoques para evitar depreciar el corcho.

- Fomentar el uso multifuncional de los alcornocales mediante la introducción del pastoreo en aquellos rodales donde es determinante mantener estructuras con poco desarrollo del estrato arbustivo, es decir, estructuras de baja vulnerabilidad a los fuegos de copas por tener discontinuidades verticales y horizontales de los estratos de vegetación.

Aumento de la resistencia y la resiliencia

La prevención de grandes incendios mediante el aumento de la resistencia se basa en:

- Tratamientos para reducir el combustible forestal en puntos estratégicos



Figura 39. Rodal de actuación del proyecto Life+SUBER donde se ha generado una estructura forestal de baja vulnerabilidad al fuego de copas, por la reducida cobertura arbustiva y la discontinuidad vertical con las copas.

gicos para el comportamiento de los incendios y para las maniobras de extinción asociadas, dentro de una planificación de la prevención a nivel de paisaje.

- **Tratamientos selvícolas donde las nuevas estructuras generen cambios sustanciales en el comportamiento del fuego**, principalmente disminuyendo su intensidad y velocidad de propagación.
- **Actuaciones que tengan en cuenta las dinámicas naturales y que se basen en una gestión adaptativa**, para buscar sinergias con el desarrollo del bosque que reduzcan los costes de implementación y mantenimiento. En general, el diseño de los tratamientos debe sustentarse en una mínima intervención, reducido coste y su efecto debe perdurar el máximo de tiempo.

Algunas de las principales acciones de gestión forestal que se pueden llevar a cabo para aumentar la resistencia del

arbolado al paso del fuego y, al mismo tiempo, facilitar las tareas de los equipos de extinción son aumentar la distancia del suelo a la base de las copas, reducir la carga de combustible en superficie y modificar la densidad de los rodales.

La modificación o conversión de los modelos de combustible tienen como objetivo principal influenciar en el comportamiento del fuego. Para ello, Agee y Skinner (2005) definen cuatro principios básicos para aumentar la resistencia de las estructuras forestales al fuego (Tabla 6).

Paralelamente, en cuanto al aumento de la resiliencia, las formaciones de alcornoque ya son por sí mismas idóneas por su capacidad de rebrote tras los incendios. Estas formaciones se renuevan con facilidad después de un fuego, aunque es importante que los pies afectados por el fuego tengan suficiente desarrollo y vitalidad para asegurar la capacidad de rebrote. Así

Tabla 6. Principios básicos de gestión forestal para la reducción de la vulnerabilidad a fuego de copas.

Principio	Efecto	Beneficio	Comentarios
<i>Reducir la carga de combustible de superficie</i>	Reduce la longitud de llama	Control fácil, antorcheo menor	Se puede lograr con varios tipos de actuaciones para reducir la cobertura arbustiva y de restos vegetales
<i>Aumentar la altura de la base de copa</i>	El fuego no pasa a las copas	Antorcheo menor	Los vientos de superficie pueden aumentar
<i>Disminuir la densidad aparente de las copas</i>	La propagación del fuego entre copas disminuye	Reducción potencial del fuego de copas	Los vientos de superficie pueden aumentar y los combustibles de superficie pueden disminuir su contenido en humedad
<i>Dejar los árboles grandes</i>	Las copas se sitúan a mayor altura	aumento de la supervivencia	Es necesario asegurar la regeneración del alcornocal en determinadas situaciones

pues, el fomento de la resiliencia en formaciones de alcornoque pasa por:

- **Mejora de la vitalidad.** Unos modelos de gestión de especial interés son aquellos que conducen a estructuras de baja vulnerabilidad al fuego de copas, especialmente estructuras regularizadas. También es posible generar y mantener estructuras irregularizadas de baja vulnerabilidad, aunque su mantenimiento a largo plazo puede requerir mayor intensidad de gestión. Las podas y los desbroces selectivos suelen formar parte de estos modelos de gestión.

En el caso de que se trate de una masa de alcornoque quemada recientemente, es necesario asegurar una vigorosa rebrotada capaz de recuperar la espesura original de forma natural y en breve plazo, evitando la profusión de brotes epicórmicos de escasa viabilidad, que competirán con la brotación de cepa o de raíz. Suele ser necesario realizar recepes sobre los pies quemados más jóvenes.

- **Mantener cierta diversidad arbórea.** A pesar de la capacidad de respuesta del alcornoque, se recomienda mantener otras especies arbóreas presentes, que tendrán respuestas más o menos diferentes a las perturbaciones. Así, se mantiene cierta diversidad de estrategias para recuperar el bosque tras la perturbación. Por otra parte, en bosques dominados por otras especies donde el alcornoque es una especie acom-

pañante o puntual, es interesante fomentar y mantener la presencia de esta especie por un papel diferenciador en la respuesta a las perturbaciones.

Tratamiento de los restos vegetales tras las operaciones selvícolas

En el caso de realizarse actuaciones sobre el arbolado o el matorral que generen una importante cantidad de restos, estos deben ser tratados para evitar la acumulación de combustible en superficie, no interferir en la regeneración del bosque y facilitar una rápida incorporación al suelo de la materia orgánica.

Las técnicas más comunes de tratamientos de restos que deben tenerse en cuenta en los alcornocales son:

- **Cortar los restos leñosos de mayor tamaño en piezas pequeñas** (de 1 m como máximo), de modo que queden dispuestos en el suelo lo más planos posible.
- **Amontonar o acordonar los restos.** Puede ser especialmente necesario en cortas de regeneración, donde hay que dejar el máximo de suelo y luz a disposición de los nuevos rebrotes y plantones. En caso de entresacas en masas irregulares o cortas de regeneración en masas regulares, se procurará no tapar ninguna cepa cortada para permitir un buen rebrote. No obstante, puede resultar un tratamiento costoso y en

algunas zonas además favorece la aparición de zarzales.

- **Apilar y quemar los restos**, para asegurar una eliminación total del combustible muerto que queda en el suelo. Otra opción sería la quema extensiva (quema prescrita) de los restos, aunque la operación tiene un requerimiento técnico elevado y es especialmente necesario evitar que el fuego toque la superficie del corcho para no deprecirlo.
- **Astillar o triturar *in situ* con astilladora móvil o trituradora**, acordonando previamente los restos o simultáneamente con un desbroce de matorral. Las astillas ayudan a controlar la respuesta del matorral y mantener una cierta humedad en el suelo, al cual se incorporan con cierta velocidad. Es una opción de alto coste y limitada por la accesibilidad y la movilidad de la maquinaria.
- **Astillar o triturar a borde de camino**, sacando los restos manualmente, con cabrestante o *skidder*. Es una opción de alto coste que debe emplearse en situaciones determinadas en las que se combinan varios objetivos de gestión.

Medidas a escala de monte y paisaje

A partir del estudio de los diferentes tipos de incendio y los incendios históricos (patrones de comportamiento), se

pueden identificar, para un área concreta, los puntos estratégicos donde concentrar las medidas de prevención de incendios. Las medidas a nivel de paisaje permiten conformar paisajes «inteligentes al fuego», con estructuras de bosque y patrones espaciales de distribución que contribuyan a dificultar la propagación de los fuegos de copas y facilitar la extinción de los incendios forestales (Costa *et al.*, 2011).

En este sentido, pueden diferenciarse tres tipos de actuaciones o medidas en zonas forestales de alcornoque:

- **Actuaciones puntuales específicas** de defensa contra incendios asociadas a maniobras de extinción. Se determinan de acuerdo con las características y el patrón de propagación de los diferentes tipos de incendios que puedan darse en una zona, especialmente los más peligrosos. Estas actuaciones se refieren a los **puntos estratégicos de gestión (PEG)**, las franjas de baja carga de combustible o las fajas auxiliares ancladas a caminos.
- Actuaciones para la **conformación de una matriz de cubierta forestal** con una estructura que dificulte el desarrollo y propagación de GIF, y que también contribuya indirectamente a incrementar las oportunidades y capacidad de extinción.
- Actuaciones para fomentar la **heterogeneidad a nivel de paisaje**, principalmente en estructura.

Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Catalunya

Las ORGEST constituyen un conjunto de herramientas técnicas de apoyo a la toma de decisiones en planificación y gestión forestal. Están desarrolladas desde un punto de vista adaptativo y multifuncional, integrando, también, el cambio climático.

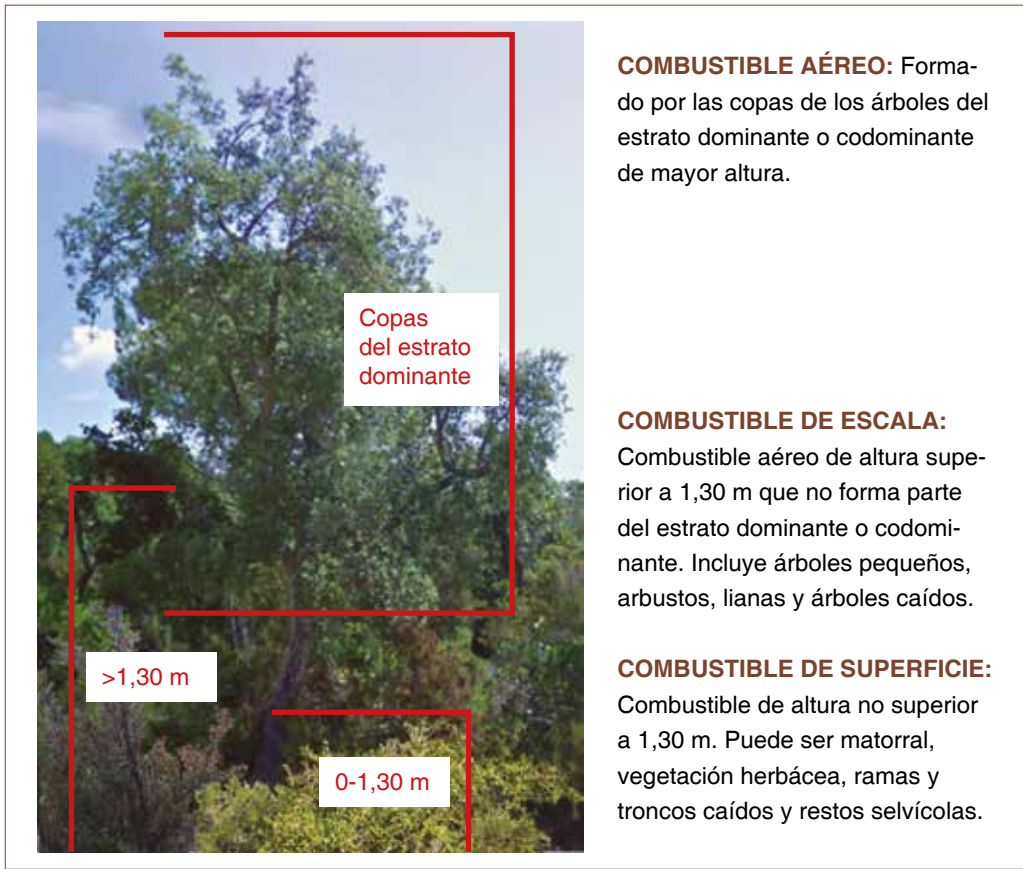
Los modelos de gestión ORGEST para los alcornocales (Vericat *et al.*, 2013) presentan una serie de esquemas selvícolas adaptados a diferentes escenarios de gestión, considerando la calidad de estación y los objetivos preferentes. Para la prevención de grandes incendios presentan unos modelos de gestión específicos para generar y mantener estructuras de baja vulnerabilidad al fuego de copas, especialmente recomendado para implementar en los puntos estratégicos.

Los parámetros de control de estos modelos de gestión se refieren principalmente a la estructura forestal, que se analiza mediante la estratificación de la vegetación representada en la **Figura 40**. Las variables principales son las alturas y los recubrimientos de los diferentes estratos y las distancias verticales entre ellos.

La vulnerabilidad al fuego de copas analizada a través de esta estratificación se clasifica en las diferentes tipologías estructurales de vulnerabilidad al fuego de copas (TVFoC) definidas por Piqué *et al.* (2011) mediante el uso

de claves dicotómicas basadas en las alturas, las distancias y los recubrimientos de los estratos de combustible de superficie, escala y aéreo. Piqué *et al.* (2011) define tres categorías de vulnerabilidad:

- **Vulnerabilidad alta (A)**. Estructuras forestales con características selvícolas (por ejemplo, continuidad vertical y horizontal en los diferentes estratos, fracción cabida cubierta) que hacen que el fuego suba a copas y se mantenga. Estructuras en que el fuego de copas activo es característico, el fuego de superficie genera suficiente calor de convención para mantener de forma continua la propagación del fuego a copas. Las estructuras afectadas por esta tipología de fuego normalmente presentan mortalidades elevadas.
- **Vulnerabilidad moderada (B)**. Estructuras forestales con características selvícolas (por ejemplo, continuidad vertical y horizontal en los diferentes estratos, fracción cabida cubierta) que limitan más que las estructuras A la subida de fuego a copas. Estructuras que generan antorcheos y focos secundarios que arden pasivamente en copas, grupos de árboles pequeños se inflaman, pero la propagación entre copas no se mantiene de forma continua. Las estructuras afectadas por esta tipología de fuego normalmente presentan severidades menores que las anteriores. La existencia de una mezcla de árboles totalmente calcinados y de otros con un elevado porcentaje



COMBUSTIBLE AÉREO: Formado por las copas de los árboles del estrato dominante o codominante de mayor altura.

COMBUSTIBLE DE ESCALA: Combustible aéreo de altura superior a 1,30 m que no forma parte del estrato dominante o codominante. Incluye árboles pequeños, arbustos, lianas y árboles caídos.

COMBUSTIBLE DE SUPERFICIE: Combustible de altura no superior a 1,30 m. Puede ser matorral, vegetación herbácea, ramas y troncos caídos y restos selvícolas.

Figura 40. Estratificación del combustible para la definición de la vulnerabilidad de la estructura. (adaptado de Vericat *et al.*, 2013).

de copa chamuscada son característicos de estos rodales. También algunos con la copa verde.

- **Vulnerabilidad baja (C).** Estructuras forestales con características selvícolas (por ejemplo, continuidad vertical y horizontal en los diferentes estratos, fracción cabida cubierta) que limitan tanto el paso como la sostenibilidad del fuego en las copas. El fuego se propaga por debajo del combustible aéreo. El combustible de superficie y de escala, si existe, se consume, pero, debido a la dis-

continuidad vertical con el combustible aéreo, el fuego no pasa a las copas y se mantiene en superficie. Las estructuras afectadas por esta tipología de fuego normalmente presentan mortalidades bajas. Puntualmente algún árbol puede morir. Esta clase incluye a los regenerados, ya que los fuegos que generan son, desde el punto de vista de extinción, similares a los de un fuego de superficie, aunque la mortalidad del arbolado es, en la mayoría de los casos, completa.

Beneficios y compatibilidades de la gestión para la reducción del riesgo de grandes incendios forestales

La gestión para la reducción del riesgo de GIF (Figura 41) basada en las ORGEST se enmarca dentro de la Gestión Forestal Sostenible, entendida como la administración y el uso de los bosques de manera y en tal medida que mantengan su biodiversidad, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial de cumplir, ahora y en el futuro, funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes, a nivel local, nacional y global, sin causar daño a otros ecosistemas (Conferencia Ministerial de Helsinki, 1993). La Tabla 7 recoge una serie de beneficios y compatibilidades que se pueden generar con la gestión para la reducción del riesgo de GIF.



Figura 41. Uno de los objetivos de las ORGEST para la prevención de GIF es reducir la capacidad de las estructuras de alcornocal para generar incendios de alta intensidad (Foto: Bombers de la Generalitat).

Casos prácticos de gestión de alcornocales para la prevención de grandes incendios forestales

Actuaciones implementadas en el proyecto Life+SUBER

Se han realizado actuaciones de prevención de grandes incendios en 8 rodales, con un total de 33 ha. Se trata de un rodal de calidad de estación alta y otro de calidad baja por cada ámbito (Alt Empordà, Gavarres, Montseny-Guilleries i Montnegre-Corredor).

Objetivos y definición de las actuaciones

El objetivo es la prevención de incendios forestales mediante la creación y el mantenimiento de estructuras forestales de baja vulnerabilidad a los fuegos de copas (Figura 43) en localizaciones identificadas como estratégi-

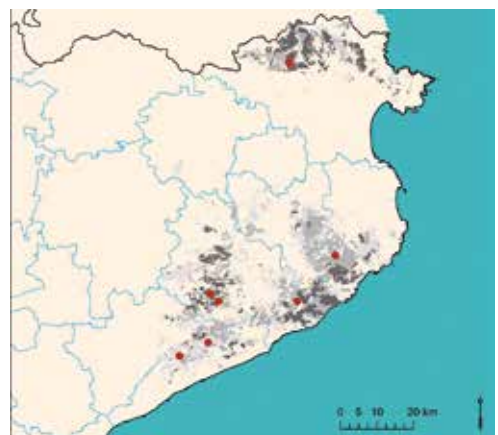


Figura 42. Localización de los 8 rodales en los que se han implementado actuaciones selvícolas para la prevención de grandes incendios forestales.

Tabla 7. Beneficios y compatibilidades de la gestión preventiva de grandes incendios forestales.

Medida de adaptación	Consecuencias	Impacto sobre la capacidad de adaptación al cambio climático
<i>Aplicación de una selvicultura que mantenga FCC bajas (adhesamiento) con mayor dimensión de los árboles existentes, en puntos estratégicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de discontinuidad horizontal a nivel de copas. • Creación de áreas de seguridad para la extinción. • Aumento de la intensidad de descorche. • Oportunidad de uso pastoral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de incendios. • Aumento de la fijación de carbono por los árboles presentes. • Aumento del agua azul del sistema (recarga de aguas subterráneas)
<i>Eliminación de la cubierta de matorral (desbroces selectivos)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de discontinuidad horizontal y vertical a nivel de superficie. • Reducción de competencia intraespecífica. • Reducción de costes de gestión (puntos estratégicos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de incendios. • Aumento del agua azul del sistema (recarga de aguas subterráneas)
<i>Gestión silvopastoral para el control del matorral</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de discontinuidad horizontal y vertical a nivel de superficie. • Reducción de competencia intraespecífica. • Desarrollo de economía local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de incendios. • Protección del stock de carbono.
<i>Destino a biomasa (leña) de los productos de los tratamientos preventivos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de discontinuidad horizontal a nivel de copas. • Tratamientos más rentables. • Desarrollo de economía local 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de incendios. • Balance 0 de CO₂ y fomento de las energías renovables.
<i>Fomento del alcornoque en masas dominadas por otras especies</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor producción de corcho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la resiliencia del bosque ante los incendios.
<i>Conformación de una matriz en la cubierta forestal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dificulta en el desarrollo y propagación de GIF. • Incremento de las oportunidades y capacidades de extinción. • Revalorización del paisaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de incendios.

cas a nivel de paisaje en relación con el comportamiento de los grandes incendios forestales. En general se proponen estructuras adhesadas con el objetivo de generar una fuerte discontinuidad de combustible que pueden ser de utilidad para desarrollar maniobras de extinción concretas en caso de producirse un incendio con potencial de convertirse en GIF. Asimismo, la estructura adhesada permite aumentar la intensidad de descorche y compatibilizar la prevención de incendios

con la producción corchera e incluso el aprovechamiento pastoral.

La estructura objetivo es una masa regularizada con una FCC cercana al 40%, siempre con la mayor discontinuidad vertical posible de las copas respecto a los estratos de vegetación inferiores, que, a su vez, deben tener recubrimientos escasos. La reducida densidad permite incrementar la producción de corcho, ya que la competencia entre pies es limitada.

En la calidad de estación alta la localización preferente ha sido en zonas de mosaico con cultivos donde conformar una superficie considerable de baja vulnerabilidad, o también en fondos de valle. En la calidad de estación baja la localización preferente ha sido en carenas y divisorias. Las actuaciones constan de una clara fuerte y un desbroce selectivo. Con la clara se rebaja el área basimétrica inicial hasta los 10 m²/ha bajo corcho, consiguiendo una FCC cercana al 40%. El desbroce selectivo elimina parte del matorral, reservando prioritariamente especies como *Arbutus unedo* y eliminando otras más inflamables, reduciendo el estrato de matorral de modo que quede efectivamente reducida la propagación a copas del fuego.

Los trabajos selvícolas son una combinación de desbroces selectivos (con peso variable de cubierta arbustiva a eliminar desde el 90-100% hasta el 40-60%), cortas de entresaca, de peso variable, pero en general fuerte (>40% del AB inicial) y el tratamiento de los restos vegetales (en general tronzado corto in situ para facilitar la rápida descomposición e incorporación al suelo).

Resultados principales

Las actuaciones diseñadas para cada uno de los 8 rodales se implementaron correctamente entre enero y abril de 2016. Paralelamente, se realizó el seguimiento de los parámetros silvométricos para monitorizar las intervenciones desde antes de su ejecución y hasta dos años después. La **Figura 44** muestra el cambio en el aspecto de un rodal de actuación.

El principal resultado de las actuaciones ha sido la reducción de la vulnerabilidad de las estructuras. Analizado los datos de todos los rodales conjuntamente, la **Figura 45** muestra la evolución de la vulnerabilidad mediante la proporción de abundancia de las diferentes tipologías estructuras de Piqué *et al.* (2011). Las estructuras más vulnerables a los incendios son las «A», mientras que las menos vulnerables son las «C». Las actuaciones generan estructuras menos vulnerables a los incendios, y esta mejora se mantiene en términos generales durante los dos años siguientes, aunque ya se observan algunas estructuras de vulnerabilidad alta.



Figura 43. Esquemización de la estructura forestal según las tres categorías de vulnerabilidad definidas por Piqué *et al.* (2011).

La mayor reducción de la vulnerabilidad a fuegos de copas ocurre justo después de las actuaciones, cuando todos los rodales presentaban una vulnerabilidad baja al fuego de copas. Dos años después de los tratamientos, un 25% de las estructuras siguen manteniéndose en una vulnerabilidad baja, un 50% pasa a media y un 35% pasa a alta. Estos casos se refieren a estructuras donde el arbolado principal tiene escaso desarrollo en altura y las copas no tienen suficiente discontinuidad vertical con los estratos de escala y superficie, que, además, presentan una gran capacidad de respuesta a las intervenciones. A medida que el arbolado se desarrolle en altura y en cobertura, limitando también el desarrollo del matorral, las estructuras de baja vulnerabilidad generadas por futuras actuaciones tendrán mayor durabilidad.



Figura 44. Aspecto antes de las actuaciones, después y al cabo de dos años, del rodal de actuación de Mas Genís, Empordà.

Por otra parte, la Figura 46 muestra la evolución de la distribución diamétrica. Se observa cómo, después de dos años del tratamiento, la densidad por CD se ha desplazado a categorías mayores, indicando así un crecimiento de los árboles. La densidad de las CD5 y CD10 se reduce notablemente,

pasando de 88 y 100 pies/ha a 45 y 38 pies/ha, respectivamente. La CD20 es la clase diamétrica que presenta el mayor crecimiento después de los tratamientos, igualando el estado inicial.

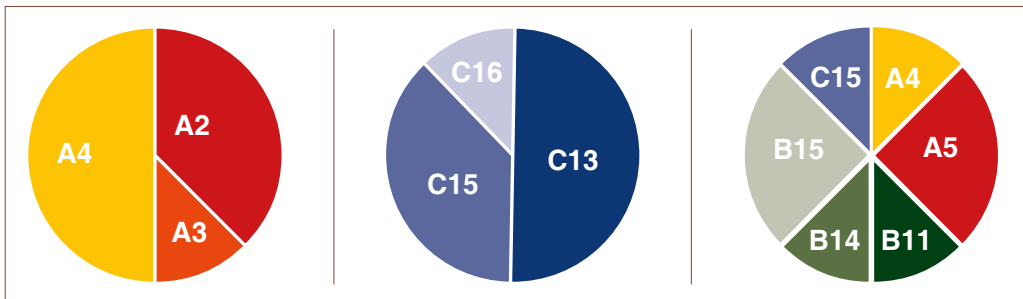


Figura 45. Evolución de la vulnerabilidad de la estructura forestal para los rodales con objetivo de prevención de grandes incendios en puntos estratégicos. Izquierda, antes de las actuaciones. Centro, justo después. Derecha, al cabo de dos años.

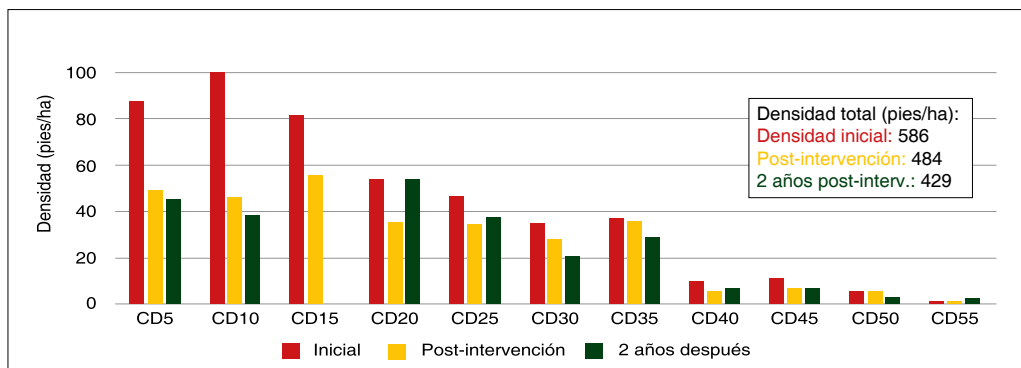


Figura 46. Distribución diamétrica media de alcornoque en los rodales con objetivo de prevención de incendios en puntos estratégicos, antes de las actuaciones, después y al cabo de dos años

Tabla 8. Porcentaje de área basimétrica media según composición específica para los rodales con objetivo de prevención de incendios en puntos estratégicos.

	<i>Quercus suber</i>	Coníferas	Otras frondosas
<i>Antes de las actuaciones</i>	75%	2%	23%
<i>Después</i>	88%	0%	12%
<i>Al cabo de dos años</i>	87%	0%	13%

Así, los alcornoques avanzan hacia estructuras más regularizadas, de baja densidad, pero con árboles de mayores dimensiones.

Además, las actuaciones también han servido para la regulación de la composición específica (Tabla 8) limitando la presencia de coníferas. Se ha reducido el área basimétrica de otras frondosas, pero se debe básicamente a la eliminación de buena parte de pies arborescentes de especies como el madroño o el brezo. Son aquellos que competían o limitaban el desarrollo de pies de alcornoque y que generaban elevados recubrimientos de combustible de escala.

Por último, la Tabla 9 muestra la evolución de la FCC, con el objetivo de ver el efecto de los tratamientos sobre la estructura de copas. Se puede observar que después del tratamiento hay

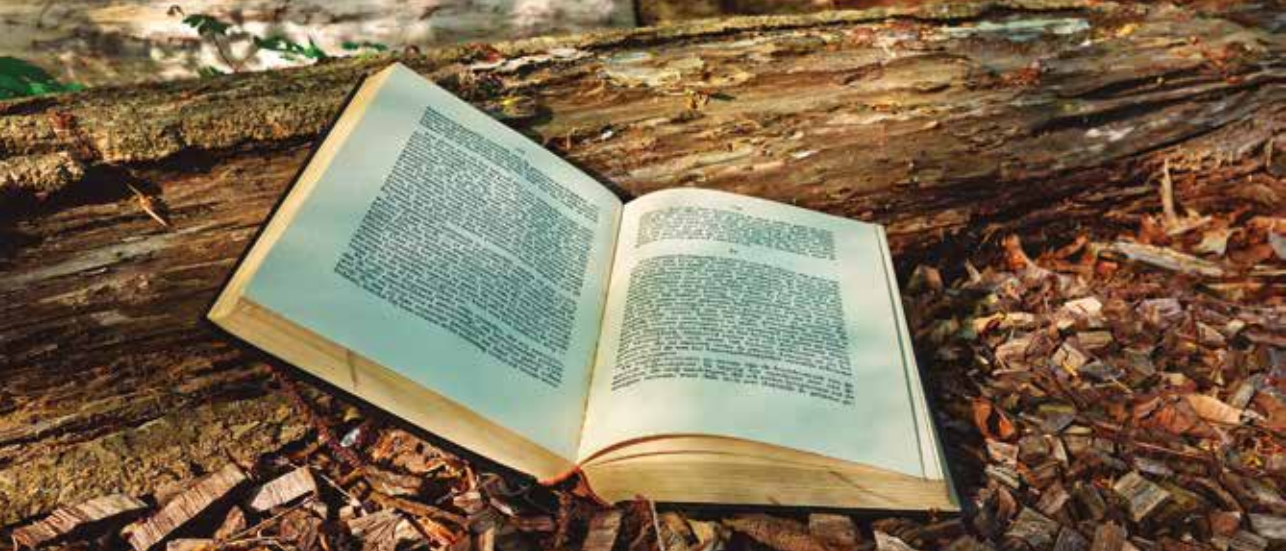
una reducción de aproximadamente un 20%, aunque dos años después la cobertura aumenta ligeramente por el desarrollo de las copas.

Tabla 9. Evolución de fracción cabida cubierta media calculada con fotos hemisféricas para los rodales con objetivo de prevención de incendios en puntos estratégicos.

	Fcc
<i>Antes de las actuaciones</i>	81%
<i>Después</i>	62%
<i>Al cabo de dos años</i>	68%



Figura 47. Las estructuras generadas con las actuaciones del proyecto Life+SUBER son perfectas para compatibilizar con un uso pastoral.



Bibliografia

- Agee, J. K. 1993. *Fire Ecology of Pacific Northwest Forests*. Island Press, Washington DC. 505 p.
- Agee, J. K.; Skinner, C. N. 2005. «Basic principles of forest fuel reduction treatments». *Forest Ecology and Management*, 211 (1-2): 83-96.
- Bilgili, E. 2003. «Stand development and fire behavior». *Forest Ecology and Management*, 179 (1-3): 333-339.
- Cooper, C. F. 1960. «Changes in vegetation, structure, and growth of south-western pine forests since white settlement». *Ecological Monographs*, 30 (2): 130-164.
- Costa, P.; Castellnou, M.; Larrañaga, A.; Miralles, M.; Kraus, D. 2011. *La prevención de los grandes incendios forestales adaptada al incendio tipo*. Unitat Tècnica del GRAF, Departament d'Interior, Generalitat de Catalunya, Barcelona. 87 p.
- DGDRPF. 2016. *Mapa Forestal de España. Escala 1:25.000. Catalunya*. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Dodge, M. 1972. «Forest fuel accumulation—a growing problem». *Science*, 177 (4044): 139-142.
- González-Olabarria, J. R.; Kolehmainen, O.; Pukkala, T. 2007. «Using expert knowledge to model forest stand vulnerability to fire». *Computers and Electronics in Agriculture*, 55 (2): 107-114.
- Graham, R. T.; McCaffrey, S.; Jain, T. B. 2004. «Science basis for changing forest structure to modify wildfire behavior and severity». *General Technical Report (RMRS-120)*. USDA Forest Service, Fort Collins, CO. 43 p.
- Heinselman, M. L. 1981. «Fire intensity and frequency as factors in the distribution and structure of northern ecosystems». En: Mooney, H. A.; Bonniksen, J. M.; Christensen, N. L.; Lotan, J. E.; Reiners, W. A. (eds.). *Fire regimes and ecosystem properties*. USDA Forest Service. Washington DC, p. 7-57. (GTR-WO-26).
- Lindner, M.; Maroschek, M.; Netherer, S.; Kremer, A.; Barbati, A.; Garcia-Gonzalo, J.; Seidl, R.; Delzon, S.; Corona, P.; Kolström, M.; Lexer, M. J.; Marchetti, M. 2010. «Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems». *Forest Ecology and Management*, 259 (4): 698-709.
- Pausas, J. G. 2004. «Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin)». *Climatic Change*, 63 (3): 337-350.
- Piñol, J.; Beven, K.; Viegas, D. 2005. «Modelling the effect of fire-exclusion and prescribed fire on wildfire size in Mediterranean ecosystems». *Ecological Modelling*, 183 (4): 397-409.
- 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.
- Rothermel, R. C. 1972. «A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels». *Research paper (INT-115)*. USDA Forest Service, Ogden, UT. 40 p.

- Rothermel, R. C. 1983. «How to predict the spread and intensity of forest and range fires». *General Technical Report* (INT-143). USDA Forest Service, Ogden, UT. 161 p.
- Rothermel, R. C. 1991. «Predicting behavior and size of crown fires in the Northern Rocky Mountains». *Research Paper* (INT-438). USDA Forest Service, Ogden, UT. 46 p.
- Scott, J. H.; Reinhardt, E. D. 2001. «Assessing crown fire potential by linking models of surface and crown fire behavior». *Research paper* (RMRS-29). USDA Forest Service, Fort Collins, CO. 59 p.
- Serrada, R.; Aroca, M. J.; Roig, S. 2008. «Selvicultura preventiva de incendios». En: Serrada, R.; Montero, G.; Reque, J. A. (eds.). *Compendio de selvicultura aplicada en España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid, p. 949-980.
- Van Wagner, C. E. 1977. «Conditions for the start and spread of crown fire». *Canadian Journal of Forest Research*, 7 (1): 23-34.
- Vayreda, J.; Martínez-Vilalta, J.; Gracia, M.; Retana, J. 2012. «Recent climate changes interact with stand structure and management to determine changes in tree carbon stocks in Spanish forests». *Global Change Biology*, 18 (3): 1028-1041.
- Vélez, R. 2000. *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*. Mc Graw Hill, Madrid.
- Vericat, P.; Beltrán, M.; Piqué, M.; Cervera, T. 2013. *Models de gestió per als boscos de surera (Quercus suber L.): producció de suro 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. 169 p.
- Waltz, A. E. M.; Stoddard, M. T.; Kalies, E. L.; Springer, J. D.; Huffman, D. W.; Meador, A. S. 2014. «Effectiveness of fuel reduction treatments: Assessing metrics of forest resiliency and wildfire severity after the Wallow Fire, AZ». *Forest Ecology and Management*, 334: 43-52



Sección III

Restauración de alcornoques degradados

Roser Mundet
Josep M. Tusell
Joan Abel

Descripción de los alcornocales degradados

Se considera que un alcornocal está degradado cuando muestra baja vitalidad. La vitalidad de una masa forestal hace referencia a un estado vegetativo que le permita resistir alteraciones o eventos desfavorables, a la vez que facilita su posible regeneración (Vericat *et al.*, 2012). Es decir, un alcornocal degradado o de baja vitalidad cumple sus funciones productivas y de provisión de servicios ecosistémicos de manera muy inferior a su potencial.

En Catalunya, el 50% de los alcornocales presentan un estado de abandono y gran parte de ellos ofrecen un estado de degradación de mayor o menor medida. Los principales síntomas de degradación, algunos de los cuales están interrelacionados, son los siguientes:

- **Elevada senectud**, masas envejecidas y de escaso vigor.
- **Regeneración** insuficiente o inexistente.
- **Crecimiento y productividad** de corcho muy inferiores al potencial de la estación.
- **Densidad defectiva**, con abundancia de espacios abiertos, ocupados normalmente por matorral y herbáceas.
- **Densidad excesiva**, con la masa en fase de estancamiento, estructura muy simplificada.
- **Abundante presencia de matorral con porte arbóreo**, con alturas, densidades y recubrimientos elevados que ejercen competencia con los alcornocales por la luz, el agua y los nutrientes.

Principales causas de la degradación

Las principales causas de la degradación de los alcornocales, íntimamente relacionadas entre sí, son las siguientes:

- **Incendios.** El alcornoco es una especie típicamente mediterránea, por lo que sus masas se ven periódicamente afectadas por incendios forestales. En Catalunya, más del 80% de la superficie se encuentra en zonas con riesgo de incendio muy alto y más del 95% está en zonas de riesgo alto a muy alto (Nebot *et al.*, 2013).

La supervivencia del alcornoco frente al paso de un incendio puede llegar hasta un 70%, gracias a la protección que le brinda su corteza y a su alta capacidad de rebrote. Este porcentaje aumenta a medida que los pies son más jóvenes, como es el caso de los macheros, o cuando la capa de corcho adquiere un espesor de 20 mm, suficiente para proporcionar al árbol una protección adecuada frente al fuego (datos obtenidos de parcelas experimentales del proyecto SUBERNOVA).

De todas formas, aun disponiendo de mecanismos de defensa (corcho y capacidad rebrotadora), la combinación de incendios con otros agentes bióticos y abióticos puede amenazar la viabilidad de estas masas. Además, el efecto de un incendio sobre una masa descorchada recientemente puede comprometer seriamente la productividad futura.

- **Daños por otros agentes abióticos.** Los principales agentes abióticos que causan daños directos e indirectos en alcornoques, y cuya incidencia se espera que se vea agravada con el cambio climático en la región mediterránea (Vericat *et al.*, 2012), son:
 - **Sequía:** al igual que los incendios, es un fenómeno intrínseco al ámbito mediterráneo, de recurrencia anual. El alcornoque cuenta con mecanismos de defensa, pero la efectividad de estos puede verse superada en función de la intensidad y duración de la sequía.
 - **Nieve:** las nevadas son un fenómeno poco frecuente en el área de distribución del alcornoque, con períodos de retorno de varias décadas, pero cuando estas ocurren pueden causar daños severos (rotura de ramas, principalmente), debido a la falta de adaptación de esta especie al fenómeno.
- **Temperaturas y vientos extremos, tormentas:** si bien no se trata de fenómenos que suelen tener un impacto grave en los alcornoques, pueden ser factores que debiliten las masas o las hagan más susceptibles a otras amenazas. Por ejemplo, la incidencia del viento de tramontana limita el desarrollo y la productividad del alcornoque (Montero y López, 2008).
- **Daños por agentes bióticos.** Las bellotas y los brizales jóvenes de alcornoque son predados por fauna doméstica y salvaje (especialmente el



Figura 48. Alcornocal afectado por intensas nevadas en la zona de Les Gavarres, año 2010.

jabalí), lo cual puede dificultar notablemente la regeneración de las masas. Dos enfermedades que causan graves daños son *Diplodia corticola*, causante del «escaldado» y *Biscogniauxia mediterranea*, causante del «chancro carbonoso». En cuanto a las plagas que afectan al corcho y ponen en peligro la viabilidad comercial de su aprovechamiento, destaca la *culebrilla* (*Coraebus undatus*), un bupréstido que realiza galerías en el corcho durante su fase larvaria (se describe con detalle en la sección IV). La incidencia de esta plaga parece estar asociada al bajo vigor de los árboles y al estrés hídrico. Otros perforadores del corcho que pueden causar daños son las hormigas *Lasius brunneus* y *Crematogaster scutellaris*. Por último, otras plagas que debilitan las masas son los lepidópteros defoliadores (*Lymantria dispar*, *Tortix viridana*, *Catocala nymphagoga* y *Malacosoma neustria*) y el balanino (*Curculio elephas*), perforador de bellotas durante su estado larvario que afecta a su viabilidad. Por otra parte, de manera indirecta, la compactación del suelo causada por el sobrepastoreo puede limitar notablemente la regeneración natural.

- **Malas prácticas de gestión.** El manejo inadecuado contribuye a la degradación de los alcornoques. Los principales problemas están relacionados con la sobreexplotación o con el manejo inadecuado de los árboles: descorche demasiado temprano, recurrente o alto, descorche en días de lluvia o con viento seco, da-

ños en la capa madre por una mala extracción del corcho (Figura 49) o podas excesivas para obtener leñas. Otras malas prácticas incluyen el sobrepastoreo, la focalización exclusiva de la gestión en el aprovechamiento corchero sin prestar atención a la regeneración de la masa, la quema recurrente del suelo para mantener el uso pascícola, los desbroces con remoción del suelo en áreas de pendiente moderada o alta y los laboreos recurrentes, especialmente cuando se aplican bajo la copa de los árboles, en zonas adhesadas (SUBERNOVA, 2005). Algunas de estas prácticas, en especial las que afectan a la calidad del suelo, son un grave impedimento para abordar la regeneración natural o artificial de las masas, al modificar la estación hasta el punto de hacerla inviable para nuevos alcornoques (Montero y López, 2008).

- **Abandono de la gestión.** Los alcornoques se sitúan en áreas fuertemente antropizadas desde hace milenios, por lo que las masas actuales son el resultado de una larga interacción con el ser humano. El abandono de la gestión suele conducir progresivamente hacia una sobredensificación de las masas, con una serie de consecuencias negativas: incremento de la vulnerabilidad frente a incendios forestales, pérdida de vitalidad y capacidad de reproducción sexual y la dificultad creciente para poder realizar una intervención rentable para reactivar la gestión. En el caso de las masas adhesadas o



Figura 49. Daños en la capa madre por una mala extracción del corcho.

abiertas, el abandono de la gestión da lugar a una proliferación excesiva del matorral que compite con el alcornoque, impide la regeneración natural, incrementa la vulnerabilidad de la masa frente a incendios forestales y dificulta el aprovechamiento futuro (Figura 50).

La Figura 51 muestra las relaciones entre las principales causas de degradación de los alcornocales. En casos excepcionales, los alcornoques degra-

dados pueden tener su origen en una importante limitación estacional, como puede ser el límite altitudinal superior o la escasa profundidad y alta pedregosidad del suelo, frecuentemente asociadas a la fuerte pendiente, que dan lugar a árboles de muy escasa talla o espesura. En estas situaciones no cabe ninguna actuación de mejora, la talla y la espesura no mejorarán por la acción de los resalveos (Vericat *et al.*, 2012).



Figura 50. Alcornocal en el que no se ha realizado ningún tipo de gestión desde hace años. Se trata de un rodal del proyecto Life+SUBER antes de implementar la actuación de recuperación de alcornocales degradados.

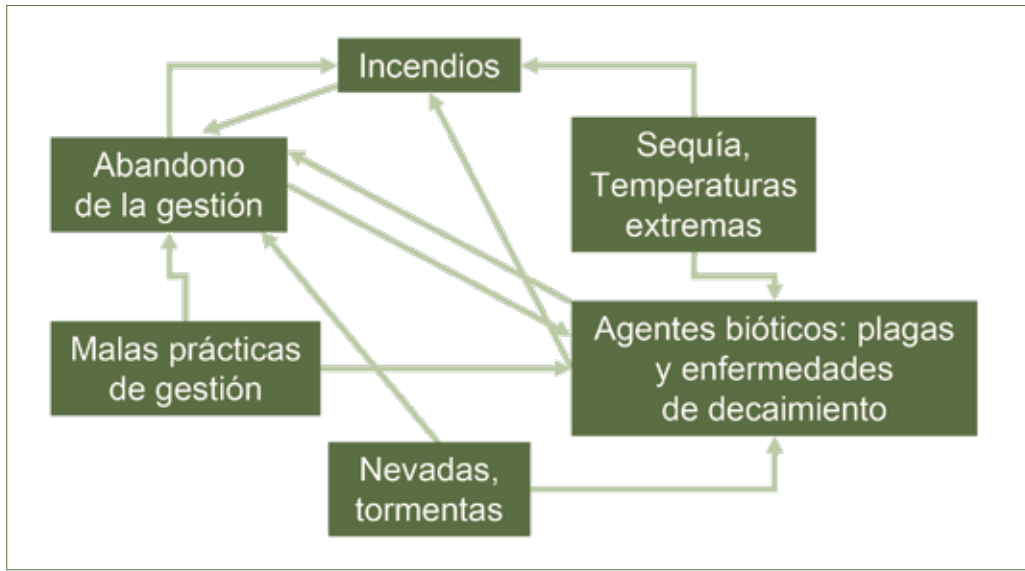


Figura 51. Diagrama de relaciones entre las principales causas de degradación de los alcornoques.

Prácticas de restauración de alcornoques degradados

La restauración de alcornoques busca corregir los indicadores de degradación, sea cual sea su causa, para recuperar la vitalidad de las masas. A continuación, se describen las principales intervenciones que se proponen para la restauración de alcornoques degradados, a partir de bibliografía y de la propia experiencia tras los trabajos sobre restauración de alcornoques degradados realizados en el marco del proyecto Life+SUBER entre los años 2014 y 2018.

Cabe destacar que estas actuaciones se justifican básicamente en calidades de estación alta, ya que es donde hay más garantías de obtener éxito a largo plazo.

- Intervenciones de reducción de la competencia: los desbroces, resalveos, claras y entresacas permiten mejorar el vigor y la fructificación de los alcornoques, al reducir la competencia por el agua. Además, estas intervenciones permiten mejorar la estructura de las masas desde el punto de vista de la vulnerabilidad frente a incendios forestales. Los criterios a seguir son los establecidos en la gestión para la adaptación de alcornoques al cambio climático (Sección I de la guía).
- Actuaciones propias de la restauración de alcornoques:
 - Cortas sanitarias: eliminación de pies enfermos o de bajo vigor, así como de los afectados por incendios que han perdido su viabilidad o muestran un rebrote de

bajo vigor limitado a la copa (Vericat *et al.*, 2012). En este caso después de 2-3 años de la corta deberá realizarse un resalveo.

- ▶ Rejuvenecimiento de las masas: fomento de la fructificación y la regeneración sexual, interviniendo en la estructura de las masas para facilitar el reclutamiento.
- ▶ Plantación o siembra de densificación: consiste en la instalación artificial de nuevos brinzales, preferentemente de rodales identificados y seleccionados y de procedencia local, que está caracterizada por un elevado coste en el caso de la plantación y por un éxito predominantemente bajo limitado por la predación en el caso de la siembra. El éxito de la plantación y de la siembra depende en gran parte de la instalación de sistemas de protección frente a los daños causados por la fauna. En caso de degradación edáfica severa y problemas de erosión activa, también se puede plantear la introducción de especies más frugales, como por ejemplo el pino carrasco o piñonero (Linares y Fariña, 2001). Sobre esta intervención se hace una atención especial, con un apartado específico.
- ▶ Descorche de pies quemados: el primer descorche tras un incendio se deberá realizar como mínimo a los tres años, para no provocar más estrés al árbol. El descorche

es imprescindible para retirar el corcho quemado y fomentar la producción de un nuevo corcho libre de defectos (Figura 52).

Como recomendación, se debe esperar a que al menos se haya recuperado un 75% del volumen de copa y a que el corcho tenga un calibre que permita un descorche seguro, de al menos 20 mm. Para una buena organización de la campaña de saca de corcho, se recomienda realizar el descorche en el inicio de temporada (Berdón *et al.*, 2015).



Figura 52. Descorche de pies quemados 5 años después del incendio del 2012 en el Alt Empordà.

Densificación de las masas de *Quercus suber*

Aun partiendo de la convicción de que la regeneración natural es el proceso más eficaz y necesario en la gestión de las masas forestales, en algunos casos nos encontramos con alcornoques degradados donde la regeneración natural es muy escasa, pudiendo amenazar la persistencia de la masa.

Entonces, debemos recurrir a los procesos de reforestación artificial, sea a través de siembra o de plantación, con el objetivo de hacer aparecer nuevas masas más vigorosas, más funcionales y resilientes.

En el caso de alcornoques quemados, una vez realizados los trabajos

de retirada de vegetación afectada por incendio, se puede plantear una reforestación de soporte, para densificar la masa en algunos puntos, pero, antes de tomar esa decisión, hay que estar atentos a cómo evoluciona la masa, ya que en algunos casos la regeneración puede llegar a ser muy abundante, como pasó en buena parte de los alcornoques quemados durante el incendio del año 2012 en el Alt Empordà (Figuras 53 y 54).

Elección del Material Forestal de Reproducción (MFR)

Una vez considerada la necesidad de realizar una repoblación, debemos tener en cuenta qué tipo de MFR queremos usar. En repoblaciones en que el objetivo preferente es protector, el MFR



Figura 53. Rodal de actuación del proyecto LIFE+SUBER situado en el Alt Empordà y afectado por el incendio del 2012, donde después de 3 años se observa un abundante regenerado natural.



Figura 54. Detalle de regenerado después de un incendio.

a utilizar debe garantizar, sobre todo, la adaptación de la planta a las condiciones del medio en el que va a vivir. Esta adaptación se consigue mediante la elección de la región de procedencia del material. Si además se demanda del MFR otras características como un vigor determinado, unas propiedades concretas de madera o forma del tronco o de la copa, se deberá exigir un material con mayor ganancia genética (Pemán y Navarro, 1998) y proceder su selección en masas o rodales selectos o la elección del material en un huerto semillero o por clones testados.

La comercialización y certificación del **MFR en España vienen reguladas según Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo**, sobre comercialización de los Materiales Forestales de Reproducción (Boletín Oficial del Estado núm. 58, de 8 de marzo de 2003) y sus

modificaciones del RD 1220/2011 de 5 de septiembre. En esta normativa se exponen las pautas de obligado cumplimiento que deben seguir los productores y proveedores en la certificación y comercialización de MFR. Con ello se certifica una gestión sostenible y una mejora y conservación de los recursos genéticos forestales, de manera que se asegure que los materiales forestales de reproducción que se usen sean de alta calidad, así como adecuados a las condiciones del medio en el que se empleen.

El MFR se define como los frutos y semillas, partes de plantas y plantas que se utilizan para multiplicar las especies forestales y sus híbridos artificiales, y se subdividen en cuatro grupos en función de su categoría genética: **identificados, seleccionados, cualificados y controlados**, siendo estos últimos

los que deben cumplir mayores requerimientos y los que presentan mayor selección y menor variabilidad.

El MFR se obtiene del material de base (MB). Los tipos de MB aprobados actualmente son: fuentes semilleras, huertos semilleros, clones, rodales selectos, progenitores de familia y mezcla de clones.

En la web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación podemos consultar el *Catálogo nacional de materiales de base*.

La siembra de bellotas de alcornoque

La siembra es una práctica tradicional de restauración forestal que perdió interés durante la segunda mitad del siglo XX, a medida que las plantas en contenedor se convirtieron en el formato predominante (Reque y Martín, 2015). En cambio, en los últimos años, la opción de la siembra está volviendo a tener interés en áreas templadas.

Ventajas de la siembra de bellotas

Las principales ventajas de la restauración forestal de alcornoque mediante la siembra *versus* la plantación son las siguientes:

- ▶ Coste notablemente más bajo: el precio de adquisición, transporte, almacenamiento e instalación de las semillas es notablemente inferior al de las plantas. El ahorro de la siembra respecto la plantación puede ser

desde el 30-40% (King y Keeland, 1999) hasta más del 65% (Bullard *et al.*, 1992) o 75% (Madsen y Löf, 2005).

- ▶ Preparación del terreno menos intensiva: es posible hacer restauración forestal de áreas inaccesibles para la maquinaria regular o adaptada y en suelos vulnerables a erosión.
- ▶ Aspectos fitosanitarios y contaminación genética: menor posibilidad de transporte de enfermedades y de hongos exógenos a las áreas restauradas (Sánchez *et al.*, 2005).
- ▶ Similitud con el proceso natural de regeneración (que favorece la selección natural y una mejor adaptación al medio).
- ▶ Elevado desarrollo del sistema radical de forma natural: la siembra otoñal permite desarrollar la raíz pivotante en profundidad durante los meses más húmedos, de manera que, al llegar la temporada seca, tiene acceso a las zonas más húmedas del suelo. Hay que tener en cuenta que, en los primeros estadios de la planta, los alcornoques destinan el 90% de los recursos a desarrollar el sistema radical y solo el 10% a desarrollar el sistema aéreo. La planta en contenedor, en cambio, no puede desarrollar la raíz pivotante (por el efecto de repicado de los contenedores), y la cultivada a raíz desnuda pierde gran parte de la raíz pivotante en el momento de

ser arrancada. Como consecuencia, el sistema radical de una planta de vivero es más superficial de lo que sería en condiciones naturales, con lo cual es más susceptible al déficit hídrico, al no poder acceder a las capas profundas del suelo.

- ▶ Elevada tasa de supervivencia de las plantas sembradas: la planta proveniente de bellota tiene supervivencias durante los primeros periodos vegetativos superiores al 50%, y a menudo cerca del 100% (Mendoza *et al.*, 2009; Matías *et al.*, 2009).

Inconvenientes de la siembra de bellotas

Aunque estas ventajas son evidentes, la siembra continúa sin ser una técnica relevante en restauración, debido principalmente a los siguientes inconvenientes:

- ▶ Mayor incertidumbre respecto a la disponibilidad de semillas (especialmente en el caso de las especies veceras y con semilla recalcitrante, que no se pueden almacenar durante períodos prolongados) y respecto a la determinación del potencial germinativo de la semilla, que es más difícil de evaluar que la calidad de la planta.
- ▶ Predación de semillas: las bellotas son especialmente apreciadas por roedores (ratones, topes, ardillas, conejos) y jabalíes, debido a su alto contenido nutritivo. Además, hay

otras posibles amenazas localmente relevantes, como pueden ser el corzo, las aves y los insectos, en especial el balanino (*Curculio elephas*), un coleóptero cuyas larvas perforan la bellota para su alimentación. Aunque existen diferentes sistemas para proteger las semillas de la predación, estos no son muy conocidos. En esta guía se presentan algunos de estos sistemas.

- ▶ Competencia de la vegetación establecida, especialmente las herbáceas. Mayor necesidad de trabajos culturales de mantenimiento en el primer año.
- ▶ Mortalidad por heladas tardías o sequía estival, por lo tanto, una mayor vulnerabilidad de las plántulas en los primeros estadios después de la germinación.

El balance entre ventajas e inconvenientes de la siembra y la plantación es, por lo tanto, muy dependiente de las condiciones particulares de cada tipo de restauración, aunque se puede concluir que la siembra puede ser una manera muy eficiente de hacer restauraciones forestales con alcornoques, especialmente en áreas en las que el empleo de maquinaria para la preparación del suelo está limitado por la accesibilidad (rodales dispersos de pequeñas dimensiones), la transitabilidad (presencia de pies adultos o fuerte pendiente) u otras restricciones ambientales o técnicas, siempre y cuando se pueda controlar la depredación de una manera efectiva y un coste bajo.

Recomendaciones para la siembra de bellotas de alcornoque

A continuación, se indican los principales aspectos a tener en cuenta a la hora de realizar una siembra, a partir de bibliografía y de las aportaciones del Comité de expertos del proyecto Life+SUBER.

- El tamaño de la bellota es un aspecto muy importante, ya que tiene un efecto directo en la longitud y vigor de las raíces. Es importante que las bellotas tengan el máximo peso posible.
- Si las bellotas no se encuentran pregerminadas se aconseja que estén bien hidratadas por inmersión en agua durante 48 horas (Gómez *et al.*, 2016). También se recomienda sumergir las bellotas en agua para descartar aquellas que floten, lo cual indica que no son viables.
- La profundidad de siembra es aconsejable que sea de entre 5 y 7 cm.
- Para facilitar la siembra, el Grupo Sylvestris ha desarrollado una sembradora manual que facilita los trabajos y permite sembrar a la profundidad de entre 5 y 7 cm. Aunque no se comercializa, se pueden fabricar a partir del croquis que proporciona el propio Grupo Sylvestris (Figura 55).
- Otro aspecto importante es el número de bellotas por cada punto de siembra. Teniendo en cuenta el poco gasto que supone la adquisición de bellotas, en general se recomiendan dos bellotas por cada punto de siembra para incrementar las probabilidades de éxito y minimizar el impacto de posibles problemas de falta de germinación.
- Para garantizar la máxima viabilidad de las bellotas, se aconseja realizar



la siembra justo después de haberlas recolectado. La difícil conservación de la bellota en cámara y los ataques de balanino no recomiendan las siembras tardías más allá de enero. Otro aspecto que refuerza esta recomendación es el poco tiempo que la planta tendría para desarrollar un sistema radicular potente para poder afrontar el estrés hídrico del verano.

- En zonas quemadas de gran superficie y en que no se prevé conseguir regenerado natural, conviene sembrar cuanto antes. Cuanto más se aleja la siembra del año del incendio, mayor competencia por parte de las herbáceas y otras plantas, y mayor presencia de predadores.

- En relación a la germinación, en caso de que salgan dos brotes, conviene esperar a la segunda savia para retirar el menos vigoroso.
- Según una experiencia de la Universidad de Huelva, en las parcelas con condiciones de semisombra (F_{cc} entre el 40 y el 80%) el porcentaje de supervivencia a lo largo de tres años es mayor que en las parcelas con condiciones de sombra ($F_{cc} > 80\%$) o de solana ($F_{cc} = 0\%$), aunque las condiciones de solana pueden favorecer un mayor crecimiento de las plantas en altura.
- Uso de protectores antipredación.



Figura 55. Sembradora Sylvestris.

Técnicas para evitar la predación de bellotas

Para evitar o mitigar la predación se pueden emplear diferentes sistemas de protección de semillas forestales, que se agrupan de la siguiente manera:

a) Protección física individual (o de 2-3 bellotas sembradas juntas)

En los últimos años se han desarrollado dos tipos de protectores físicos, los cuales se han implementado en el marco del proyecto Life+SUBER.

Protector Seed Shelter

Patentado por la Universidad de Granada y licenciado por Grupo Sylvestris SL, consiste en un octaedro truncado de polipropileno de 0,8 mm de espesor, que se monta en el momento de ejecutar la siembra (sobre la base de

dos láminas preformadas que incluyen una serie de ranuras y pestañas y que se montan en pocos segundos), relleno el volumen interior del dispositivo con suelo del mismo hoyo (o, en función de su textura, preferiblemente con turba) y con dos bellotas dispuestas horizontalmente en el centro del protector (Figura 56). El dispositivo se entierra con la parte superior a 2 cm de profundidad. Los agujeros inferior y superior permiten la emergencia de la raíz pivotante y del tallo, respectivamente (Figura 57) (Castro *et al.*, 2015).

Según la propia experiencia de Grupo Sylvestris, este tipo de protector es muy eficaz contra roedores, pero no lo es tanto cuando hay una densidad muy elevada de jabalís y la zona a reforestar es pequeña, como también se ha podido comprobar en la experiencia realizada en el marco del proyecto Life+SUBER.

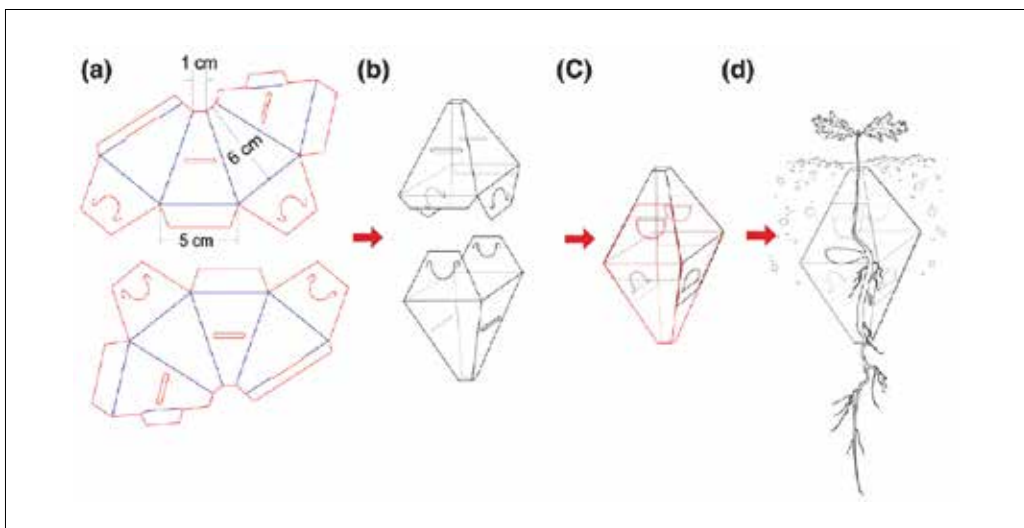


Figura 56. Esquema de montaje e instalación del protector Seed Shelter (Castro *et al.*, 2015).



Figura 57. Protector Seed Shelter ya montado con las bellotas y la tierra.

En estos casos lo más apropiado es poner otro tipo de protector mucho más robusto (mallazo metálico con 3-4 tutores), aunque tiene un coste mucho más elevado. Dentro de estos protectores es posible instalar el protector Seed Shelter para proteger las bellotas de los roedores.

En la Figura 58 se compara la predación de bellotas en las siguientes situaciones: con y sin vallado, y con y sin protector Seed Shelter. Se puede observar que con el protector Seed Shelter no se produce predación de bellotas por parte de pequeños roedores, ni de ardillas, ni ratas, independientemente de si está o no vallado. En cambio, en el caso del jabalí sí se produce predación de bellota cuando no está vallado y casi no se observan diferencias entre usar el Seed Shelter o no usarlo.

Protector de malla

Protector patentado por la Universidad de Valladolid (Reque y Martín, 2015) que consiste en un cilindro de malla

metálica muy fina (1 mm de espesor, 35 cm de altura, 6 cm de diámetro y 6 mm de luz de malla) y degradable a medio plazo. Tiene la base cónica y permite la emergencia del sistema radical. Este modelo incluye una serie de defensas contra los diferentes mamíferos: la base cónica de la malla se une al cilindro con una especie de corona que impide que los roedores puedan acceder a la bellota por debajo del protector; para evitar que puedan entrar desde la boca superior, hay una esfera (agalla o pelota de ping-pong), apoyada sobre tres hilos, que la planta irá sacando del protector a medida que crezca (Figura 59).

Este dispositivo, más complejo y pesado, protege tanto la semilla como la plántula, pero tiene como principal inconveniente su construcción manual muy laboriosa, ya que no se comercializa montado ni se fabrica industrialmente (Figura 60).

El jabalí puede arrancar el tubo, pero, debido a la flexibilidad de este, no es

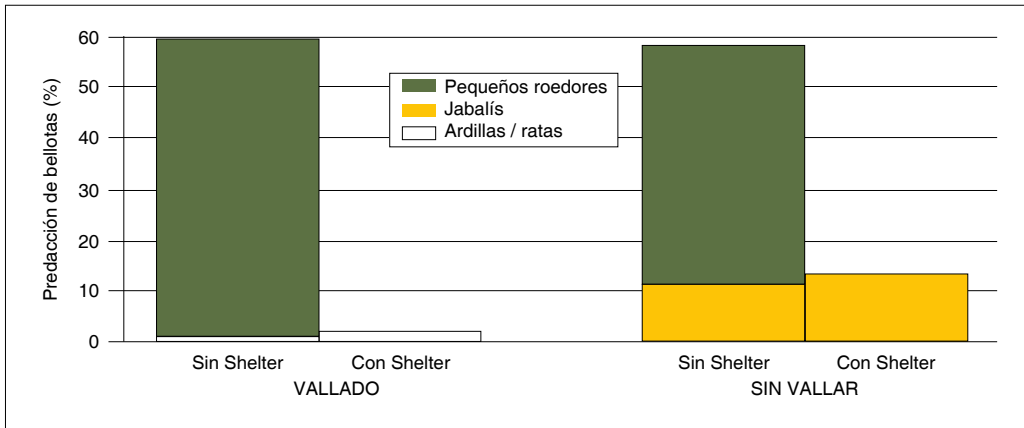


Figura 58. Porcentaje de depredación de bellota por los diferentes tipos de depredadores en relación con la instalación de vallado y el uso de Seed Shelter (Castro *et al.*, 2015).

capaz de extraer la bellota, por lo que acaba desistiendo si la superficie reforestada es muy grande. En superficies pequeñas se recomienda recubrir el protector con restos de corta para dificultar la transitabilidad del jabalí, aunque los roedores no se ven afectados (Leverkus *et al.*, 2013).

El tiempo necesario para construir cada protector es de unos 10 minutos, según experiencia realizada en el proyecto Life+SUBER, de modo que el coste de elaboración y manipulación es más alto que en el caso de los Seed Shelter.

b) Protección química o químico-física

Recubrimiento de la bellota o del suelo que la rodea con un producto que modifique su olor o sabor (amargo o irritante / picante), haciéndolo desagradable para el posible predador. Aunque hay una gran variedad de sustancias, tanto comerciales como de fabricación casera, todas han mostrado un éxito relativo, ya sea porque no son efectivos o

porque dañan a la semilla. Así pues, el reto de los productos repelentes es evitar la depredación de manera eficiente sin afectar negativamente a la capacidad de germinación de la semilla.

Algunos de los productos que han probado no ser efectivos según bibliografía son el alcanfor, estiércoles secos, queroseno, terpentina, benzoato de denatoni y varios extractos vegetales y animales.

c) Protección colectiva

Se trata de instalar una valla, electrificada o no, en el perímetro de una zona amplia sembrada, que impida el acceso al jabalí. Cabe decir que este es un sistema muy caro e inaplicable en muchas de las estaciones forestales.

Otra alternativa para asegurar el éxito de la siembra podría ser hacer una siembra con una densidad muy elevada (cuatro veces más de la densidad esperada), aunque no siempre es una

solución efectiva, y si es posible esperar a un año de buena cosecha, ya que, si hay mucha bellota en el monte, la fauna busca mucho menos la bellota en las zonas de repoblación.

Finalmente, se recomienda una preparación de terreno de muy baja intensidad, pues el jabalí se ve atraído por el suelo removido.

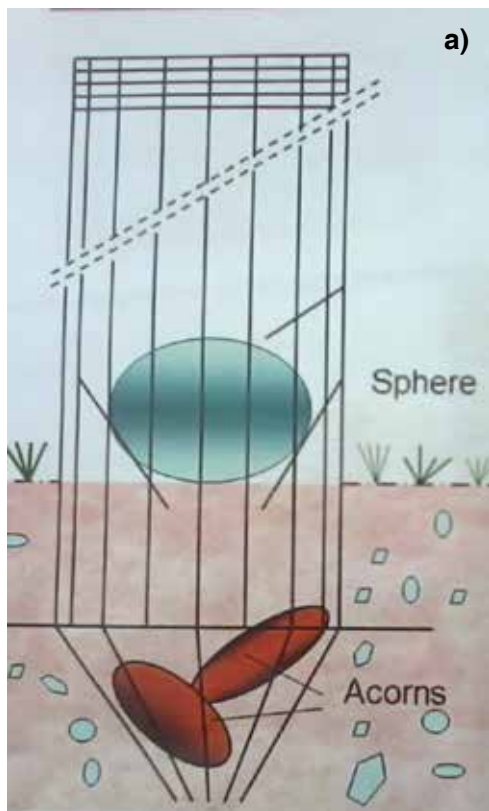


Figura 59. Esquema y aspecto del protector «Universidad de Valladolid».

a) Vista lateral del protector. b) Protector parcialmente no enterrado con raíces emergentes en el mes de febrero (Reque y Martín, 2015).



Figura 60. Siembra con el protector de malla en Can Iglesias, rodal de actuación del proyecto Life+SUBER.

La plantación

La plantación es el proceso por el que se implantan en el monte las plantas producidas en vivero para que se desarrollen formando en un futuro una masa forestal productiva y estable.

En general, se puede plantar a raíz desnuda o en contenedor. Las plantas a raíz desnuda son plantas cultivadas en vivero directamente sobre el terreno y que salen al monte sin un cepellón de tierra que cubra su sistema radical. Son plantas que tienen un período de plantación muy corto, es decir, que su plantación está condicionada por la época del año. En el caso del alcornoque, esta opción es poco habitual por la poca disponibilidad de planta con este sistema y la dificultad del manejo que requiere una inmediatez entre el arrancado y la plantación.

La planta en contenedor es producida en envases especiales, rellenos de un sustrato adecuado, que forman un cepellón alrededor de la raíz. Debe tenerse en cuenta que la planta cultivada de un año suele venir en bandejas forestales. Los alvéolos de estas bandejas son poco profundos y limitan el crecimiento pivotante de la raíz (Gómez *et al.*, 2016), lo cual es clave para los alcornoques que dependen de un desarrollo temprano de la raíz principal para escapar de la sequía (Figura 61).

- Manejo de la planta

Es muy importante el manejo de la planta desde su salida del vivero hasta la zona objeto de repoblar.



Figura 61. Planta de alcornoque en contenedor.

Para evitar una desecación de la planta o calentamientos que puedan desembocar en fermentaciones, será de mucha importancia proteger la planta. Si el transporte se realiza al descubierto la planta deberá estar protegida con embalajes. Si el trayecto es largo, este debe realizarse con vehículos cubiertos (Bernal y Ojeda, 2010). Se recomienda ir comprobando que la tierra esté lo suficientemente humedecida para evitar la desecación. Una vez la planta esté en el monte, esta se debe almacenar en algún lugar resguardado del frío, fuertes vientos, calor y predadores.

- Métodos de plantación

Dependiendo de los medios disponibles o de la morfología del terreno, la plantación podrá realizarse por medios manuales que se basan en abrir una cata, cuanto más grande mejor, recomendando un mínimo de 40 x 40 x 40 cm (De María *et al.*, 2003), con la ayu-

da de una azada de boca estrecha o de otra herramienta similar.

Otra opción a la plantación manual con azada es hacer los surcos con una retroexcavadora. Así nos aseguramos de que las dimensiones del surco serán las adecuadas.

Un buen método para aprovechar el agua de la lluvia y con el objeto de ayudar a la supervivencia de la planta es cavar un poco alrededor de la planta, hacer una especie de caballón con el propósito de que el agua quede retenida y así proteger la plantación frente la sequía.

- Protección contra daños producidos por animales

Donde se ha comprobado la presencia de animales en número suficiente para suponer un riesgo a la repoblación es necesario asegurar su protección. Existen básicamente dos sistemas: los

cerramientos o los protectores individuales.

El cerramiento consiste en cerrar toda el área de repoblación. Es un sistema efectivo, pero caro en su construcción y mantenimiento (Pemán y Navarro, 1998).

Ante esta situación y la imposibilidad de cercar todo el monte, se plantea como solución el uso de protectores individuales. Existen en el mercado protectores de diseños comerciales de bajo coste, siendo los costes de mano de obra (instalación y mantenimiento) los más importantes. Cuanto mayor sea la altura de protección los costes aumentan.

Se trata, en general, de tubos de malla plástica o metálica, de hasta 2 m de altura, que se entierran parcialmente en el suelo y se sujetan con un tutor, para evitar que el ganado o la fauna dañen la planta (Figura 62).



Figura 62. Plantación de alcornoques con protector en el Montnegre - Corredor.

Casos prácticos de gestión para la restauración de alcornocales degradados

Actuaciones implementadas en el proyecto Life+SUBER

Se han realizado actuaciones de restauración de alcornocales degradados en 4 rodales, uno en cada ámbito de distribución del alcornocal en Catalunya (Alt Empordà, Gavarres, Montseny — Guillerries y Montnegre — Corredor). Todos los rodales son de 3 ha y situados en zonas de calidad de estación alta.

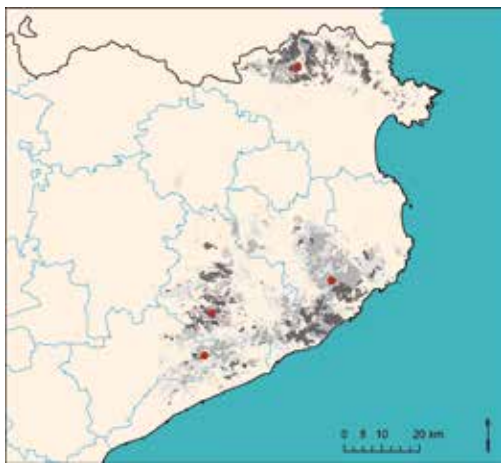


Figura 63. Localización de los 4 rodales en los que se han implementado actuaciones de restauración de alcornocales degradados.

Objetivos y definición de las actuaciones

El objetivo es la recuperación de alcornocales degradados, ya sea por

que han sufrido el paso de un incendio o porque llevan años sin ninguna actuación silvícola y sin ningún tipo de aprovechamiento. Concretamente, en el proyecto se ha actuado en tres rodales afectados por incendios (el rodal del Alt Empordà fue afectado por un incendio el año 2012, el de Les Gavarres por un incendio el año 2003, y el del Montseny por un incendio el año 1994, todos ellos sin ningún tipo de intervención posterior) y un rodal, el del Montnegre-Corredor, en el que no se había practicado ninguna intervención silvícola desde los años 1960-65.

Se pretende recuperar el potencial productivo de estas masas y hacerlas más vitales, resilientes y resistentes frente a las múltiples amenazas que pueden afectar su persistencia y capacidad productiva. En general se proponen estructuras de masa irregularizada con una fracción de cubida cubierta de entre 60 y 70%, para evitar la proliferación excesiva del matorral y así ayudar a mejorar la estructura de la masa desde el punto de vista de la vulnerabilidad frente a incendios forestales.

Los trabajos silvícolas realizados han consistido en un desbroce selectivo (con peso variable de cubierta arbustiva a eliminar desde el 90-100% hasta el 40-60%), una clara selectiva para eliminar pies con capacidad productiva dañada, podas de formación de los rebrotes postincendio para fomentar la calidad del corcho futuro creando un fuste sin ramas de una altura que facilite el aprovechamiento corchero, resalveos en los rodales con matas, de al-

cornoque o encina, con varios rebrotes y el tratamiento de los restos vegetales para evitar el riesgo de incendio (en general tronzado corto in situ para facilitar la rápida descomposición e incorporación al suelo).

En el rodal del Montseny también se realizó una siembra de densificación, ya que se detectó un claro con una densidad muy baja de arbolado. Para reducir el riesgo de depredación se utilizaron los dos tipos de protectores de semillas explicados anteriormente (protector Seed Shelter y protector de malla).

Resultados principales

Todas las intervenciones diseñadas para cada uno de los cuatro rodales se realizaron durante la parada vegetativa de 2015/2016, evitando la época de reproducción de las principales especies de fauna presentes. Paralelamente, se realizó el seguimiento de los parámetros silvodasométricos para monitorizar las intervenciones desde antes de su ejecución y hasta dos años después. La **Figura 64** muestra el cambio en el aspecto de un rodal de actuación.

Analizando la evolución de la distribución diamétrica (**Figura 65**) se observa cómo, después de dos años, la distribución diamétrica por CD se ha mantenido aproximadamente igual, pero con una reducción de la densidad total. Las CD20 y CD25 son las que han tenido un aumento de densidad.



Figura 64. Aspecto antes de las actuaciones, después y al cabo de dos años, del rodal de actuación de Can Mainouet, Montnegre-Corredor.

Referente a la composición específica (**Tabla 10**), se observan cambios significantes para *Quercus suber* que aumenta su porcentaje superando el 80%. Para el caso de las coníferas los tratamientos suponen una disminución considerable. Finalmente, las demás frondosas sufren también una disminución, aunque su presencia porcentual se mantiene superior al 10%, considerándose así la masa como una formación pura de alcornoque.

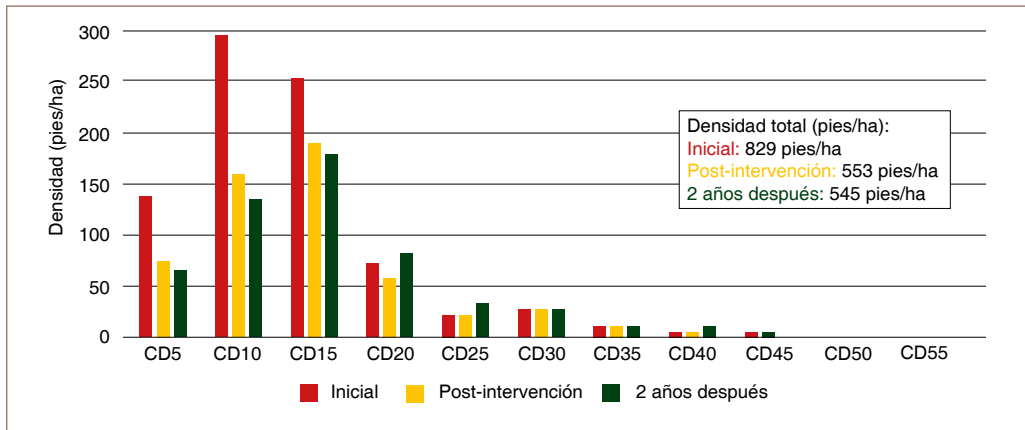


Figura 65. Distribución diamétrica media de alcornoque en los rodales con objetivo de recuperación del potencial productivo, antes de las actuaciones, después y al cabo de dos años.

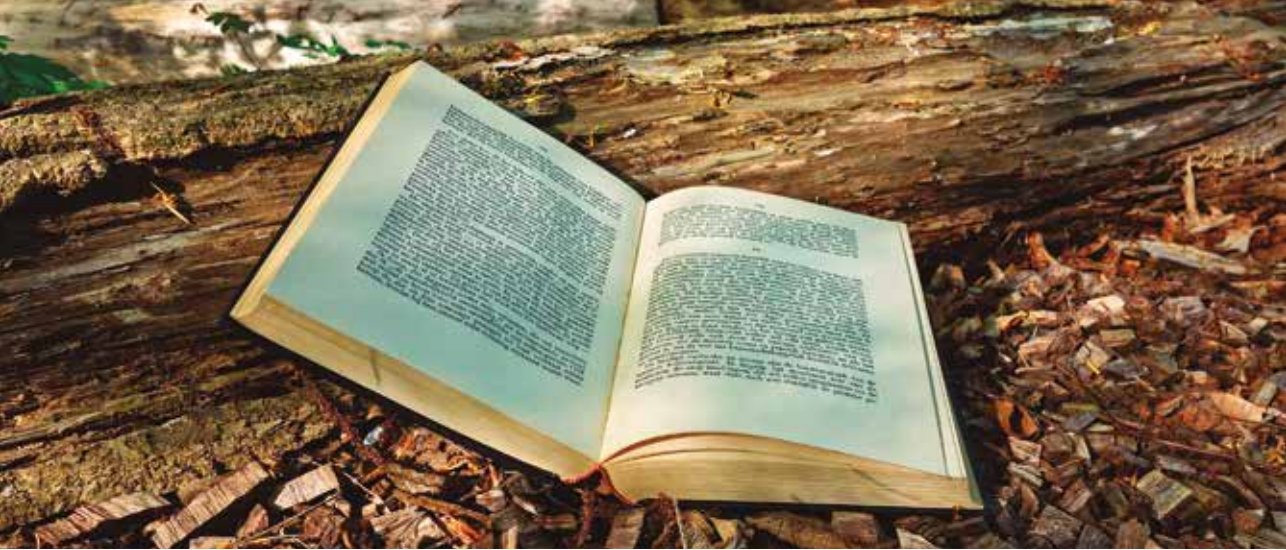
Finalmente, analizando la evolución de la Fcc (Tabla 11), con el objetivo de ver el efecto de los tratamientos sobre la estructura de copas, se puede observar que después del tratamiento hay una reducción de aproximadamente un 20%. Dos años después del tratamiento esta variable aumenta ligeramente, posiblemente por la liberación de competencia que ha conducido a que los pies que quedaron han podido desarrollar más su copa.

Tabla 11. Evolución de Fracción de cabida cubierta (Fcc) media calculada con fotos hemisféricas para los rodales con objetivo de recuperación del potencial productivo del alcornoque

	Fcc
Antes de las actuaciones	79%
Después	60%
Al cabo de dos años	66%

Tabla 10. Porcentaje de área basimétrica media según composición específica para los rodales con objetivo de recuperación del potencial productivo del alcornoque

	Quercus suber	Coníferas	Otras frondosas
Antes de las actuaciones	76%	7%	17%
Después	84%	3%	13%
Al cabo de dos años	83%	3%	14%



Bibliografía

- Berdón, J.; Bernal, C.; Cardillo, E.; Encinas, M. 2015. *Restauración de Alcornocales Incendiados*. CICYTEX – Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón, Mérida. 37 p.
- Bernal, N.; Ojeda, J.P. 2010. *Manual de buenas prácticas sobre la regeneración del monte alcornocal*. AGRESTA. Madrid. 116 p.
- Bullard, S.H.; Hodges, J.D.; Johnson, R. L.; Straka, T. J. 1992. *Economics of direct seeding and planting for establishing oak stands on old-field sites in the South*. South J Appl For 16:35-40.
- Castro, J.; Leverkus, A.; Fuster, F. 2015. *A new device to foster oak forest restoration via seed sowing*. New Forests, 46 (5): 919-929.
- De María, A.; Touriño, L.; Manzano, I.; Domínguez, M. 2003. *Técnicas de Gestión Forestal Sostenible en la Repoblación Forestal*. SILVANUS Galicia. Santiago de Compostela. 173 p.
- Gómez, P.J.; Jiménez, M.N.; Navarro, F.B.; Fernández, P.; Carbonero, M.D.; Muñoz, M.L.; Caño, A.B. 2016. *La regeneración del arbolado en la dehesa*. IFAPA. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 90 p.
- King, S. L.; Keeland, B. D. 1999. *Evaluation of reforestation in the lower Mississippi River Alluvial Valley*. Restoration Ecology. p. 7: 348-359.
- Leverkus, A.B.; Castro, J.; Puerta-Piñero, C.; Rey Benayas J.M. 2013. *Suitability of the management of habitat complexity, acorn burial depth, and a chemical repellent for post-fire reforestation of oaks*. Ecol Eng 53:15-22.
- Linares, L.; Fariña, J. 2001. *Estado actual y propuestas de gestión del alcornocal en montes del PN Los Alcornocales (Cádiz)*. En: III Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Granada.
- Madsen, P.; Löf, M. 2005. *Reforestation in southern Scandinavia using direct seeding of oak (Quercus robur L.)*. Forestry 78:55-64.
- Matías, L.; Mendoza, I.; Zamora, R. 2009. *Consistent pattern of habitat and species selection by post-dispersal seed predators in a Mediterranean mosaic landscape*. Plant Ecol. 203, 137-147.
- Mendoza, I.; Zamora, R.; Castro, J. 2009. *A seeding experiment for testing tree community recruitment under variable environments: implications for forest regeneration and conservation in Mediterranean habitats*. Biol. Conserv. 142, 1491-1499.
- Montero, G.; López, E. 2008. *Selvicultura de Quercus suber L.* En: Serrada, R.; Montero, G.; Reque, J. A. (eds.). Compendio de selvicultura aplicada en España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid, p. 778-825.
- Nebot, E.; Piqué, M.; Villar, M.; Frigola, P.; Laporta, X. 2013. *Integració del règim i tipus d'incendis en la gestió de les suredes a l'Alt Empordà: quin model de gestió seguir?*. En: Tusell, J. M.; Vericat, P. (eds.). XXX Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Consorci Forestal de Catalunya. Santa Coloma de Farners, p. 59-68.
- Pemán, J.; Navarro, R. 1998. *Re poblaciones forestales*. Servei de publicacions de la Universitat de Lleida. Lleida. 400.
- Reque, J. A.; Martin, E. (2015). *Designing acorn protection for direct seeding of Quercus species in high predation areas*. Forest Systems 24(1): e018.
- Sánchez, M.E.; Andicoberry, S.; Trapero, A. 2005. *Pathogenicity of three Phytophthora spp. causing late seedling rot of Quercus ilex ssp. ballota*. For Pathol 35:115-125.
- SUBERNOVA. 2005. *Código Internacional de Prácticas Suberícolas*. Proyecto SUBERNOVA, Évora y Mérida, p. 13.
- Vericat, P.; Piqué, M.; Serrada, R. (eds.). 2012. *Gestió adaptativa al canvi global en masses de Quercus mediterrànies*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona. 172 p.



Sección IV

Gestión para el control integral de plagas del alcornoque

Antonio Torrell
Josep Maria Riba

Patologías del alcornoque

Se dividen en dos tipos, enfermedades y plagas, las cuales afectan en mayor o menor grado a los alcornoques. Muchas de ellas provocan un debilitamiento del arbolado, algunas deterioran el corcho y otras llegan a ser letales. Para su prevención y control se recomienda aplicar la gestión integrada de plagas (GIP), siempre con la finalidad de mantener los niveles poblacionales de los patógenos por debajo de sus umbrales de producir daños significativos.

En la aplicación de la GIP se antepondrán, siempre que sea posible, los métodos biológicos, biotecnológicos, culturales y físicos a los medios quími-

cos. En caso de resultar necesaria una intervención con productos químicos, las materias activas a utilizar deben ser lo más compatibles posible con organismos no objeto de control, así como presentar el menor peligro posible para humanos y ganado y generar el menor impacto sobre el medio ambiente en general.

Tanto las feromonas como los productos fitosanitarios utilizados en los tratamientos deben estar autorizados para su uso concreto en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.



Enfermedades

Escaldado (*Diplodia corticola*)

Chancro carbonoso (*Biscogniauxia mediterranea*)

Podredumbre radical asociada a *Phytophthora cinnamomi*

Escaldado (*Diplodia corticola*)

Es una enfermedad caracterizada por provocar unos chancros que se forman sobre la superficie descorchada del alcornoque. La dispersión de las esporas se produce mediante la lluvia, el viento o las herramientas de poda o descorche infectadas; es por ello que las lesiones generalmente vienen asociadas a heridas de descorche.

El hongo causa la muerte de los vasos conductores en las zonas más extensas del tronco y en los tejidos regeneradores del corcho. Las lesiones vienen acompañadas de un marchitamiento y una pérdida progresiva de las hojas y la muerte de las ramas. Habitualmente las heridas causadas no comprometen la vitalidad del árbol, pero afectan seriamente a la producción de corcho de calidad, y en los casos en los que

el ataque es muy grave el alcornoque puede llegar a morir. Por este motivo es muy recomendable realizar tratamientos fungicidas después del descorche, especialmente si la meteorología es húmeda.

Medidas de prevención

- Evitar heridas en la corteza en troncos y ramas, especialmente en época de lluvias.
- Desinfectar las herramientas.
- Reducir la intensidad y el número de podas.
- Mantener el arbolado vigoroso y no sometido a estrés para dificultar la progresión de la enfermedad.
- Aplicar productos fungicidas inmediatamente después de realizar el descorche o la poda.



Figura 66. Alcornoceros afectados por *D. corticola*.

Chancro carbonoso (*Biscogniauxia mediterranea*)

Esta enfermedad puede afectar a varias frondosas, siendo *Q. suber* y *Q. ilex* las más susceptibles. Es un patógeno oportunista asociado al decaimiento de los árboles, que aprovecha el debilitamiento por sequía o infecciones radiculares para extenderse y llegar a causar la muerte.

La sintomatología típica es la presencia del estroma carbonoso en grietas longitudinales de la corteza. La afectación suele empezar por las ramas terminales y posteriormente va afectando a las partes inferiores hasta llegar al tronco.

Medidas de prevención

- Desinfectar las herramientas de poda.
- Reducir el número de podas.
- Apear o bien podar los árboles o ramas afectadas por el chancro y proceder a su destrucción, preferentemente por quema.
- Clarear la masa.
- Evitar situaciones de estrés hídrico.
- Realizar prácticas culturales adecuadas para vigorizar los pies.



Figura 67. Estromas de *Biscogniauxia mediterranea* en grietas.

Podredumbre radical asociada a *Phytophthora cinnamomi*

Se trata de un patógeno muy virulento que no necesita del debilitamiento del árbol para causar la enfermedad. Provoca la muerte paulatina de raíces absorbentes, incapacitando al alcornoque para obtener agua y nutrientes del suelo. El desarrollo de esta enfermedad desemboca en la muerte del árbol.

Se ha observado que *P. cinnamomi* desempeña un papel significativo en los procesos de la «seca».

Medidas de prevención

- Evitar encharcamientos temporales o permanentes.
- Limitar los movimientos de tierras.
- Desinfectar las herramientas.
- Evitar laboreos bajo la proyección de la copa de los árboles para no producir heridas en las raíces.
- Favorecer el buen estado del arbolado.
- Favorecer la flora bacteriana y fúngica.



Figura 68. Muerte súbita producida por *Phytophthora cinnamomi*.

Plagas ocasionadas por insectos o ácaros

Picadoras-chupadoras

Gallícolas

Defoliadoras, masticadoras y minadoras

Picadoras-chupadoras

Son insectos, principalmente pulgones, cochinillas, pero también ácaros, los cuales se alimentan de los líquidos vegetales internos y de la savia. Si sus ataques son significativos, inducen a un debilitamiento fisiológico en los árboles que los predispone a ser colonizados por insectos perforadores. Algunos ejemplos son: *Asterodiaspis ilicicola*, *Parthenolecanium*, *Kermes ilicis*, *Aceria ilicis*.



Figura 69. *Asterodiaspis ilicicola*.



Figura 70. *Aceria ilicis*.

Cabe destacar el caso de *Kermes vermilio*, puesto que, desde el año 1997, en Catalunya, se vienen apreciando afectaciones importantes tanto en encinas naturales como ornamentales. Los árboles que se ven más afectados son aquellos que crecen de forma aislada o en los márgenes de los campos de cultivo.



Figura 71. *Kermes ilicis*.

Es una cochinilla chupadora que se fija en los ramillos para alimentarse de savia, induciendo el marchitamiento y seca progresiva de las hojas con lo que se provoca una disminución de la capacidad fotosintética del árbol. Climas templados y secos favorecen su ataque.

Medidas de prevención y lucha

- Favorecer el buen estado del arbolado.
- Únicamente se recomienda realizar tratamientos químicos cuando el ataque sea muy intenso y en años consecutivos, ya que habitualmente los enemigos naturales (depredadores, parásitos u hongos entomopar-

tógenos) son capaces de mantener la población de esta cochinilla a niveles tan bajos que no llegan a considerarse plaga. El tratamiento debe realizarse entre finales de junio y principios de agosto, ya que en este momento las ninfas recién nacidas son móviles y todavía no han formado la cubierta de cera que las impermeabiliza y protege del tratamiento.



Figura 72. Copa afectada por *Kermes vermilio*.



Figura 73. Hembras de *Kermes vermilio*.

Gallícolas

Son insectos que inducen a la planta un desarrollo anormal del tejido vegetal a nivel de hoja o ramillo, dando lugar a agallas o cecidias que son malformaciones características de cada especie. En la mayoría de los casos no comprometen la vitalidad de los árboles.

Algunos ejemplos serían: *Dryomyia lichtensteini*, *Andricus hispanicus*, *Platytrochus quercusilicis*.



Figura 74. Cecidias de *Andricus hispanicus*.



Figura 75. Agallas de *Dryomyia lichtensteini* en el envés de hojas de *Quercus ilex* spp. *ballota*. Autor: Luís Fernández García. Font: Wikimedia.org.

Defoliadoras, masticadoras y minadoras

Son lepidópteros cuyas orugas producen daños al alimentarse total o parcialmente de las hojas tiernas y las yemas en árboles sanos. Cíclicamente producen fuertes defoliaciones y a veces se encuentran asociados con varias especies y juntas son las causantes de los daños.

Generalmente no se ve comprometida la vida del árbol, pero intensas defoliaciones afectan al crecimiento del árbol, haciéndolo más susceptible al ataque de otros agentes perjudiciales.

En el caso del alcornoque, fuertes ataques pueden llegar a dificultar e incluso imposibilitar la saca del corcho, tanto por los efectos producidos en el año en curso como en los años posteriores. En los periodos de entresaca estos ataques provocan la depreciación del corcho.

Las especies que originan más daños sobre el alcornoque en Catalunya son:

Lymantria dispar

Es un lepidóptero muy polífago y voraz. La hembra adulta tiene una envergadura de 45-65 mm y 3 cm de longitud, tiene un abdomen muy abultado que le impide volar, por lo que se desplaza caminando. Por el contrario, el macho es un buen volador. Las hembras pasan por seis estadios larvarios antes de crisalidar, mientras que los machos pasan por cinco. En los tres primeros es-



Figura 76. Oruga de *Lymantria dispar* en 6º estadio.

tadios las orugas tienen la cabeza negra y el cuerpo presenta unas manchas simples. En los últimos estadios la oruga alcanza 45-75 mm de longitud y se caracteriza por presentar dos líneas de tubérculos en la parte superior, cuatro pares azules y siete pares rojos.

La dinámica poblacional de este insecto se caracteriza por alternar periodos de varios años de baja incidencia seguidos de otros más cortos en los que sufre una explosión demográfica, con importantes defoliaciones.

La dispersión de la plaga se produce por la acción del viento, que transporta las orugas en sus primeros estadios gracias a los numerosos pelos que recubren su cuerpo.

Tortrix viridana

Es una mariposa de color verde claro y unos 2 cm de envergadura. Cuando se encuentra en forma de oruga forma unos refugios con las hojas o los amentos, unidos por sedas, muy fáciles de observar.

Las orugas se descuelgan de las ramas mediante unos hilos sedosos que, gracias a la acción del viento, utilizan para dispersarse.

Tanto la presencia de los refugios como de los hilos sedosos son fáciles de observar y dan una idea de este tipo de ataque.



Figura 77. Oruga *Tortrix viridana* en 5º estadio.



Figura 78. Daños provocados por *Tortrix viridana*.



Figura 79. Oruga de *Tortrix viridana* en estadio inicial.

Catocala nymphaea* y *Catocala nymphagoga

Son dos especies de lepidópteros de aspecto muy similar. Las alas anteriores tienen tonalidades grisáceas imitando la corteza de los árboles o las hojas secas, y las alas posteriores son de color amarillo o naranja combinado con unas franjas negras. Las orugas de estas especies presentan un marcado polimorfismo.

A inicios de verano y durante el mismo, el vuelo de estas mariposas es muy patente. En ocasiones se forman verdaderas nubes de mariposas en el medio forestal e incluso en las poblaciones cercanas durante la noche, ya que se sienten atraídas por la luz.

También se encuentran en este grupo, pero son de menor importancia por los escasos daños que causan, las siguientes especies:

- Lepidópteros como: *Malacosoma neustria*, *Euproctis chryorrhoea*, *Dryobota labecula*, *Dryobotodes eremita*, *Erannis defoliaria*, *Phalera bucephala*, *Archips xylosteanus* y *Aleimma loefingiana*.
- Coleópteros como: *Altica quercetorum*, *Attelabus*, *Rhynchites* y *Lachnaia*.
- Himenópteros como: *Periclista andrei*.



Figuras 80. Diversas morfologías de las orugas de *Catocala* sp.



Figura 81. *Catocala nimphaea*.

Medidas de prevención y lucha

- Colocar cajas nido para favorecer aves insectívoras y murciélagos.
- Conservar oquedades en troncos para facilitar la instalación de aves insectívoras y murciélagos.
- Aumentar la heterogeneidad de la masa, intercalando otras especies arbóreas entre los *Quercus*, para dificultar la extensión de la plaga.
- Instalar trampas con feromonas específicas, coincidiendo con la época de vuelo de los adultos de cada especie.

- Por lo general es recomendable dejar que las poblaciones de estos insectos se controlen naturalmente, ya que cualquier tratamiento tendría un perjuicio sobre la entomofauna auxiliar. Uno de los depredadores que contribuyen a mantener las poblaciones de estos insectos es el coleóptero *Calosoma sycophanta*.



Figura 82. *Calosoma sycophanta*.

En caso de previsión de pérdidas por graves daños en corcho o bellota, se podrán realizar tratamientos fitosanitarios. Para este uso están autorizados varios productos, entre los cuales se priorizará la utilización de los biotecnológicos a los químicos con inhibidores de síntesis de quitina o los insecticidas de contacto.

Para el correcto funcionamiento de los tratamientos es muy importante conocer el ciclo del insecto en cuestión, ya que la efectividad del tratamiento depende del momento de su realización. Se actuará siempre sobre las orugas y no sobre las mariposas.

Perforadoras

Son insectos que pueden afectar a diferentes partes del árbol: el tronco (*Cerambyx cerdo*, *Platypus cylindrus* y *Xyleborus* sp.), las ramas (*Coraebus florentinus*), el corcho (*Crematogaster scutellaris*), las bellotas (*curculiónidos*) o el cambium (*Coraebus undatus*). En ninguno de los casos se ve comprometida la vida del alcornoque, pero las hormigas y la culebrilla producen unos daños que repercuten directamente en la producción y la calidad del corcho, haciéndolo inservible para la industria o devaluando considerablemente su precio.

Curculio elephas

Es el curculiónido responsable de la mayoría de los daños producidos por estos coleópteros perforadores. La caída prematura de las bellotas y la presencia de orificios de salida circulares en las bellotas caídas son señales de sus ataques.



Figura 83. Bellotas afectadas por *Curculio elephas*.

Medidas de prevención y lucha

Arado superficial del suelo debajo de los árboles (entre 15-20 cm) en invierno para interrumpir el ciclo vital del insecto.

Coraebus florentinus

Es un coleóptero de pequeño tamaño (16-18 mm de longitud y 5 mm de ancho), de color verde bronce metalizado, que presenta dos franjas en zigzag en la parte distal de los élitros. Las larvas, de unos 30 mm de longitud y de color amarillento, perforan unas galerías longitudinales y anulares que acaban anillando la rama y secándola. Las ramas que se ven afectadas son las más exteriores y soleadas de poco diámetro (3-5 cm). A mediados de primavera adquieren un color pardo amarillento y acaban secándose provocando la aparición de las típicas banderolas que salpican la copa de los árboles. La pérdida de ramaje implica una disminución del volumen de la copa, reduciendo así el crecimiento vegetativo del árbol y afectando directamente a la producción de bellotas, madera y corcho.



Figura 84. Copa con ramas afectadas.

Medidas de prevención y lucha

- Mantener en buen estado el alcornocal, así como realizar adecuadamente el descorche, la poda y los claros de mejora.
- Eliminar las ramas afectadas antes de la emergencia de los imagos (junio). El punto de corta de las ramas se caracteriza porque justo por debajo del lugar de pupación se aprecian rebrotes tiernos.



Figura 85. Rama afectada.



Figura 86. Adulto de *Coraebus florentinus*.

Crematogaster scutellaris

Es una hormiga inconfundible, debido a que presenta la cabeza rojiza y el tórax y el abdomen de color negro. Forma colonias que construyen sus nidos tanto en madera viva como muerta, así como en casi todo el espesor del corcho del alcornoque, en el que practican perforaciones, galerías y cámaras que perjudican la explotación del corcho.

Son, además, muy molestas para los sacadores, dada su agresividad y dolorosa picadura. Ataca también las pilas de corcho, causando a veces daños importantes si permanecen mucho tiempo en el lugar.



Figuras 87. Daños ocasionados por *Crematogaster scutellaris* sobre la pana de corcho.



Figura 88. Colonia de pulgón con hormigas *Crematogaster scutellaris*.

Cerambyx cerdo

Coleóptero xilófago de gran tamaño (35-62 mm de largo), de color marrón oscuro, casi negro, rojizo en la parte distal de los élitros, donde su cuerpo se estrecha. Presentan largas antenas, que en los machos sobrepasan la longitud del cuerpo. Las larvas son cilíndricas de color amarillento y un tamaño incluso mayor que el insecto adulto.



Figura 89. Sección de tronco donde se aprecian las galerías del cerambícido.

Perforan galerías de gran tamaño en el leño, comprometiendo la capacidad estructural del árbol llegando a ocasionar su rotura.

Suelen atacar árboles decrepitos o decadentes, pero podas abusivas y mal hechas favorecen la colonización de árboles «sanos» por este cerambícido.

El *C. cerdo* se encuentra incluido en el Anexo IV de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres, como especie de interés comunitario que requiere de protección estricta. Por ello, los tratamientos fitosanitarios contra el insecto no están permitidos con carácter general. Si puntualmente los daños que ocasiona son importantes, y se cree necesario realizar un tratamiento fitosanitario, se deberá solicitar autorización al Servicio de Fauna y Flora del Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya.



Figura 90. Adulto de *Cerambyx Cerdo*.



Figura 91. Daños graves (orificios y galerías) de *Cerambyx* en un tronco de encina.

Platypus cylindrus

Coleóptero perforador de pequeño tamaño (5 mm de longitud) y color cas-

taño oscuro que ocasiona serios daños a los alcornoques, debido a la disminución del aporte de savia que provocan los numerosos orificios de entrada y a la acción patógena del hongo que transportan y queda depositado a lo largo de las galerías que forman. La presencia de un fino serrín en los orificios de entrada o incluso en el pie del árbol delata su presencia.

En la mayoría de los casos actúa como agente secundario, ya que afecta a árboles debilitados anteriormente por otras causas; pese a ello, en ocasiones fuertes ataques acaban provocando la muerte de los árboles.

Medidas de prevención y lucha

- Mantener el buen vigor de los árboles.
- Detectar los ataques lo antes posible, prestando especial atención el año de descorche y los inmediatamente posteriores.
- Eliminar los pies que sufran fuertes ataques, mediante corta a ras de suelo y extraer la madera del monte.



Figura 92. Orificios de entrada de *Platypus cylindrus*.

El caso del
Coraebus undatus

El caso del *Coraebus undatus*

Descripción

Es un coleóptero de la familia de los bupréstidos que en Catalunya afecta únicamente al alcornoque. No presenta dimorfismo sexual, por lo que únicamente se puede determinar su sexo realizando la genitalia a los imagos. Su *sex ratio* es 1:2, es decir, en sus poblaciones hay un macho por cada dos hembras.



Figura 93. Larva de *Coraebus undatus*.



Figura 94. Adulto de *Coraebus undatus*.

Los adultos miden alrededor de 15 mm de longitud y 5 mm de ancho, son alargados y de forma elíptica; la cabeza y la parte anterior de los élitros son de color verde claro metálico y con tonali-

dades más oscuras y con bandas blancas transversales en zigzag en la mitad posterior de los élitros. Las larvas son ápodas, de color amarillento y pueden llegar a medir 50 mm de longitud y 5 mm de ancho.

Biología

Tiene un ciclo bianual, es decir, necesita dos años para completar su desarrollo. Entre los meses de junio y septiembre emergen los adultos; éstos vivirán unas tres semanas durante las cuales se reproducirán y depositarán los huevos de forma aislada en las grietas de la corteza del tronco, bajo el cuello de descorche. La larva recién nacida penetra hasta instalarse en la capa generatriz, de la cual se alimentará junto con la nueva capa de corcho, dando lugar a unas galerías sinuosas que pueden llegar a medir más de 1,5 m de longitud. Durante la primavera y el verano forman una cámara de pupación en el interior de la pana de corcho (Figura 79).

En el monte, la emergencia de los machos se produce unos días antes que la de las hembras (Figuras 80 y 82).

La dinámica poblacional de este insecto se caracteriza por alternar periodos de varios años de baja incidencia seguidos de otros, puntuales, en los que sufre una explosión demográfica (Figura 83).

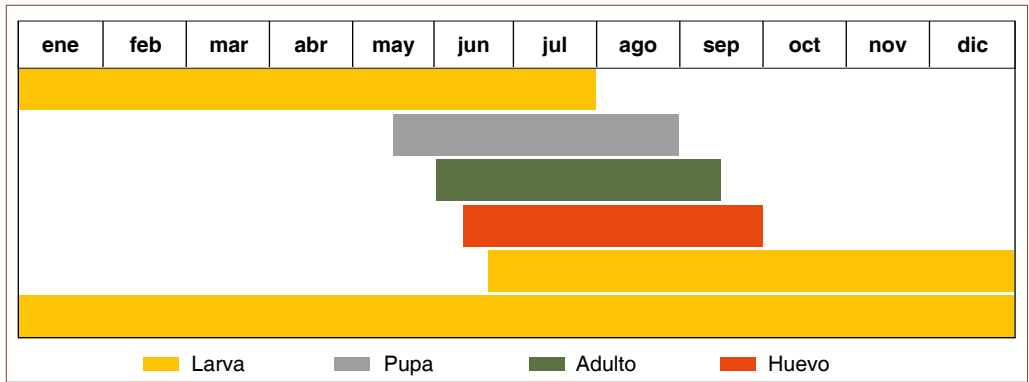


Figura 95. Ciclo biológico de *Coraebus undatus*.

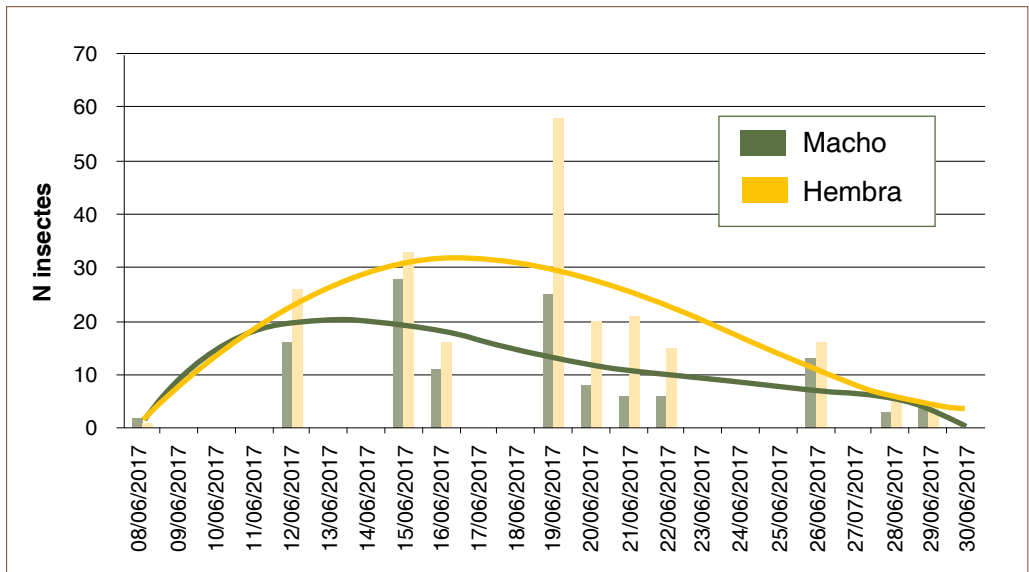


Figura 96. Curva de emergencia de *Coraebus undatus* machos y hembras.



Figura 97. Adultos de *Coraebus undatus* capturados en las trampas prisma.

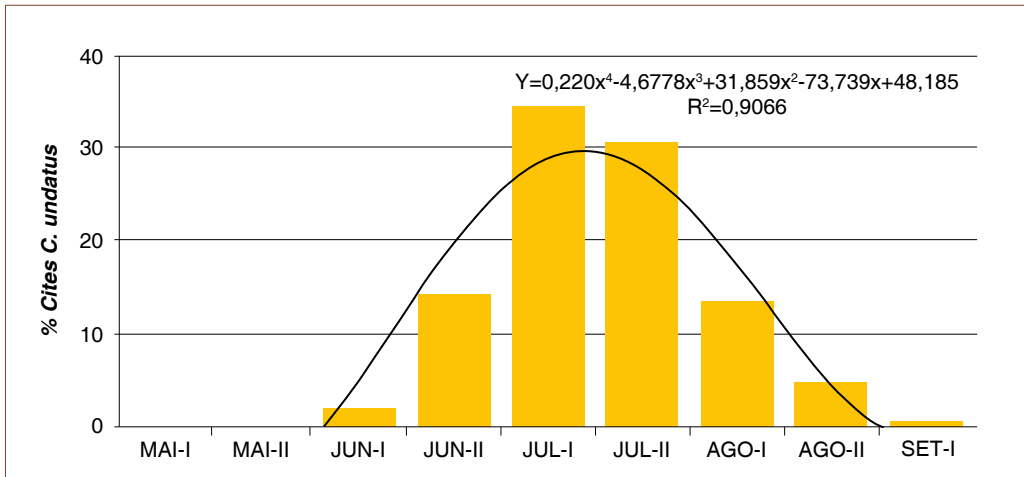


Figura 98. Curva de vuelo basada en la captura de 1.772 adultos capturados entre los años 2003 y 2018.

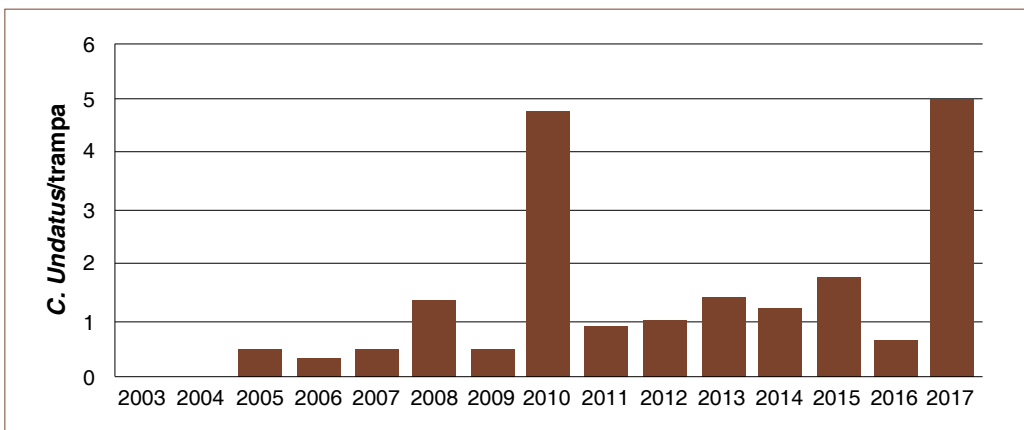


Figura 99. *Coraeus undatus* capturados en trampa durante todos los años en los que se ha muestreado en Catalunya.

Síntomas y daños

El síntoma más aparente son unas extravasaciones de savia (en castellano se denominan «cagadas de milano») muy visibles sobre la corteza, sobre todo de la zona descorchada, que en origen son negras y posteriormente se vuelven amarillentas y finalmente blancas. Éstas se producen como resultado de la agresión que producen las larvas

de *C. undatus* al realizar las galerías y su posterior infección.

El daño principal lo ocasionan las larvas, ya que durante su alimentación originan unas galerías que devalúan la calidad del corcho, reduciendo su valor comercial. Se pueden distinguir tres tipos de galerías:



Figura 100. Extravasaciones recientes.

- **Nuevas:** de corta longitud (30-50 cm), estrechas y con colores claros debido a que los excrementos son relativamente recientes. Son galerías que aún contienen las larvas vivas.



Figura 101. Galería nueva.

- **Viejas:** de larga longitud (>1,5 m), anchas (6-8 mm) y con un color muy oscuro que es conferido por la degradación de las deyecciones. Son galerías originadas por el desarrollo de las larvas nacidas entre 3 y 5 años antes; en ellas ya no se encuentran las larvas.



Figura 102. Extravasaciones antiguas.



Figura 103. Galería vieja.

- **Blancas:** se desconoce su edad, pero podrían tener más de diez años; son galerías que no presentan excrementos en su interior, pero se ven muy bien, debido a los recorridos sinuosos que hacen, dejando una impresión tanto sobre la capa madre (de color oscuro) como sobre la pana de corcho (de color blanco).



Figura 104. Galería blanca.

Además, la presencia de estas galerías dificulta o incluso imposibilita el descorche, puesto que provoca la formación de heridas y roturas de la capa generatriz que impiden la nueva formación de corcho y dejan al descubierto el xilema, favoreciendo la entrada y el ataque de perforadores como *Platypus cylindrus* y *Xyleborus* sp., o de hongos como *Diplodia corticola*.

Prevención y lucha

Como medida preventiva, se recomienda mantener en buen estado el arbolado, así como realizar adecuadamente

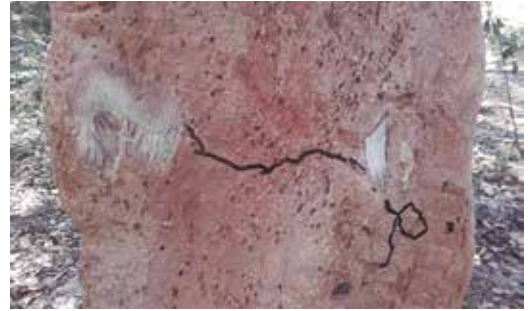


Figuras 105. Daños producidos por *Coraebus undatus* sobre la pana de corcho.

los trabajos de descorche, poda y los aclareos de selección.

Pese a que los trabajos y estudios realizados hasta día de hoy no aseguran que la utilización de trampas cebadas con atrayentes disminuyan significativamente las poblaciones de culebrilla, de todos modos se siguen realizando estudios para mejorar este sistema de trampeo y de posible control.

En la actualidad se realizan trampeos masivos, utilizando trampas prisma de triángulo de color púrpura, con unos dispensadores cargados con cinco compuestos volátiles y cubiertas de Tangle trap ® (pegamento incoloro e inodoro de larga duración).



Figuras 107. Daños producidos al descorchar debido a la presencia de galerías.

Este tipo de trampa produce dos efectos de atracción sobre los adultos de *C. undatus*, uno debido a su color púrpura y otro a causa de la incorporación del dispensador con los atrayentes. La

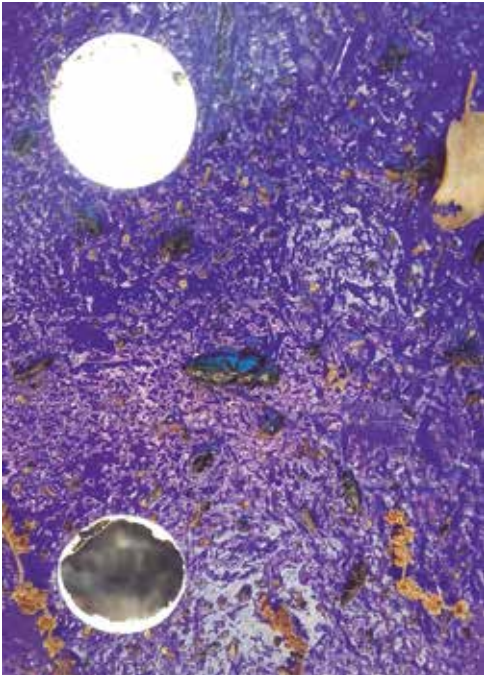


Figura 106. Trampa prisma con dispensador.

trampa tiene unos orificios laterales que facilitan la difusión; además está abierta por su parte superior e inferior.

Cabe destacar que el 100% de los *C. undatus* que se capturan con este sistema son hembras, y es por ello que su eficacia sobre la disminución de las poblaciones de culebrilla, y por consiguiente la disminución también de los daños que produce, es mayor.

El trapeo masivo consiste en instalar ocho trampas por hectárea y debe realizarse entre los meses de junio y septiembre; en la medida de lo posible, se intentarán abarcar las semanas de máxima presencia de adultos en el



Figuras 108. Adultos de *Coraebus undatus* sobre trampa prisma.

monte. En el caso de Catalunya esta época comprendería desde la segunda quincena de junio hasta la primera de agosto.

Dado que uno de los componentes de atracción de la trampa es cromático, se instalarán las trampas a una altura de unos 170 cm y se procederá a desbrozar unos 25 m² alrededor de cada tram-



Figuras 109. Ubicación de trampa prisma.

pa para facilitar su detección por parte de los adultos.

Es recomendable revisar las trampas varias veces a lo largo del periodo de trampeo, para limpiar su superficie, ya



Figura 110. Trampa con parte de la superficie cubierta de hojas.



Figura 111. Trampa después de ser revisada.

que con su caída las hojas cubren su superficie disminuyendo considerablemente el área de captura.

A los 45 días de su instalación, se deberán reponer los dispensadores de



Figura 112. Detalle de la colocación del dispensador de la trampa.

atrayentes. Éstos se colocan en el interior de la trampa, con el lado que difunde el producto encarado hacia dentro.

Se desaconseja la utilización de tratamientos fitosanitarios, ya que no resultan efectivos para controlar esta plaga; las larvas están protegidas fuera del alcance de estos tratamientos bajo la pana de corcho.

Los depredadores más importantes del *C. undatus* son las aves insectívoras; el pito real (*Picus viridis*) y el trepador azul (*Sitta europaea*) se pueden ali-

mentar de sus larvas, pero para acceder a ellas perforan el corcho dejándolo inservible. El alcaudón común (*Lanius*

senator) y especies del género *Parus* se alimentan de los adultos.



Figura 113. El trepador azul (*Sitta europaea*) es un pájaro insectívoro que puede alimentarse de larvas de culebrilla (Foto: Eudald Solà).



Figura 114. Galería de *Coraebus undatus* en el interior del orificio originado por pájaro carpintero.



Figura 115. Daños sobre corcho producidos por pájaro carpintero.





Bibliografía

Alford, D.V. 2000. *Pest and Disease Management Handbook*. Wiley-Blackwell. 624 pp.

Carrero, J.M. 1996. *Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales*. Mundi-Prensa. 256 pp.

Fürstenau, B.; Quero, C.; Riba, J.M.; Rosell, G.; Guerrero, A. *Field trapping of the flathead oak borer *Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) with different traps and volatile lures*. Insect Science (2015) 22, 139-149.

Llácer, G.; López, M.M.; Trapero, A.; Bello, A. 1996. *Patología vegetal*. Ed. Mundi-Prensa. 1165 pp (2 vol.).

Muñoz, C.; Pérez, V.; Cobos, P.; Hernández, R.; Sánchez, G. (2003). *Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los montes*. Madrid: Ediciones Mundi-Presa. 575 pp.

Romanyk, N.; Cadahía, D. 2003. *Plagas de Insectos en las masas forestales españolas*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 336 pp.

Soria, F.J.; Villagrán, M.; Del Río, R.; Ocete, M. E. *Estudios prospectivos de los principales perforadores del alcornoque en la Sierra Norte de Sevilla*. Bol. San. Veg. Plagas, 20: 643-651, 1994.

Torrell, A.; Beltrán, M.; Porras, D.; Mundet, R. 2017. *Informe de Evaluación Técnica de las acciones de trampeo masivo de *Coroebus undatus**. Resultados intermedios. Proyecto Life+SUBER (LIFE13 ENV/ES/000255).

Torrell, A.; Beltrán, M.; Porras, D.; Mundet, R. 2018. *Informe final de Evaluación Técnica de las acciones de trampeo masivo de *Coroebus undatus**. Proyecto Life+SUBER (LIFE13 ENV/ES/000255).

Torres, J. 1998. *Patología Forestal*. Ed. Mundi-Prensa. 270 pp.

Van Halder, I. 2002. *Guía de Plagas-Enfermedades forestales del sur de Europa*. IEFC. Cestas. 164 pp.

Webgrafía

<http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/guias-gestion-plagas> - Guía de gestión integrada de plagas, Quercus. (2016) Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

<http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp> - Registro de productos fitosanitarios. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

<http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/medi-natural/gestio-forestal/sanitat-forestal/plagues-malures-forestals/fitxes-plagues-forestals> - Fichas patológicas. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Generalitat de Catalunya.

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb> - Fichas patológicas. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.



Este manual ha sido realizado en el marco del proyecto Life+SUBER, *Integrative management for an improved adaptation of cork oak forests to climate change*.
LIFE13 ENV/ES/000255. lifesuber.eu

SOCIOS



CTFC



COFINANCIADORES

