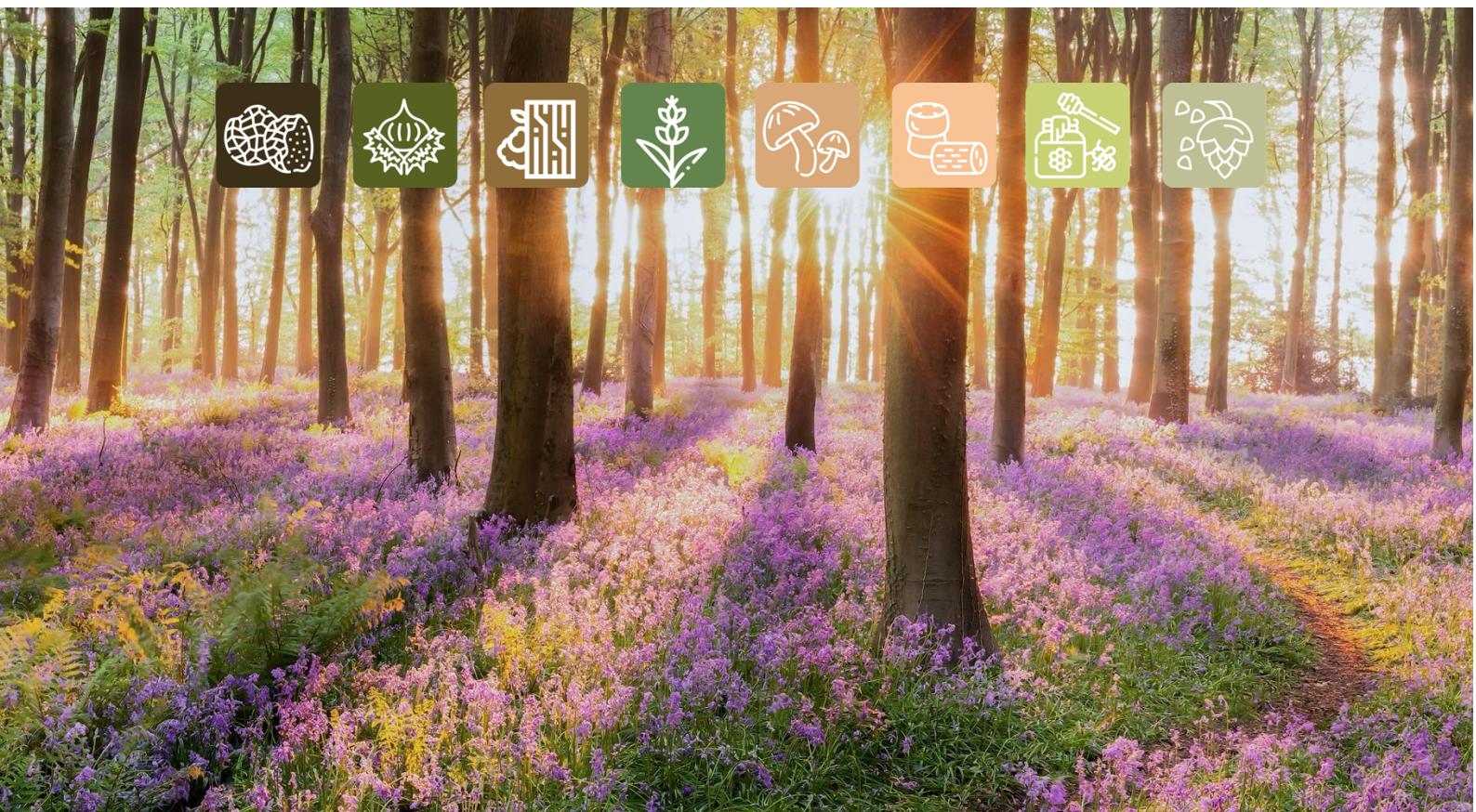




Recomendaciones de Gestión Forestal Adaptativa para Monte Alcornocal como Ecosistema Productor de Corcho



Financiado por:



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

IMFOREST cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.



Asociación
Española para
la Sostenibilidad
Forestal
PEFC/14-1-1

Este trabajo ha sido realizado por el ICIFOR-INIA, CSIC en el marco del proyecto IMFOREST – Impulso a la bioeconomía forestal a través del desarrollo, la innovación y la gestión sostenible de los recursos forestales no madereros.

Autores: Mariola Sánchez-González, María del Cuvillo García, Elisa Fernández-Descalzo, Laura Ojalvo-Ortega (ICIFOR-INIA, CSIC).

Gloria Villena, Jordi Jürgens (Parque del Montnegre y el Corredor, Diputación de Barcelona)

Título del material: Recomendaciones de Gestión Forestal Adaptativa para Monte Alcornocal como Ecosistema Productor de Corcho.

Referencia a financiación: Imforest cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

Año: 2025

Este material se distribuye bajo la licencia CC BY 4.0. Para ver una copia de esta licencia, visita <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

Índice

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| 2. GESTIÓN FORESTAL ADAPTATIVA EN ALCORNOCALES | 6 |
| 3. RECOMENDACIONES DE GESTIÓN FORESTAL ADAPTATIVA..... | 7 |
| 4. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE GFA EN ALCORNOCAL DEL PARQUE DEL MONTNEGRE Y EL CORREDOR 9 | |
| 4.1. Estado fitosanitario | 9 |
| 4.2. Crecimiento diametral en el periodo 2015-2025 | 12 |
| 4.3. Próximos pasos..... | 14 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA..... | 15 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquema de los pasos a seguir para realizar GFA en Alcornocales. | 6 |
| Figura 2. Distribución diamétrica de todos los árboles muestreados en las parcelas. | 13 |
| Figura 3. Diagramas de caja de la distribución crecimiento diametral por bloque y tratamiento. Las líneas en los diagramas de caja indican un intervalo de confianza del 95% para la media. Letras distintas representan diferencias significativamente distintas entre valores de la interacción bloque*tratamiento. | 14 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Recomendaciones de gestión forestal adaptativa para monte alcornocal puro de estructura regular. | 8 |
| Tabla 2. Buenas prácticas para aumentar la capacidad de adaptación de los alcornocales. Fuente: LifeSuber, 2018. | 8 |
| Tabla 3. Frecuencias de especies en cada parcela. | 10 |
| Tabla 4. Frecuencias del estado de la copa de los árboles muestreados distinguiendo entre alcornoques y otras especies. | 10 |
| Tabla 5. Número y porcentaje de árboles cortados en la corte de 2015 y los encontrados muertos en 2025 distinguiendo entre alcornoques y otras especies. | 11 |
| Tabla 6. Número de árboles en cada parcela que presentaban heridas de descorche y/o síntomas de enfermedades y plagas. | 12 |
| Tabla 7. Crecimiento medio de los árboles de las parcelas (en cm). | 13 |
| Tabla 8. Resultado del ANOVA de dos factores. | 14 |

1. INTRODUCCIÓN

El corcho es un producto forestal de gran importancia económica, ecológica y social para España, que ocupa el segundo lugar a nivel mundial tanto en superficie como en producción de corcho. Se trata de una materia prima renovable y sostenible, con propiedades inherentes únicas que lo hacen adecuado para una amplia gama de aplicaciones. El corcho no solo se utiliza para el cierre de vinos, sino también en diferentes sectores, como la construcción, la industria automotriz, el textil y la adsorción de contaminantes. En estos sectores, constituye una alternativa a los materiales de origen fósil o no renovables. El uso del corcho contribuye a la conservación de los alcornocales, que cumplen una función ecológica fundamental al actuar como sumideros de carbono y proteger los suelos de la desertificación y la erosión. Además, los alcornocales contribuyen significativamente al desarrollo rural de las zonas donde se ubican, generando oportunidades de empleo.

La Unión Europea concentra el más del 50% de la superficie mundial de alcornocales y produce más del 80% de la producción mundial de materia prima (Sánchez-González et al., 2025). En España, estos valiosos bosques ocupan más de medio millón de hectáreas, lo que representa más del 30% de la superficie mundial de alcornocales, y en 2022 produjeron 55.405 toneladas (MITECO, 2022). Esta producción procede principalmente de Andalucía (60%), pero también de Extremadura (28%), Cataluña (8%) y de otras Comunidades Autónomas, principalmente Castilla-La Mancha y la Comunidad Valenciana (Sánchez-González et al., 2020).

Los alcornocales españoles se dividen principalmente en dos tipos de masas; la dehesa y el monte alcornocal. Por un lado, las dehesas se ubican principalmente al oeste y suroeste de España, son montes con una FCC entre el 10-15%, estrato herbáceo bien desarrollado y en las que se combina el aprovechamiento del corcho con otros como el pastoral. Por otro lado, los montes alcornocales se distribuyen principalmente en Cataluña, la comunidad Valenciana y al sur de Andalucía, su aprovechamiento principal es el corcho, tienen mayor densidad arbolada que las dehesas y un sotobosque de matorral compuesto por especies como: *Arbutus unedo* L., *Phillyrea latifolia* L., *Cistus* sp. o *Erica* sp., entre otros.

La persistencia de los alcornocales se ve amenazada por la escasa regeneración natural, el envejecimiento de los alcornocales, las plagas y enfermedades, las malas prácticas selvícolas, la escasez de profesionales y trabajadores con experiencia para el descorteza del corcho y el aumento de la frecuencia y magnitud de los incendios forestales (Sánchez-González et al., 2020). A esto se suma un escenario de cambio climático con aumento de las temperaturas y cambios en la distribución de las precipitaciones, que afectan directamente al crecimiento y la mortalidad de los árboles, a la producción de corcho en cantidad y calidad, así como a la incidencia de enfermedades como la seca (Brasier, 1996) y al riesgo de incendios (Aronson et al., 2009).

En consecuencia, resulta fundamental llevar a cabo una gestión forestal adecuada para aumentar la resistencia y resiliencia de alcornocales asegurando su rentabilidad y persistencia. La gestión forestal a aplicar debe ser capaz de adaptarse a un escenario de clima cambiante pero también a los cambios que la sociedad demanda y el medio rural necesita. La gestión forestal adaptativa se basa en elaborar distintas alternativas de gestión basadas en conocimiento científico y técnico para poder tomar decisiones en función de los cambios que se vayan produciendo. El objetivo del documento es definir unas recomendaciones de gestión orientadas a asegurar la sostenibilidad de un tipo concreto de alcornocal tratado en el proyecto IMFOREST, el monte alcornocal. Concretamente se centrará en la gestión de las masas puras de monte alcornocal con estructura regular orientados a la producción de corcho como aprovechamiento principal. Además, se muestran un ejemplo de aplicación práctica de Gestión Forestal Adaptativa en un monte alcornocal de Cataluña.

2. GESTIÓN FORESTAL ADAPTATIVA EN ALCORNOCALES

La Gestión Forestal Adaptativa (GFA) es una estrategia de gestión forestal flexible basada en ajustar los tratamientos aplicados a la evolución del alcornocal y a los resultados obtenidos de una monitorización frecuente que incluya datos sobre la calidad del corcho producido. La gestión se debe basar en decisiones informadas que se revisan y ajustan según los resultados observados y la nueva información científica. La toma de dichas decisiones debería involucrar a los agentes de la cadena de valor del corcho, especialmente a los propietarios forestales. No hay que olvidar que más del 90% de los alcornocales españoles están en manos privadas

La GFA se puede conseguir implementando los pasos mostrados en la Figura 1. El primer paso debería ser realizar un diagnóstico inicial mediante el análisis de aspectos selvícolas, sanitarios y socioeconómicos que sirva de base para la planificación. A continuación, se deben definir los objetivos prioritarios de la gestión a realizar que, en el caso que nos ocupa, serían asegurar la persistencia de los alcornocales y aumentar la producción de corcho.

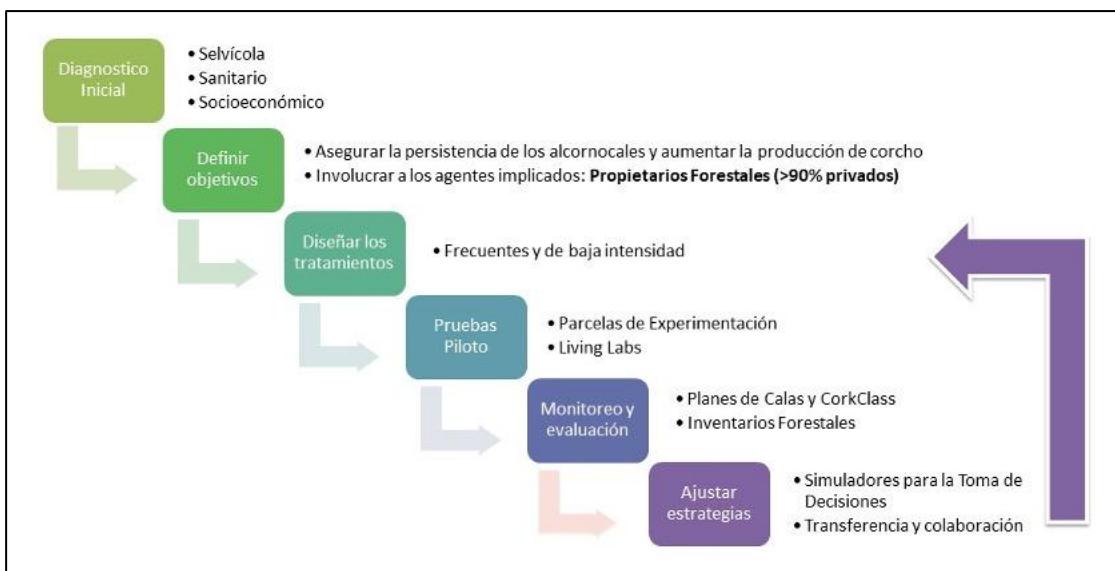


Figura 1. Esquema de los pasos a seguir para realizar GFA en Alcornocales.

Teniendo en cuenta los dos pasos anteriores, se diseñarían los tratamientos selvícolas a aplicar, en principio, se trataría de intervenciones no muy intensas, pero frecuentes. Los tratamientos estarían orientados a reducir la densidad y continuidad del combustible forestal para disminuir la probabilidad de incendios forestales severos y concentrar el crecimiento en los alcornoques para mejorar el estado de la masa y la producción de corcho. El hecho de que los tratamientos a aplicar sean frecuentes también tiene la finalidad de contribuir a la creación de empleos estables en torno al monte alcornocal.

El siguiente paso sería ensayar los tratamientos diseñados a pequeña escala en parcelas de experimentación antes de su aplicación a gran escala. Estas parcelas de experimentación cobran especial relevancia si forman parte de un Living Lab (LL). Un LL es un lugar de experimentación donde se fomenta la innovación y la colaboración de los distintos agentes involucrados en una cadena de valor. Su objetivo es abrir procesos de reflexión colectiva para ampliar los vínculos entre los investigadores y dichos agentes y desarrollar herramientas y estrategias para hacer frente a problemas reales. En el marco del proyecto IMFOREST se han creado dos LL de corcho uno situado en el Parque Natural de la sierra de Espadán en la provincia de Castellón y otro situado en el Parque del Montnegre y el Corredor en la provincia de Barcelona. Ambas localizaciones albergan alcornocales del tipo monte alcornocal.

A continuación, estas pruebas piloto se deben monitorear, haciendo un seguimiento del crecimiento de los alcornoques, de la regeneración, de la mortalidad, del estado sanitario y de los parámetros que definen la calidad del corcho. Para esto último, en las CCAA de Andalucía y Extremadura cuentan con Planes de Calas realizados por los gobiernos regionales. En aquellas regiones donde no cuentan con este servicio, resulta de utilizad la aplicación para móviles Android CorkClass que ha sido desarrollada en el marco del proyecto IM-FOREST.

Finalmente, la evaluación continua de los resultados de esta monitorización permite ajustar estrategias y mejorar la planificación futura en la gestión forestal mediante la incorporación de aprendizajes y nueva información. En esta fase resultan de especial utilidad los modelos de crecimiento y producción integrados en simuladores que permiten obtener información sobre la evolución del alcornocal bajo distintos escenarios de cambio global, teniendo en cuenta el clima, la incidencia de enfermedades y plagas, y los cambios de usos. También es muy importante la transferencia de resultados y mantener una comunicación fluida con los agentes de la cadena de valor.

Una vez terminado este último paso y en función de los resultados obtenidos habrá que evaluar en qué punto del proceso hay que volver a incidir. Puede que sea necesario redefinir los objetivos o rediseñar los tratamientos, o incluso volver a hacer un diagnóstico inicial de algún aspecto no tenido en cuenta inicialmente. Por eso el esquema presentado en la Figura 1 no es circular.

3. RECOMENDACIONES DE GESTIÓN FORESTAL ADAPTATIVA

En la gestión de un alcornocal teniendo en cuenta el temperamento de la especie (media luz) se debe considerar, en primer lugar, el tipo de masa ante la que nos encontramos. En un monte alcornocal puro regular se recomienda su gestión por Aclareo Sucesivo Uniforme regularizado o por bosquetes (Serrada, 2011). Para densidades iniciales muy bajas se recomienda regenerar los claros mediante siembra o plantación. La fase inicial de cortas preparatorias solo se llevará a cabo para densidades muy altas y el número de cortas a realizar en las fases siguientes y su peso dependerá de la densidad de la masa al inicio del periodo de regeneración. La corta final se realiza con el objetivo de dejar unos pocos pies buenos productores de corcho. Se recomienda realizar las cortas en otoño-invierno y establecer un período de regeneración múltiple del turno de descorche para hacer coincidir el desboronizado con el último descorche de los últimos alcornoques que se dejarán por ser buenos productores, cortándose al año siguiente (Sánchez-González et al., 2020).

En la Tabla 1 se recogen recomendaciones de tratamientos a aplicar en las distintas fases de un monte alcornocal puro regular cuyo objetivo principal es la producción de corcho y el aumento de la resiliencia frente a incendios, enfermedades y plagas y eventos climáticos extremos. Para la elaboración de esta tabla se han consultado las siguientes fuentes bibliográficas (Murillo Vilanova et al., 2020; Sánchez-González et al., 2020; Vericat et al., 2013). El objetivo a alcanzar siguiendo las recomendaciones dadas en la Tabla 1, es conseguir un alcornocal regular puro y denso con poco estrato arbustivo y con alcornoques buenos productores de corcho y con buen estado sanitario que se descorchen solo el tronco.

Tabla 1. Recomendaciones de gestión forestal adaptativa para monte alcornocal puro de estructura regular.

| Fase | Recomendaciones |
|--------------------------------|--|
| Juvenil | <u>Desbroces</u> : selectivos, geométricos o bajo copa. La densidad del estrato arbustivo debe ser <30% <u>Clareos</u> : Se recomienda terminar esta fase con 600 pies/ha Control de rebrotes y podas de formación para asegurar fustes limpios. |
| Puesta en producción | <u>Desbroces</u> : un año antes o el otoño-invierno anterior al descorche para mantener menos del 30% de la superficie no arbolada con matorral <u>Claras</u> : En el desbornozamiento se recomienda marcar los pies poco productivos y eliminar en los 3 años posteriores hasta tener un área basimétrica >30%. Si fuera necesario, control de rebrotes y podas de formación para asegurar fustes limpios. |
| Productiva | <u>Claras</u> : Durante los sucesivos descorches marcar los alcornoques poco productivos (3 años posteriores a la saca) cumpliendo: $AB \geq 30 \text{ m}^2/\text{ha}$ y al menos 60-70% FCC. <u>Desbroces</u> : Se recomiendan mantener los desbroces durante todo el periodo productivo para menos del 30% de la superficie no arbolada con matorral Si fuera necesario realizar podas de mantenimiento y cortas de saneamiento. |
| Periodo de regeneración | <u>Aclareo sucesivo por bosquetes</u> en períodos de 30 años, dejar máx. 5-10 pies/ha adultos. Ayudas a la regeneración y desbroces si es necesario. |

Para garantizar una gestión sostenible del alcornocal, es fundamental aplicar buenas prácticas que favorezcan la biodiversidad y la salud del ecosistema, evitando aquellas acciones que puedan generar un impacto negativo. A continuación, se detallan algunas de las principales buenas prácticas que pueden aplicarse sobre distintos aspectos del alcornocal:

Tabla 2. Buenas prácticas para aumentar la capacidad de adaptación de los alcornoquales. Fuente: LifeSuber, 2018.

| Factor | Actuaciones |
|------------------------------|---|
| Densidad | Resalveos, clareos y claras para reducir competencia, aumentar vitalidad individual y promover rejuvenecimiento de la masa (especialmente en calidades de estación medias o bajas, con altas densidades). Mantener al menos 60-70% FCC y extraer máximo 20% AB inicial. |
| Densidad de matorral | Cuanto más diverso mejor (diferente comportamiento de las especies respecto a agua, fuego y biodiversidad asociada). Los beneficios de mantenerlo superan los aspectos negativos; reduce pérdidas por evaporación y aumenta disponibilidad hídrica. Mantener al menos 20-30% favoreciendo en áreas con menor cobertura del alcornoque, eliminar matorral con altura superior a 1,30 m y preferentemente especies pirófitas y de crecimiento rápido. |
| Regeneración | Alargar períodos, reforzar con siembras y clareos. Mantener procesos naturales (regenerado de semilla y favorecer regenerado a la espera). Favorecer la presencia de individuos jóvenes. Retener algunos árboles padre de gran tamaño, portadores de microhabitátil. |
| Modelo de combustible | Modificarlo mediante claras, resalveos, desbroces, podas, etc., para configurar paisajes inteligentes al fuego. |
| Saca | Necesidad de adaptación de los criterios técnicos de saca regulados en legislación (ej. adelantar inicio y aumentar perímetro mínimo). |
| Composición | Dominancia del alcornoque, pero con presencia de otras especies de arbolado y matorral para más opciones de recuperación del monte. Mantener diversidad genética y heterogeneidad fenotípica para una mejor capacidad de adaptación a largo y corto plazo, respectivamente. |

| Factor | Actuaciones |
|-------------------|---|
| Estructura | Favorecer la presencia de diferentes estratos de vegetación (herbáceo, arbustivo, arbóreo). Reducir la fragmentación. |
| Restos | Mantener madera grande (> 20 cm) en pie y suelo para favorecer especies saproxílicas. En general, se realiza tronzado corto in situ para facilitar la rápida descomposición e incorporación al suelo y extracción o trituración mecánica en zonas adyacentes a caminos. |
| Otros | En los resalteos se dejará un pie por cepa o como máximo tres si hay escasa diferenciación. En las podas de formación no superar 2/3 altura del árbol, se cortan las ramas antes de que lleguen a los 3 cm de diámetro y extraer en torno al 30% de la superficie foliar del árbol. |

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE GFA EN ALCORNOCAL DEL PARQUE DEL MONTNEGRE Y EL CORREDOR

En el marco de un convenio de colaboración entre la Diputación de Barcelona y el ICIFOR-INIA, CSIC se realizó en la finca Can Bonamusa propiedad de la Diputación de Barcelona el siguiente ensayo de claras. Se instalaron nueve parcelas de 1.200 m², distribuidas en tres bloques con diferentes condiciones ambientales en cada uno. Cada bloque está formado por tres parcelas: bloque 1 (1, 2 y 3), bloque 2 (4, 5 y 6), y bloque 3 (7, 8 y 9). Cada parcela fue posicionada geográficamente tomando las coordenadas UTM de un punto y los rumbos y distancias entre dicho punto, y los cuatro vértices y centro de cada parcela. Los tratamientos planteados, control (sin claras), claras moderadas y claras fuertes, fueron asignados de manera aleatoria para cada una de las parcelas de la siguiente forma: control sin claras (1, 4 y 7), con clara débil (3, 6 y 8) y clara moderada (2, 5 y 9). Las claras que se realizaron fueron bajas, afectando al estrato dominado y su intensidad se determinó en función del área basimétrica extraída (teórica: 15-25% para las moderadas y 30-40% para las fuertes). Cada árbol de la parcela fue identificado con un número y se tomaron los siguientes datos: especie, rumbo y distancia respecto del centro de la parcela, dos diámetros perpendiculares a 1,30 m, altura total, altura de descorche, calibre de corcho y dos diámetros de copa en dos orientaciones perpendiculares (N-S y E-O). Por último, entre diciembre de 2015 y febrero de 2016 se realizaron las claras y se recopilaron datos dasocráticos para cada parcela (tratamiento y bloque): número de pies por hectárea, área basimétrica (m²/ha) y % de área basimétrica extraída.

En el marco del proyecto IMFOREST se han remedido los diámetros normales de los árboles de las parcelas y se ha revisado el estado fitosanitario. Previo al trabajo de campo se realizó una revisión bibliográfica de los protocolos de evaluación fitosanitaria, se elaboraron estadillos para la toma de datos en campo y se preparó el material necesario para la ejecución de las actividades. Durante los primeros días del mes de abril de 2025 el equipo técnico evaluó el estado fitosanitario de más de 1.000 árboles de las parcelas de ensayo de claras en Can Bonamusa para identificar los árboles que habían muerto en estos años y el estado sanitario actual de la masa, y se midieron y registraron los diámetros de cada uno de ellos. Además, se remarcaron con pintura los números que están asociados a cada árbol que forma parte del estudio.

4.1. Estado fitosanitario

Durante la inspección visual se prestó especial atención al color, densidad y disposición de la copa, estableciendo un rango del 1-3 según el estado de la copa de cada árbol: 1-Bueno: copa saludable; 2-Regular: copa parcialmente dañada; 3-Malo: copa deteriorada, escasa densidad de hojas y/o abundancia de hojas secas. El estado de la copa es utilizado como un indicador del vigor de los árboles.

En las tablas que aparecen a continuación se muestran los resultados de los datos recopilados para cada una de las parcelas de estudio. La Tabla 3 muestra la distribución de especies en cada parcela, la Tabla 4 la distri-

bución de los estados de copa distinguiendo entre alcornoques (incluidos los bornizos) y el resto de las especies presentes en cada parcela, y la Tabla 5 muestra los árboles cortados en la clara de 2015 y los árboles encontrados muertos en 2025 distinguiendo entre alcornoques y otras especies.

Tabla 3. Frecuencias de especies en cada parcela.

| Alcornoques | | | Bornizos | | Madroños | | Encinas | | Otras especies | |
|-------------|----|-------|----------|-------|----------|-------|---------|-------|----------------|------|
| Parcela | n | % | n | % | n | % | n | % | n | % |
| 1 | 48 | 56,47 | 8 | 9,41 | 18 | 21,18 | 11 | 12,94 | | |
| 2 | 48 | 36,64 | 64 | 48,85 | 9 | 6,87 | 9 | 6,87 | 1 | 0,76 |
| 3 | 70 | 45,16 | 64 | 41,29 | 11 | 7,10 | 10 | 6,45 | | |
| 4 | 47 | 57,32 | 17 | 20,73 | 14 | 17,07 | 3 | 3,66 | 1 | 1,22 |
| 5 | 46 | 63,01 | 13 | 17,81 | 10 | 13,70 | 2 | 2,74 | 2 | 2,74 |
| 6 | 55 | 47,01 | 17 | 14,53 | 31 | 26,50 | 12 | 10,26 | 2 | 1,71 |
| 7 | 52 | 42,28 | 23 | 18,70 | 16 | 13,01 | 32 | 26,02 | | |
| 8 | 42 | 37,50 | 20 | 17,86 | 11 | 9,82 | 39 | 34,82 | | |
| 9 | 51 | 39,23 | 28 | 21,54 | 10 | 7,69 | 33 | 25,38 | 8 | 6,15 |

Tabla 4. Frecuencias del estado de la copa de los árboles muestreados distinguiendo entre alcornoques y otras especies.

| Parcela | Especie | Estado Copa 1 | | Estado Copa 2 | | Estado Copa 3 | |
|---------|------------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| | | n | % | n | % | n | % |
| 1 | otras | 23 | 27,06 | 2 | 2,35 | | |
| | alcornoque | 18 | 21,18 | 20 | 23,53 | 1 | 1,18 |
| 2 | otras | 7 | 5,34 | 2 | 1,53 | | |
| | alcornoque | 19 | 14,50 | 27 | 20,61 | 3 | 2,29 |
| 3 | otras | 9 | 5,81 | 1 | 0,65 | 2 | 1,29 |
| | alcornoque | 29 | 18,71 | 32 | 20,65 | 9 | 5,81 |
| 4 | otras | 5 | 6,10 | 7 | 8,54 | 6 | 7,32 |
| | alcornoque | 8 | 9,76 | 40 | 48,78 | 9 | 10,98 |
| 5 | otras | 4 | 5,48 | 6 | 8,22 | | |
| | alcornoque | 13 | 17,81 | 15 | 20,55 | | |
| 6 | otras | 16 | 13,68 | 18 | 15,38 | | |
| | alcornoque | 23 | 19,66 | 24 | 20,51 | 3 | 2,56 |
| 7 | otras | 19 | 15,45 | 27 | 21,95 | | |
| | alcornoque | 13 | 10,57 | 33 | 26,83 | 4 | 3,25 |
| 8 | otras | 18 | 16,07 | 6 | 5,36 | 2 | 1,79 |
| | alcornoque | 9 | 8,04 | 22 | 19,64 | 3 | 2,68 |
| 9 | otras | 21 | 16,15 | 2 | 1,54 | | |
| | alcornoque | 14 | 10,77 | 23 | 17,69 | 5 | 3,85 |

Tabla 5. Número y porcentaje de árboles cortados en la corte de 2015 y los encontrados muertos en 2025 distinguiendo entre alcornoques y otras especies.

| Bloque | Parcela | Tratamiento | Cortados | | | | Muertos | | | |
|--------|---------|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|------|
| | | | Alcornoques | | Otros | | Alcornoques | | Otros | |
| n | % | n | % | n | % | n | % | n | % | |
| 1 | 1 | Control | | | | | 17 | 20,00 | 4 | 4,71 |
| | 2 | Clara moderada | 49 | 37,40 | 9 | 6,87 | 14 | 10,69 | 1 | 0,76 |
| | 3 | Clara débil | 41 | 26,45 | 7 | 4,52 | 23 | 14,84 | 2 | 1,29 |
| 2 | 4 | Control | | | | | 7 | 8,54 | 0 | 0,00 |
| | 5 | Clara moderada | 31 | 42,47 | 4 | 5,48 | | | | |
| | 6 | Clara débil | 21 | 17,95 | 11 | 9,40 | 1 | 0,85 | | |
| 3 | 7 | Control | | | | | 25 | 20,33 | 2 | 1,63 |
| | 8 | Clara débil | 23 | 20,54 | 18 | 16,07 | 5 | 4,46 | 6 | 5,36 |
| | 9 | Clara moderada | 32 | 24,62 | 23 | 17,69 | 5 | 3,85 | 5 | 3,85 |

En la Tabla 5 podemos observar más claramente la diferencia entre el número de alcornoques muertos o cortados según cada tratamiento:

- Árboles muertos: control: 8,5-20,33%; clara débil: 0,85-14,84%; clara moderada: 0-10,69%.
- Árboles cortados: control: 0%, clara débil: 17,95-26,45%; clara moderada: 24,62-42,47%.

También se observa mejor la diferencia entre la mortalidad de los alcornoques según cada bloque: Bloque 1: 10,69-20%; bloque 2: 0-8,54%; bloque 3: 3,85-20,33%. destacando la baja mortalidad del bloque 2.

Cuando se tienen en cuenta todas las especies también destaca la baja mortalidad del bloque 2, pero los resultados en cuanto al número de árboles muertos o cortados por tratamiento varían ligeramente:

- Árboles muertos: control: 8,54-24,71%; clara débil: 0,85-16,13%; clara moderada: 0-11,45%.
- Árboles cortados: control: 0%; clara débil: 27,35-36,61%; clara moderada: 42,31-47,95%.

Analizando de forma conjunta los datos de todas las especies mostrados en las Tablas 4 y 5, atendiendo a los tratamientos aplicados en cada una de las parcelas, resulta lo siguiente:

- En las parcelas control donde no se cortó ningún árbol en 2015 la mortalidad ha sido más alta (8,54-24,71%, promedio 18%) pero el vigor de los árboles restantes es bueno. La mayoría en las categorías 1 y 2 y pocos en categoría 3.
- En las parcelas donde se aplicó una clara débil (27,35-36,61%, 32% de media de árboles cortados) la mortalidad ha sido baja (8,93% de media) y el vigor observado es mayormente bueno, con algunos en categoría 3.
- En las parcelas donde se aplicó una clara moderada donde se cortaron entre un 42,31% y un 47,95% (promedio 45%) de los árboles de cada parcela, la mortalidad ha sido la más baja con un promedio de 6,38% de los árboles muertos y con un buen vigor de los árboles supervivientes, la mayoría de ellos en las categorías 1 y 2 del estado de las copas.

Si analizamos los datos de la Tabla 5 a nivel de bloque encontramos que en el bloque 1 ha habido una mayor mortalidad (17,43%) indicando unas condiciones ambientales peores que los otros dos bloques. Mientras que el bloque 2 es el que ha presentado una menor mortalidad de árboles (3,13%), indicando que es el que presenta las condiciones más favorables. Los resultados obtenidos parecen indicar que el bloque 3 (mortalidad de 13,16%) presenta unas condiciones intermedias para el desarrollo de los árboles.

Además de recopilar el estado de las copas de los árboles y hacer un recuento de la mortalidad observada, también se ha recogido información sobre los síntomas de enfermedades y plagas (galerías, exudaciones, etc.) y de los daños observados ocasionados seguramente durante la realización de las sacas de corcho. La tabla 6 muestra el número de árboles en cada parcela que presentaban heridas de descorche y síntomas de enfermedades y plagas.

Tabla 6. Número de árboles en cada parcela que presentaban heridas de descorche y/o síntomas de enfermedades y plagas.

| Parcela | Heridas | Exudaciones | Agujeros | Culebra | Hormigas | Perforadores | Defoliadores |
|---------|---------|-------------|----------|---------|----------|--------------|--------------|
| 1 | 12 | 21 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 14 | 18 | 15 | 3 | 5 | 0 | 0 |
| 3 | 18 | 39 | 13 | 3 | 4 | 1 | 0 |
| 4 | 27 | 4 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 5 | 8 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 5 |
| 6 | 14 | 9 | 0 | 1 | 1 | 3 | 27 |
| 7 | 42 | 12 | 0 | 5 | 0 | 0 | 42 |
| 8 | 16 | 28 | 16 | 18 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 16 | 26 | 16 | 6 | 2 | 0 | 0 |

Se observa en todas las parcelas una presencia considerable de heridas en los árboles, especialmente en la parcela 3. En cuanto a las enfermedades y plagas que reflejan el estado fitosanitario, varían entre los bloques: los bloques 1 y 3 presentan una mayor incidencia, con valores elevados de exudaciones seguramente provocadas por hongos e insectos, lo que refleja una presión biótica elevada. El bloque 2 muestra mejor estado sanitario, con menor presencia de plagas y daños mecánicos. En conjunto, estas diferencias coinciden con los resultados observados al analizar los datos de mortalidad y vigor de los árboles.

4.2. Crecimiento diametral en el periodo 2015-2025

Una vez evaluada la situación sanitaria y el estado general de las masas, se examina la estructura diamétrica del arbolado. Este parámetro es fundamental para la caracterización estructural del bosque, sirviendo de base para los análisis posteriores relacionados con el crecimiento y para la planificación de la gestión forestal. La medición de los diámetros se realizó con una forcípula a una altura de 1,30 m desde la base del árbol.

A continuación, se muestra (Figura 2) la distribución diamétrica en 2025 de todos los árboles (de todas las especies) en todas las parcelas, donde se aprecia que la mayoría de los árboles se encuentran en la segunda y tercera clase diamétrica. En conjunto, las parcelas muestran una estructura dominada por clases medias (10-30 cm), con escasa representación de árboles gruesos. El bloque 2 presenta las condiciones más favorables para el crecimiento e incluyen individuos en clases diamétricas superiores, mientras que los bloques 1 y 3 reflejan masas más jóvenes y/o con mayor presión ambiental.

Analizando las distribuciones diamétricas de cada una de las parcelas muestreadas, se aprecia que la mayoría de las parcelas presentan la misma distribución mostrada en la Figura 2, es decir, una distribución asimétrica hacia diámetros medios (10-30 cm), lo que indica masas jóvenes o en fase de crecimiento activo.

Distribución diamétrica de todas las parcelas

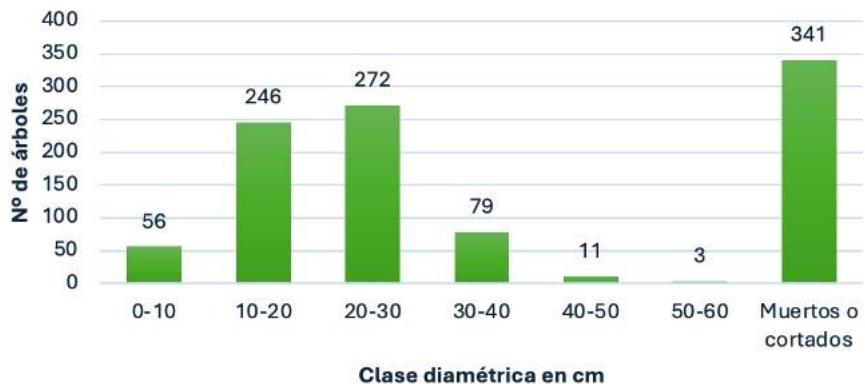


Figura 2. Distribución diamétrica de todos los árboles muestreados en las parcelas.

Los bloques 1 y 3 presentan la misma estructura con una mayor proporción de árboles en el rango 20-30 cm, con pocos individuos en las clases superiores, lo que sugiere un desarrollo homogéneo y cierta ausencia de árboles maduros.

En el bloque 2 la estructura es algo más equilibrada. La parcela 4 presenta individuos en todas las clases hasta 60 cm, lo que puede indicar la presencia de más edad o que han crecido más rápido debido a las mejores condiciones ambientales. Las parcelas 5 y 6 muestran una concentración en los rangos 10-30 cm, pero con algunos ejemplares de mayor tamaño (hasta 40-50 cm), coherentes con un desarrollo más avanzado en comparación con los otros dos bloques.

Finalmente, se analiza el crecimiento de los árboles en el periodo 2015-2025, como indicador global del efecto de las claras y del estado de desarrollo de las masas. Dado que no tiene sentido biológico, en aquellos árboles con crecimientos negativos se han supuesto que no ha habido crecimiento. Se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA) de dos factores, bloque y tratamiento para analizar la influencia de estos factores en el crecimiento diametral. La Tabla 7 muestra el crecimiento medio de los árboles de cada parcela y la Tabla 8 muestra el resultado del ANOVA de dos factores.

Tabla 7. Crecimiento medio de los árboles de las parcelas (en cm).

| Parcela | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------------------|---------|----------------|-------------|---------|----------------|-------------|---------|-------------|----------------|
| Tratamiento | Control | Clara moderada | Clara débil | Control | Clara moderada | Clara débil | Control | Clara débil | Clara moderada |
| Crecimiento medio 2015 – 2025 (cm) | 2,38 | 1,36 | 0,96 | 3,09 | 1,52 | 2,03 | 1,18 | 1,15 | 0,85 |

Tabla 8. Resultado del ANOVA de dos factores.

| Efecto | F | Pr >F |
|----------------------|-------|---------|
| bloque | 24,94 | <0,0001 |
| tratamiento | 19,90 | <0,0001 |
| bloque * tratamiento | 5,32 | 0,0003 |

Dado que la interacción entre los dos factores resulta significativa (Tabla 8), el efecto de un factor depende del nivel del otro. En otras palabras, no se puede interpretar los efectos principales de manera aislada porque la relación entre los factores modifica sus impactos. Por ello, el análisis post hoc se ha centrado en el nivel de la interacción, comparando las combinaciones específicas de los niveles de ambos factores, en lugar de evaluar cada factor por separado. Si se ignorara la interacción, se correría el riesgo de obtener conclusiones erróneas sobre cómo actúan los factores en conjunto.

Los resultados del análisis post hoc mediante la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$) se presentan en la Figura 3. Dichos resultados evidencian diferencias significativas entre bloques en el crecimiento de las parcelas control. No obstante, dentro de cada bloque no se detectaron diferencias significativas entre las dos intensidades de claras. Asimismo, las parcelas sometidas a claras en el bloque 2 presentan crecimientos que difieren significativamente respecto a los observados en los otros dos bloques en las parcelas sometidas a los tratamientos de claras. Por el contrario, en el bloque 3 no se identificaron diferencias significativas entre las tres parcelas, cada una sometida a un tratamiento distinto

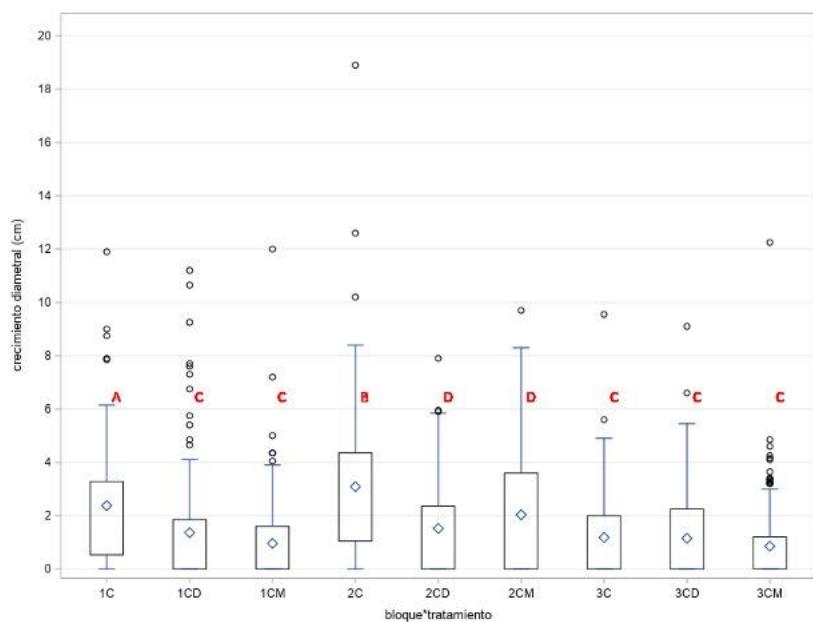


Figura 3. Diagramas de caja de la distribución crecimiento diametral por bloque y tratamiento. Las líneas en los diagramas de caja indican un intervalo de confianza del 95% para la media. Letras distintas representan diferencias significativamente distintas entre valores de la interacción bloque*tratamiento.

4.3. Próximos pasos

De los resultados obtenidos del ensayo de claras realizado se pueden obtener dos conclusiones principales.

Una, que la intensidad de las claras realizadas no ha sido suficiente y que sería necesario diferenciar más las dos intensidades de claras para ser capaz de obtener resultados diferenciados, que ayuden a determinar cuál es el peso de clara más adecuado para estas masas.

Dos, hay un exceso de matorral bajo la copa de los alcornoques que hace que cualquier tratamiento selvícola que se realice únicamente sobre el estrato arbóreo, como es el caso de las claras, tenga un efecto mucho menor del esperado. Este exceso de matorral tiene también incidencia en la calidad del corcho producido, ya que un exceso de matorral favorece la proliferación de la culebrilla (*Coraebus undatus*) (Jimenez et al., 2012). Esta plaga cuyas larvas se alimentan de la capa madre del corcho, dejando largas galerías en las planchas de corcho, deprecian su valor de forma significativa. Por tanto, se hace urgente un desbrozado de las masas no solo para favorecer el desarrollo de los alcornoques y la producción de corcho de calidad, sino también para reducir la cantidad de combustible disponible en el caso que se declare un incendio forestal. Además, la reducción del estrato arbustivo mejoraría el estado sanitario de estas masas.

Teniendo en cuenta estas conclusiones y siguiendo el esquema de aplicación de una GFA (Figura 1) el próximo paso a dar sería rediseñar los tratamientos. Por un lado, sería conveniente aumentar la intensidad de los dos tratamientos de claras aplicados y por otro, hacer un desbroce. Aprovechando el diseño del ensayo se podría considerar aplicar dos tipos de desbroces uno total y otro selectivo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Jimenez, A., Gallardo, A., Antonietty, C., Villagrán, M., Ocete, M., & Soria, F. (2012). Distribution of *Coraebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) in cork oak forests of southern Spain. *International Journal of Pest Management - INT J PEST MANAGE*, 58, 281-288. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.700493>
- MITECO. (2022). *Anuario de Estadística Forestal (Spanish Forestry Statistical Yearbook)*.
- Murillo Vilanova, M., Montero Calvo, A. J., Cardillo Amo, E., Berdón, J., Lanzo Palacios, R., Maya Blanco, V., & Santiago Beltrán, R. (2020). *Selvicultura adaptativa para la gestión de los alcornocales en Extremadura* (C. Junta de Extremadura, Ed.). Junta de Extremadura, CICYTEX.
- Sánchez-González, M., del Cuvillo, M., Fernández-Descalzo, E., & Ojalvo-Ortega, L. (2025). Evolución del mercado mundial de corcho: ¿continuará la demanda creciente de materia prima? *Foresta*, 92, 58-67.
- Sánchez-González, M., González-Adrados, J. R., & Prades, C. (2020). El corcho. In M. Sánchez-González, R. Calama, & J. A. Bonet (Eds.), *Los productos forestales no madereros en España: Del monte a la industria* (pp. 536). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia e Innovación.
- Serrada, R. (2011). *Apuntes de Selvicultura General*. Fucovasa. Madrid.
- Vericat, P., Beltrán, M., Piqué, M., & Cervera, T. (2013). *Models de gestió per als boscos de surera: producció de suró 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.