

75  
Anys



CONSORCI FORESTAL  
DE CATALUNYA  
Sumant persones,  
bosc i territori



12 ABRIL – 31 MAYO  
2024



41

JORNADAS  
TÉCNICAS  
SILVÍCOLAS  
EMILI GAROLERA

**Edita:** Consorci Forestal de Catalunya

**Coordinación de las jornadas:**

Josep M. Tusell - Ingeniero de Montes, CFC  
Berta Alcalde - Técnica Forestal, CFC  
Eduard Busquets - Ingeniero Forestal, CTFC

**Coordinación del libro:**

Josep M. Tusell - Ingeniero de Montes, CFC  
Berta Alcalde - Técnica Forestal, CFC  
Eduard Busquets - Ingeniero Forestal, CTFC

**Diseño y maquetación:** MHÀ, estudi gràfic  
GI 383-2020

**Edición:** junio 2024

**Cita bibliográfica:** Tusell, J.M.; Alcalde, B.; Busquets, E. (Coords.). 2024.  
41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Consorci Forestal de  
Catalunya. Santa Coloma de Farners. 122 pág.

<b>J1_ Cómo recuperar un bosque después de un incendio. Trabajos mecanizados y tratamientos manuales</b>	<b>7</b>
Gerard Alcoverro Poch Francesc Cano Ibañez Mario Beltrán Barba Gianni Picchi	
<b>J2_ Prevención de grandes incendios en la planificación forestal</b>	<b>21</b>
Asier Larrañaga Otxoa Ricard Farriol Almirall Àlex Muñoz Sol Jordi Solà Roca	
<b>J3_ La retención de agua a partir de la gestión forestal</b>	<b>33</b>
Joan Botey Serra Teresa Baiges Zapater Carles Barriocanal Lozano Josep Mas Pla Jordi Vayreda Duran	
<b>J4_ Desbroces selectivos: beneficios y directrices técnicas para su implementación</b>	<b>47</b>
Eduard Busquets Olivé Mario Beltrán Barba	
<b>J5_ Valoración del potencial resinero en los bosques de pino carrasco de la provincia de Barcelona</b>	<b>65</b>
Anna Morgado Souto Núria Ruiz Roca Míriam Piqué Nicolau Teresa Valor Ivars	
<b>J6_ Cultivo de trufa negra en un contexto de cambio climático. La experiencia de la finca de Maials</b>	<b>77</b>
Juan Martínez de Aragón Jose Antonio Bonet Yasmin Piñuela Javier Parladé Daniel Oliach	
<b>J7_ Como compatibilizar la gestión forestal y cinegética: el caso concreto de la becada (<i>Scolopax rusticola</i>)</b>	<b>91</b>
Marc Pagès Rúbies Santi Llorà Aguilà Lluc Llop Descarrega	
<b>J8_ Los créditos climáticos y la gestión forestal: el PROMACC de la Vall de Bianya</b>	<b>107</b>
Berta Alcalde Ferrer Josep M. Tusell i Armengol Noemí Palero Moreno Teresa Cervera Zaragoza	

41

JORNADAS  
TÉCNICAS  
SILVÍCOLAS  
EMILI GAROLERA



## 41 JTS EMILI GAROLERA

La publicación que tenéis en las manos es la parte final de todo un proceso de transferencia de conocimiento. Este se inicia con cada una de las visitas técnicas que forman parte de todas y cada una de las ediciones de las Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera y acaba con la redacción y elaboración de este documento extenso y completo con todas las comunicaciones. En esta 41ª edición hemos organizado jornadas de diferentes temáticas, pero todas ellas, orientadas a facilitar la gestión del día a día de las fincas forestales, hablando tanto de productos madereros como otros temas más actuales, los cuales son la gestión de la caza, los créditos climáticos o la gestión del agua. A la vez, también hemos planificado jornadas que, sin alejarse del componente científico y técnico, se adentran en las experiencias de gestores y silvicultores que gestionan sus fincas.

En la edición de este año, hemos abordado problemáticas como los incendios forestales, puntualizando y exponiendo los trabajos a hacer para recuperar un bosque después de un incendio o bien cómo planificar la lucha contra estos grandes incendios mediante la planificación forestal; la creciente necesidad de una correcta y eficiente gestión del agua; y la creación del nuevo sistema créditos climáticos, el cual se basa en la aplicación de una silvicultura que pretende mejorar la biodiversidad, la fijación de carbono y la creación de agua azul. También se han presentado asuntos puramente silvícolas como los desbroces selectivos o la viabilidad de productos forestales no madereros como el cultivo de trufas, la gestión de la caza de la becada o la resinación del pino carrasco.

Todas las jornadas, pero, han tenido un eje común: la gestión forestal como herramienta para garantizar una conservación del paisaje, para obtener bosques resilientes ante el cambio climático y los incendios forestales, y para mejorar la diversidad de flora y fauna -y también del paisaje-. Y todo esto, sobre todo, hacerlo con el objetivo de buscar la rentabilidad económica de esta gestión; puesto que, si la gestión no tiene un resultado económico positivo, esta no es posible.

Para terminar esta presentación del libro de la 41ª edición de las Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera, queremos agradecer a las empresas colaboradoras y que han participado activamente en la organización de las jornadas, así como a los coordinadores y a todos los ponentes y asistentes los cuales, con sus explicaciones y preguntas, han generado un intercambio de ideas y conocimientos que han abastecido de contenido las diversas jornadas.

No olvidamos la implicación de propietarios y gestores que, con la generosidad para compartir sus experiencias, hacen que estas Jornadas, además de un punto de encuentro, sean sobre todo un reflejo de la gestión forestal actual y aplicada en Cataluña desde un punto de vista práctico y realista. ¡Muchas gracias a todos y todas y nos vemos en la próxima edición de las Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera!

**Josep M. Tusell**

*Responsable técnico del CFC y co-coordinador de las Jornadas  
Consorci Forestal de Catalunya*

JORNADA



# Cómo recuperar un bosque después de un incendio. Trabajos mecanizados y tratamientos manuales

**Gerard Alcoverro Poch.** Ingeniero de Montes. Doctorando en mecanización forestal al grupo de aprovechamientos, mecanización y biomasa forestal (CTFC).

**Francesc Cano Ibañez.** Ingeniero Técnico Agrícola e ingeniero de Montes. Director Adjunto de Transferencia (CTFC).

**Mario Beltrán Barba.** Ingeniero de Montes. Jefe de grupo de Gestión Forestal Sostenible (CTFC).

**Gianni Picchi.** Doctor Ingeniero de montes. Investigador del CNR-IBN (Italia) y adjunto en el grupo de aprovechamientos, mecanización y biomasa forestal (CTFC).

---

Cita bibliográfica: Alcoverro, G.; Cano, F.; Beltrán, M.; Picchi, G. 2024. Cómo recuperar un bosque después de un incendio. Trabajos mecanizados y tratamientos manuales. A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 6-19.

## RESUMEN

El pino carrasco es una especie a tener mucho en cuenta en Cataluña en un contexto de transición hacia la bioeconomía. Se trata de la especie maderable más presente al país, la de mayor crecimiento por hectárea de nuestras especies autóctonas y, seguramente, la de mayor resiliencia ante el cambio climático.

A menudo se desconocen las buenas propiedades de su madera, se ignora que sus masas se pueden mejorar mucho (por medio de la genética y de la silvicultura) y no se prevé que la especie tenga una gran expansión.

Actualmente hay unas 300.000 ha de pino carrasco en el país y aproximadamente un tercio son masas jóvenes procedentes de incendios o nuevos terrenos arbolados, con una gran posibilidad de mejora de su calidad y resiliencia frente incendios, sequía, plagas, etc. Estas perturbaciones representan unos de los principales retos forestales del país.

El artículo se centra en estas masas jóvenes, la silvicultura que necesitan y el tipo de mecanización posible para salir del círculo de los incendios, ganar en biodiversidad y ser más útil en la nueva era de la bioeconomía.

---

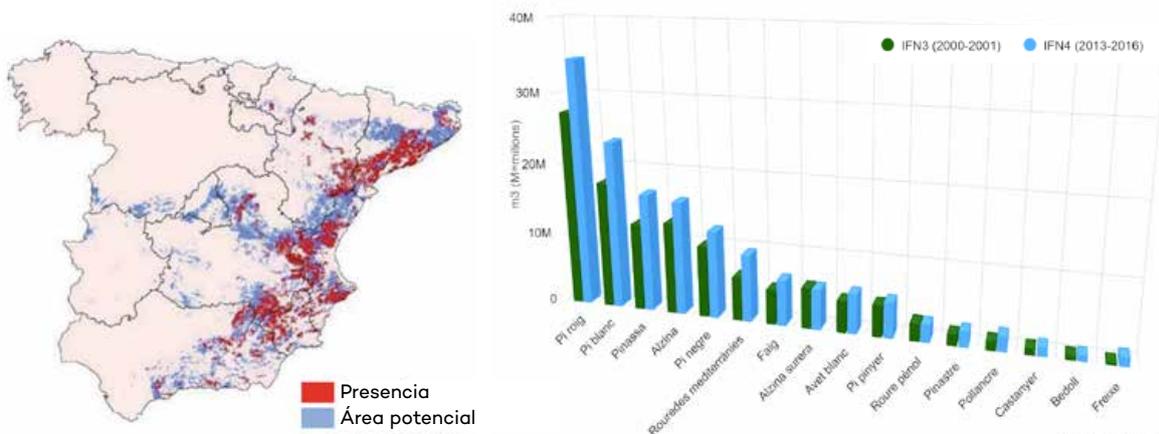
## Introducción: importancia del pino carrasco en Cataluña y de los tratamientos silvícolas de sus masas jóvenes

Podríamos decir que el pino carrasco, *Pinus halepensis*, es la especie forestal maderable más termófila y xerófila que tenemos, la más adaptada a la sequía y de las pocas que soporta precipitaciones únicamente de 250 mm, además de muchos meses de sequía.

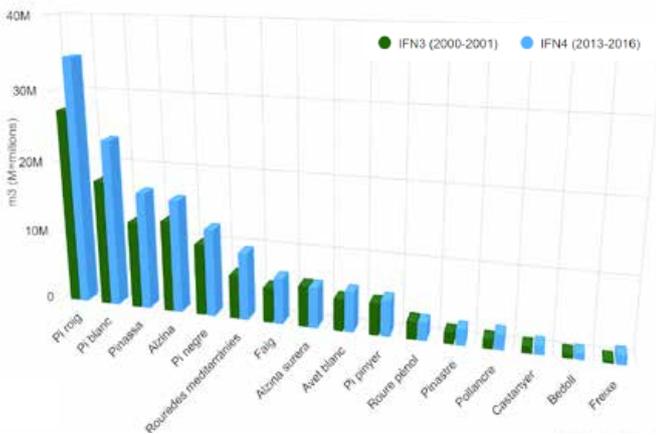
Coincide que es la especie forestal más representada en Cataluña y que, incluso con cambio climático, sigue en continua expansión. Actualmente ya supera ampliamente las 300.000 ha y sus capacidades de expansión son superiores a las de cualquiera otra especie forestal (Figura 1).

Prácticamente, su superficie solo queda limitada en Cataluña por las llanuras de cultivo (llanura de Lleida, delta Ebro, Campo de Tarragona, Penedès, Vallès, Ampurdán, llanura de Vic) y las regiones eurosiberianas y boreoalpinas del Pirineo (en claro retroceso).

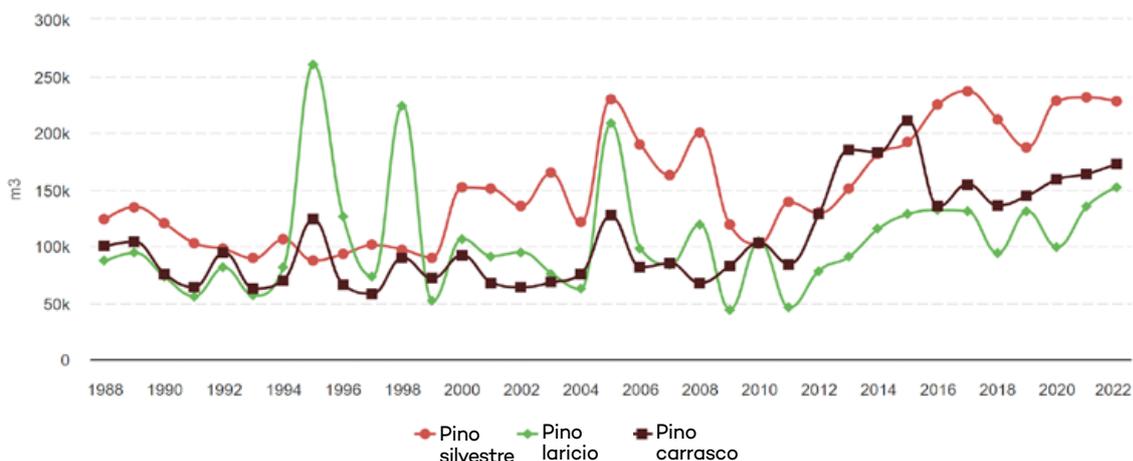
También es la segunda especie en existencias maderables del país; 23.5 millones de m<sup>3</sup> y unos crecimientos, según el 3.º y 4.º inventario forestal nacional, de 450.000 m<sup>3</sup>/anuales (Figura 2), mientras que el aprovechamiento medio que se hace es de poco más de 150.000 m<sup>3</sup>/anuales (Figura 3).



**Figura 1.** Aproximación al área actual y potencial del pino carrasco en España. Fuente: MITECO.



**Figura 2.** Volumen cuantificado en los IFN 3r y 4t del stock por especies en Cataluña. Fuente: OFC, datos IFN.



**Figura 3.** Volumen cuantificado por años de la extracción por especies en Cataluña. Fuente: OFC, datos DGEFGM.

Así pues, nos encontramos ante una de las especies con más resiliencia del país ante los cambios globales, la que ocupa más superficie y más capacidad de conquistar nuevos territorios y también la de mejores crecimientos por hectárea de las pináceas autóctonas.

Y sin embargo, seguramente es la especie más ninguneada por la sociedad, el mundo académico y el mundo forestal.

A nivel social es conocido como el *pi bord*, que nace en cualquier espacio abandonado. Por lo tanto, los bosques que aparecen no son los que queremos, sino el producto del abandono.

El mundo conservacionista lo ha maldecido continuamente diciendo que su origen es de repoblaciones artificiales o que se había extendido a consecuencia de la destrucción antrópica de los bosques de frondosas. Las evidencias paleobotánicas le han vuelto los “papeles” de nacionalidad y declarado claramente indígena de la Península Ibérica.

En el mundo de la fitosociología ha sido prácticamente ignorado y calificado a menudo de “brolla” anterior al bosque climácico de verdad.

El mundo académico forestal le reconoce su papel en restauraciones, en el paisaje y en las dinámicas forestales pero pocas veces presta atención en su capacidad para producir bienes económicos, obviando su capacidad de crecimiento en los terrenos mediterráneos y sus calidades como madera.

Esta idea prefijada de la escasa calidad de la madera del pino carrasco proviene de no contemplar el proceso degenerativo (selección negativa) que durante siglos han sufrido sus bosques y del desconocimiento de las propiedades de su madera.

En efecto, tenemos magníficos ejemplos de árboles que no han contado con esta negativa selección, como los pinos de Piera (segundo árbol autóctono más alto de Cataluña, con 37 m de altura, *Fotografía 1*), en Rasquera o en otras muchas zonas de la Cataluña mediterránea.

Y en cuanto a la calidad de la madera, hemos visto vigas del Eixample de Barcelona hechas con madera de Collserola e incluso, muebles confeccionados posteriormente a partir de estas vigas.

**Fotografía 1.**  
Pino carrasco de Cal Ferrer del Coll (Piera). 37 m de altura.



Las pruebas realizadas por el Institut Català de la Fusta (INCAFUST) indican que el pino carrasco tiene una de las maderas de conífera autóctona con mejores propiedades resistentes y de densidad (589,41 kg/m<sup>3</sup>). En los últimos años se ha trabajado en la caracterización de las propiedades básicas, y observado que junto con la pinocha son las dos especies con un potencial resistente más elevado. También, se ha evaluado esta madera por productos estructurales encolados como el CLT (*Fotografía 2*), y determinado que el pino carrasco no presenta ninguna dificultad especial en el proceso de encolado.



**Fotografía 2.**  
CLT experimental  
de pino carrasco.

En estos momentos, con la revolución de la bioeconomía y el cambio climático, tenemos que prestar una especial atención a esta especie, teniendo en cuenta una necesaria mejora genética que revierta la erosión genética que ha sufrido a lo largo de los siglos (puertos tortuosos y rama gruesa) pero también que tenga en cuenta las procedencias de zonas más áridas para soportar las condiciones más xéricas que ya han llegado, y las futuras.

Por otro lado, también se debe tener mucho en cuenta la necesaria silvicultura y mejora a hacer a las más de 300.000 ha actuales que ocupa la especie; un tercio de las cuales, proviene de regenerados posteriores a los incendios del 1986, 1994, 1998, 2006, 2012, 2016 o 2019. Es sin duda, esta silvicultura la que puede mejorar la calidad de estas masas existentes y prevenir que no se repitan incendios, estropicios o estrés hídrico.

Este artículo lo dedicamos especialmente a la silvicultura necesaria a las masas jóvenes de pino carrasco y su mecanización. Estamos hablando de muchas decenas de miles de hectáreas que están sufriendo el mayor estrés hídrico histórico, muchísima competencia por la luz y coincidiendo con su mayor potencial de crecimiento y mayor riesgo de sufrir incendios devastadores (y posiblemente sin regeneración posterior). Es, sin embargo, unos de los principales retos forestales que tenemos en el país.

## Recomendaciones silvícolas para las masas jóvenes de pino carrasco

La excepcionalidad del pino carrasco respecto de otras especies en cuanto a su ecología se traslada también a su silvicultura. Además de la diferencia de objetivos con los cuales se ha gestionado (o cuando menos analizado) los bosques de pino carrasco, como se ha comentado antes, hay que destacar que la aplicación de esquemas silvícolas desarrollados en otras especies y contextos, como el centroeuropeo, provoca resultados divergentes a los obtenidos en otros bosques. De hecho, estos resultados son a menudo contrarios a los objetivos planteados y dan pie a interpretaciones como por ejemplo que esta especie tiene poco potencial productivo o de desarrollo a largo plazo. Todo esto tiene su máxima expresión cuando se aborda la regeneración de un bosque de pino carrasco en ausencia de fuego: muy frecuentemente las cortas de regeneración y también las cortas de selección con estructura irregular no generan nuevos plantones vigorosos en abundancia.

A esto se suma también que, dentro de la gestión específica para objetivos concretos como el de prevención de incendios o bien aplicando esquemas productivos genéricos, se aplican tratamientos silvícolas que no favorecen o incluso contravienen el propio desarrollo de la masa tratada. Como ya se indicó en el manual ORGEST para los bosques de pino carrasco (Beltrán *et al.*, 2011):

- Son frecuentes las claras fuertes, ya sea para asegurar la extracción de madera comercial o por motivos de estructuración de la masa ante los incendios forestales, normalmente acompañadas de podas de gran proporción del árbol. Pero



estas actuaciones tienen efectos negativos en el crecimiento de los árboles y en el desarrollo estructural de la masa, porque las aclaradas fuertes pueden suponer un freno al crecimiento en altura y también una desestabilización de la masa. Además, suponen una puesta en luz intensa que el sotobosque aprovecha para desarrollarse, aumentando la vulnerabilidad de la demasada y haciendo necesarias posteriores intervenciones de reducción del matorral.

- Las podas con objetivo de potenciar el crecimiento o mejorar el producto obtenido no son justificables en el caso del pino carrasco. González-Ochoa *et al.* (2004) indican que la poda baja no tiene efectos en el crecimiento en altura y, además, puede llegar a tener un efecto negativo en el crecimiento en diámetro, contrarrestando el efecto positivo de una clara.

Es por eso que los modelos ORGEST proponen esquemas silvícolas que mantienen un dosel lo más cerrado posible y regulan la competencia arbolada con claras por lo bajo o mixtas más frecuentes y más suaves, usando los desbroces selectivos como complemento para reducir la vulnerabilidad de la estructura e indirectamente la competencia por los recursos y el espacio. En el caso de la regeneración, la mayoría de modelos apuesta por maximizar el turno y aplicar técnicas específicas para el pino carrasco, que pueden incluir también el fuego técnico.

Manteniendo la perspectiva de las ORGEST, desarrolladas hace ya más de 10 años, la silvicultura del pino carrasco, y específicamente de las masas jóvenes postincendio que están haciendo el cambio hacia bosques adultos, se puede impregnar de las corrientes actuales generales de la silvicultura europea: gestión para la adaptación al cambio climático y basada en procesos naturales (*climate-smart forestry, close(r)-to-nature forestry*). Eso sí, hay que atender la ecología funcional de la especie, su temperamento, y la interacción con otros elementos del sistema (sotobosque, suelo..).

Concretar esto en propuestas silvícolas concretas es un paso que todavía no está desarrollado con un seguimiento científico concluyente. El CTFC participa en varias iniciativas de innovación y transferencia del conocimiento que pretenden construir técnicamente lo que la teoría puede llegar a proponer para estos bosques en el actual contexto y en el futuro.

El mensaje que destacar es que los bosques de pino carrasco actuales pueden no representar de manera generalizada el máximo potencial de desarrollo de la especie, atendiendo al contexto explicado anteriormente. La propuesta de gestión para los bosques de pino carrasco en general y especial para los que presentan buenas aptitudes productivas (accesibilidad, opciones de transitabilidad, suelo con cierta profundidad y textura adecuada y pluviometría no excesivamente limitante) se centra en:

- Realizar claras que beneficien explícitamente a los mejores árboles (es decir, claras selectivas o selectivas mixtas). Aquí hay que considerar también favorecer pies de otras especies que puedan tener un retorno económico significativo.
- Realizar claras de la menor intensidad posible atendiendo al retorno económico desde la perspectiva de minimizar costes, conseguir ingresos unitarios altos y tener presente que son inversiones necesarias para fomentar el desarrollo y la capitalización futura.
- Realizar claras frecuentes que permitan una modulación progresiva de la respuesta de la masa.
- Evitar realizar podas en general, especialmente si hay que eliminar ramas vivas.
- Evitar realizar desbroces totales y otras acciones sin retorno económico, como la eliminación de restos (siempre cumpliendo los requerimientos normativos).

Aquí el primer pensamiento será que esto no es viable económicamente, que hay que ser intenso para sacar el volumen suficiente para pagar costes, que hay que ser más sistemático para simplificar... Y razón no faltará, pero aquí el reto es superar esta fase de transición, y en especial las primeras intervenciones, para conseguir, a la larga, masas más productivas, más adaptadas y resilientes a las duras condiciones que enfrentan y enfrentarán. Que la mayoría de los bosques de pino

carrasco actuales sean jóvenes, monoespecíficos y densos sobre suelos raquíuticos o no desarrollados no quiere decir que esta sea la situación más favorable a la especie. Al contrario, la idea sería generar y dirigir una estructura heterogénea de menor densidad que permita modular la iluminación directa e indirecta del suelo y de dos o más estratos de vegetación, que mantenga cierta competencia entre árboles para fomentar el crecimiento sin limitarlo, y que a la vez se mantenga cierto ambiente forestal nemoral, con dificultad para la circulación de vientos en superficie. La masa evolucionará hacia un bosque más adulto, con árboles de copa grande y vital, y un suelo forestal también cada vez más desarrollado.

Hay que notar, si no ha quedado bien descrito ya, que esta estructura objetivo es beneficiosa en primer término desde el punto de vista productivo especialmente si el destino acaba siendo madera de sierra por CLT por ejemplo, con posibles otros productos complementarios también de otras especies, pero también genera un buen conjunto de servicios ecosistémicos provechosos (no en dinero, pero), como por ejemplo la capacidad de acogida de biodiversidad, la fijación de carbono, la producción de agua azul, el paisaje y el entorno recreativo. La planificación por un lado y la comercialización de productos de alto valor por otra se tienen que sumar a la mecanización explicada en esta jornada para hacer posible desarrollar la silvicultura propuesta para unos mejores bosques de pino carrasco.

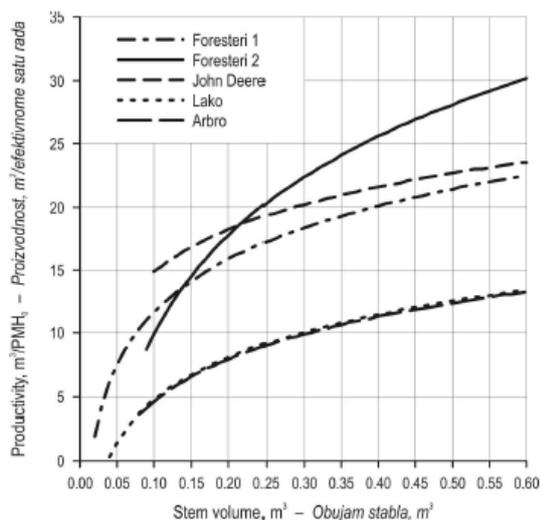
### Potencial de uso de la maquinaria compacta en los bosques jóvenes mediterráneos

La mecanización de los trabajos silvícolas en los bosques mediterráneos añade unos desafíos específicos, por las especies arbóreas, el clima y el mercado de los productos maderables, entre otros. Aun así, hay también unas pautas comunes a otros contextos forestales del norte de Europa o de América. Entre ellos, el manejo de las masas jóvenes. Desde un punto de vista de tratamiento silvícola, un bosque joven siempre representa una tarea compleja: hay que intervenir sin dañar los árboles de futuro y dejar una estructura homogénea y estable. Además, a pesar del papel imprescindible de las claras en la silvicultura de masas jóvenes, difícilmente son rentables a causa de la medida reducida de las plantas.

En términos generales, un buen nivel de mecanización es una solución para incrementar la productividad y reducir los costes de los trabajos forestales. Pero, como en otros sectores, la tendencia de la maquinaria forestal ha ido desarrollando maquinaria más potente y pesada. Esto se justifica por una mayor productividad en talas fuertes o en cortas a hecho y con árboles de gran tamaño, pero se vuelve un inconveniente al disminuir el diámetro medio de las plantas y las exigencias de no dañar las masas remanentes.

Las grandes procesadoras y autocargadores tienen un coste de adquisición y de uso muy elevado y esto no influye en su productividad, que cae conforme se reduce el diámetro de los árboles, como demuestran varios estudios (Figura 4).

**Figura 4.** Variación de costes de aprovechamiento por metro cúbico/hora de trabajo ( $m^3/PMH$ ) en función del volumen de los troncos con 5 diferentes modelos de procesadoras forestales. Fuente: Suchomel et al. 2012



También hay otros factores que contribuyen a incrementar los costes de uso de las grandes maquinarias en claras. Uno de ellos es el coste de transporte de las máquinas, que a nivel anual es tanto más alto cuanto más pequeño será la medida media de las parcelas a talar. En Finlandia se calcula que el transporte de las máquinas forestales tiene un coste medio de 6 a 10% del coste total de las operaciones forestales. Un contratista con 2 máquinas forestales, góndola propia y una producción anual de 35.000 m<sup>3</sup> tiene un gasto de 0.80 €/m<sup>3</sup> (Väätäinen et al. 2006).

En el trabajo con masas forestales jóvenes el uso de maquinaria forestal de pequeña medida puede resolver o reducir estos problemas gracias a unas ventajas prácticas: 1) sus costes operativos y de adquisición son muy menores, 2) su anchura y peso reducido los permiten moverse con agilidad minimizando el impacto al suelo y la masa de futuro y 3) se reducen de manera relevante el coste de transporte (Fotografías 3 y 4). Pensamos que este uso puede ser interesante en claras pre-comerciales y en intervenciones subvencionadas por silvicultura o prevención de incendios.



**Fotografías 3 y 4.** Medida y peso reducidos permiten aprovechar diferentes soluciones de transporte, a la izquierda con camión comercial de transporte de larga distancia de madera (aprovechando la vuelta con carga de madera), a la derecha con remolque agrícola. En ambos casos la máquina forestal llevaba un remolque adicional.

## Resultados de las demostraciones de maquinaria compacta

En el marco del proyecto FIRE-RES se realizaron dos demostraciones de maquinaria compacta:

- La primera se hizo en un bosque de pino rojo en el municipio de Odèn (Solsonès), con dos bloques de características de masa diferentes, una masa de latizal alto-fustal bajo y el otro de latizal alto – latizal bajo. El objetivo fue analizar como esta tipología de maquinaria más ligera funcionaba en claras comerciales y pre-comerciales (*Tabla 1*).
- La segunda se realizó en un bosque de pino carrasco del municipio de Viladecavalls (Vallès Occidental), regenerado post-incendio forestal de los años 70, donde se diferencian tres bloques diferentes, tanto en densidad de pies como en diámetro y altura (*Tabla 2*). El bloque 1 corresponde a un latizal alto-fustal bajo, el 2 a un latizal alto y el 3 a un latizal bajo. En este caso el objetivo de la demostración era el de intentar reducir el coste de los trabajos de silvicultura preventiva de incendios en regenerados de pino carrasco. Previamente a los tratamientos mecanizados realizados en el marco del proyecto, las cuadrillas de BOSCAT iniciaron los tratamientos manualmente, con costes por superficie muy elevados y superiores a las ayudas dadas por la administración.

La maquinaria utilizada para llevar a cabo las demostraciones fue una Malwa 560C Combi (*Fotografías 5 y 6*), máquina compacta de 1,95 m de ancho, 5,7 m de largo y desde 5,7 t de peso, conducida por un maquinista experto de la misma empresa fabricante. El cabezal procesador utilizado fue un LogMax 928.



**Fotografías 5 y 6.** Malwa 560C modo procesadora (izquierda) y modo autocargador (derecha).

En ambas demostraciones se llevó a cabo un estudio de tiempo a través de las grabaciones de vídeo de los trabajos, en Odèn se obtuvieron 11,32 h de grabación de tiempos operativos en el primer bloque y 17,9 h en el segundo. En Viladecavalls fueron 7,48 h al primer bloque, 10,35 h al segundo y 9,61 h al tercero. Para obtener los datos de productividad se trabajó con el estándar StandForD que el mismo software de la máquina almacena. Esto supuso obtener el número de pies cortados, las

trozas por árbol junto con la clasificación por productos de estas y sus respectivos volúmenes.

Con estos datos se puede obtener un balance de rendimientos y económico de los resultados de ambas demostraciones.

En Odèn se clasificó la madera por productos (palos, sierra y biomasa) y en Viladecavalls todo fue destinado a biomasa por condicionantes de consumo de astilla, sacándole el máximo partido al cabezal procesador capaz de trabajar hasta 2 cm de punta delgada.

En ambas demostraciones, previo a la ejecución de los trabajos, se realizó el marcaje de los árboles pie a pie. Las claras marcadas fueron mixtas, sacando competencia a los árboles con más futuro pero sin comprometer la estabilidad de la masa.

En el presente estudio de tiempo se estableció el criterio que las pausas inferiores en 15 min se considerarían tiempos productivos (PMH<sub>15</sub>). Este es el tiempo en el cual el operario está realizando alguna tarea donde directa o indirectamente afecta la productividad de los trabajos.

En la tabla siguiente se muestran los resultados de productividad y costes de los dos bloques de la demostración en Odèn (Tabla 1). Se observa como en el bloque 1, a pesar de sacar mucha menos madera, se obtiene una productividad un poco superior que en el bloque 2, a causa del mayor volumen unitario del árbol cortado.

ODÈN		
Bloque	1	2
Densidad (p/ha)	2125	3660
Diámetro medio (cm)	17	12
Área basimétrica (m <sup>2</sup> /ha)	52,5	49
Productividad (m <sup>3</sup> /PMH <sub>15</sub> )	2,30	1,79
Coste por hora productiva (€/PMH <sub>15</sub> )	88,6	
Coste unitario (€/m <sup>3</sup> )	38,20	50,01
Coste por superficie (€/ha)	1.750,70	4.899,97
Valor en cargador (€/m <sup>3</sup> )	46,7	46,7
Valor en cargador (€/ha)	2.137,30	4.574,75
Balance económico (€/m <sup>3</sup> )	8,44	-3,32
Balance económico (€/ha)	386,60	-325,22

**Tabla 1.** Resultados de volúmenes cortados, productividades, costes y balances económicos en la demostración a Odèn.

Referente al balance económico, en el bloque 1 ha resultado ser positivo, al contrario que en el bloque 2 donde los costes son superiores al valor del producto obtenido. Esta notable diferencia recae en las diferentes productividades. Pero en todo caso, en el segundo bloque se ha realizado una clara de mejora que tradicionalmente necesita de una subvención que triplica esta cifra. Por lo tanto, con esta mecanización, además de generar producto, reduce la necesidad de subvención en un tercio.

Y en el primer bloque, el balance es positivo de manera mecanizada y de manera manual el resultado habría sido previsiblemente negativo.

En la Tabla 2 podemos ver los resultados de productividad y económicos de la demostración en Viladecavalls, ya concretamente en pino carrasco.

**Tabla 2.** Resultados de volúmenes cortados, productividades, costes y balances económicos en la demostración en Viladecavalls.

VILADCAVALLS			
Bloque	1	2	3
Densidad (p/ha)	1698	4980	9620
Diámetro medio (cm)	17	10	6
Área basimétrica (m <sup>2</sup> /ha)	42,7	47	30,7
Productividad (m <sup>3</sup> /PMH <sub>15</sub> )	2,61	1,64	0,49
Coste por hora productiva (€/PMH <sub>15</sub> )			89,60
Coste unitario (€/m <sup>3</sup> )	34,34	54,52	183,58
Coste por superficie (€/ha)	1735,30	3.336,36	4.950,89
Valor en cargador (€/m <sup>3</sup> )	33,28	30,00	30,00
Valor en cargador (€/ha)	1681,86	1835,72	809,05
Balance económico (€/m <sup>3</sup> )	-1,06	-24,52	-150,30
Balance económico (€/ha)	-53,44	-1500,65	-4141,83

Al bloque 1 se extrajo 49,3 m<sup>3</sup>/ha, algo más al bloque 2, con 60,75 m<sup>3</sup>/ha, y mucho menos al bloque 3, 27,6 m<sup>3</sup>/ha. Se observa como en el bloque 1 la productividad es superior a causa del superior volumen unitario del arbolado, a pesar de haberse sacado menos madera que en el bloque 2. En el bloque 3 el volumen unitario es muy inferior, lo cual da productividades muy bajas y poca madera extraída.

En el bloque 1 se calculó que un 13 % de la madera podría ser destinada a sierra (trozas de 2,5 m a 14 cm de punta delgada), en los otros la totalidad para biomasa.

A causa de las bajas productividades se puede ver como en el bloque 2, a pesar de resultar un valor del producto por hectárea superior al bloque 1, las pérdidas son muy superiores.

En el caso particular de Viladecavalls, el objetivo de realizar el tratamiento con la máquina de pequeño tamaño era reducir el coste del trabajo manual. En la siguiente tabla (Tabla 3) se observa la comparativa manual-mecanización.

**Tabla 3.** Comparativa costes entre manual y mecanizado. Fuente: costes manuales BOSCAT

Bloque	Coste €/ha*	Valor en cargador (€/ha)	Diferencia (€/ha)
1 Manual	4.000	0	-4.000
1 Mecanizado	1.735	1.682	-53
2 Manual	3.000	0	-3.000
2 Mecanizado	3.336	1.836	-1.500
3 Manual	4.409	0	-4.409
3 Mecanizado	4.951	810	-4.142

\* El coste mecanizado suma la corta, procesado y saca, mientras que el manual contabiliza la corta y gestión de restos.

Se observa como los trabajos mecanizados suponen una reducción del coste por hectárea especialmente para el aprovechamiento de la madera. En el caso del bloque 1 esta reducción es muy significativa, a causa de las dificultades de los operarios para cortar árboles de mucha longitud con densidades muy elevadas de forma manual y existencia de muchas lianas.

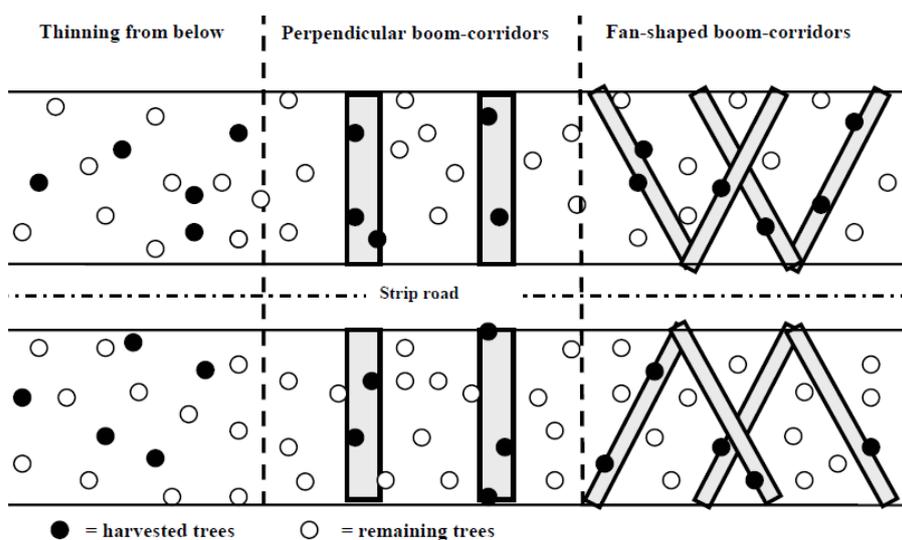
En el bloque 2 los costes se reducen a la mitad, a pesar de tener un valor a cargador más elevado que el anterior, pero los costes de la actuación se incrementan por la

baja productividad. En el bloque 3, este factor todavía penaliza más la poca madera sacada, donde el resultado final se puede decir que es similar al manual.

Teniendo en cuenta la subvención dada en cada bloque (2.000 €/ha bloque 1 y 2; 3.000 €/ha bloque 3), la reducción de los costes por la misma subvención significaría poder hacer 37,5 ha más en el bloque 1, o 1,3 ha más en el bloque 2. En el 3 no habría mejora económica.

Esto nos podría llevar a pensar que este sistema de procesamiento del árbol con máquinas de pequeñas dimensiones no es interesante en bosques de densidades muy elevadas y volúmenes unitarios bajos. En estos casos, la sustitución del cabezal procesador por cabezales acumuladores cizalla podría ser una buena opción siempre que la pendiente permita ser mecanizado y haya que sacar o tratar los árboles cortados.

También puede ser interesante en estas actuaciones mecanizadas sobre muchos árboles de poco volumen (bloque 3) aplicar la técnica de *boom-corridors*, siempre que no haya una elevada necesidad de la selección cuidadosa de pies. Es más bien un tratamiento sistemático de la masa: la procesadora avanza por la vía de sacada y solo entra con el brazo a cortar los árboles situados en una dirección determinada, lo cual, mejora la productividad.



**Figura 5.** Esquemas de tres diferentes técnicas de seleccionar los árboles a cortar.

Cuando se da el caso de esta tipología de bosque, pero en terrenos no mecanizables y fuera de las áreas estratégicas de prevención de incendios, se puede proceder a realizar claras selectivas manuales dirigidas estrictamente sobre los árboles de futuro seleccionados. En el caso del bloque 3 se realizó una prueba y los costes calculados fueron de 1.294 €/ha, muy inferior a los costes actuales (1/3).

## Conclusiones

La retirada necesaria y progresiva de los combustibles fósiles devuelve el protagonismo en los bosques de Cataluña y una amplia mayoría son de pino carrasco y en estado de abandono. La recuperación y mejora de los bosques de pino carrasco pasa especialmente por el tratamiento silvícola de las decenas de miles de hectáreas de masas jóvenes y una mejora genética que revierta siglos de selección negativa de sus ejemplares.

Las ORGEST generaron unas bases comunes para aplicar una silvicultura específica para la producción y la prevención de incendios en bosques de pino carrasco. Aun así, el contexto actual y futuro requiere hacer ahora un nuevo paso adelante en la definición técnica de una silvicultura más específica para abordar el cambio de bosques jóvenes a adultos y salir del círculo de la baja rentabilidad-abandono-fuego-baja rentabilidad. Esta silvicultura permite, además, incorporar demandas explícitas de otras funciones del bosque: biodiversidad, agua, paisaje.

Iniciar y avanzar en la fase de transición de estructuras simplificadas hacia situaciones más heterogéneas, complejas y diversas es el momento más desafiante. La innovación en silvicultura tiene que ir acompañada de innovación en planificación, en comercialización y en mecanización.

La mecanización de los trabajos forestales es imprescindible en Cataluña y también particularmente por el tratamiento de las masas jóvenes, sin duda las que tienen más capacidad de reacción y mejora. Pero las procesadoras y autocargadores presentes en Cataluña son de grandes dimensiones y poco preparadas para trabajar en suelos débiles y masas jóvenes.

El Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya ha introducido en España un tipo de procesadoras ligeras, pequeñas y versátiles, más económicas y que harán posible alcanzar importantes superficies que ahora están literalmente abandonadas a su suerte. Se demuestra que, en la mayoría de los casos, los costes se pueden reducir además de la mitad, permitiendo el aprovechamiento de la madera.

En latizales bajos muy espesos se plantea el uso de esta maquinaria, pero con cabezales acumuladores de cizalla de manera sistemática y fuera de las zonas estratégicas por incendios, practicar claras selectivas manuales y sin aprovechamiento, beneficiando exclusivamente a los árboles de futuro.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha podido hacer gracias al consentimiento de los titulares de las fincas Can Ponet y Puig, que han permitido realizar las pruebas, y la colaboración de la Cooperativa Forestal de Catalunya y la Federació Catalana d'Associacions de Propietaris Forestals. Esta prueba ha contado con la financiación europea del programa Horizon Europe, proyecto FIRE-RES, coordinado por el CTFC.

## Bibliografía

- Beltran, M.; Piqué, M.; Vericat, P.; Cervera, T. 2011. Models de Gestió per als boscos de pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.). Producció de fusta i prevenció d'incendis forestals. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST) Centre de la Propietat Forestal (CPF). Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural (AAM). Generalitat de Catalunya. 132 p.
- González-Ochoa, A.I., López-Serrano, F.R., de las Heras, J., 2004. Does post-fire forest management increase tree growth and cone production in *Pinus halepensis*? For. Ecol. Manage. 188, 235–247. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.07.015>
- Erber G., Holzleitner F., Kastner M., Stampfer K. (2015). Effect of multi-tree handling and tree-size on harvester performance in small-diameter hardwood thinnings. *Silva Fennica* vol. 50 no. 1 article id 1428. <https://doi.org/10.14214/sf.1428>
- Suchomel, C., Spinelli, R., & Magagnotti, N. (2012). Productivity of processing hardwood from coppice forests. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 33(1), 39-47.
- Väätäinen, K., Asikainen, A., Sikanen, L., Ala-Fossi, A. 2006. The cost effect of forest machine relocations on logging costs in Finland. – *Forestry Studies| Metsanduslikud Uurimused* 45, 135–141. ISSN 1406-9954.



JORNADA  
2



# Prevención de grandes incendios en la planificación forestal

**Asier Larrañaga Otxoa.** Subinspector del GRAF de los Bomberos de la Generalitat de Catalunya.

**Ricard Farriol Almirall.** Jefe del área de planificación del Centre de la Propietat Forestal.

**Àlex Muñoz Sol.** Jefe del área de ayuda del Centre de la Propietat Forestal.

**Jordi Solà Roca.** Associació de Propietaris Forestals del Lluçanès.

---

Cita bibliográfica: Larrañaga, A.; Farriol, R.; Muñoz, A.; Sola, J. 2024. Prevención de grandes incendios en la planificación forestal. A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 20-31.

## RESUMEN

En el ámbito de la Associació de Propietaris Forestals del Lluçanès se han elaborado los Planos Técnicos de Gestión y Mejora Forestal conjuntos (PTGMFc) con el objetivo de dinamizar la gestión forestal y ganadera integrando las áreas estratégicas para la prevención de los grandes incendios forestales.

Esta planificación conjunta ofrece unas oportunidades de planificación a los propietarios forestales.

---

## Introducción

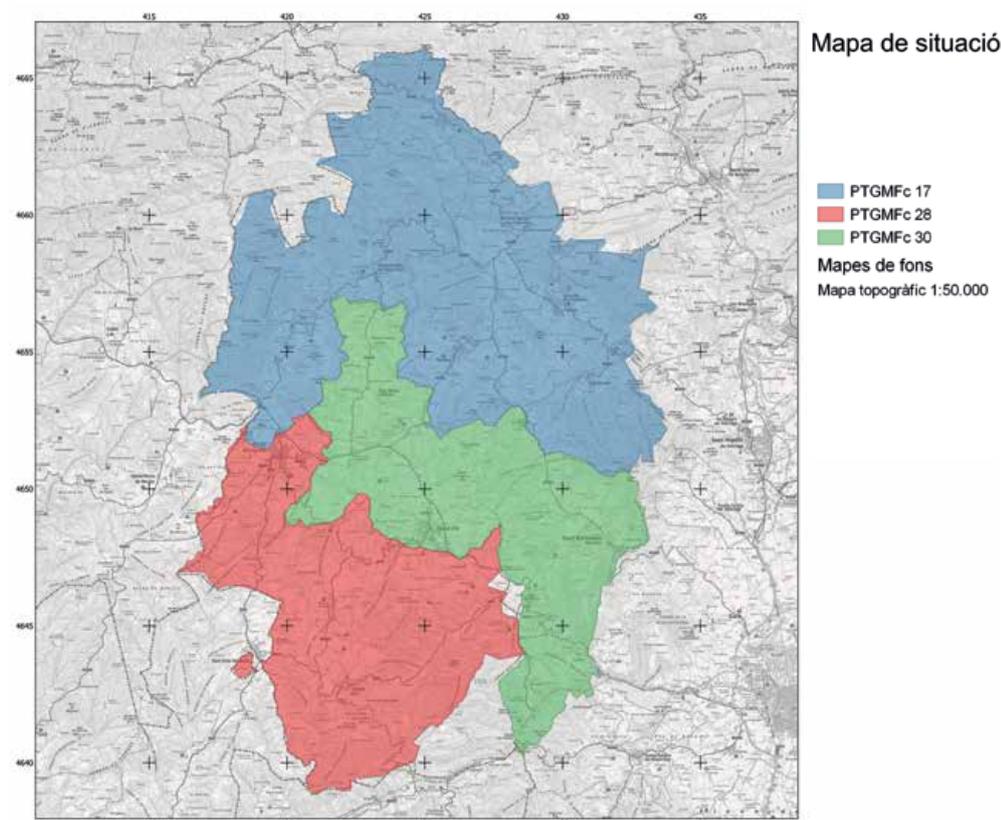
La Associació de Propietaris Forestals (APF) del Lluçanès se crea en 2008 con los objetivos de recuperación y valorización de los recursos forestales, ganaderos y la prevención de incendios. El ámbito de la APF Lluçanès lo forman 11 municipios (Lluçà, Alpens, Perafita, Sant Agustí de Lluçanès, Sant Boi de Lluçanès, Sobremunt, Olost, Sant Martí d'Albars, Sant Bartomeu del Grau, Oristà y Prats de Lluçanès).

No es hasta 2010 que la APF inicia las actuaciones en los bosques de las fincas asociadas. El primer año de funcionamiento, la asociación la conforman 13 socios. A día de hoy son más de 70 socios con una superficie forestal del 30% del total del ámbito de la superficie forestal del Lluçanès. Las actuaciones de mejora del arbolado, conjuntamente con los desbroces, son trabajos que son financiados por la Diputació de Barcelona y las convocatorias de la Generalitat de Catalunya.

Otras actuaciones como las de aprovechamiento maderero se gestionan con fondos propios de la Asociación.

## Los planes técnicos de gestión y mejora forestal conjuntos (PTGMFc) del ámbito de la Asociación

La planificación de todo el ámbito de la Asociación se ha realizado con tres PTGMFc diferenciados para ajustarlo a las diferencias topográficas y específicas territoriales. Este ámbito territorial abarca una superficie total de 29.360 hectáreas (Figura 1):



**Figura 1.** Mapa de situación de los PTGMFc a escala 1:50.000.

### PTGMFc número 17. El ámbito del Lluçanès norte

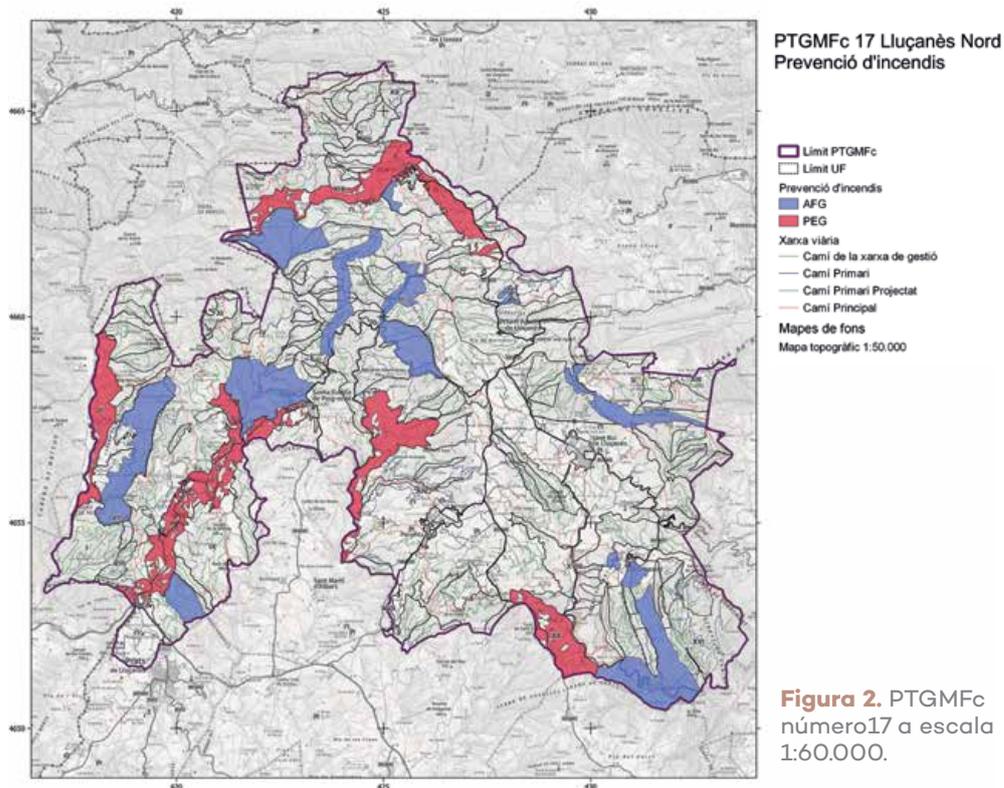
El ámbito territorial comprende los municipios de Alpens, Lluçà, Sant Agustí de Lluçanès, Perafita, Sant Boi de Lluçanès y Sobremunt (Osona) y cuenta con una superficie de 13.412 hectáreas, de las que se han ordenado 11.382 (85%).

Se corresponde a bosques con predominio de pino silvestre y roble en municipios como Alpens, Lluçà, Sobremunt, Sant Agustí de Lluçanès y Sant Boi de Lluçanès.

En municipios como Perafita, el pino laricio se comporta como especie secundaria conjuntamente con el roble.

Todas las formaciones forestales se gestionan mediante modelos ORGEST (Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Cataluña), planificando tratamientos para reducir la vulnerabilidad estructural en las zonas definidas como estratégicas.

La ganadería extensiva se considera importante donde el ganado vacuno es el más relevante: en los municipios de Sobremunt, Sant Boi de Lluçanès, Lluçà (parte norte), Sant Agustí de Lluçanès y Alpens. Municipios como Perafita y Lluçà (parte sur) sustituyen a los prados de siega y pastos permanentes por cultivo de cereal de invierno, mayoritariamente.



**Figura 2.** PTGMFc número 17 a escala 1:60.000.

### PTGMFc número 28. El àmbit del Lluçanès suroeste

El àmbit territorial comprèn els municipis de Oristà i Prats de Lluçanès (Osona) i cuenta amb una superfície de 8.095 hectàrees, de les quals se han ordenat 5.598 ha (69%).

Las zones forestals vienen determinades per el rang de altitudes de entre 500 i 800m. Esto determina la presència important de tres espècies de pins (pino rojo, pino laricio i pino carrasco). També, puntualment i en forma de bosquets, apareix el pino piñonero al voltant dels nuclis de la Torre de Oristà i Oristà, así com en llocs cumbreiros.

Estes masses de pino piñonero plantades fa més de 70 anys estan envejecidas i ja no regeneren. Estas masses estan compuestas por un subvuelo de encina y roble vigoroso. El futuro de estas masses de pino piñonero es que están destinadas a ser substituidas por el subvuelo de encina y roble.

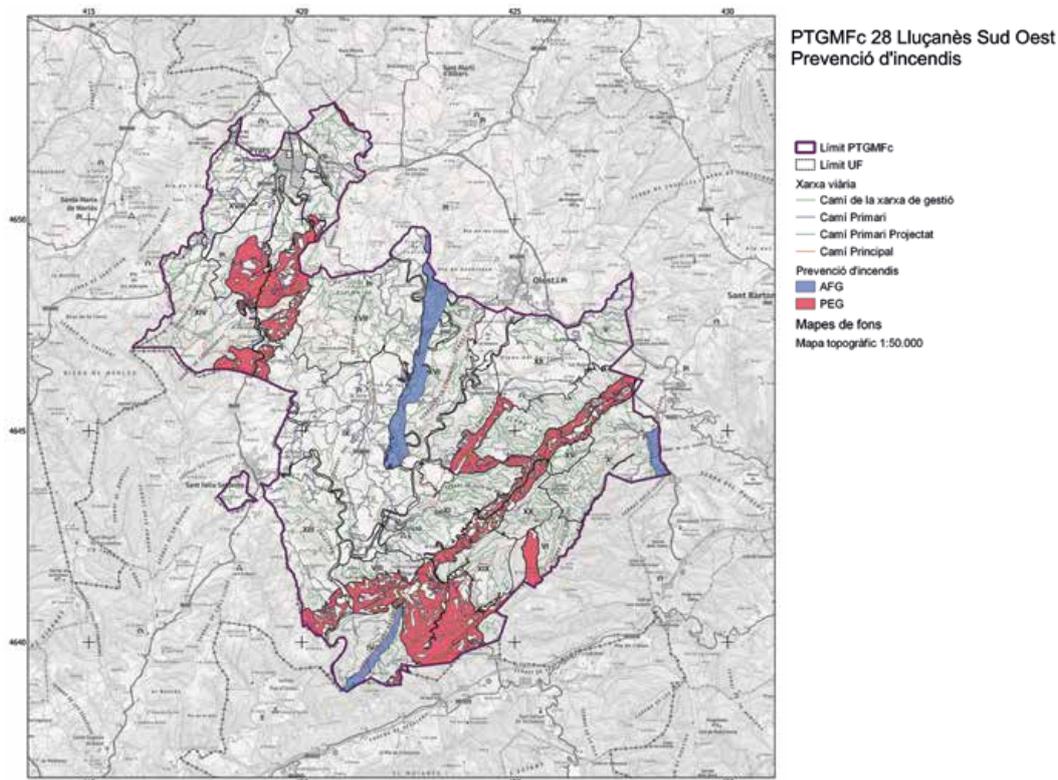
En cuanto al roble, lo encontramos en prácticamente toda su superficie de forma puntual o bien en pequeñas manchas alrededor de campos de cultivo. La encina se encuentra en solanas marcadas, mayoritariamente formando masses mixtas con el pino carrasco.

En el municipio de Prats de Lluçanès, la presencia de roble y encina como especies principales conforma el paisaje típico del mosaico agroforestal.

Todas las formaciones forestales se gestionan mediante modelos ORGEST, planificando tratamientos para reducir la vulnerabilidad estructural en las zonas definidas como estratégicas.

Las zonas de cultivo de secano de gramíneas (trigo y cebada) y colza (raps o canola), conforman el típico paisaje del Lluçanès sur. La construcción de nuevas roturadas en los últimos años ha permitido aumentar la superficie cultivable, así como el ensanchamiento de campos o apertura de nuevas zonas de cultivo en antiguos campos abandonados.

En cuanto a la ganadería, prácticamente no encontramos ganado vacuno de forma extensiva, sino que frecuente en granjas de engorde intensivas. El ganado ovino es el más habitual de forma extensiva. Des de la APF del Lluçanès, y a través del Proyecto Boscos de Pastura (impulsado por el Consorci del Lluçanès) se intenta mantener el pasto de ovejas y cabras, a pesar de sus dificultades de mantenerse en la zona. Estas dificultades van ligadas, en la mayoría de los casos, por la falta de pastores junto con la falta de acceso a la tierra hábil por parte de los propietarios forestales.



**Figura 3.** PTGMFc número 28 a escala 1:60.000.

### PTGMFc número 30. El ámbito de Lluçanès sudeste

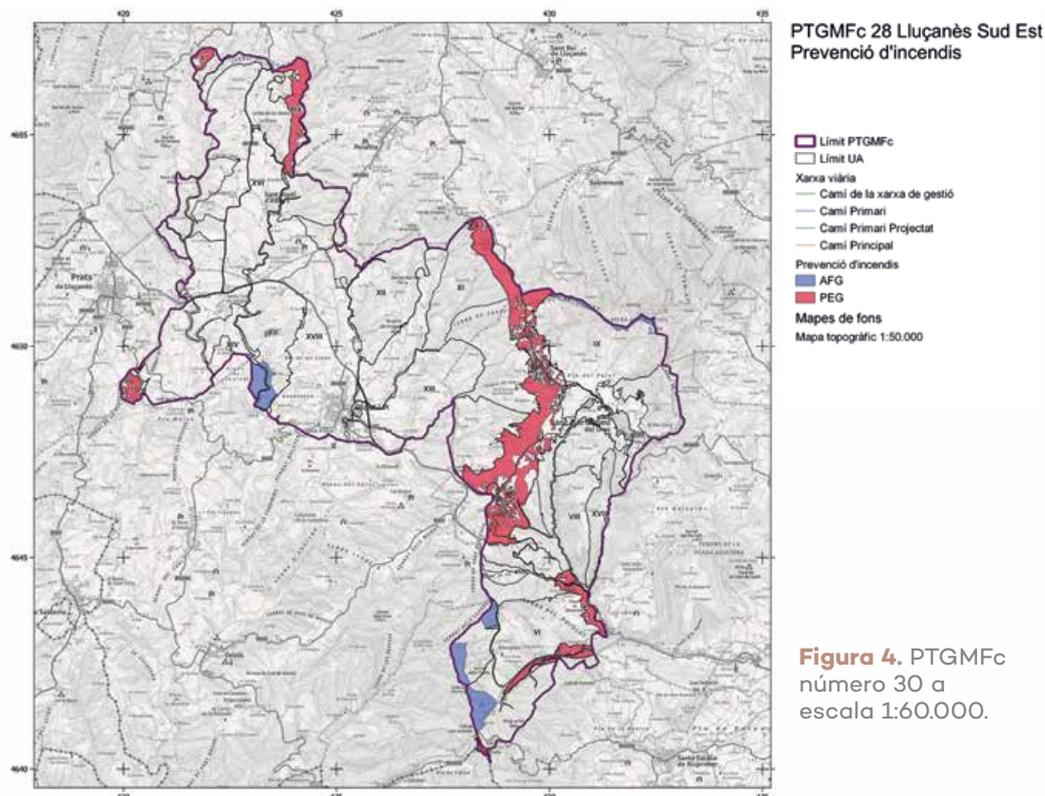
El ámbito territorial comprende los municipios de Sant Bartomeu del Grau, Olost y Sant Martí d'Albars (Osona) y cuenta con una superficie de 7.853,94 hectáreas, de las cuales se han ordenado 5.292,76 (67%).

Encontramos bosques con predominancia de pino silvestre, pino laricio, pino carrasco y roble. También, puntualmente y en forma de bosquetes, aparece el pino piñonero. Estas masas de piñonero, plantadas hace más de 70 años, están envejecidas y ya no regeneran. Se sitúan sobre un subvuelo de encina y roble vigoroso. El futuro de estas masas de pino piñonero está destinado a ser sucedido por el subvuelo de encina y roble.

En cuanto al roble, lo encontramos en prácticamente toda su superficie de forma puntual o en pequeñas manchas.

Todas las formaciones forestales se gestionan mediante modelos ORGEST, planificando tratamientos para reducir la vulnerabilidad estructural en las zonas definidas como estratégicas.

Las zonas de cultivo de secano de gramíneas (trigo y cebada) y la colza (raps o canola) conforman el típico paisaje del Lluçanès sur. La construcción de nuevas roturadas en los últimos años ha permitido aumentar la superficie cultivable, así como el ensanchamiento de campos o apertura de nuevas zonas de cultivo en antiguos campos abandonados. En cuanto a la ganadería prácticamente no encontramos ganado



**Figura 4.** PTGMFc número 30 a escala 1:60.000.

vacuno de forma extensiva, sino que frecuente en granjas de engorde intensivas. El ganado ovino es el más amplio y se gestiona en régimen extensivo.

Como objetivos generales de la ordenación de los tres PTGMFc se define como ejes prioritarios:

### 1 - Prevención de GIF (Grandes Incendios forestales)

Dentro de la ordenación se diferencian los dos incendios ocurridos durante los últimos 40 años. El incendio de 1984, que afectó al municipio de Prats de Lluçanès con una superficie de 231 ha y el incendio de 2011 que afectó a los municipios de Sant Feliu Sasserra, Prats de Lluçanès y Oristà con una superficie de 331 ha. Actualmente, estas zonas se encuentran en regeneración con una masa mixta de roble, encina y pino carrasco.

La determinación de zonas estratégicas de gestión para la prevención de incendios forestales y las actuaciones en estas áreas son la principal prioridad en el ámbito de la Asociación de propietarios. Así en la planificación de los PTGMFc se han identificado:

- 11 Puntos estratégicos de gestión (PEG) con una superficie delimitada de 2.252 hectáreas.
- 13 Áreas de fomento de gestión (AFG) con una superficie delimitada de 1.220 hectáreas.
- Se definen diferentes zonas de interfaz urbano-forestal, para dar mayor protección a las zonas urbanas. Se trata de realizar gestión forestal asimilable a las AFG para ampliar la protección de las zonas urbanas, al margen de las franjas perimetrales de las zonas urbanas.

### 2 - Boscos de Pastura

A mediados de 2012 se estableció el convenio de custodia entre el Consorci del Lluçanès, la APF y la propiedad. El objetivo a priori es introducir rebaños en zonas estratégicas planificadas y ejecutadas para mejorar la zona de pasto y reducir los gastos de mantenimiento de estas áreas.

### 3 - La gestión y mejora de las masas forestales.

Esta planificación va dirigida a potenciar los objetivos de servicios productivos para la obtención de productos maderables o de leñas; objetivos de servicios ambientales con la gestión para la mejora de las masas forestales contra Grandes Incendios Forestales (GIF); la recuperación de masas frente a catástrofes; la gestión para la recuperación y potenciación de especies de flora y fauna y la mejora de la estructura de la masa forestal: resistencia y resiliencia.

El cumplimiento de todos estos objetivos se incluyen en la planificación con la ayuda de modelos de gestión ORGEST y las actuaciones diseñadas. En esta planificación se integran condicionantes como la temporalidad ejecutiva de las actuaciones a causa de especies protegidas, como el cangrejo de río autóctono, la nutria y el alimoche, los hábitats de interés comunitario prioritarios como el bosque de ribera, y se ajustan las normas silvícolas recomendando medidas de conservación tales como el mantenimiento de árboles muertos, árboles portadores de dendromicrohábitats, dosificación del régimen de desbroces, etc.

## Zonas estratégicas de prevención de grandes incendios forestales. ¿Dónde y por qué?

Las zonas o áreas estratégicas de gestión se determinan para limitar el alcance de los GIF, ya sea trabajando de forma directa en la limitación de la propagación del fuego, o bien como soporte al sistema de extinción, que aprovechará los cambios que se generen en el comportamiento del fuego para limitar la propagación del incendio.

Dentro de este marco conceptual se diferencian dos principales tipologías de áreas estratégicas: los Puntos Estratégicos de Gestión (PEG) y las Áreas o Zonas de Fomento de la Gestión (AFG).

### Punto Estratégico de Gestión (PEG)

- **Qué es:** infraestructura de extinción planificada, asociada a una estrategia frente a un incendio de diseño. Se compone de un área definida por límites concretos y los elementos de apoyo a la extinción que puedan hacer falta (accesos y puntos de agua) para asegurar la eficacia y seguridad de las maniobras que el servicio de extinción desplegará el día del incendio. Puede incluir tanto superficie forestal como agrícola, e incluso urbana.
- **Para qué sirve:** el PEG, entendido como un conjunto de acciones, trabaja de forma activa para limitar el alcance de los GIF y reducir los daños a la población, bienes inmuebles, infraestructuras y medio ambiente.
- **Cómo se determina:** según el conjunto de elementos que determinan la matriz del incendio problema, la tolerancia a los daños y la capacidad del sistema de extinción:
  - El incendio de diseño; es la referencia que sirve para determinar el alcance potencial del incendio por el que se planifica el determinado PEG por situación sinóptica, patrón de propagación y comportamiento de fuego.
  - Polígonos potenciales y nodos de propagación; la propagación del incendio se subdivide en polígonos de comportamiento y un patrón homogéneo, con nodos o enlaces que los relacionan.

- Estrategia; conjunto de acciones posibles a ejecutar por el sistema de extinción para limitar el alcance de los daños del incendio en el umbral de tolerancia, en base a los valores (población, bienes inmuebles y medio ambiente) de los polígonos potenciales y las posibilidades del sistema de extinción de limitar el paso del fuego por los nodos.
- **Cómo se diseña y dimensiona:** en base al comportamiento del incendio y las posibilidades tácticas del sistema de extinción. La planificación del PEG comporta establecer el comportamiento de fuego por el cual se diseña, atendiendo a las características básicas que determinan la frontología que impactará con el PEG; longitud de llama y distancia de salto de focos secundarios. Las posibilidades tácticas se basan en qué tipo de maniobras se pueden ejecutar, el tiempo disponible y el tipo y número de recursos necesarios.

### Área de Fomento de la Gestión (AFG)

- **Qué es:** se trata de espacios forestales que pueden incluir también espacios agrícolas activos o en desuso, que por su ubicación y características de los combustibles vegetales que lo componen, pueden variar el comportamiento del fuego y reducir la escala o magnitud del incendio.
- **Para qué sirve:** la AFG trabaja de forma pasiva reduciendo la capacidad del incendio en alcanzar el máximo potencial evitando o demorando las conexiones entre polígonos de potencial. Limitar el salto de focos secundarios puede significar que el incendio quede confinado en una única olla topográfica, evitando que el incendio pueda alcanzar nuevas cuencas que incrementen la magnitud final. Estas “trabas” a la propagación pueden también evitar que el incendio alcance una escala superior en cuanto a comportamiento, inhibiendo por ejemplo la actividad piroconvectiva, y como consecuencia reduciendo su magnitud final.
- **Cómo se determina:** la base de conocimiento para identificar y localizar a AFG's es la misma que la de los PEG's en cuanto a los incendios tipo y los polígonos de potencial y sus conexiones asociadas. La diferencia principal está en que las AFG no tienen por qué formar parte de una estrategia de extinción concreta, aunque el sistema de extinción acabe haciendo uso indirecto de los beneficios que le aporte un área tratada con criterio de reducción de la intensidad de fuego.
- **Cómo se diseña y dimensiona:** en base a los patrones de propagación conocidos por cada incendio tipo se trata de determinar aquellos espacios que pueden ser claves para limitar la actividad de fuego de copas para reducir la producción de focos secundarios, o bien identificar espacios que pueden generar fuegos de flanco donde ralentizamos la velocidad de propagación y/o reducimos intensidad. Ganar tiempo a las horas de máxima propagación por el fuego y poner dentro de capacidad de extinción grandes áreas facilita las labores de control, aunque no se hayan determinado infraestructuras específicas como caminos, puntos de agua, etc.

### PEG's y AFG's en el Lluçanès

El espacio de la Catalunya Central se caracteriza por un régimen de GIF, en la que la mayor parte de la superficie quemada en los últimos 40 años ha sido por incendios convectivos (estándar y con viento), como son los de los episodios de los años 80 y 90. El resto de incendios tipo (topográficos y de viento) tienen una incidencia en magnitud mucho menor o restringida a espacios muy concretos. Se trata de un espacio afectado por incendios de tercera generación en el que los incendios hasta la actualidad han necesitado alta disponibilidad de combustible y condiciones

meteorológicas severas para conseguir la actividad convectiva que les ha permitido propagar con saltos de focos secundarios masivos. Sería el caso de los incendios del Bages-Berguedà 1994, Solsonès 1998 o Castellnou del Bages 2005.

Con este escenario de incendios, la estrategia de planificación de infraestructuras de extinción (PEG's) pasa por crear una trama de grandes ejes de confinamiento por propagaciones de cabeza para limitar posibles saltos de focos secundarios de >500 metros, y otros ejes que permitan la estabilización rápida de los largos flancos que se crean en este tipo de propagación. La direccionalidad de la propagación de estos incendios (dirección de la columna que lanza los focos secundarios) es clave para saber si tratamos de contener un flanco o una cabeza, para determinar el dimensionamiento final. Dada la magnitud de las áreas a tratar se buscan grandes áreas donde ya estén presentes discontinuidades de combustible o zonas agrícolas fácilmente convertibles en aprovechables para el confinamiento de incendios. Estos ejes terminan configurando unos polígonos potenciales asociados de entre 4.000 y 8.000 hectáreas.

Estrictamente, no se podrán llamar PEG hasta que, además de la ejecución de los tratamientos silvícolas que aseguren un comportamiento de fuego dentro de capacidad de extinción, no estén dotados de los accesos necesarios a los BRP (vehículos tipo Bomba Rural Pesante), las zonas seguras por las dotaciones de Bomberos y ADF, y los abastecimientos de agua para asegurar que se trata de una infraestructura de extinción.

En el caso del Lluçanès las AFG's se intercalan dentro de estos macro-polígonos para limitar el alcance máximo del incendio con una escala de compartimentación menor, que puede ser efectiva por escenarios de comportamiento de fuego menos severo o por colaborar en evitar el logro máximo de comportamiento de fuego del incendio problema.

## **Trabajos ejecutados y ayudas para la prevención de los grandes incendios forestales en las zonas estratégicas**

Los trabajos ejecutados en estas áreas estratégicas se enmarcan en las ayudas publicadas por el Centre de la Propietat Forestal mediante la RESOLUCIÓN ACC/1549/2022, de 18 de mayo, para la prevención de incendios forestales en terrenos forestales de titularidad privada para el año 2022. (DOGC Núm.8675 – 25.5.2022).

Esta convocatoria tiene como objetivo principal garantizar la prevención de los grandes incendios forestales mediante la reducción de la carga de combustible dentro de estas áreas estratégicas previamente planificadas; esta planificación previa permite que actuando en una parte del territorio se pueda reducir el efecto de los grandes incendios forestales en ámbitos territoriales mucho más extensos que de otra forma sería inviable actuar en toda la superficie.

A través de esta iniciativa, se quiere incentivar a los propietarios privados a tomar las medidas y realizar las actuaciones necesarias para prevenir los grandes incendios forestales y proteger así nuestro entorno natural.

Estas ayudas incluyen diversas actuaciones destinadas a la prevención de incendios, como la reducción de la carga de combustible en las zonas identificadas como puntos estratégicos de gestión forestal (PEG) o áreas de fomento de la gestión (AFG) en el marco de un perímetro de protección prioritaria (PPP) o de un plan técnico de gestión y mejora forestal conjunto (PTGMFc), así como en las líneas de defensa, franjas auxiliares y franjas de baja carga de combustible identificadas en

un instrumento de ordenación forestal (IOF) individual. En este bloque de actuaciones cabe resaltar los criterios técnicos que establecen:

- Estas actuaciones de reducción de la carga de combustible persiguen dar lugar a estructuras de vegetación de baja vulnerabilidad al fuego de copas, definidas como de Vulnerabilidad baja de tipo C (ORGEST).
- Es necesario que estas actuaciones tengan continuidad espacial dentro de las áreas estratégicas aprobadas en planes conjuntos (PTGMFc), Perímetros de Protección Prioritaria (PPP), PFM.
- Las actuaciones silvícolas en las Líneas de Defensa (LD), Franjas de Protección (FP) o Franjas de Autoprotección (FA) serán las que establecen en cada caso los IOF correspondientes. Quedan excluidas las franjas perimetrales de prevención de incendios en urbanizaciones y edificaciones e instalaciones aisladas.
- En todos los casos, es necesario retirar o triturar los restos alrededor de los caminos, a 20 m en ambos lados.

También incluye el mantenimiento de pistas forestales y la dirección facultativa de estas actuaciones. Estos soportes económicos tienen como finalidad fomentar las buenas prácticas en la gestión forestal y contribuir a la protección de nuestros bosques.

En este caso concreto que nos ocupa, en el ámbito de la Associació de Propietaris Forestals del Lluçanès se otorgaron 65,8 hectáreas de reducción de la carga de combustible en un área estratégica identificada como PEG por importe de 108.872,95 euros, también se otorgaron 21,53 hectáreas en un área identificada como AFG por importe de 34.947,07 euros, el arreglo de viales por importe de 2.489,00 euros y la dirección de obra por importe de 8.778,54 euros.

Los trabajos a fecha de hoy, están parcialmente certificados y queda pendiente cerca del 75% del importe otorgado que se prevé que se certificará en breve. La

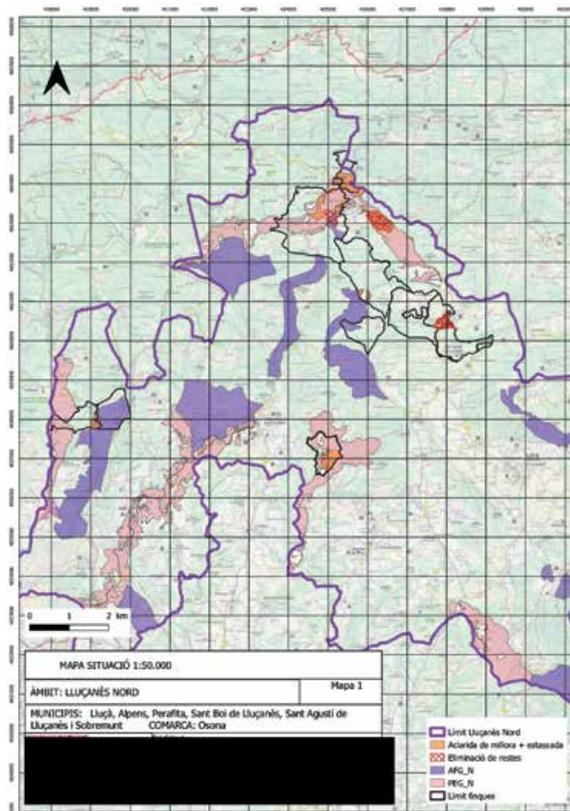


Figura 5. Mapa de situación de los trabajos en el ámbito PTGMFc.

reducción de la carga de combustible ha consistido en una clara de mejora reduciendo la densidad arbolada manteniendo una Fcc alrededor del 50 % o 60 % y un área basimétrica alrededor de 20m<sup>2</sup>/ha y un desbroce de matorral, respetando un 30 % del recubrimiento respetando las especies productoras de frutos para conservar la biodiversidad y tratamiento de los restos generados mediante trituración mecánica. Concretamente, el tratamiento de los restos se prevé mecanizar en el 70% de la superficie otorgada, mediante maquinaria tipo “BoBcat” Takeuchi 110 CV con triturador de martillos fijos (*Fotografía 1 y 2*). El resto de superficie se prevé realizar manualmente dada la topografía del terreno. Los trabajos lo han realizado cuadrillas formadas por 3 motoserristas especializados y un tractorista especializado.

**Tabla 1.** Datos expediente.

IDENTIFICACIÓN DEL EXPEDIENTE (convocatoria subvenciones PREVENCIÓN DE INCENDIOS 2022)						
Áreas de gestión prioritaria	Superficie solicitada (ha)	Superficie propuesta (ha)	Superficie realizada (ha)	Importe solicitado	Importe otorgado	Importe certificado
PEG	68,84	65,83	30,27	123.951,00 €	108.873,00 €	62.407,99€
AFG	22,36	21,53	16,47	39.731,50 €	34.947,00 €	30.872,00 €
				163.682,50 €	143.820,00 €	93.279,99 €

**Tabla 2.** Datos generales de los trabajos realizados.

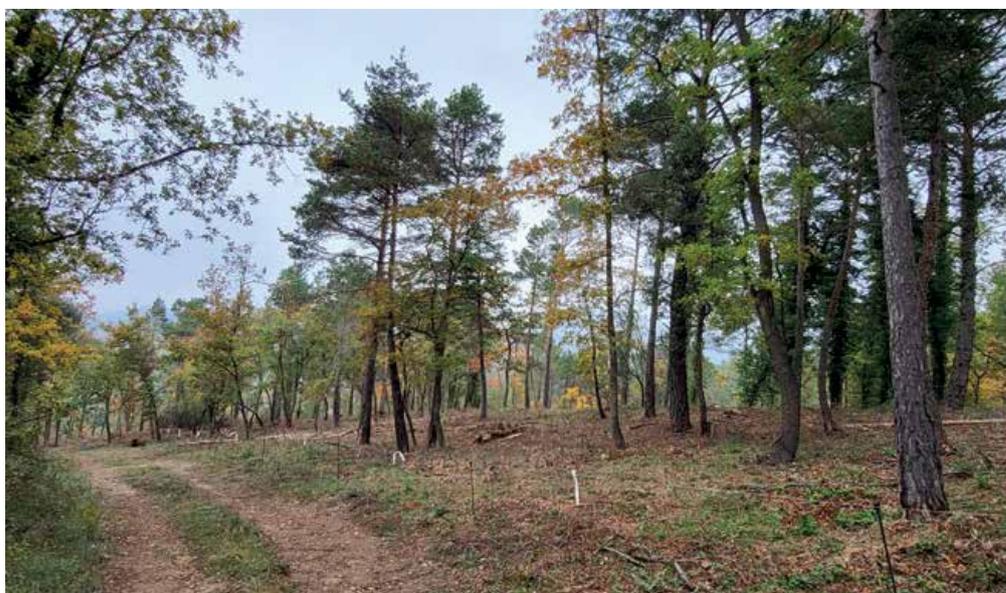
IDENTIFICACIÓN DEL EXPEDIENTE (convocatoria subvenciones PREVENCIÓN DE INCENDIOS 2022)								
Áreas de gestión prioritaria	Actuación	Superf. otorgada	Superf. realizada	Precio unitario €/ha otorgado	Precio unitario €/ha realizado	Importe otorgado	Importe justificado	Toneladas extraídas
AFG LDC 06	Clara por lo bajo y desbroce	3,54	3,16	1.600,00 €	1.850,00 €	5.696,00 €	5.846,00 €	0
PEG XIX	Clara por lo bajo, desbroce, eliminación de restos	31,18	28,75	2.183,33 €	2.183,33 €	63.033,00 €	59.975,99 €	256,2
	Clara por lo bajo y desbroce	30,76	1,52	1.600,00 €	1.600,00 €	43.302,00 €	2.432,00 €	
	Eliminación de restos	3,88	-	650,00 €	-	2.522,00 €	-	-
AFG LDC 01	Clara por lo bajo, desbroce y eliminación de restos	5,65	5,65	1.900,00 €	1.900,00 €	10.735,00 €	10.735,00 €	306,78
AFG LDC 07	Clara por lo bajo y desbroce	1,62	-	1.600,00 €	-	2.592,00 €	-	-
	Eliminación de restos	3,06	-	650,00 €	-	1.989,00 €	-	-
AFG LDC 08	Clara por lo bajo, desbroce y eliminación de restos	3,68	3,68	2.250,00 €	1.450,00 €	8.282,00 €	5.336,00 €	
	Clara por lo bajo, desbroce y eliminación de restos	3,98	3,98	2.250,00 €	2.250,00 €	8.955,00 €	8.955,00 €	697,12



**Fotografía 1.** Takeuchi 110 CV con triturador de martillos fijos.



**Fotografía 2.** Takeuchi 110 CV con triturador de martillos fijos.



**Fotografía 3.** Detalle de los trabajos ejecutados.



**Fotografía 4.** Vista general de los trabajos ejecutados.

JORNADA



FONDAZIONE  
STUDI RICERCA  
www.fondazione.it

# La retención de agua a partir de la gestión forestal

**Joan Botey Serra.** Gestor y propietario forestal (Mas Plaja de Fitor)

**Teresa Baiges Zapater.** Ingeniera de montes (CPF)

**Carles Barriocanal Lozano.** Doctor en Geología (ICTA-UAB)

**Josep Mas Pla.** Doctor en Ciencias geológicas (UdG)

**Jordi Vayreda Duran.** Doctor en Ecología terrestre (CREAF)

Cita bibliográfica: Botey, J.; Baiges, T.; Barriocanal, C.; Mas, J.; Vayreda, J. 2024.

La retención de agua a partir de la gestión forestal. A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41. Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 32-45.

## RESUMEN

La finca de Fitor es una meseta que se encuentra en 200 m s/nivel del mar y es hidrológicamente independiente. Se ha estudiado, a lo largo de 70 años, la influencia de la gestión forestal en la disminución, conservación y aumento del agua. Una experimentación de 7 años de medida en continuo del crecimiento diametral de los árboles de corcho nos da información sorprendente sobre la competencia hídrica entre los estratos forestales en el bosque. Dos experiencias anteriores, una sobre la influencia de construcción de bancales a bosque por la retención de agua y la otra sobre la influencia de cortas, claras y desbroces en una pequeña cuenca de captación de agua de pozo, nos dan luz sobre la gestión forestal a aplicar para retener el agua en el bosque. Finalmente, se experimenta con sensores de humedad y temperatura en continuo para perfeccionar esta nueva silvicultura mediterránea aplicada también a retener en el máximo el agua contenida a la humedad ambiental mediante las laurisilvas existentes.

## Introducción

Mediante una perspectiva empírica y multidisciplinaria de la gestión forestal en el ecosistema mediterráneo, apoyada por décadas de experiencia en una misma finca, se ha identificado la necesidad de una silvicultura que prioriza la gestión del agua como factor crucial para el crecimiento y la sostenibilidad de los bosques mediterráneos. Este artículo describe 5 experimentos que revelan los mecanismos silvícolas efectivos en este entorno, cada uno de los cuales se corresponde a una de las experiencias descritas y visitadas durante la jornada:

- Retención de agua mediante construcción de bancales.
- Captación de agua de una pequeña cuenca a un pozo. Tratamientos silvícolas para mejorar el caudal.

- Tratamientos silvícolas para mejorar la vitalidad, el crecimiento y la producción de corcho. Seguimiento en continuo mediante sensores LVDT durante 7 años.
- Desbroces selectivos para obtener un efecto barrera a los vientos fríos y la condensación de la humedad ambiental.
- Campo experimental donde se estudia los mecanismos para hacer llegar el agua a las plantas proveniente de la humedad atmosférica y la termodinámica forestal.

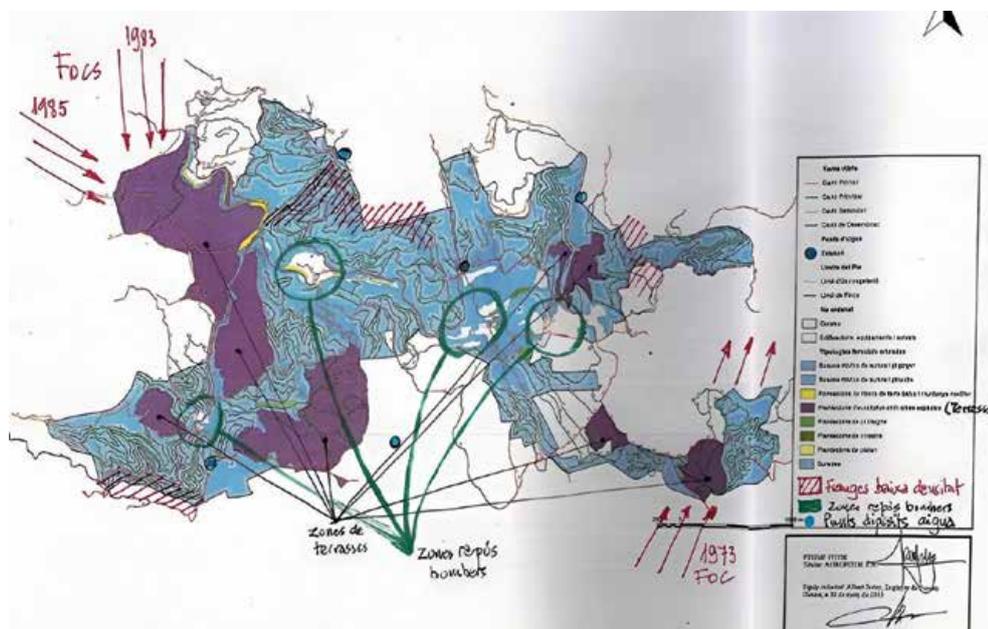
Se proponen así los cimientos para una silvicultura auténticamente mediterránea, que podría guiar un desarrollo más efectivo de estos bosques. Este enfoque integrado reconoce la complejidad del ecosistema mediterráneo y la importancia crítica del agua en su dinámica. Se destaca la importancia de las prácticas de manejo forestal que promueven la retención del agua en el suelo y la conservación de los recursos hídricos del bosque gestionando selectivamente los estratos vegetales para mantener un ambiente fresco y húmedo, favoreciendo la captación y la retención de la humedad ambiental. Esta silvicultura adaptada en el Mediterráneo ofrece un marco integral para la gestión sostenible de los bosques en la región.

## Retención de agua mediante construcción de bancales

(Joan Botey S.)

El método más antiguo mediterráneo utilizado en agricultura es la construcción de bancales. En el Mas Plaja de Fitor, en concreto al lugar llamado Mallol d'en Cals (Figura 1), entre los años 1978 y 1985 se aterrazó el terreno con la intención de retener agua por la plantación de arbolado y de actuar de cortafuegos. Desde el 2019 se han recuperado y mantenido bancales para mejorar la accesibilidad al arbolado y la fertilidad de los peores lugares (Tabla 1). *Mallol* en catalán antiguo quiere decir viña, lo que ya nos demuestra que es un lugar seco y orientado a mediodía, no muy apto para la fertilidad.

**Figura 1.** Plan de incendios de la finca de Fitor. En color morado se observan los bancales repoblados..



**Tabla 1.** Cuadro de intenciones en crear los bancales.

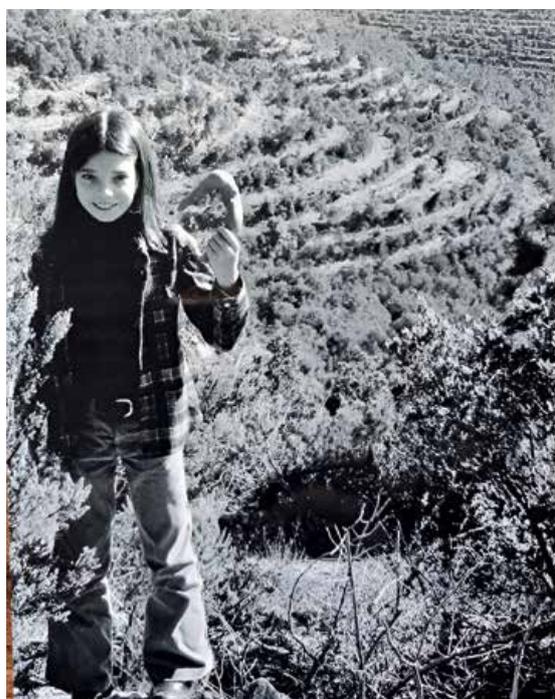
Mejorar la fertilidad en los peores lugares	Actuar de cortafuegos	Mejorar accesibilidad	Retener agua
Des de 2019	1983, 1985	2019	Des de 1978

Dos incendios de amplio frente, procedentes de Fonteta y Sant Pol respectivamente, en 1983 y el 1985, fueron parados en los bancales sin necesidad de ayuda. Esto fue por la dificultad a evolucionar en situación descendente, al crearse ellos mismos un remolino que hace subir las llamas (Figura 2). El resultado fue muy bueno. El hecho que los bancales se crearan recientemente ayudó a rebajar la virulencia del fuego.



**Figura 2.** Esquema donde se observa la función de cortafuegos de los bancales. Se trata de jugar con caminos cumbreos y bancales a contrapendiente.

La primera actuación, el aterrazado, provoca un fuerte impacto, pero es muy agradecida en cuanto a retención de agua (Fotografía 1). Las actuaciones en los bancales se resumen a la Tabla 2. Después de una primera plantación y aprovechamiento de eucalipto, la masa forestal se compone de un bosque mixto de regenerado de alcornoque y eucalipto que permite tanto el aprovechamiento de madera como de corcho (Fotografías 2 y 3).



**Fotografía 1.** Imagen de los bancales poco tiempo después de ser hechas, en 1977. Un gran chaparrón lo convirtió en bancales de agua como un arrozal de Tailandia. Todo gracias a una excelente construcción con un 3 % de pendiente interior.

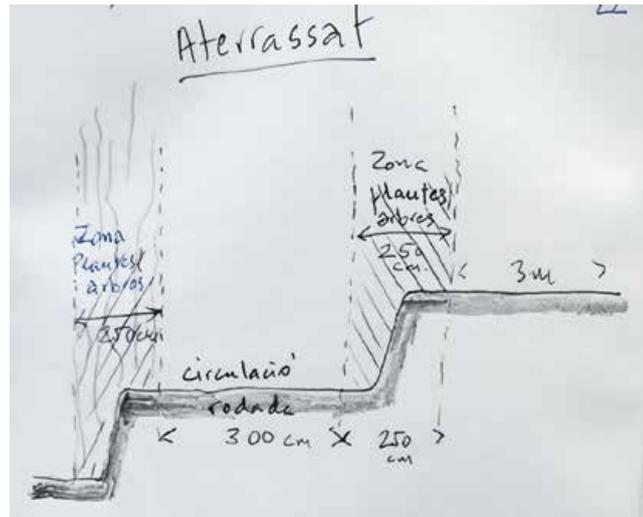
**Tabla 2.** Actuaciones en la zona aterrazada.

Actuaciones y años				
Aterrazado	Plantación eucaliptus	Corta eucaliptus	Regenerado Corcho*	Decorche
1977	1978	1993, 2008, 2024	1995-2004	2009, 2022

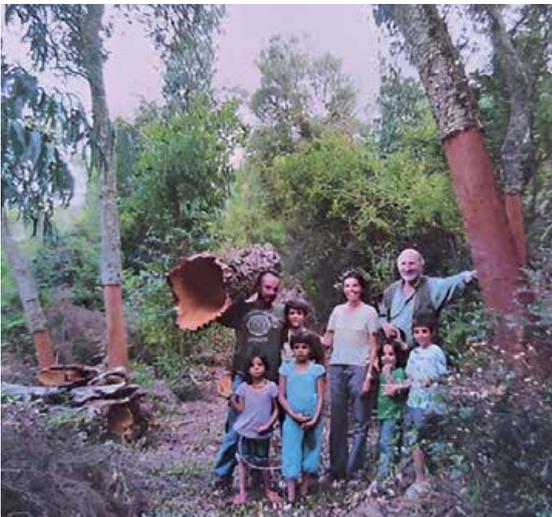
\*El alcornoque es autóctono y se implantó perfectamente mediante regeneración de retoños.

El 2019 se encuentra un sistema de mecanización del mantenimiento de los bancales (Figura 3), y con él la posibilidad de concentrar la captación de agua y la mejora de la fertilidad, mediante la actuación a bancales alternos, unos para acceder y los otros para concentrar materia orgánica procedente de la gestión. Los bancales para acceder y que se mantienen mecánicamente representan un 27% de la superficie total, el que quiere decir que en esta extensión el agua no se consume, sino que se acumula en el lugar. El resultado es evidente y esperanzador: las dos especies, corcho y eucalipto, conviven perfectamente.

**Figura 3.** Esquema del mantenimiento alternativo de bancales sin arbolado. Las formaciones forestales se acumulan a los márgenes, dando sombra a las vías con menos evapotranspiración, y son explotadas desde las vías habilitadas alternas.



**Fotografías 2 y 3.** Aprovechamientos del corcho en bosque mixto con eucalipto, la primera foto de lo desbornizado el 2009, y la segunda, ya en un ambiente más frondoso, el 2022. Con esta accesibilidad, todos los aprovechamientos son posibles: la madera, haciéndola caer en los caminos y arrastrándola mediante cabrestante a plazas de carga, y el corcho y la leña mediante pick-up.



## Captación de agua de una pequeña cuenca a un pozo. Tratamientos silvícolas para mejorar el caudal

(Josep Mas P., Joan Botey S.)

Esta experiencia se ubica en una cuenca arbolada de unas 6 hectáreas que ha tenido un crecimiento vegetal exponencial en los últimos 70 años. En esta cuenca hay un pozo de la época de los romanos, que desde su reconstrucción el 1950 ha sido un pozo de mucha agua con muy poca profundidad. Pero en los últimos 20 años, ha ido disminuyendo su caudal hasta situarse, en 2023, por debajo de la altura donde se toma el agua para alcanzar la casa.

Se decide actuar forestalmente sobre la cuenca para devolverla en el estado vegetativo de entonces y registrar el punto de inflexión del aumento de nivel de agua.

Se parte de las siguientes hipótesis:

- Si hacemos extracciones forestales de la cuenca y las cuantificamos, podemos evaluar la cantidad de agua que había consumido la vegetación cortada durante su crecimiento, aplicando la relación de 0,5 litros de agua por gr de C presente en la vegetación extraída, que es la fórmula que se usa para la fotosíntesis, es decir el rendimiento fotosintético (*Tabla 3*).
- Si esta vegetación no vuelve a salir, porque limpiamos sistemáticamente, o tenemos ganado rumiante que lo paca muy tierno, podríamos pensar que esta agua que ahorramos permanecerá saturando a la cuenca y, tarde o temprano, irá como agua azul al pozo.
- Las extracciones forestales de sotobosque son, con gran diferencia, las que más agua absorben, puesto que el crecimiento calculado justo en un campo experimental muy próximo, durante 7 años dio en verde 5 t/ha/año.

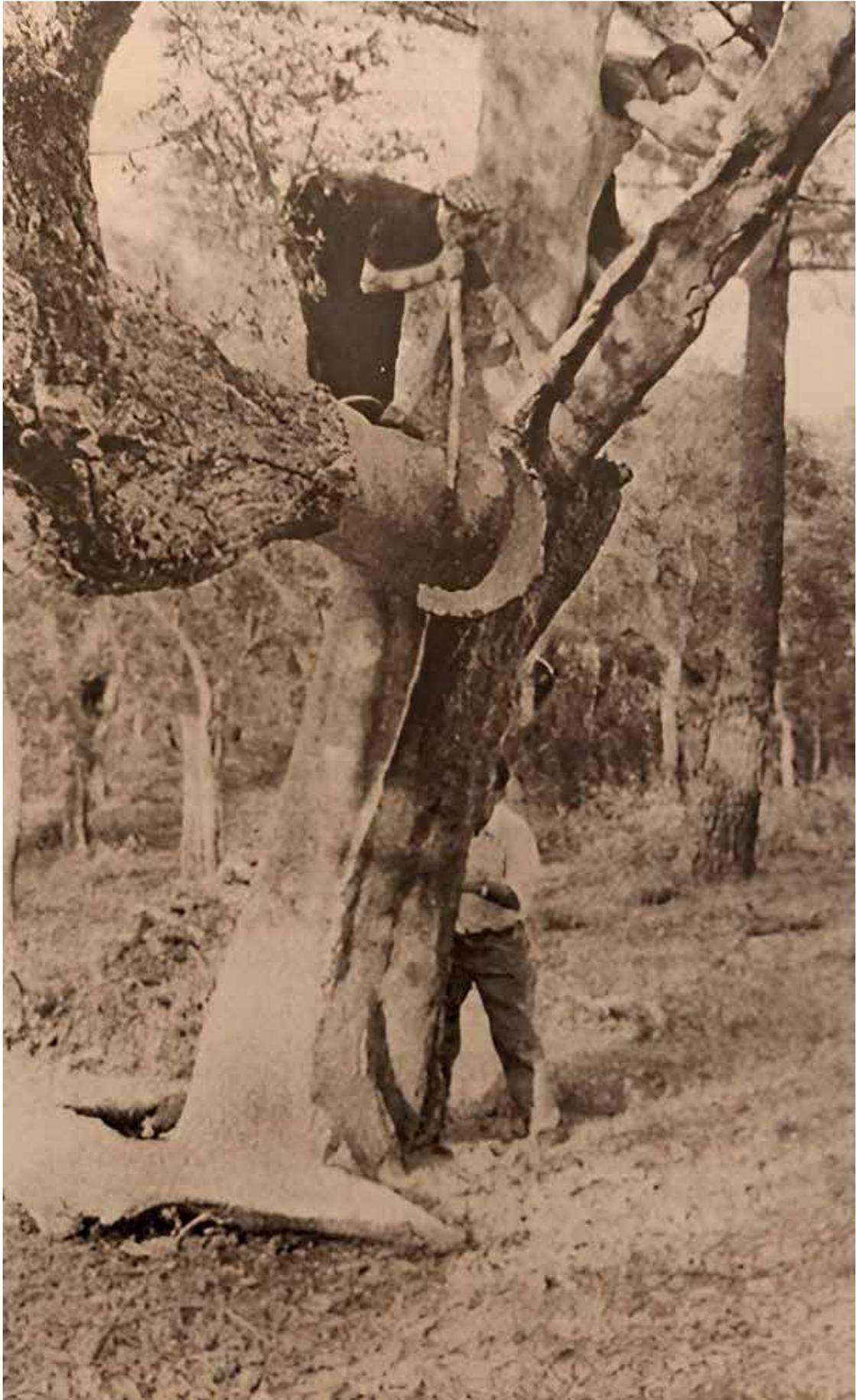
Se trata de una cuenca de 3 hectáreas de cultivos y 3 hectáreas de bosque con sotobosque. Los cultivos se mantienen baldíos y pacidos cíclicamente por vacas de la Albera, así como el área boscosa. Se espera que con este ahorro potencial de agua se restablezca el caudal de recarga y haya un punto de inflexión en el nivel hasta ahora menguante del freático.

Este punto de inflexión se pretende registrar mediante sondas en el pozo y en las minas, combinado con datos de una estación meteorológica. El diseño experimental quiere agrupar los niveles freáticos de pozo y mina simultáneamente con los datos de la estación meteorológica de pluviometría, temperatura, humedad relativa y viento, para así estudiar la capacidad de la cuenca a restablecerse y poder registrar el punto de inflexión y el tiempo para llegar.

La restauración de la cuenca no han sido únicamente trabajos de gestión forestal, sino que también se ha restaurado las zanjas que alcanzaban unas balsas y una cabeza de mina.

**Tabla 3.** Extracciones forestales de la cuenca y su consumo de agua potencial diario.

	Leña corcho	Encina	Madera de pino	Sotobosque
<b>Kg extraídos</b>	14680	12000	14000	150000
<b>Kg secos</b>	10000	8400	10000	50000
<b>Período (Años)</b>	50	40	50	10
<b>Kg secos/año</b>	200	210	200	5000
<b>m<sup>3</sup> agua/día (0,5 l./gr de C)</b>	0,54	0,29	0,54	68,49



**Fotografía 4.**  
La fotografía responde al descorche en este lugar en 1955, donde podemos ver la ausencia de sotobosque, para ser entonces fuente de energía como carboncillo por los hogares o por las fábricas de cerámica en forma de fajos.

## Tratamientos silvícolas para mejorar la vitalidad, el crecimiento y la producción de corcho. Seguimiento en continuo mediante sensores LVDT durante 7 años

(Teresa Baiges Z., Joan Botey S.)

Este trabajo de investigación no fue originalmente pensado para relacionarlo con el agua, sino con la producción de corcho, pero evidenció el dramatismo de la competencia por el agua dentro de bosque. Tuvo lugar a pocos metros de la anterior cuenca de recaudación de agua de pozo.

Así, se presentan los resultados de un estudio pionero que se llevó a cabo entre los años 2000 y 2007 para evaluar cuantitativamente los efectos de dos tratamientos (clara de selección y desbroce) en varios indicadores de crecimiento y vitalidad de los alcornoques y sobre la producción de corcho. Con cuyo objeto, se usó por primera vez, en el ámbito forestal de Cataluña, los sensores LVDT, una herramienta de precisión en el estudio del crecimiento de los árboles. El estudio fue llevado a cabo por el equipo investigador liderado por el doctor Jordi Luque del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) a partir de una financiación inicial de fondo FEDER y, en una 2ª fase, con financiación del Centre de la Propietat Forestal.

Los resultados de este estudio permitieron establecer y cuantificar una relación positiva entre la realización de desbroces y el crecimiento del arbolado. Esta relación fue utilizada para justificar la inclusión del desbroce de sotobosque al European Climate Change Programme (ECCP) como medida favorecedora del efecto imbornal de los bosques mediterráneos.

La parcela experimental era un cuadrado de 55 x 55 metros dividido en 4 subparcelas de 25 x 25 metros con unos pasillos centrales en forma de cruz de 5 metros de ancho. Los dos tratamientos silviculturales se aplicaron a finales de la primavera del año 2000 en las 4 combinaciones posibles:

- Parcela 1: desbroce y corta de selección
- Parcela 2: desbroce
- Parcela 3: corta de selección
- Parcela 4: control



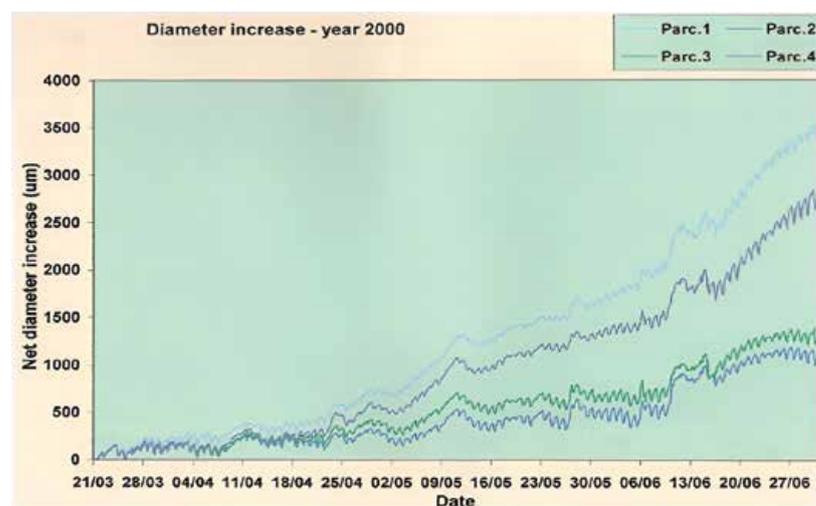
**Fotografía 5.**  
Detalle de la instalación de un sensor en un árbol.

La corta de selección rebajó la densidad hasta 300-500 pies/ha (aproximadamente un 50 % sobre el número de pies). El desbroce fue total en toda la superficie. Los restos se eliminaron de las parcelas. La respuesta de los árboles a estos tratamientos fue analizada entre los años 2000 y 2006 mediante el seguimiento de tres parámetros:

- **Vitalidad de los árboles**, calculando el Índice de Decaimiento (ID) a partir de 10 variables.
- **Crecimiento anual en diámetro de tronco y ramas**. El crecimiento del tronco se determinó de manera continua en el tiempo en 8 árboles por parcela mediante el uso de sensores LVDT. El crecimiento de las ramas se obtuvo a partir de muestras (en 12 árboles a razón de 15 muestras por árbol) midiendo la longitud de las ramillas.
- **Producción de corcho**: a partir de la recolección de muestras sobre las cuales se determinó el grosor de los anillos de corcho.

El gráfico de la *Figura 4* es ya muy aclaratorio de lo que pasó en el bosque. En las dos primeras parcelas se ha desbrozado y, como que el sotobosque, tal como hemos visto en la experiencia anterior, es gran consumidor de agua, al liberarlo automáticamente los árboles crecen un 300 %. El agua era un limitante directo del crecimiento. Una observación complementaria es el hecho que los desbroces totales no dejan humedad superficial, porque el viento se la lleva, e indicadores como los helechos desaparecen.

La dilatación/contracción diaria del tronco es la bomba que sube la savia desde las raíces a la punta de las hojas más altas. La capilaridad es una parte, pero este efecto de bombeo es mucho más potente. De los estomas de las hojas habrá la transpiración que en contacto con el sol se evaporará, es decir que, cambiará de estado, de líquido a vapor, absorbiendo calor y por tanto enfriando el aire alrededor de la hoja. Este aire frío baja hasta tierra y, por lo tanto, esta es la termodinámica forestal que hay que aprovechar.



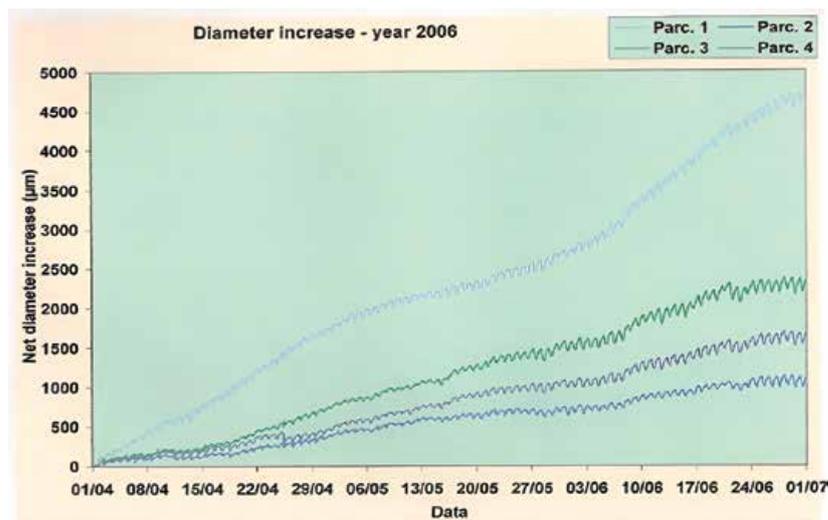
**Figura 4.** Gráfico de crecimiento neto en diámetro de los alcornoques en 2000, justo después de los tratamientos. P1: Desbroce de sotobosque y clara. P2: Desbroce de sotobosque. P3: Clara. P4: Control.

El gráfico de crecimiento es tan preciso que hace una oscilación diaria, la contracción responde al día y la dilatación por la noche. Las dilataciones/contracciones son más marcadas a partir del mes de junio, todo porque en el corcho la actividad de la savia empieza en casa nuestra en el mes de marzo. A partir de finales de abril los crecimientos empiezan a separarse, y a partir de junio el crecimiento del primero ya triplica el último.

Las conclusiones extraídas de los datos obtenidos en el periodo 2000-2005 fueron:

- **Las intervenciones silviculturales benefician claramente la masa forestal**, puesto que aumentan la vitalidad, el crecimiento y la producción de corcho de los árboles. **La eliminación del sotobosque es más eficaz que los aclareos** para potenciar la vitalidad y el crecimiento de la masa forestal.
- **Los efectos de los tratamientos tienen una duración variable en función de los parámetros estudiados**; los hay que presentan una respuesta rápida pero de corta duración (crecimiento de las ramas) y hay otros de duración más larga (crecimiento del tronco en diámetro). Un crecimiento del diámetro alto y sostenido en el tiempo tendría que permitir una reducción en los turnos de descorche.
- A partir del 4.º año la mayoría de las variables medidas ya no se ven influidas por el tratamiento, **excepto el crecimiento en diámetro, que seguía mostrando diferencias significativas entre parcelas**, hasta el 6.º año.

De acuerdo con esta evidencia, se decide volver a desbrozar la parcela 1, y de pocas horas después ya vuelve a crecer un 300 % más, como hizo al comienzo (Figura 5). Por otro lado, el sotobosque medido de estos seis años vuelve a ser 5 t verdes/ha/año.



**Figura 5.** Gráfico de crecimiento neto en diámetro de los alcornoques en 2006, justo después de repetir el desbroce en la parcela 1.

P1: Desbroce de sotobosque y clara 2000 + desbroce 2006.

P2: Desbroce de sotobosque 2000.

P3: Clara 2000.

P4: Control.

## Desbroces selectivos para obtener un efecto barrera a los vientos fríos y la condensación de la humedad ambiental (Carles Barriocanal L., Joan Botey S.)

Este estudio evidencia que el agua de lluvia no cubre los crecimientos vegetales y existen otras fuentes de agua tanto o más importantes que hay que gestionar mediante otra silvicultura. Nos daremos cuenta de que los bosques que captaban agua de la humedad ambiental eran más frescos en verano y que la temperatura dentro de bosque era un parámetro a tener en cuenta para avalar una buena gestión forestal.

Estudiamos, en un lugar denominado el Planeta de la Canyella, mediante desbroces selectivos de brezo, y también de madroño, hacer que el bosque presentara, con el



**Fotografías 6 y 7.** El tejido del brezo joven es el mejor filtro tridimensional para recaudar humedad del ambiente, formándose una nube saturada alrededor de ellos. Si lo extraemos del bosque con los troncos de formación alta, lo obligamos a brotar de tierra formando barreras a los vientos, que con la presencia del madroño o el durillo de hoja encerada la humedad captada condensa en microgotas que después acontecen gotas a tierra.

menor número de pies posible, la mayor cobertura del suelo. Y que, a nivel de tierra, el brezo presentara la máxima barrera a los vientos, de forma que fuera un guardián del aire frío proveniente de la termodinámica forestal.

Esta trampa de aire frío a ras de suelo provoca un gradiente de temperatura con la parte alta del bosque, con humedades relativas altas, que provocan la condensación del agua por el tándem de laurisilvas brezo/madroño.

El brezo, debido a la gran superficie de su pequeña hoja es el recurso capital para ser filtro de captación. Pero, curiosamente, esta planta no es capaz de absorber la humedad que lo rodea y necesita las hojas enceradas de las laurisilvas para llevar esta agua a tierra (*Fotografía 6 y 7*).

Desde este campo experimental, se puede ver como por el crecimiento de las plantas, el agua que consumían era muy superior al que podían recoger de la lluvia. Los días húmedos durante el año son mucho más frecuentes que los de lluvia, una captación de 3 litros día/m<sup>2</sup> es muy pequeña (va de 2 a 20 l/día/m<sup>2</sup>) pero, solo con esto ya casi dobla lo que aporta la lluvia (*Tabla 4*).

El bosque a Les Gavarres es una laurisilva potente, o sea con posibilidades de captar agua de la humedad ambiente (*Tabla 5*). Solo hace falta que la silvicultura a aplicar lo conozca.

**Tabla 4.** Orden de magnitud de las aportaciones en el bosque de agua (Lluvia, ambiental y subterránea) y su frecuencia, en una finca situada a 200 m.s.n.m. en la costa mediterránea.

Fuente hídrica	Frecuencia (días / año)	Litros / m <sup>2</sup> / año	L / día / m <sup>2</sup> / event	L / día / m <sup>2</sup> sobre 365 días
Lluvia	48	600	12,5	1,64
Captación Humedad	300 (*)	900	3	2,46
Transpiración	365 (**)	365	1	1
<b>TOTAL</b>				<b>5,10</b>

Aquí se tendrán que restar las pérdidas por evaporación y por escorrentías para conocer la cantidad real de las aportaciones.

(\*) Se han calculado 300 días de brisas húmedas procedentes del mar, pero las horas serán una importante reducción, y su captación dependerá de las condiciones y LAY de los bosques.

(\*\*) Para la transpiración se ha calculado un crecimiento medio de 7,3 m<sup>3</sup>/Ha/año con un rendimiento fotosintético de 500 gr de agua por gr de C.

**Tabla 5.** Capacidad de diferentes vegetales para captar la humedad ambiental y enfriar un bosque según su superficie y peso de la hoja.

Especie	LAI (m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> )	Peso hoja (Kg / m <sup>2</sup> )	LAI / Peso (*)
Brezo ( <i>Erica arborea</i> )	4,5	0,19	23,68
Madroño ( <i>Arbutus unedo</i> )	2,9	0,17	17,05
Encina ( <i>Quercus ilex</i> )	2,9	0,20	14,50
Estepa ( <i>Cistus monspeliensis</i> )	0,6	0,16	3,75

(\*) LAI / Peso : J. Botey (2013)

## Campo experimental donde se estudian los mecanismos para hacer llegar el agua a las plantas proveniente de la humedad atmosférica y la termodinámica forestal

(Jordi Vayreda D., Joan Botey S.)

Siguiendo las evidencias encontradas en el experimento anterior, en el marco del proyecto LIFE-BIOEFFORMED, se plantea un diseño experimental para evaluar el efecto que puede tener el hecho de retener el aire frío procedente de la termodinámica forestal diaria en las zonas bajas del bosque por, con este gradiente térmico, provocar una condensación nocturna de agua en el suelo procedente de una atmósfera saturada.

Se escoge un rodal representativo de las condiciones habituales a Les Gavarres. Se trata de una zona de aproximadamente 1 hectárea, encarada a nordeste, de acuerdo con la orientación del viento dominante (tramuntana) y donde la calidad de estación es más alta. Hay pies de piñonero y corcho en baja densidad. Se establecen 2 tratamientos y un control:

- Desbroce total en una franja de 0,2 hectáreas. Los restos se desemboscan en la pista y se trituran.
- Desbroce selectivo pie a pie en una franja de 0,4 hectáreas. Se extrae solo el brezo y los madroños de mayor altura, siempre garantizando la cobertura del suelo (sombreado total). Los restos se trocean in situ con motosierra y se dejan dispersos en el rodal.
- Control sin actuación. En una franja de 0,4 hectáreas, en la cual no se ha hecho ninguna actuación.

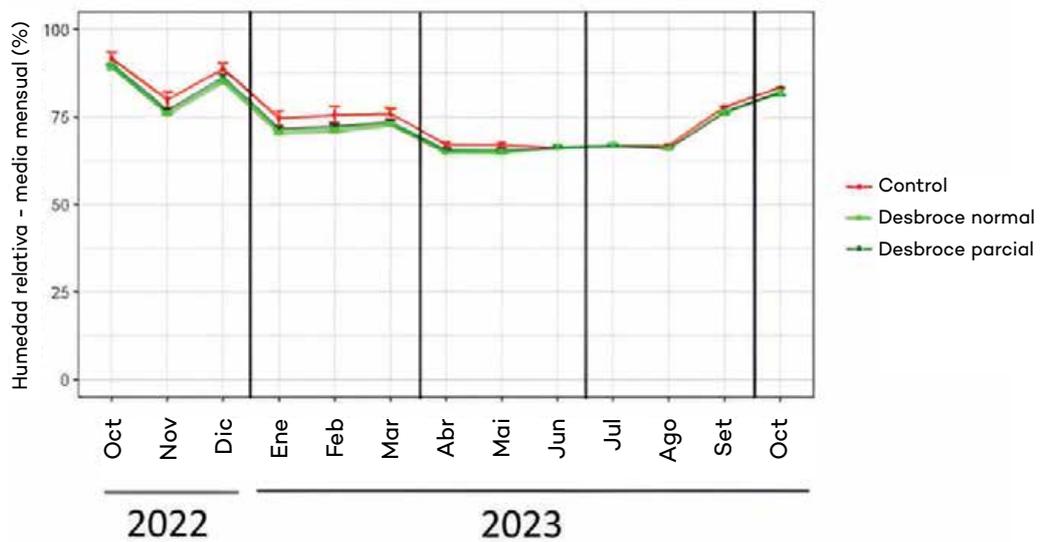
Y se instalan unos sensores de humedad y temperatura del aire y unos sensores de humedad del suelo. La instalación, seguimiento y tratamiento de los datos van a cargo del Centre d'Investigació Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). En la *Figura 6* se muestran los resultados preliminares del experimento.

En el gráfico superior de la *Figura 6*, se puede observar que la humedad relativa del aire se mantiene con valores ligeramente superiores en la zona control respecto a las dos zonas desbrozadas durante todos los meses excepto los meses de verano (junio, julio y agosto), los más críticos por la vegetación, donde las diferencias desaparecen. En el gráfico inferior, se puede observar que el contenido de agua del suelo se mantiene con valores ligeramente inferiores en la zona control respecto

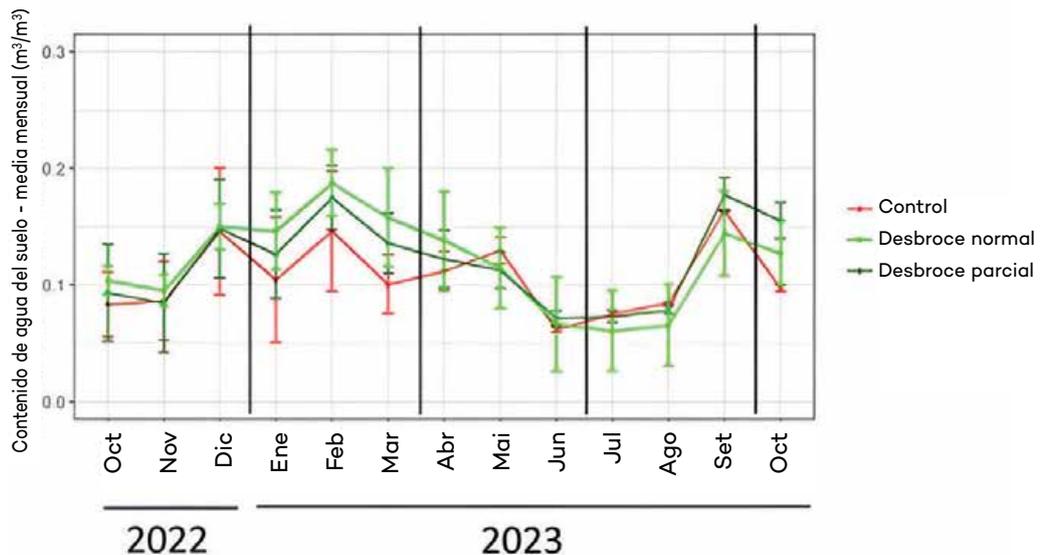
a las dos zonas desbrozadas solo durante los meses de invierno (enero, febrero y marzo) y en el resto de meses no hay diferencias. Se puede concluir que el estrato arbustivo en la zona control consume más agua que en las zonas desbrozadas donde el estado arbustivo solo ha tenido un año para recuperar una parte de las hojas y, por lo tanto, de superficie que transpira. La cantidad de restos que se han mantenido sobre los suelos en la zona desbrozada ha podido evitar evaporación directa del agua por el efecto *mulching*. Estas diferencias desaparecen durante los meses de verano, que son los más críticos para la vegetación.

Será necesario mantener el seguimiento un mínimo de 2 años más, para ver el efecto del rebrote del brezo desbrozado como captador de la humedad ambiental, que después condensará la laurisilva de madroño y durillo.

#### Humedad relativa del aire



#### Contenido de agua en el suelo



**Figura 6.** Arriba: Humedad relativa del aire (%) media mensual y error estándar para los dos tratamientos (desbroce total y parcial) y zona control. Debajo: Contenido relativo de agua ( $m^3$  de agua/ $m^3$  de suelo) media mensual y error estándar para los dos tratamientos (desbroce total y parcial) y zona control.

## Conclusiones

Después de cerca de 50 años de adaptación y trabajos de aterrizado, el cambio hacia una mayor frondosidad ha sido posible gracias a un mayor almacenamiento de agua, a la liberación del consumo de un 27 % del territorio a favor del resto y sin exposición directa al sol, una mayor resistencia a los incendios, una mecanización adaptada al lugar, y una accesibilidad máxima a los productos del bosque. Posiblemente un bosque preparado para el siglo XXI.

Los sensores de aumento de diámetro de los árboles LVDT evidenciaron la tensión y competencia constante entre los diferentes estratos arbóreos, hasta el punto de delimitar que el consumo del sotobosque es lo más importante en el balance final, juntamente con el sombreado o el recubrimiento cubierto.

Es importante resaltar el hecho que el desbroce total pone el agua consumida a disposición de los árboles, pero no es capaz de mantener la humedad a tierra y es una fuente de evapotranspiración importante. De hecho, los indicadores como los helechos desaparecen y solo proliferan en la parcela de aclareo de árboles.

Creemos que la mejor gestión para aprovechar al máximo el agua que nos rodea es evitar que el sol llegue a tierra, trabajar con la máxima cobertura tanto de **árboles como arbustos, con el mínimo** número de pies para lograr esta cobertura. Usar los arbustos bajos como barrera a los vientos y para guardar humedad y temperatura a ras de tierra. Trabajando así habremos conseguido una Silvicultura Mediterránea que tenga en cuenta el agua y la temperatura dentro de bosque.

Todos estos trabajos se recogen o se originan en un artículo primero publicado por Joan Botey a las Actas del CFE en Vitoria, el 2013, actualizados y contextualizados en 2 artículos complementarios hechos por los Dr. Carles Barriocanal L. y el Dr. Josep Mas Pla. El CPF también ha publicado dos fichas prácticas que hacen referencia.

## Referencias

- Barriocanal C. i Botey J. (2024) *Experiències per una silvicultura Mediterrània: el cas de les suredes de les Gavarres*.
- Botey, J. (2013). *Bases para la creación de una silvicultura genuina Mediterránea*. 6º Congreso Forestal Español. 6CFE01-276. [https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos\\_forestales/article/view/14486/14329](https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/14486/14329)
- Botey J. Baiges T. i Vayreda J. (2024) *Gestió del matollar per augmentar la disponibilitat hídrica en una sureda a les Gavarres, creant i condensant humitat ambiental*. Fitxa pràctica. Revista silvicultura 90. Centre de la Propietat Forestal.
- Mas-Pla J. (2024) *Bosc i aigua, un binomi particular*.
- Luque, J. (2005). *Estudi de l'efecte de diferents tractaments silviculturals sobre la vitalitat, el creixement i la producció de suro*. Fitxa tècnica de recerca. Centre de la Propietat Forestal.

A photograph of a pine forest with a brown overlay on the left side containing text. The forest consists of tall, thin pine trees with green needles, some of which are bare. The ground is covered with dry grass, twigs, and some green shrubs. The sky is a clear, bright blue. The text 'JORNADA' is written in white, uppercase letters on the brown overlay.

JORNADA

4



# Desbroces selectivos: beneficios y directrices técnicas para su implementación

**Eduard Busquets Olivé.** Ingeniero Forestal y Máster en Incendios Forestales. Especialista KTT&D+i del CTFC.

**Mario Beltrán Barba.** Ingeniero de Montes. Jefe de grupo KTT&D+i del CTFC.

Cita bibliográfica: Busquets, E.; Beltrán, M. 2024. Desbroces selectivos: beneficios y directrices técnicas para su implementación. A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 46-63.

## RESUMEN

La necesidad de esta jornada y artículo surge a raíz de comprobar en nuestra propia piel y compartiendo experiencias con otros profesionales del sector coincidiendo con la dificultad real de que los desbroces se ejecuten correctamente, de acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas, y que estas sean realmente selectivas. El artículo se centra en la experiencia vivida en los Bosques de Aiguamúrcia (Alt Camp), propiedad de Diputación de Tarragona, con PTGMF aprobado en 2022. Este PTGMF tiene como principales objetivos: prevención de incendios, conservación del hábitat con pasto arbolado y mejora de los usos recreativos y de ocio. Ante este escenario, los desbroces selectivos se presentan como una herramienta idónea para alcanzar todos los objetivos marcados. Los tratamientos que se visitan se ejecutaron dentro de las actuaciones del proyecto Life AgroForAdapt. Este artículo, redactado desde la dirección técnica con colaboración de la empresa ejecutora, expone los beneficios de los desbroces selectivos, las dificultades técnicas encontradas y como clausura una discusión de posibles mejoras para asegurar una buena ejecución de estas.

## Introducción

Si cogemos el Diccionario Forestal de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF) y buscamos el concepto desbroce la definición que nos encontramos es la siguiente:

- **Desbroce.** (Silv.) Operación que consiste en reducir, sobre un rodal, la presencia de matas y arbustos. Sus diferentes variantes resultan de la combinación de: acción sobre las especies (total o selectivo), acción sobre el espacio (a hecho o parcial), método de ejecución (manual, mecanizado o químico) y acción sobre la planta afectada (roza\* o arranque). l.: *brush out / clearing of undergrowth*.

\*Roza (Treb. For.) método de realizar un desbroce de forma que las matas o arbustos afectados son cortados por el cuello de la raíz. Antiguamente el concepto roza se utilizaba como sinónimo de *recepte*. l.: *brush-cutting*

Los desbroces totales, en un contexto actual donde la sociedad reclama cada vez más la valorización de los usos y servicios de todos los elementos implicados de la biología y ecología del bosque, son una práctica demasiado intensiva y que sólo debería reservarse en casos muy excepcionales y debidamente justificados (ej.: combatir especies invasoras). Incluso en la prevención de incendios forestales, donde se podría considerar que los desbroces totales están indicados para evitar cualquier tipo de continuidad vertical y el consecuente riesgo de que un fuego de superficie pase a copas, no están indicadas en base a documentación legal y/o técnica.

La Ley catalana 5/2003, de 22 de abril, de medidas de prevención de incendios forestales en infraestructuras urbanas situadas en terrenos forestales, establece la obligación de asegurar la existencia de una franja exterior de protección (anchura  $\geq$  25 m). Esta obligación la deben cumplir de acuerdo con los criterios de vegetación establecidos en el Decreto 123/2005, de 14 de junio. Este Decreto, en franjas con masas de arbolado adulto, permite una cobertura del estrato arbustivo de hasta el 15 %. Cuando la franja se encuentra en una cobertura vegetal de sólo matorral el porcentaje de cobertura es más laxo y permite coberturas de hasta el 35 %. Incluso, con una pendiente superior al 40 % se puede modificar los criterios establecidos, siempre según el criterio de un ingeniero forestal/montes, con el objetivo de evitar la erosión y garantizar tanto la estabilidad del terreno como la seguridad de las personas y de los bienes.

Las Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Cataluña (ORGEST) constituyen herramientas técnicas de ayuda a la gestión forestal en el actual contexto de cambio global y son la referencia en la planificación forestal en Cataluña. Estos modelos recogen elementos de decisión, modelos silvícolas adaptativos y recomendaciones de gestión forestal con el objetivo preferente de prevención de incendios y puesta en valor de los bosques de Cataluña, bajo la premisa de una gestión forestal sostenible y multifuncional. Los modelos de gestión que incluyen el aumento de la resistencia al fuego y las Claves de Vulnerabilidad al fuego de copas (CVFoc, Piqué *et al.* (2011)) que se realizaron conjuntamente entre el Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC) y el Grup de Recolzament d'Actuacions Forestals (GRAF) de los Bomberos de la Generalitat. Así pues, avalados por el mismo servicio de extinción de incendios forestales, estos modelos permiten una cobertura máxima del estrato arbustivo del 25-30 % (dependiendo de la especie arbolada dominante).

Por lo tanto, fijándonos en la documentación legal y técnica no se recomienda dejar nuestros bosques sin un estrato tan relevante como es el arbustivo. Esta es una respuesta fácil para remarcar la necesidad de los desbroces selectivos. Las siguientes preguntas son las que nos harán pensar y debatir más y este artículo/jornada tiene como objetivo intentar resolverlas o cuando menos ponerlas sobre la mesa para buscar soluciones. ¿Cuáles son los beneficios ecológicos del estrato arbustivo? ¿Qué especies se deben procurar conservar? ¿La selección de especies depende del objetivo que nos hayamos marcado? ¿La distribución de los individuos arbustivos es mejor que sea pie a pie o por grupos/golpes? ¿Es verdad que los rendimientos de los desbroces selectivos son menores que los totales porque los trabajadores tienen que ir con más cuidado? ¿Los desbroces selectivos sólo son viables si se hacen manuales? ¿Es realista esperar que se haga una correcta selección de especies ante un escenario generalizado de mano de obra poco profesionalizada y con escasa o nula formación forestal? ¿Qué estrategia podemos hacer para asegurarnos de que lo que se redacte en el Pliego de Condiciones Técnicas se acabe aplicando correctamente (y que haya sido diseñado también correctamente)? ¿Es el marcaje una vía para solucionarlo? ¿Cómo se marca un desbroce selectivo? ¡Bien pues, empezamos a intentar responderlo todo!



## Beneficios ecológicos del estrato arbustivo

El estrato arbustivo juega un rol crucial en los ecosistemas forestales ofreciendo un amplio abanico de beneficios ecológicos. Los arbustos contribuyen a la biodiversidad forestal ofreciendo tanto hábitat como recursos alimentarios para diversas especies silvestres de aves, mamíferos e insectos (Camprodón, 2013).

En cuanto al hábitat, la estructura vertical de la vegetación es un factor aún más importante que la composición en especies leñosas. Es bastante conocida la interacción entre las aves y la estructura de la vegetación (MacArthur & MacArthur, 1961; Willson, 1974). Así, se establece una correlación positiva entre la riqueza y abundancia de aves y el perfil vertical de vegetación con toda su complejidad de estratos (herbáceo, arbustivo, lianas y arbóreo), hasta el punto de que en algunos bosques se pueden distinguir claramente dos estratos arbustivos (alto y bajo) (Camprodón, 2013). De hecho, este factor se analiza en el Índice de Biodiversidad Potencial (IBP) donde se diferencia dos estratos: Muy bajo (< 1,5 m) y Bajo (1,5 – 5 m). En el IBP, para que estos dos estratos puedan ser contabilizados, deben presentar un recubrimiento  $\geq 20$  %.

También hay que destacar la relevancia de aquellas especies productoras de polen y néctar por la emergencia del declive de la diversidad de los organismos polinizadores a nivel mundial, tal y como recoge el informe de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) (Potts *et al.*, 2016). En nuestras latitudes son los insectos los que llevan a cabo la polinización de forma mayoritaria (MITECO, 2020). Seguramente el primer insecto que nos viene a la mente como referencia es la abeja. Aun así, reconociendo la relevancia de las abejas melíferas debido al sector económico que mueve (Cambra, 2010), la polución efectiva de la amplia diversidad de plantas con flores y, por lo tanto, el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas terrestres, requiere de la participación de toda la gama de polinizadores que a lo largo de la evolución han desarrollado relaciones con las plantas de su entorno y aseguran la óptima reproducción y propagación de las mismas (MITECO, 2020). De hecho, en España hay una estrategia nacional para la conservación de los polinizadores aprobada por Conferencia Sectorial de Medio Ambiente el 21 de septiembre de 2020 donde se compromete a promover hábitats favorables para los polinizadores. El informe del Estado de la Naturaleza 2020 de Cataluña (Brotons *et al.* 2020), recoge las tendencias propias de nuestro ámbito, en línea con el descrito de manera genérica. Por lo tanto, esta información también ya nos da indirectamente algunas directrices a la hora de escoger especies arbustivas a mantener.

Los arbustos no sólo son un recurso alimentario para la fauna silvestre, sino también para ganado doméstico (pastoral, *Fotografía 1 y 2*) sobre todo en lugares donde la producción del estrato herbáceo es escasa o poco palatable. Taüll *et al.* (2016) han identificado un total de 24 Tipologías de Pastos Arbolados (TPA) para 12 formaciones arboladas puras caracterizadas en el marco de las ORGEST. Estas TPA, aparte de valorar la calidad del pasto, también identifican las principales especies arbustivas existentes, diferenciándolas si son palatables o no, y les asignan un Índice de Palatabilidad (IP). El IP oscila entre 0 y 1 (0 = no palatable, 1 = palatable). Un valor superior a 0,5 indica que las especies buenas palatables son las que tienen más recubrimiento dentro de la TPA. Esta es una publicación muy útil de cara a la selección de especies arbustivas a mantener cuando se aplican tratamientos silvícolas para establecer sistemas de pasto bajo arbolado, como es el caso del diseño de las actuaciones del PTGMF de los Bosques de Aguiamúrcia que se visitan en la jornada.

En cuanto a dinámicas ecosistémicas, los arbustos pueden generar condiciones micro-climáticas generando sombra, reduciendo extremos de temperatura, condicionando la circulación de vientos superficiales y moderando los niveles de humedad que permiten crear condiciones favorables para el crecimiento de plantas y mejorar la diversidad. Se ha demostrado que los arbustos actúan como especies

niñeras para ciertas plántulas de árboles, especialmente en la región mediterránea (Castro *et al.*, 2004; Martínez, 2003; Padilla & Pugnaire, 2006). Los arbustos pueden proteger y mejorar el régimen de agua y luz, permitiendo la germinación de semillas y el establecimiento de especies de transición tardía (de Dato *et al.*, 2009).

El estrato arbustivo también mejora la estabilidad del suelo y previene la erosión gracias a su sistema radicular, promoviendo al mismo tiempo la resiliencia global del ecosistema. Además, los arbustos juegan un papel importante en el ciclo de los nutrientes del suelo, ya que tanto las hojas y materia orgánica que desprenden contribuyen en la fertilidad del suelo y su riqueza microbiana (García *et al.*, 2002; Pariente, 2002).

**Fotografías 1 y 2.** Ganado doméstico alimentándose del estrato arbustivo.

Autor: Marc Rovellada



No hay que olvidar que los arbustos también actúan como secuestradores de carbono, captando CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis y almacenándolo en su biomasa y en la materia orgánica del suelo. Cabe recordar que un punto fundamental del Protocolo de Kyoto de la *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC 1997) es la aceptación del secuestro de carbono a través de la biosfera en la biomasa forestal, como mecanismo de compensación de las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles (Knoke & Weber, 2006). Las diferencias de las cuantías de carbono almacenado en los tejidos vegetales dependen de diversos factores como pueden ser: las especies, la tasa de crecimiento y la vida útil de las hojas y los tejidos en general (Gratani & Varone, 2006a, 2006b; Nowak *et al.*, 2002). Gratani *et al.* (2013) publicaron un artículo sobre los beneficios ambientales y económicos de la capacidad de secuestro de carbono de las principales formaciones mediterráneas de matorral. La *Tabla 1* se ha extraído del artículo en cuestión y nos muestra valores medios anuales de secuestro de CO<sub>2</sub> de las diferentes especies estudiadas. Por lo tanto, esta tabla también se puede utilizar para decantarse por una especie u otra a conservar si lo que queremos priorizar es la máxima capacidad de secuestro de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 1.** Secuestro de CO<sub>2</sub> anual total para las diferentes especies analizadas en el artículo Gratani *et al.* (2013).

Especie	Secuestro de CO <sub>2</sub> anual total (kg/año)
<i>Arbutus unedo</i>	35,0 ± 6,6 a
<i>Phillyrea latifolia</i>	17,5 ± 6,2 b
<i>Erica arborea</i>	12,4 ± 1,5 b
<i>Cistus incanus</i>	9,7 ± 4,9 bc
<i>Erica multiflora</i>	6,8 ± 2,7 c
<i>Salvia rosmarinus</i>	6,7 ± 2,1 c
<i>Pistacea lentiscus</i>	5,4 ± 2,5 c
<i>Smilax aspera</i>	0,07 ± 2,5 d

± representa la desviación estándar; los valores que van seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (p-value < 0,05) según el test de Tukey.



Ante el escenario actual de sequías prolongadas y reducción de los regímenes de precipitación (Kersting, 2023), la gestión del agua se ha convertido en un objetivo primordial para la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales. La gestión forestal que analiza y basa sus decisiones en el uso y gestión óptima del recurso del agua es lo que se conoce como silvicultura ecohidrológica (Pardos, 2004). El estrato arbustivo, en ambientes mediterráneos, se ha llegado a demostrar ser un competidor por los recursos tanto o más importante que la propia competencia entre especies arbóreas (Baiges, 2005; Giuggiola *et al.*, 2018; Vilà-Vilardell *et al.*, 2023). Los arbustos del NE de España presentan variaciones interespecificas e intraespecificas en el consumo de agua, utilizando diferentes fuentes como el rocío e incluso algunas especies (ej: *madroño*, *lentisco*, *brezo de invierno*) presentan sistemas radiculares duales (Filella & Peñuelas, 2003). Los arbustos mediterráneos presentan diferentes niveles de eficiencia en el uso del agua ante el estrés hídrico, siendo los arbustos leñosos perennifolios los que muestran la mayor eficiencia entre las diferentes formas de crecimiento de la región (Medrano *et al.*, 2009). Los arbustos esclerófilos ajustan la superficie foliar y las respuestas fisiológicas, como el cierre estomático al mediodía, para reducir el consumo de agua durante la sequía estival, mejorando la eficiencia en el uso del agua (Tenhunen *et al.*, 1990). Otras estrategias que presentan ciertas especies de arbustos pueden ser la reducción del área foliar y/o incrementar la profundidad radicular (Rambal, 1993). Los arbustos mediterráneos pequeños y medianos dependen en gran medida del agua superficial del suelo por su rápida absorción tras las precipitaciones, mostrando una estrategia de uso de agua adquisitiva en comparación a los arbustos y árboles de mayor tamaño (Gálvez *et al.*, 2023).

Finalmente, no hay que olvidar su contribución al valor estético de los bosques, enriqueciendo el paisaje visual y ofreciendo oportunidades recreativas por la sociedad, en especial si producen flores, cambian la tonalidad de las hojas o generan una heterogeneidad en la textura y color general del bosque.

## Criterios de selección de especies a conservar

Los criterios de selección de especie son tan amplios como los objetivos que nos marcamos en el momento de planificación de los tratamientos silvícolas. La biología y ecología de las especies es compleja y la solución única no existe. Este artículo pretende centrarse en los principales temas que se han expuesto anteriormente y que no tienen que ser excluyentes entre ellos, ya que la gestión forestal que promulgamos se basa en la multifuncionalidad de los bosques.

### - Prevención de incendios forestales

El Decreto 123/2005, de 14 de junio, ya nos marca ciertos criterios de las especies más idóneas a conservar en zonas donde la prevención de incendios sea el objetivo principal. Algunos criterios para la correcta selección son los siguientes:

- No priorizar las especies que contengan aceites esenciales y otros compuestos orgánicos volátiles y altamente inflamables.
- Priorizar las especies que mantienen las hojas verdes y un alto contenido hídrico en los tejidos durante el verano, las que presentan una menor relación superficie/volumen (plantas de estructura compacta) y las que generan pocos restos finos.
- Favorecer las especies, cuyas hojas y restos se descomponen con más rapidez.
- Favorecer las especies de madera densa y alta capacidad calórica, que necesitan absorber una gran cantidad de calor antes de encenderse.

### - Biodiversidad

Si se busca la mejora de capacidad de acoger nuevas especies de fauna la clave reside en mejorar en oportunidades de hábitat y recurso alimentario (Camprodon, 2013; Camprodon *et al.*, 2020). Como se ha comentado anteriormente los vínculos entre fauna y flora son muy específicos. Si se busca mejorar

el hábitat de una especie concreta se sugiere que se estudie la biología de ésta y entonces el criterio de selección se adecue a sus necesidades específicas. Por otro lado, si no hay una especie objetivo concreta pero se quiere mejorar la capacidad de acogida de nuevas especies de fauna en general, se sugiere:

- Priorizar aquellas especies que produzcan frutos carnosos.
- Diversificar las especies y a poder ser que éstas fructifiquen en diferentes épocas del año. El objetivo es poder ofrecer recurso alimentario durante el más tiempo posible.
- En la selección de especies a priorizar se debe buscar especies que tengan diferentes portes para fomentar la estratificación de la vegetación. Por lo tanto, mejorar el hábitat e indicadores del Índice de Biodiversidad Potencial (IBP).

#### – Promover hábitats para polinizadores

Como se ha comentado anteriormente los polinizadores son especies vitales para el buen funcionamiento del ecosistema (MITECO, 2020). Los objetivos son muy similares a los criterios de biodiversidad. Al igual que lo anterior, como la categoría “polinizador” es muy amplia, si se quiere fomentar una especie específica de polinizador se sugiere que los criterios se adecuen a la biología de la especie. Sino por carácter general, se sugiere:

- Priorizar aquellas especies productoras de polen y néctar.
- Priorizar aquellas especies consideradas plantas nutricias\*.
- Diversificar las especies y a poder ser que éstas florezcan en diferentes épocas del año. El objetivo es poder ofrecer recurso alimentario todo el año.

Plantas nutricias: son aquellas donde las hembras ponen los huevos y de las que se alimentarán las orugas (MCNG & DACAAR, 2024).

#### – Pastoralismo

Normalmente cuando se busca adaptar un bosque a un uso silvopastoral es porque se tiene garantía de qué tipo de ganado se incorporará. Por lo tanto, en estos casos se sugiere:

- Adaptar la selección de especies al paladar del ganado a incorporar.
- Seleccionar las especies de acuerdo con las diferentes TPA (Taüll *et al.*, 2016).

#### – Retención de CO<sub>2</sub>

En este caso debemos ampliar el punto de mira. Como se ha comentado anteriormente (Knoke & Weber, 2006), en la retención de CO<sub>2</sub> juegan papel todo tipo de vegetación. El arbolado, si nos fijamos a nivel individuo y en términos generales, es el que mayor capacidad de retención de carbono tiene debido a la mayor capacidad fotosintética (Índice de Área Foliar, IAF o LAI) respecto a los arbustos. De hecho, en ambientes mediterráneos el estrato arbustivo puede representar más competencia a las tasas de crecimiento (retención de CO<sub>2</sub>) del arbolado que el arbolado mismo. Baiges (2005) demostró que los desbroces podían llegar a ser más eficaces que las claras para potenciar la vitalidad y el crecimiento del arbolado. Por lo tanto, ampliando el punto de mira, contabilizando toda la capacidad de retención de CO<sub>2</sub> de la vegetación, y teniendo en cuenta que debemos preservar parte del estrato arbustivo se sugiere:

- Priorizar especies de mayor crecimiento, de mayor IAF/LAI y de hoja perenne.
- Priorizar aquellas especies con mayor secuestro de CO<sub>2</sub> demostrado (Gratani *et al.*, 2013).

#### – Consumo de agua

El criterio de consumo de agua debería centrarse en evitar en la medida de lo posible la competencia directa por el recurso del agua con el arbolado. Como se ha comentado anteriormente las estrategias de los arbustos con el uso del agua son múltiples, así que en base a la bibliografía consultada y criterio experto se sugiere:

- Priorizar especies de porte pequeño-medio. Estas especies dependen mayoritariamente del agua superficial y por lo tanto no entran en competencia directa con los recursos de agua del arbolado (habitualmente más profundos).
- Priorizar especies esclerófilas y de hoja perenne.
- Priorizar aquellas especies con menores requerimientos de agua.

La *Tabla 2* muestra un resumen de especies a mantener, categorizándolas en diferentes niveles de prioridad, según los diferentes criterios que se han expuesto.

**Tabla 2.** Tabla resumen de especies a priorizar según diferentes criterios.

Especie	Prevención incendios	Palatabilidad pastoralismo	Refugio / Alimento vertebrados	Polinizadores	Época floración	Retención CO <sub>2</sub>	Consumo de agua
<b>Coscoja</b> ( <i>Quercus coccifera</i> )	***	**	*** / **	*	Primavera	**	**
<b>Madroño</b> ( <i>Arbutus unedo</i> )	***	***	*** / ***	***	Otoño- Invierno	***	*
<b>Boj</b> ( <i>Buxus sempervirens</i> )	***	*	** / *	***	Invierno- Primavera	***	**
<b>Lentisco</b> ( <i>Pistacea lentiscus</i> )	***	*	*** / ***	*	Primavera	**	**
<b>Durillo</b> ( <i>Viburnum tinus</i> )	***	**	* / *	**	Invierno- Primavera	***	*
<b>Enebro común y rojo</b> ( <i>Juniperus comunis/ oxycedrus</i> )	***	*	*** / ***	*	Primavera	**	***
<b>Aladierna</b> ( <i>Rhamnus alaternus</i> )	***	***	** / ***	**	Invierno- Primavera	**	*
<b>Rusco</b> ( <i>Ruscus aculeatus</i> )	***	*	* / *	*	Invierno- Primavera	*	***
<b>Brezo</b> ( <i>Erica arboea</i> )	*	**	** / *	**	Invierno- Primavera	***	***
<b>Brezo de Invierno</b> ( <i>Erica multiflora</i> )	*	**	*** / *	**	Verano- Otoño	**	***
<b>Jaras</b> ( <i>Cistus sp.</i> )	**	*	* / *	***	Primavera	**	***
<b>Hiedra</b> ( <i>Hedera helix</i> )	**	**	*** / ***	***	Otoño	***	*
<b>Torvisco</b> ( <i>Daphne gnidium</i> )	***	*	* / *	**	Verano- Otoño	**	***
<b>Romero</b> ( <i>Salvia rosmarinus</i> )	*	*	* / *	***	Otoño- Invierno- Primavera	**	***
<b>Tomillo</b> ( <i>Tymus vulgaris</i> )	**	*	* / *	***	Primavera	*	***
<b>Endrino</b> ( <i>Prunus spinosa</i> )	**	**	*** / ***	***	Primavera	**	**
<b>Majuelo</b> ( <i>Crataegus monogyna</i> )	**	**	*** / ***	***	Primavera- Verano	**	*
<b>Zarzamora</b> ( <i>Rubus ulmifolius</i> )	***	**	*** / ***	***	Verano	*	*
<b>Bocha</b> ( <i>Dorycnium pentaphyllum</i> )	**	***	* / *	***	Primavera- Verano	*	***
<b>Tojo</b> ( <i>Ulex parviflorus</i> )	*	*	* / *	**	Invierno	*	***
<b>Labiérnago y labiérnago de hoja ancha</b> ( <i>Phillyrea sp</i> )	**	***	** / *	*	Primavera	**	***
<b>Rhodorendon</b> ( <i>Rhodorendon ferrugineum</i> )	***	*	*** / *	**	Verano	*	**
<b>Laurel</b> ( <i>Laurus nobilis</i> )	***	*	*** / *	**	Primavera	***	***
<b>Avellano</b> ( <i>Corylus avellana</i> )	**	***	*** / ***	**	Invierno- Primavera	***	*

Priorización para conservar según diferentes criterios: \* Baja, \*\*Media y \*\*\* Alta.

Esta tabla pretende ser un apoyo a la ayuda de toma de decisiones. Como se ha comentado al principio los objetivos, necesidades y condicionantes pueden ser infinitos. Incluirlos todos en una tabla es imposible y, por lo tanto, en casos muy concretos, esta priorización puede variar. Esta tabla ha sido completada en base a una investigación bibliográfica y criterio experto.

## Plasmar la teoría en documentación técnica de obra

Conocer la teoría es el primer paso para una correcta implementación de los desbroces selectivos. Es el siguiente paso, el pasar del conocimiento teórico a la implementación y ejecución a obra, el que marca la diferencia y el que más complejidad presenta debido a la realidad del sector.

El Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es el canal oficial que utiliza el emisor (ingeniero/a) para transmitir el mensaje de la correcta ejecución de los desbroces al receptor (empresa ejecutora). Hay otro miembro en medio que es el Director de Obra, idealmente debería ser el mismo que diseña la actuación, que vela para que el mensaje del PCT se acabe ejecutando tal y como se indica. Los PCT deben ser documentos con mensajes claros y que no den pie a libre interpretación. La descripción de los desbroces selectivos en el PCT debe contener:

### – Especies prioritarias para conservar

La selección de especies se basará en las que mejor cumplan los objetivos marcados en los tratamientos, según los criterios expuestos anteriormente u otros que se puedan contemplar.

### – Cobertura final

La cobertura final depende básicamente del objetivo del tratamiento. En base a la bibliografía consultada y a criterio experto, se propone lo siguiente:

- **Prevención de incendios:** según las ORGEST el máximo recomendado sería un 30 % de cobertura. Se sugiere especificar en el PCT que la cobertura sea entre el 20 – 30 % para evitar desbroces muy intensos o totales. En infraestructuras muy específicas, como serían las franjas perimetrales en urbanizaciones e infraestructuras estratégicas, la cobertura máxima sería un 15 % (consultar excepciones al Decreto 123/2005, de 14 de junio).
- **Aprovechamiento pastoral:** según Taüll *et al.* (2016) la cobertura del estrato arbustivo no debería superar el 40 % para poder asegurar una buena transitabilidad del ganado. La cobertura final dependerá sobre todo del tipo de ganado que se incorpore y de la disponibilidad y valor del pasto. Por ejemplo, cabras y burros necesitarán una cobertura mayor que ovejas y vacas. Se sugiere también especificar un intervalo.
- **Biodiversidad:** es un concepto muy amplio, con infinitud de requerimientos debido a la multitud de especies y sacar un solo valor sería muy atrevido. Aun así, si nos basamos con la bibliografía consultada (Camprodon, 2013; Camprodon *et al.*, 2020; Guixé & Camprodon, 2018), indicadores del IBP y criterio experto el óptimo se encuentra entre el 40 – 60 % de cobertura. Es necesario un mínimo de cobertura para ofrecer refugio/alimento a fauna, pero no se recomienda un estrato arbustivo muy denso porque entonces reduce la oportunidad de muchas especies depredadoras acceder a la fuente de alimento (ej.: rapaces y pequeños vertebrados). Es importante que la cobertura de arbustivo que se mantenga sea de estratos diferentes, muy bajo (< 1,5 m) y bajo (1,5 – 5 m), e idealmente que cada estrato tenga una cobertura mínima del 20 %.
- **Polinizadores:** no hemos encontrado recursos y/o bibliografía que recomienden un porcentaje de cobertura. Al final el hecho diferencial se centra en la correcta elección de especies. Como realmente los polinizadores entran dentro del concepto Biodiversidad se sugiere mantener la misma cobertura (40 – 60 %).
- **Retención de CO<sub>2</sub> y balance hídrico:** el estrato arbóreo es el estrato de vegetación que mayor capacidad de retención de carbono tiene. La cobertura final del estrato arbustivo debe permitir que los árboles que queden tras el



tratamiento dispongan de buena vitalidad y recursos para poder crecer en su máximo potencial y por lo tanto incorporar el máximo de carbono en sus tejidos. También hay que tener en cuenta que un exceso de cobertura acaba afectando en la interceptación del agua de lluvia que no se acaba incorporando al sistema. Por este motivo, se sugiere mantener la cobertura máxima del 30 % tal y como recomienda las ORGEST y que en el PCT se especifique que sea entre el 20 – 30 %.

Hay ciertos objetivos que pueden resultar difíciles de combinar, en cuanto a los desbroces, cómo podría ser la prevención de incendios y la biodiversidad. El máximo de cobertura recomendada en prevención de incendios no llega al mínimo recomendado por biodiversidad. Pero con una correcta elección de especies (*Tabla 2*), podemos salvar esta diferencia y fomentando especies que puedan ofrecer un muy buen recurso alimentario/refugio (ej.: madroño, zarzamora, majuelo, etc.) y al mismo tiempo sean óptimos por los cumplimientos de criterios de prevención de incendios.

#### - Distribución

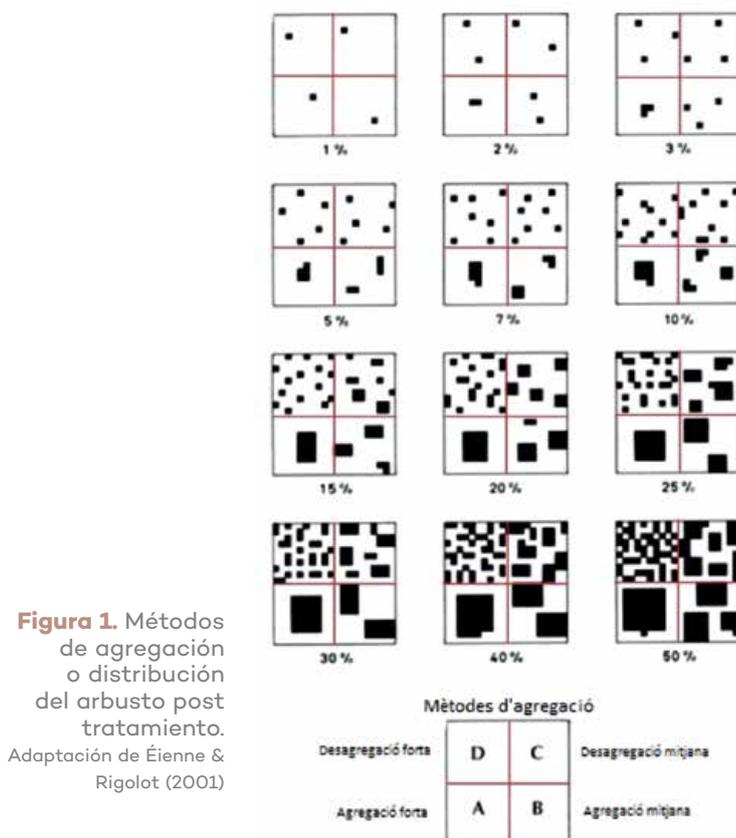
La distribución de la cobertura del estrato arbustivo seguramente sea el criterio que más influye en el método de ejecución del desbroce y consecuentemente su rendimiento/coste.

El *Gráfico 1* muestra diferentes métodos de distribución por diferentes porcentajes de cobertura del estrato arbustivo. El método de desagregación fuerte (D, *Ilustración 1*) ya se puede desestimar de entrada ya que equivaldría a hacer una distribución del arbusto pie a pie. El método D complica mucho el mecanizado y consecuentemente los rendimientos bajan y los costes suben. También este tipo de distribución está muy pensado a nivel individuo y un objetivo muy específico de potenciar una especie en concreto. Esto requiere que la mano de obra tenga un buen nivel de reconocimiento de especies que desafortunadamente no es habitual. Al mismo tiempo, al estar tan desagregado dificulta mucho que con las coberturas que se proponen puedan llegar a generar ecotonos o refugio para fauna (Camprodon, 2013; Camprodon *et al.*, 2020). También de cara incendios se distribuye mucho los posibles puntos de continuidad vertical.

Por otro lado, el método de agregación fuerte (A, *Figura 1*) seguramente sea el más fácil de ejecutar si sólo nos fijamos en los desbroces. Si en el tratamiento se incluye reducción de la densidad del arbolado ya no resultaría tan fácil porque la extracción del arbolado dentro de la mancha se complicaría. El método A para el pasto no se recomienda porque al estar las matas muy agregadas el ganado ya solo puede circular por la periferia de las manchas, presentando complicaciones para llegar al centro y consecuentemente perdiendo mucha superficie de potencial pastorable. Al mismo tiempo para mucha fauna, principalmente las depredadoras, es preferible que las manchas estén repartidas porque las transiciones entre matas de arbustos son las que ofrecen oportunidades de caza (Camprodon, 2013; Camprodon *et al.*, 2020).

Por lo tanto, la distribución ideal sería desagregación media (C, *Figura 1*) siendo aceptable también la agregación media (B, *Figura 1*). La agregación media (B) se reservaría principalmente cuando el desbroce se tenga que hacer con maquinaria grande para facilitar las tareas, pero si se hace manual y/o con maquinaria pequeña (ej.: BobCat + desbrozadora de martillos) siempre se debe procurar hacer una distribución media (C).

Se sugiere pues que el PCT se describa el desbroce como un desbroce por bosquetes o grupos. Los bosquetes se sugieren que tengan un tamaño aproximado de 5x5 m, pudiéndose incrementar o disminuir según las condiciones del lugar y objetivos, y la distancia entre ellos que se calculen en función de la cobertura máxima final. La localización de los bosquetes debería hacerse en función de la mayor concentración de especies de interés a conservar.



## El caso de Aiguamúrcia, desafortunadamente un caso que no es excepcional

La experiencia vivida en los Bosques de Aiguamúrcia (Alt Camp), propiedad de Diputación de Tarragona, con PTGMF aprobado en 2022 ha sido el motor para realizar esta jornada.

La teoría la teníamos clara, la incluimos en el diseño de las actuaciones y la plasamos en el PCT. Fuimos a campo con la empresa y lo comentamos in situ. La Dirección de obra marcó las cortas del arbolado en zonas de entrenamiento. Los tratamientos sobre el arbolado consistían en clara baja de alta intensidad o adhesamiento y una clara selectiva de baja intensidad. Los resultados de las parcelas de seguimiento demuestran que las actuaciones sobre el arbolado se ejecutaron correctamente (*Tabla 3* y *Tabla 4*).

**Tabla 3.** Principales variables dasométricas PRE i POST tratamiento.

Inventario	Parcela	Tratamiento	N	Dg	AB	Ho	Hm	Do	VAE
PRE	P1_C4A	Clara + desbroce	637	23,4	27,5	11,8	10,3	10,7	136,3
POST	P1_C4A	Clara + desbroce	446	25,0	21,9	13,1	11,5	12,8	110,5
PRE	P2_C4A	Adehesamiento + desbroce	637	23,1	26,7	11,6	10,1	9,4	132,0
POST	P2_C4A	Adehesamiento + desbroce	191	26,2	10,3	10,8	10,8	10,8	48,5

N: densidad (pies/ha); Dg: diámetro normal (cm); AB: área basal (m<sup>2</sup>/ha); Ho: altura dominante (m); Hm: altura media (m); VCC: volumen con corteza (m<sup>3</sup>/ha)

**Tabla 4.** Distribuciones diamétricas PRE i POST tratamiento.

Inventario	Parcela	Tratamiento	N10	N15	N20	N25	N30	N35
PRE	P1_C4A	Clara + desbroce	32	64	191	255	64	32
POST	P1_C4A	Clara + desbroce	0	0	127	223	64	32
PRE	P2_C4A	Adehesamiento + desbroce	32	64	159	286	64	32
POST	P2_C4A	Adehesamiento + desbroce	0	0	64	64	32	32

NX: densidad por clases diamétricas (pies/ha)

Pero con los desbroces selectivos no funcionó. En el PCT se describió de la siguiente manera:

*Se eliminan los matorrales que superen 1,3 m de altura cortándolos por la base, y el resto de matorral hasta conseguir un recubrimiento inferior al 30% (islas de matorral de altura menor a 1,3 m de superficie máxima de 5x5 m separadas más de 10 m entre ellas). El matorral para respetar es preferentemente el situado en zonas sin continuidad vertical con las copas de los árboles.*

*Se elimina preferentemente el lentisco (*Pistacia lentiscus*), el enebro (*Juniperus oxycedrus*), el tojo (*Ulex parviflorus*) y el espino negro (*Rhamnus lycioides*), ya que son especies no palatables y tienen un alto recubrimiento. En matas de coscoja (*Quercus coccifera*) se hace una selección de rebrotes para favorecer los rebrotes más jóvenes y vigorosos (rebrotes de mejor calidad nutritiva).*

*Se mantendrán pies de aladierno (*Rhamnus alaternus*), de labiérnago (*Phillyrea angustifolia*) y de bocha de escobas (*Dorycnium pentaphyllum*), que son las especies arbustivas más palatables de los rodales. Se pueden mantener matas de brezo (*Erica multiflora*), porque si bien es poco palatable en general, cuando florece es una fuente de alimento para el ganado. Se dejarán también otras especies palatables, productoras de fruto y especies poco representadas.*

Pero si analizamos los datos de los transectos de sotobosque (Tabla 5) y vemos las fotos del PRE y POST tratamiento (Fotografía 2 y Fotografía 3) veremos que no se cumplió. Se eliminó casi todo el estrato arbustivo. Si bien es cierto que la composición de especies inicial mayoritariamente era poco palatable idealmente debería haberse mantenido al menos un 20 - 30 % de cobertura de estrato arbustivo por todos los beneficios que se han expuesto anteriormente. Se sugiere especificar

**Tabla 5.** Resultados transectos de sotobosque PRE i POST tratamiento.

Inventario	Parcela	Tratamiento	Rec_arbus-tivo (%)	Hmitjana (cm)
PRE	P1_C4A	Clara + desbroce	67	70
POST	P1_C4A	Clara + desbroce	12	6
PRE	P2_C4A	Adehesamiento + desbroce	100	60
POST	P2_C4A	Adehesamiento + desbroce	4	0

un intervalo para futuras ocasiones. Porqué, en este caso, dejar una cobertura del 0 % es también cumplir con el PCT ya que se especificaba sólo que fuera inferior al 30 %.

Queda claro pues que ha habido una falla en la teoría de la comunicación. A pesar del emisor (Dirección de obra) crea que lo ha dejado todo detallado y bien explicado al receptor (empresa ejecutora) en cuanto a los desbroces el mensaje no se



**Fotografías 3 y 4.** Zona aclarada PRE y POST tratamiento.



**Fotografías 5 y 6.** Zona adhesada PRE y POST tratamiento.



ha incorporado correctamente. ¿La Dirección ha pecado de optimista pensando que la mano de obra podría identificar las especies más palatables y el concepto de la idea de desbroce por bosquetes? ¿Puede ser que el hecho de que el equipo que se dedicó a hacer los desbroces, con mucha experiencia haciendo franjas perimetrales en urbanizaciones, siguió manteniendo su criterio? ¿La Dirección debería haber estado más encima? Lo que una cosa queda clara es que lo que la Dirección de obra marcó (cortas) es la que se ejecutó tal y como se redactó en el PCT. Por lo tanto, puede ser que el marcar el desbroce en campo podría haber cambiado el escenario final.

## Discusión y conclusiones

A pesar de proyectos en curso, como el Life BIOreformed (LIFE19 ENV/ES/000544) que uno de los objetivos pretende revalorizar la biomasa de algunas especies arbustivas, somos plenamente conscientes de que actualmente los desbroces son actuaciones que sólo representan gastos. Pero precisamente un desbroce selectivo bien hecho y planificado también somos conscientes de que incrementaría el rendimiento y revalorizaría los servicios del bosque.

Los desbroces selectivos, tal y como hemos explicado en este artículo, son perfectamente compatibles con un aprovechamiento mecanizado con maquinaria dentro del rodal. La distribución de la cobertura arbustiva por bosquetes o grupos permite la circulación de maquinaria promoviendo todos los beneficios ecológicos del estrato arbustivo.

Realmente creemos que la problemática con los desbroces selectivos por los que no se acaban de ejecutar correctamente son: falta de comunicación entre todos los actores implicados, desconocimiento de los beneficios ecológicos del estrato arbustivo, una mano de obra habitualmente poco profesionalizada y miedo a que la dirección de obra/promotor considere que “no se ha hecho bien el trabajo” porque visualmente quedaría estrato arbustivo sin cortar, de manera que la empresa ejecutora sea sancionada u obligada a volver a repasar.

Reconocemos que el marcaje de las actuaciones son caras debido a la categoría de los jornales a pagar. Pero al mismo tiempo reconocemos que son la mejor inversión para la viabilidad y salud de los bosques. Facilita la labor de los trabajadores en el bosque e incluso incrementa su rendimiento. Y otro beneficio, no menos importante, es el reconocimiento y la revalorización de la figura del ingeniero/a forestal y/o de montes. A pesar de que nos gustaría que se tuviera que marcar todo lo que se debe cortar también somos conscientes de que los márgenes de beneficio son muy ajustados. Por ello, defendemos el marcaje en zonas piloto ( $\approx 1\text{ha}$ ) que no implican muchos jornales especializados y al mismo tiempo permiten a las empresas ejecutoras incorporar el diseño, tal y como se ha descrito en el PCT, en su ejecución.

A pesar de que el marcaje del arbolado está ya muy asentado, marcando con spray los pies a cortar o conservar, lo que es un escenario totalmente nuevo es el marcaje de los desbroces. Hemos hecho algunos tests pero nos falta probarlo y validarlo en futuros tratamientos. Una posible idea que tenemos es marcar ciertos individuos del perímetro del bosquecito con cinta. De buenas a primeras vamos a descartar la cinta blanca y roja porque ya se utiliza para marcar límites de actuación y podría traer confusión. Por este motivo, probamos con cinta amarilla y negro (*Fotografía 4*). El inconveniente es que amarillo y negro no contrasta mucho con el verde y dificulta su visualización. Por eso creemos que una cinta totalmente blanca o de un color que genere más contraste sería más adecuado. Otro inconveniente es que después del tratamiento dependiendo de cuántos bosquetes se hayan

### Test de marcaje de bosquetes de arbustos a conservar.



**Fotografía 4.** Detalle de cinta amarilla y negra colgada de un espino blanco al límite de un bosquete de arbustos.



**Fotografía 5.** Foto con perspectiva de un bosquete/grupo de arbustos a conservar marcados con cinta amarilla y negra.

marcado queda mucha cantidad de residuo plástico en el bosque. Por lo tanto, consideramos que marcando 4-5 bosquetes de arbusto ya serían suficientes para que el rematante incorporara el diseño en la ejecución y retirar el plástico de esta cantidad sería mucho más fácil.

En la jornada se hizo una prueba de marcaje del estrato arbustivo. Precisamente surgió una idea que podría facilitar la labor de los trabajadores del bosque. En lugar de marcar sólo individuos del perímetro, como al final se propone marcar entre 4 – 5 bosquetes de un tamaño aproximado de 5 x 5 m, se sugirió marcar todo el perímetro con cinta blanca. También se propuso que la cinta fuera de papel (biodegradable) para no tener que preocuparse tanto por los residuos. Sea como fuere, desde el CTFC probaremos las diversas metodologías y propuestas, cuando tengamos resultados concluyentes lo trasladaremos al sector.

Si el marcaje no convence, una alternativa es dar a la mano de obra una ficha de identificación de las especies arbustivas a conservar (ver Anexo) e incluso de la distribución final (*Figura 1*). La realidad del sector es que mucha mano de obra a veces no habla ni el mismo idioma y eso crea una barrera para transmitir el mensaje. Una ficha ilustrada facilita la comunicación y comprensión del mensaje que se quiere dar por parte del diseño de la actuación.

Ante esta problemática la figura del Director de obra toma más relevancia que nunca. Por suerte ya hay ayudas que subvencionan la dirección de obra como es el caso de las ayudas que el Centre de la Propietat Forestal publicó mediante la RESOLUCIÓN ACC/1549/2022, de 18 de mayo, para la prevención de incendios forestales en terrenos forestales de titularidad privada para el año 2022. Puede ser que incorporar la financiación de la dirección de obra en todas las subvenciones sería un primer paso para ayudar a que esta práctica se establezca.

Para concluir, tras este artículo y jornada ponemos en manifiesto la necesidad de una correcta gestión del estrato arbustivo por todos los beneficios ecológicos que aporta, proponemos al sector ciertas directrices que faciliten la implementación de esta práctica, destacamos la figura del director de obra como elemento primordial para la correcta ejecución de los tratamientos y sobre todo recalcamos la necesidad de la mejora de la comunicación entre todos los implicados.



## Agradecimientos

No queríamos cerrar el artículo sin antes agradecer la paciencia y la transferencia de conocimiento de expertos como Pere Casals, Marc Taüll, Víctor Sazatornil y David Guixé. Al mismo tiempo también al Consorci Forestal de Catalunya, en especial al Josep Maria Tusell y Berta Alcalde, por la oportunidad de brindarnos el espacio para poder exponer, compartir y debatir este tema en un foro de referencia del sector forestal catalán. Finalmente, a todo el mundo que asistió y participó en la Jornada y a ti, lector de este artículo, que esperamos que te haya gustado y que remes con nosotros para fomentar el correcto diseño y ejecución de los desbroces selectivos.

El proyecto LIFE AgroForAdapt (LIFE20 CCA/ES/001682 - <https://agroforadapt.eu>) está financiado por el programa LIFE de la Unión Europea.

## Bibliografía

- Baiges, T. (2005). *Estudi dels efectes de dos tractaments silviculturals sobre la vitalitat, el creixement i la producció de suro de l'alzina surera*. Fitxa Tècnica de Recerca
- Cambra, J. (2010). *Flora mel·lífera de Catalunya*. [https://ruralcat.gencat.cat/dossier/-/journal\\_content/2002/20181/100843/apicultura-i-produccio-de-mel-a-catalun-1](https://ruralcat.gencat.cat/dossier/-/journal_content/2002/20181/100843/apicultura-i-produccio-de-mel-a-catalun-1)
- Camprodon, J. (2013). *Ecologia i conservació dels ocells forestals. Un manual de gestió de la biodiversitat en boscos catalans*. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.
- Camprodon, J., Jato, R., Guixé, D., Badosa, E., & Potrony, D. (2020). *Habitat management for the boreal owl. A handbook*. Government of Aragon and Forest Science and Technology Centre of Catalonia (CTFC).
- Castro, J., Zamora, R., Hódjar, J. A., & Gómez-Aparicio, L. (2004). Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. *Restoration Ecology*, 12, 352–358.
- de Dato, G. D., Loperfido, L., De Angelis, P., & Valentini, R. (2009). Establishment of a planted field with Mediterranean shrubs in Sardinia and its evaluation for climate mitigation and to combat desertification in semiarid regions. *IForest*, 2, 77–84.
- Éienne, M., & Rigolot, E. (2001). *Méthodes de suivi des coupures de combustible* (1st ed.). La Cardère.
- Filella, I., & Peñuelas, J. (2003). Partitioning of water and nitrogen in co-occurring Mediterranean woody shrub species of different evolutionary history. *Oecologia*, 137, 51–61.
- Gálvez, F. J. ., Mercader, J. I. Q., Gutiérrez, C., Ren, W., Barberá, G. G., de la Riva, E. G., & Aguilar, I. P. (2023). *Plant water use strategy is strongly constrained by species size in Mediterranean ecosystems*.
- García, C., Hernández, T., Roldán, A., & Martín, A. (2002). Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under Mediterranean climate. *Soil Biology & Biochemistry*, 5, 635–642.
- Giuggiola, A., Zweifel, R., Feichtinger, L.M., Vollenweider, P., Bugmann, H., Haeni, M., Rigling, A., 2018. Competition for water in a xeric forest ecosystem – effects of understory removal on soil micro-climate, growth and physiology of dominant Scots pine trees. *For. Ecol. Manage.* 409, 241–249.
- Gratani, L., & Varone, L. (2006a). Carbon sequestration by *Quercus ilex* L. and *Quercus pubescens* Willd. and their contribution to decreasing air temperature in Rome. *Urban Ecosyst*, 9, 27–37.
- Gratani, L., & Varone, L. (2006b). Long-time variations in leaf mass and area of Mediterranean evergreen broadleaf and narrow-leaf maquis species. *Photosynthetica*, 44(2), 161–168.
- Gratani, L., Varone, L., Ricotta, C., & Catoni, R. (2013). Mediterranean shrublands carbon sequestration: Environmental and economic benefits. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(8), 1167–1182. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9415-1>
- Guixé, D., & Camprodon, J. (2018). Manual de conservación y seguimiento de los quirópteros forestales. In *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. <http://secemu.org/wp-content/uploads/2016/02/manual-quirópteros-WEB.pdf>
- Kersting, M. (2023). *The process of creating the new Climate Atlas of Catalonia (1991-2020)*. <https://doi.org/10.5194/ems2023-406>
- Knoke, T., & Weber, M. (2006). Expanding carbon stocks in existing forests- a methodological approach for cost appraisal at the enterprise level. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 579–605.

- MacArthur, R. H., & MacArthur, J. W. (1961). On Bird Species Diversity. *Ecological Society of America*, 42(3), 594–598.
- Martínez, M. L. (2003). Facilitation of seedling establishment by an endemic shrub in tropical coastal sand dunes. *Plant Ecology*, 168, 333–345.
- MCNG, & DACAAR. (2024). *Jardins de Papallones*. Museu de Ciències Naturals de Granollers. <https://www.jardinsdepapallones.org/plantes-nutricies>
- Medrano, H., Flexas, J., & Galmés, J. (2009). Variability in water use efficiency at the leaf level among Mediterranean plants with different growth forms. *Plant and Soil*, 317, 17–29.
- MITECO. (2020). *Estrategia nacional para la conservación de los polinizadores*. 1–93. [https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones\\_CONANP/ENCUSP\\_Version\\_Final.pdf](https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones_CONANP/ENCUSP_Version_Final.pdf)
- Nowak, D. J., Stevens, J. C., Sisinni, S. M., & Luley, C. (2002). Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*, 28(3), 113–122.
- Padilla, F. M., & Pugnaire, F. I. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Ecol Environ*, 4(4), 196–202.
- Pardos, J. A. (2004). La ecofisiología en el ámbito forestal. *Sciedad Española de Ciencias Forestales*, 20(2004), 11–23.
- Pariante, S. (2002). Spatial patterns of soil moisture as affected by shrubs, in different climatic conditions. *Environ Monit Assess*, 733, 237–251.
- 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). In *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.
- Potts, S., Imperatriz-Fonseca, V. L., & Ngo, H. T. (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*.
- Rambal, S. (1993). The differential role of mechanisms for drought resistance in a Mediterranean evergreen shrub: a simulation approach. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 35–44.
- Taüll, M., Casals, P., & Baiges, T. (2016). *Tipologies de pastura de les principals formacions arbrades de Catalunya*. Centre de la Propietat Forestal. Generalitat de Catalunya.
- Tenhunen, J., Serra, A. S., Harley, P. C., Dougherty, R. L., & Reynolds, J. F. (1990). Factors influencing carbon fixation and water use by Mediterranean sclerophyll shrubs during summer drought. *Oecologia*, 82, 381–393.
- Vilà-Vilardell L, De Cáceres M, Piqué M, Casals P. 2023. Prescribed fire after thinning increased resistance of sub-Mediterranean pine forest to drought events and wildfires. *For. Ecol. Manage.* 527, 120602. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120602>
- Willson, M. F. (1974). Avian Community Organization and Habitat Structure. *Ecology*, 55(5), 1017–1029. <https://doi.org/10.2307/1940352>



**ANEXO** – Ficha ilustrada de especies arbustivas a conservar en un desbroce selectivo en un bosque de pino carrasco con el objetivo de incorporar un rebaño posterior. Las especies seleccionadas son consideradas las más palatables por estas TPA según TPA et al. (2016).

Nombre común (científico)	Fotografías Fuente: <a href="http://www.floracatalana.cat">www.floracatalana.cat</a>		
Coronilla ( <i>Coronilla minima</i> )			
Brezo ( <i>Erica multiflora</i> )			
Brezo blanco ( <i>Erica arborea</i> )			
Labiérnago ( <i>Phillyrea angustifolia</i> )			
Albaida ( <i>Anthyllis cytisoides</i> )			

J4



JORNADA





# Valoración del potencial resinero en los bosques de pino carrasco de la provincia de Barcelona

**Anna Morgado Souto.** Ingeniera de Montes. Jefa de la Sección de Restauració i Millora Forestal de la Oficina Tècnica de Prevenció Municipal d'Incendis Forestals i Desenvolupament Agrari (OTPMIFDA) de la Diputació de Barcelona.

**Nuria Ruiz Roca.** Ingeniera Forestal. Técnica de la Diputació de Barcelona.

**Miriam Piqué Nicolau.** Dra. Ingeniera de Montes. Jefa del Programa de Gestión Forestal Multifuncional del Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).

**Teresa Valor Ivars.** Dra. Ingeniera de Montes. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).

---

Cita bibliográfica: Morgado, A.; Ruiz, N.; Piqué, M.; Valor, T. 2024. Valoración del potencial resinero en los bosques de pino carrasco de la provincia de Barcelona. A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 64-75.

## RESUMEN

La resina de las coníferas es una sustancia que fluye al exterior desde los canales resiníferos al realizar incisiones en la madera. Aparece en forma de pequeñas gotas, es pegajosa y persistente y tiene un olor característico. Actualmente la colofonia, resina obtenida a través de un proceso de destilación, se utiliza para la fabricación de tintas de impresión, en adhesivos, por productos depilatorios, jabones y pinturas, entre otros.

En los últimos años se han realizado estudios y experiencias para valorar opciones de gestión y aprovechamiento de diferentes recursos forestales que puedan hacer más viable económicamente la gestión de los bosques, entre ellos la producción de resina en masas de pino carrasco. En este artículo se presentan algunos resultados obtenidos en el marco de diferentes trabajos y experiencias de resinación en pino carrasco, realizadas en bosques de la provincia de Barcelona, mediante técnicas tradicionales y mecanizadas.

---

## Introducción

La resina es una secreción que producen las coníferas para la cicatrización de heridas, sirve de protección contra insectos y otros organismos patógenos y como sustancia de reserva, siendo muy valorada por sus propiedades químicas y sus usos asociados. Por eso, ya desde hace miles de años que los humanos han resinado los árboles para su obtención. En Cataluña, el caso más cercano, son las “trementinaires”. En la actualidad, la resina de pino se considera una materia prima de la que se obtienen diversos productos de uso cotidiano como pinturas, tintes, disolventes, aditivos alimentarios, productos de limpieza, insecticidas, perfumes y cosmética, entre otros.

En España, concretamente en la zona de las dos Castillas, la resinación es una actividad centenaria que tuvo su punto álgido en los años 60, siendo la tercera productora mundial. Pero la globalización de los mercados hizo que se produjera una bajada de precios y, por tanto, desató en los años 80 una crisis de este sector debido a la aparición de resina más barata procedente de Asia y Sudamérica.

Actualmente, aunque la gran competencia es el petróleo, el hecho de que la Economía Verde esté entrando con fuerza en Europa, hace que la resina sea un producto con futuro en este mercado ya que contribuye a una economía circular, local, verde y sostenible. Se observan las siguientes tendencias:

- Un aumento de la demanda por la sustitución de productos derivados del petróleo por productos derivados de la resina, llamados: *Green Products*.
- La Empresa cosmética y farmacéutica demanda materias primas locales con garantías (la colofonia se utiliza en la elaboración de antivirales, por ejemplo).
- Un descenso de la producción de resina en China y un aumento de su importación.

A la luz de estas tendencias, la Oficina Tècnica de Prevenció Municipal d'Incendis Forestals i Desenvolupament Agrari de la Diputació de Barcelona (DIBA), que desarrolla programas de soporte para la prevención municipal de incendios forestales, la restauración de áreas forestales degradadas y el desarrollo de los espacios agrarios consideró conveniente explorar la viabilidad de la resinación de bosques de *Pinus halepensis* (pino carrasco) en la provincia de Barcelona como una alternativa al aprovechamiento forestal más convencional (madera). Este aprovechamiento de recurso no maderero está muy alineado con los objetivos de la OTPMIFDA, puesto que toda la gestión vinculada a esta producción de resina favorece la prevención de incendios en el territorio.

La actividad de resinación en los bosques catalanes supondría la creación de puestos de trabajo en el medio rural puesto que se trata de una actividad que mantiene la economía en los pueblos, promueve la presencia de gente vinculada al bosque en épocas de riesgo de incendios, permite la creación de estructuras forestales más resistentes a la propagación del fuego, y fomenta la valorización de los bosques, así como el aumento de su multifuncionalidad. Beneficios suficientemente importantes para dedicar esfuerzos a conocer su viabilidad en nuestro territorio.

Como primer paso, en 2020 la OTPMIFDA encargó al Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC) la evaluación del potencial de producción de resina de los bosques de pino carrasco en la provincia de Barcelona y la identificación de las zonas con mayor potencial productivo. Posteriormente, en base a este análisis, se empezaron a realizar pruebas piloto en el territorio.

Este artículo se centra en estas últimas experiencias coordinadas por la DIBA y se presentan los principales resultados de esta experiencia de resinación.

## Producción de resina de pino carrasco

### Factores que condicionan la producción de resina

La producción de resina de pino carrasco es muy variable, tanto entre árboles de la misma zona o rodal, como entre diferentes zonas (Tabla 1). Esta producción depende de muchos factores, sean naturales, o ligados al método de extracción de resina o características del bosque.

Entre los principales **factores naturales** que condicionan la producción de resina tendríamos:

**Variabilidad Genética.** Dentro de una misma población encontramos a individuos con una producción de resina extraordinariamente alta en comparación con la media. Por ejemplo, la producción media de *P. halepensis* se sitúa en torno a 2-3 kg/año, pero existen algunos genotipos que generan más de 10 kg/año (Moulalis 1981; Spanos et al. 2009). Por todo ello, el genotipo se considera el factor más importante en la producción de resina y, por tanto, existe un margen considerable para la mejora genética.

**Características dendrométricas.** Los individuos vigorosos, con diámetros grandes, muestran una mayor producción de resina que los menos vigorosos (McDowell et al. 2007; Rodrigues et al. 2008; Rodríguez-García et al. 2014). Esto se explica porque existe una fuerte relación entre el número y el área que ocupan los canales resiníferos y el tamaño del árbol. Atado a esto, los bosques con menores densidades y árboles grandes, del orden de 300-400 pies/ha y diámetro medio del arbolado superior a 30-35 cm, serían los más productivos.

**Condicionantes climáticos y fisiográficos.** El estrés hídrico normalmente supone una reducción de la producción de resina. En *P. halepensis*, este estrés provoca la producción de menos conductos de resina tanto en plantón como en árboles adultos, mientras que un menor estrés hídrico aumenta la producción de conductos resiníferos (Zamski 1970). En este sentido, en *P. halepensis* también se ha

**Tabla 1.** Recopilación de artículos con datos sobre producción de resina anual (rango o promedio) de *P. halepensis*.

Localización	Producción total año (Kg/árbol)	Dn (cm)	Fuente
<b>Cataluña</b>			
Vallirana Cataluña	0,5-1,5 <sup>a</sup>	---	Igado (2016)
Vallès Occidental	1,5	---	Comentario Personal: Resinas Naturales
Bages	0,682 <sup>b</sup>	30	Avellà (2001)
Priorat	0,862 <sup>b</sup>	30	Avellà (2001)
	0,878 <sup>b</sup>	30	Avellà (2001)
<b>Grecia</b>			
	0,5-13,50	30-70	Spanos et al. 2010
	2,10 <sup>c</sup>	---	Panda (2008)
	3,00 <sup>d</sup>	---	Panda (2008)
<b>Israel</b>			
	4,20 <sup>d</sup>	30 30	Panda (2008)
	4,19 <sup>d</sup> 2,99 <sup>d</sup>	24	
<b>Italia</b>			
	2,64 <sup>e</sup>	---	Panda (2008)
	4,22 <sup>f</sup>	---	
	4,22 <sup>f</sup>	>30 >30	
	7,19 <sup>g</sup>		
	3,30 <sup>b</sup>		
	6,50 <sup>g</sup>		

Método de extracción: <sup>a</sup> Pica ascendente, <sup>b</sup> Pica descendente, <sup>c</sup> Hugues a vida de Americano, y Borehole a vida, <sup>f</sup> Borehole a muerte, <sup>g</sup> Hughes a muerte

observado que la secreción de resina es menos abundante en árboles situados en vertientes sur que en vertientes norte, probablemente porque en las vertientes sur los árboles sufren un mayor estrés hídrico a finales de verano (Zamski 1970).

En cuanto a los factores ligados al aprovechamiento, el método de extracción y el número de picas (pequeñas incisiones que cortan los canales resiníferos para permitir la salida de la resina) que se practican son los más relevantes y que mayor influencia tienen en la producción de resina.

## **Recopilación de experiencias de aprovechamiento de resina de pino carrasco en Cataluña**

La resinación en la Península Ibérica ha afectado principalmente a tres especies de coníferas: *Pinus pinaster* (pino pinastro o pino marítimo), *P. halepensis* (pino carrasco) y *P. nigra* (pino laricio). De éstas, el *P. pinaster* ha sido tradicionalmente el de mayor importancia en lo que se refiere a la producción de resina, sobre todo en Castilla y León. En Cataluña, sin embargo, la superficie que ocupa el *P. pinaster* es poca y por eso siempre ha despertado mayor interés la resinación del pino carrasco, al ser la especie de pino con mayor distribución. En el caso de la provincia de Barcelona abarca hasta 160.000 ha (considerando bosques puros y mixtos).

A continuación se muestran algunas de las experiencias de resinación de pino carrasco realizadas en Cataluña, de las que se dispone de información documentada y datos de producción.

**En 1995 comienzan las primeras experiencias de resinación** a través de una colaboración entre el Centre de la Propietat Forestal (CPF) y el Institut Nacional d'investigacions Agràries (INIA) (Valero 1998; Avellà 2001):

- Campañas 1995-1997: Se llevan a cabo una serie de experiencias de resinación sobre *P. pinaster* y *P. halepensis*, en parcelas situadas en Follarac (Baix Empordà) y en el parque de Collserola (Vallès Occidental). Posteriormente, en 1996, se añade una nueva parcela de pino carrasco en Capçanes (el Priorat). La cantidad de resina obtenida de media por árbol fue de 480g por campaña, sin demasiadas diferencias entre la producción de pino carrasco y pinastro. Esta producción se consideró baja, teniendo en cuenta que se esperaban producciones de alrededor de 1500g por árbol, por el número de picas que se practicó.
- Campañas 1998-2000: En los años 1998, 1999 y 2000 se decide ampliar el período de resinación, además, en el año 2000 se cierran las parcelas aprovechadas hasta ese momento con excesiva influencia de la humedad del mar instalan dos parcelas en la comarca del Bages. Por este período, se obtienen producciones mayores, pero aún por debajo de la producción esperada (715 g/árbol por el pinastro y 770 g/árbol por el pino carrasco).

También existen experiencias e iniciativas de resinación en pino carrasco más recientes, como por ejemplo:

- Parcelas de resinación en Vallirana realizadas por Forest Baix SCCL.
- Experiencia de resinación en el Perelló impulsada por COPATE y la Escuela Agraria de Amposta a través de un curso de resinación que se realizó en 2015.
- Experiencias de resinación realizadas durante el período 2021-2023 en Pallejà (Baix Llobregat) y Font-rubí (Alt Penedès), promovidas y coordinadas por la DIBA y en colaboración con el CTFC, la Agrupació Forestal del Montnegre i el Corredor SL y Forest Baix SCCL.



**Fotografías 1 y 2.** Rodal donde se han realizado las pruebas piloto de resinación en pino carrasco

## Experiencias de resinación en la provincia de Barcelona

### Diseño de la experiencia

En 2021, 2022 y 2023, la OTPMIFDA de la DIBA ha llevado a cabo unas pruebas piloto de resinación en dos rodales de pino carrasco (*Pinus halepensis*) para analizar su potencial resinero y valorar posibles alternativas a la gestión forestal (Fotografías 1 y 2).

Durante estos años el estudio se realizó en el Bosc de les Rovires, propiedad del Ayuntamiento de Pallejà (Baix Llobregat) y en el año 2022 también se realizó en la finca “Montrubí” de titularidad privada y ubicada en el municipio de Font-rubí (Alt Penedès).

En 2021, en el Bosc de les Rovires se seleccionaron dos rodales con orientación sureste y con estructura forestal similar y se identificaron 243 árboles resineros estratificados por clases diamétricas (Tabla 2), que son los que posteriormente en los años 2021, 2022 y 2023 se han resinado mediante el **método tradicional de resinación**.

**Tabla 2.** Número de árboles seleccionados por clase diamétrica en el Bosc de les Rovires para método tradicional.

Clase Diamétrica (cm)	25	30	35	40
Número de árboles	60	62	61	60

Posteriormente, en 2022, con el objetivo de conocer la producción con métodos que no requirieran tanta mano de obra como el tradicional, se realizaron dos parcelas más:

En el Bosc de les Rovires se seleccionaron 60 árboles dentro del mismo rodal que en 2021 y se resinaron mediante el método de pica mecanizado y también se estratificaron por clases diamétricas (*Tabla 3*).

**Tabla 3.** Número de árboles seleccionados por clase diamétrica en el Bosc de les Rovires para pica mecanizado circular.

Clase Diamétrica (cm)	15	20	25	30	35	40
Número de árboles	1	4	17	22	14	2

En la finca Montrubí se seleccionaron dos rodales con un total de 60 árboles con orientación sudeste y con estructura forestal similar estratificados por clases diamétricas (*Tabla 4*) para resinarlos **mediante método Borehole**. En estos dos rodales estaba previsto una clara una vez finalizada la época de resinación, por lo que con el método no se ponía en riesgo la vitalidad de los árboles seleccionados.

**Tabla 4.** Número de árboles seleccionados por clase diamétrica en la finca Montrubí para método *Borehole*.

Clase Diamétrica (cm)	15	20	25	30	35
Número de árboles	4	25	18	11	2

## Métodos de resinación aplicados

### Método tradicional

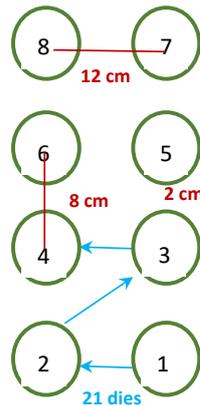
El método tradicional de resinación consiste en la realización de unas picas de forma ascendente en la entalladura. Las picas se realizan con unas longitudes de 12 cm de ancho y 3 cm de altura de forma que se cortan los canales resiníferos y se recoge la resina en un bote. En cada una de las picas se aplica una pasta estimulante (solución de ácido sulfúrico 40%, arcilla blanca o caolín 40%, cloruro sódico 20%). Se realizan las picas de forma sucesiva cada 12-14 días (*Fotografía 3*).

**Fotografía 3.** Pica realizada mediante el método tradicional.



## Método de pica circular mecanizado

Consiste en realizar una perforación perpendicular al tronco de 6 cm de diámetro con un taladro de batería (*Fotografía 4*). La perforación sólo afecta a la corteza y el cambium, por lo que la calidad de la madera no se ve afectada. La separación de las picas en la horizontal es de 12 cm, mientras que la separación en la vertical es de 8 cm entre los centros de las perforaciones o 2 cm entre los orificios de las perforaciones (*Figura 1*).



**Fotografía 4.** Realización de pica mecanizado con taladro.

**Figura 1.** Esquema de picas en método de pica circular mecanizado.

Una vez hecha la perforación, se aplica la pasta estimulante (pasta brasileña) en un cordón de unos 2 mm en torno al perímetro de la perforación. La pasta debe entrar en contacto con el cambium. Una vez aplicada la pasta estimulante se coloca a presión el implante y finalmente la bolsa que recogerá la resina (*Fotografía 5 y 6*).

El período de tiempo que se dejó entre una pica y la otra fue de 21 días, por lo que se realizaron 8 picas entre el período de 22 de junio y 16 de noviembre de 2022.

La resina obtenida con este método está libre de impurezas y contiene un mayor porcentaje de trementina en comparación con el método tradicional.



**Fotografía 5.** Implante introducido en la corteza del árbol una vez hecha la pica.



**Fotografía 6.** Bolsas de recogida de la resina.

### Método Borehole

Consiste en un proceso para la producción de resina desde heridas basales hasta el xilema del pino. Se realizan heridas al pino mediante taladro con batería y broca de madera de 18 mm de diámetro y longitud de 12 cm, con la que se realizan agujeros de forma tangencial en la corteza del pino (Fotografía 7). La aplicación de la pasta estimulante se realiza mediante un bastón en todo el perímetro de la perforación y finalmente la recogida de la resina se realiza mediante bolsas insertadas directamente en la perforación, con lo que se impide la oxidación y se reducen las pérdidas de la fracción volátil (Fotografía 8).

Durante la época de resinación se realizan picas mecanizadas en sentido ascendente cada 21 días. En el área de estudio se han realizado 7 picas comprendidas entre el 23 de junio y el 27 de octubre.



Fotografía 7. Taladro con broca de madera.



Fotografía 8. Bolsas insertadas directamente en la perforación.

## Resultados obtenidos

### Método tradicional

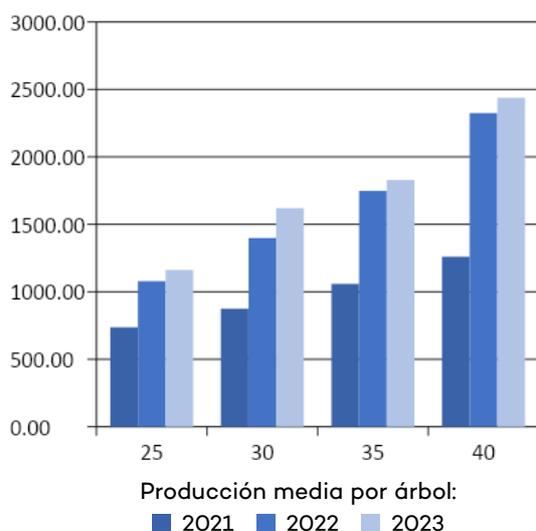
Durante el período comprendido entre el 15 de junio y el 7 de septiembre de 2021, se realizaron 7 picas siguiendo el método de pica ascendente en un total de 241 árboles. Una vez hecha la primera pica, cada 15 días se realizó una nueva pica y al cabo de 15 días el bote se pesaba, obteniendo un total de resina de **238,67 kg, lo que implica un total de 0,99 kg/árbol de media.**

Durante el período comprendido entre el 15 de junio y el 12 de noviembre de 2022 se realizaron 10 picas siguiendo el método de pica ascendente en un total de 243 árboles. Una vez hecha la primera pica, cada 12 días se realizó la pica y al cabo de 7 días el bote de resina se pesó, obteniendo una producción de resina de **397,49 kg, lo que implica un total de 1,63 kg /árbol de media.**

Durante el período comprendido entre el 29 de abril y el 2 de diciembre de 2023 se realizaron 16 picas (dos de ellas en blanco, es decir, sin añadir pasta estimulante de forma que se detenga la resinación durante un período concreto), siguiendo el método de pica ascendente en un total de 243 árboles. Una vez hecha la primera pica, cada 12 días se realizó la pica y al cabo de 7 días el bote de resina se pesó, obteniendo una producción de resina de **427,82 kg, lo que implica un total de 1,76 kg /árbol de media.**

**Tabla 5.** Producción de resina en 2021, 2022 y 2023 por el método tradicional para cada clase diamétrica.

CD	Producción de resina en las parcelas piloto el año		
	2021 (g)	2022 (g)	2023 (g)
25	44.179	64.662	69.726
30	54.315	86.639	100.363
35	64.620	106.670	111.491
40	75.562	139.514	146.241
<b>Total (gramos)</b>	<b>238.676</b>	<b>397.485</b>	<b>427.821</b>



Tal y como se observa en la *Figura 2*, los principales productores de resina son los árboles de clases diamétricas mayores (CD 35 y 40).

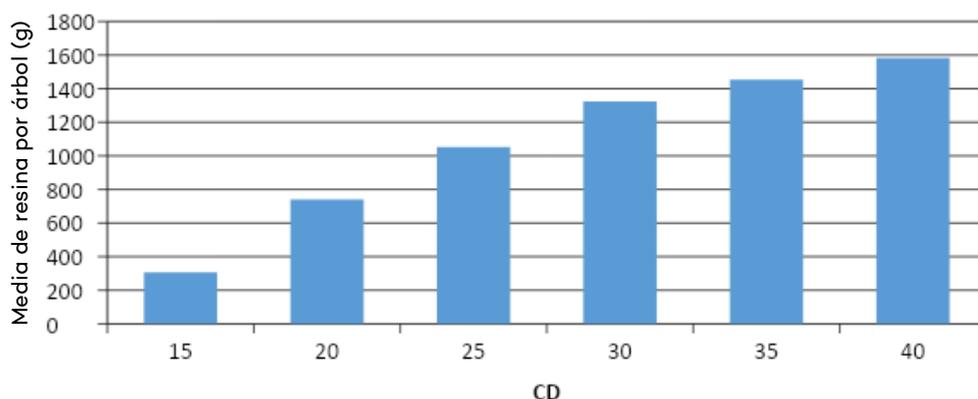
La campaña de resinación 2023 fue más larga que las otras dos, pero se ha visto fuertemente afectada por los períodos de sequía acumulados y, por tanto, se considera que la producción de resina ha sido inferior a la esperada.

**Figura 2.** Producción de resina por árbol (gr) según la CD en método tradicional para los años 2021, 2022 y 2023.

### Método de pica circular mecanizado

Durante el período comprendido entre el 22 de junio y el 16 de noviembre de 2022 se realizaron 8 picas mediante el método mecanizado de taladro superficial en 60 árboles, del que se obtuvieron **73,75 kg de resina, lo que supone 1,23 kg/árbol de media**.

Tal y como se observa en la *Figura 3*, la principal producción de resina se obtiene en las CD 30, 35 y 40, observándose en clases diamétricas mayores, mayor producción de resina con una media de 1,45 kg en las CD 35 y 1,58 kg en las CD 40.



**Figura 3.** Producción de resina por árbol según la CD en método de pica circular mecanizado.

## Método Borehole

Durante el período comprendido entre el 23 de junio y el 27 de octubre de 2022 se realizaron 7 picas mecanizadas en sentido ascendente cada 21 días en 60 árboles, de los cuales se obtuvieron 37,38 kg, lo que supone 0,62 kg/árbol de media.

Tal y como se puede observar en el Figura 4, los principales productores de resina son los árboles de clases diamétricas mayores, destacando los de CD 35, con un aumento considerable en la producción de resina, con una media de 1,51 kg de resina por árbol.

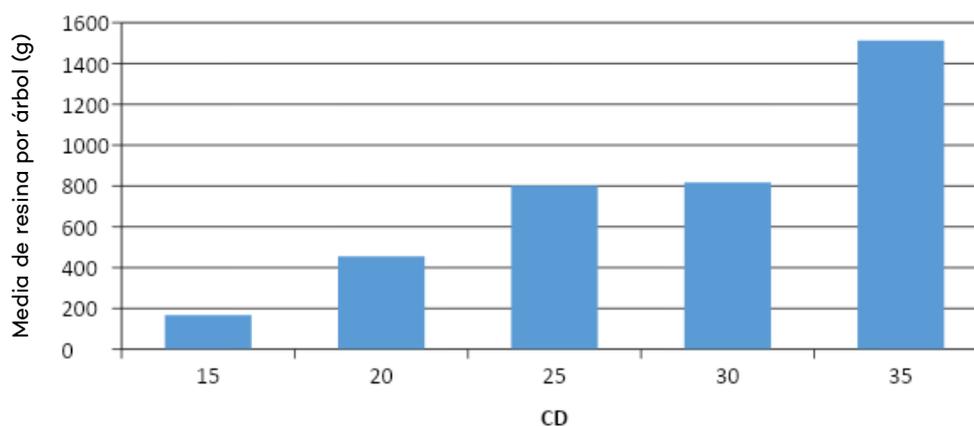


Figura 4. Producción de resina por árbol según la CD en el método *Borehole*.

## Conclusiones

Por lo general, las producciones observadas son similares a las obtenidas en aprovechamientos realizados previamente en Cataluña, pero inferiores a las producciones reportadas en otros países del Mediterráneo. Ahora bien, estos son datos generales obtenidos en unas condiciones no tan adversas como las de los últimos años, en los que se han sufrido largos períodos de sequía y en consecuencia la producción de resina se ha podido ver afectada. Por tanto, estos resultados no se consideran concluyentes y se considera que debe mantenerse y/o incluso incrementar esta línea de trabajo.

Partiendo de la base de que la producción de resina está afectada por muchos factores (situación, orografía, altitud, estado de gestión del bosque, fenología y diámetros de los pies, formación y experiencia del resinero, meteorología), nos hace pensar que estas producciones pueden ser muy superiores a las obtenidas en ciertos montes y en ciertas condiciones. No descartamos, pues, que haya bosques en Cataluña que permitan la resinación como una actividad forestal viable económicamente, sobre todo en un contexto de aumento de demanda.

Ahora bien, si además del beneficio económico tenemos en cuenta los beneficios sociales y de prevención de incendios, así como los servicios ecosistémicos que proporciona, esta actividad podría ser viable en una mayor superficie de bosques de Cataluña. Con una mentalidad más abierta y saliente de los esquemas tradicionales de su explotación, podemos considerar la resinación como una oportunidad de gestión que hasta ahora no se había contemplado. Los árboles de clases diamétricas superiores a 30 cm. tienen mayor producción. Pero ¿y si resinamos también



pies de clases diamétricas inferiores en áreas estratégicas para prevención de incendios, como una acción que permita mantener su estructura creada y que la producción obtenida sirva para financiar parte de esta acción? ¿En actuaciones forestales planificadas que impliquen el corte de árboles, y si resinamos a muerte los que se prevén cortar un año antes de los trabajos independientemente del diámetro? ¿Y si extraemos la resina mediante métodos que no proporcionan las producciones más altas pero que implican menos mano de obra y personal no tan especializado? Las posibilidades son muchas.

El método de resinación, el tipo, la densidad y los diámetros de los árboles a resinar y la duración de la campaña son variables que deben estudiarse para conocer la rentabilidad, tanto como actividad principal como complementaria de una explotación con el objetivo de prevención de incendios. La existencia de un colectivo de resinadores calificados, la presencia de industrias en Cataluña que consuman el producto directamente reduciendo considerablemente los costes de transporte y la evolución favorable del mercado de la resina podrían acabar de inclinar la balanza hacia la viabilidad de la producción. Por tanto, consideramos que, con la información disponible y las oportunidades identificadas, la producción de la resina como una materia prima alternativa a la de los derivados del petróleo puede ser una opción viable para los bosques de pino carrasco de Cataluña.

## Bibliografía

- Avellà J. 2001. La alternativa de la resina. *Silvicultura*, 31. 1er Trimestre.
- Delgado C. 2016. Pruebas de resinación en Vallirana. [Diapositivas Power Point].
- McDowell NG, Adams HD, Bailey JD, Kolb TE. 2007. El rol de stand density en la eficacia de la eficacia, leaf área index, y resin flow en el sureste ponderoso pine montes. *Can. J. For. Nada.* 37: 343-355.
- Moulalis D. 1981. Variación en resina producción de Aleppo pine en Kassandra-Chalkidiki. *Sci. Ann. Vuelo.* 19. – Dept of Forestry and Nat. Environ., Univ. of Thessaloniki, pp. 467-488, in Greek.
- Panda H. 2008. Handbook on Oleoresin and Pine Chemicals (Rosin, Terpene Derivatives, Corte Oil, Resin & Dimer Acids, Asia Pacific Business Press Inc., Dehli.
- Rodrigas KCS, Azevedo PCN, Sobreiro LE, Pelisario P, Fett-Neto AG. 2008. Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantaciones en subtropical climate: Effect of tree diameter, shape shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. *Ind. Crop. Prod.* 27: 322-327.
- Rodríguez-García A, López R, Martín JA, Pinillos F, Gil L. 2014. Resin yield en *Pinus pinaster* se relata el strom dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *For. Ecol. Manage.* 313: 47-54.
- Spanos KA, Gaitanis D, Spanos I. 2009. Resin production in natural Aleppo pine stands in N. Evia- Greece y posibilidades de increasing income under sustainable forest management. *Proceedings of the 14th «Panhellenic Forestry Conference».* Hellenic Forestry Society. Noviembre, 1-4, Patra, Greece.
- Zamski E. 1970. El efecto microclimático condiciones donde rezan duct formación y resin secretion en *Pinus halepensis* Mill. *La-Yaaran.* 20: 7-35.



JORNADA

9

# Cultivo de trufa negra en un contexto de cambio climático. La experiencia de la finca de Maials

**Juan Martínez de Aragón.** Dr. Ingeniero de Montes. Buscador (CTFC)

**Jose Antonio Bonet.** Dr. Ingeniero de Montes. Buscador (Agrotecnio-UdL)

**Yasmin Piñuela.** Dr. Ingeniero de Montes. Buscador (ID Forest)

**Javier Parladé.** Dr. Ciencias Biológicas. Buscador (IRTA)

**Daniel Oliach.** Dr. Ingeniero de Montes. Buscador (CTFC)

---

Cita bibliográfica: Martínez, J.; Antonio, J.; Piñuela, Y.; Parladé, J.; Oliach, D. 2024. Cultivo de trufa negra en un contexto de cambio climático. La experiencia de la finca de Maials. A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 76-89.

## RESUMEN

Desde el año 2015, en una parcela experimental en el municipio de Maials, investigadores de la Universitat de Lleida (UdL) y del Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), con la colaboración del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), han estado estudiando cómo adaptar la gestión del cultivo de la trufa negra al cambio climático y conocer las interacciones entre plantas productoras de trufa negra y plantas aromáticas. La ubicación de la finca no es a priori apta para la producción de trufa negra, puesto que se encuentra fuera de sus límites climáticos de producción silvestre debido a las altas temperaturas y poca precipitación de la zona. La investigación realizada se centra en evaluar la evolución de la trufa negra en función de diferentes estudios de riego y acolchado para controlar la temperatura y humedad, así como ver la interacción de la trufa negra con plantas aromáticas y medicinales, y cuál es el efecto según el tipo de nido de turba combinado con riego en la producción de trufas. La investigación que se está llevando a cabo permite avanzar la posibilidad de implementar este cultivo en la zona, consiguiendo que se produzcan las primeras producciones de trufa negra fuera de sus límites naturales de producción. Los datos obtenidos pueden ayudar a visualizar las condiciones de gestión que nos encontraremos en un futuro próximo a las zonas que actualmente son idóneas para la producción de la trufa en Cataluña.

## Introducción

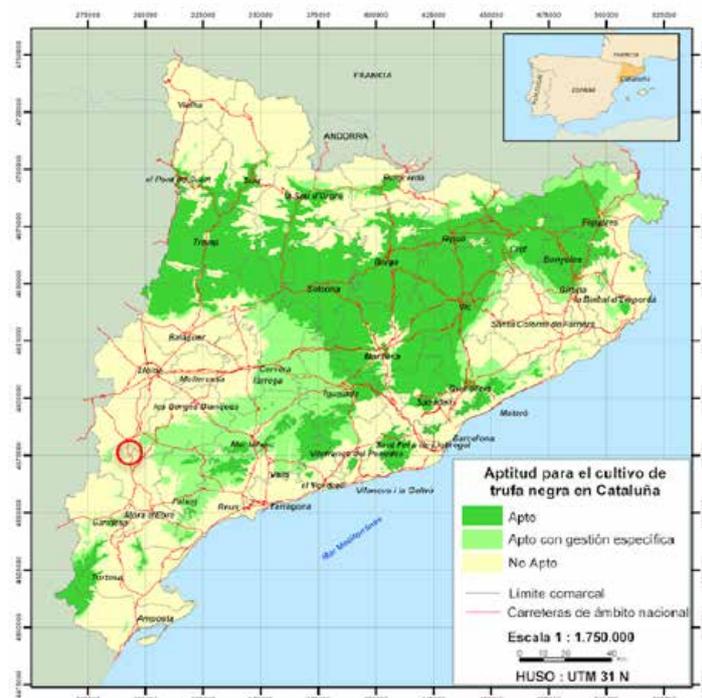
La trufa es conocida por su aroma y sabor, y constituye uno de los ingredientes privilegiados de la gastronomía internacional. En la región mediterránea existen cerca de 32 especies de trufas, de las cuales en Cataluña se encuentran y comercializan la trufa blanca o de verano (*Tuber aestivum*), la trufa grabada (*Tuber uncinatum*), la trufa de invierno o magense (*Tuber brumale*) y la trufa negra (*Tuber melanosporum*), siendo esta última la más apreciada.

La producción de trufa silvestre ha sufrido un declive muy importante desde mitad del siglo pasado, y actualmente la mayor parte de la producción procede de su cultivo. En Cataluña, la trufa se produce principalmente en las zonas calizas de media montaña del Prepirineo y de la Cordillera Prelitoral. La evolución del número de plantaciones va en aumento, pero no es suficiente para satisfacer la demanda actual, que es global. Además, en las últimas décadas, la severidad y frecuencia de los períodos de sequía, especialmente agravados en la zona Mediterránea y concentrados en la época estival (Cramer *et al.* 2018), podrían mermar la producción de trufa cultivada (Büngten *et al.* 2011). Por ello, es necesario adaptar las técnicas agrícolas que permitan contrarrestar los efectos de la falta de agua para poder revertir este proceso (García-Barreda *et al.* 2019).

En este sentido, la parcela experimental para el cultivo de trufas, ubicada en el municipio de Maials, es un campo de ensayo idóneo ya que, al estar ubicado fuera de su rango óptimo de producción, permite anticipar los efectos del cambio climático sobre la producción de la trufa negra (Figura 1). En este dispositivo de 4 ha, que a la vez sirve de campo de ensayo y también como parcela demostrativa, se están testando diferentes técnicas de cultivo: el uso de acolchados para promover el desarrollo de la trufa negra en los primeros estadios de producción, el establecimiento de cultivos de plantas aromáticas intercalados con las plantaciones de la trufa negra y el estudio de la dosis de riego y tipos de nidos de turba en la producción de la trufa negra.

En nuestra región, el cultivo de la trufa negra puede convertirse en una actividad alternativa a las actividades agrarias tradicionales, diversificando la economía rural y favoreciendo un reequilibrio territorial. Pero ¿dónde se puede cultivar la trufa negra y cuáles son los requerimientos para su cultivo?

**Figura 1.** Mapa de aptitud para el cultivo de la trufa negra en Cataluña (Colinas *et al.* 2007) y ubicación de la parcela experimental en el municipio de Maials.





## Requerimientos para el cultivo de la trufa negra

La garantía de éxito a la hora de establecer una plantación de árboles inoculados con la trufa negra pasa por cumplir un conjunto de condiciones geográficas, climáticas, edáficas y bióticas, para asegurar la idoneidad del terreno donde se hará la plantación. Los parámetros que se citan a continuación se han obtenido de la caracterización de los terrenos donde se encuentra de forma silvestre la trufa negra, siguiendo las recomendaciones de distintos autores.

### Condiciones geográficas

La localización geográfica puede determinar la distribución de las trufas, pero los parámetros geográficos a veces no son determinantes y, por eso, deben tenerse en cuenta junto con el clima.

#### Altitud

La altitud adecuada para el establecimiento de una plantación es un parámetro que presenta discrepancias entre autores, ya que no puede separarse de la latitud y de la orientación. En Europa, las trufas silvestres se encuentran desde casi a nivel del mar en Francia y hasta los 1.800 m en Granada. En España, las trufas silvestres se sitúan mayoritariamente en torno a los 600 – 1.200 m.

#### Orientación

En Cataluña podremos considerar todas las exposiciones posibles, aunque habrá que considerar que en cotas elevadas habrá preferencia por una exposición sur.

#### Pendiente

Normalmente no se encuentran trufas en zonas completamente llanas por el riesgo de encharcamientos. Es más frecuente encontrarlas en pendientes moderadas (< 15%).

### Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas clave para el desarrollo de la trufa negra son la precipitación y la temperatura.

#### Precipitación

La disponibilidad de agua es de gran importancia en la tuberculatura, sobre todo en primavera y verano, cuando las precipitaciones tienen un papel decisivo para el crecimiento de la trufa negra. Sin embargo, se podrían considerar aptas para el cultivo de la trufa negra las zonas donde sea factible establecer un sistema de riego para suplir la necesidad de agua en los períodos más secos. En caso de no disponer de riego de apoyo, debe tenerse en cuenta que la producción no será estable en el tiempo y variará mucho en función de la climatología anual.

#### Temperatura

La trufa negra prefiere climas mediterráneos de marcada estacionalidad. El clima favorable para la trufa negra se caracteriza por una primavera templada, un verano relativamente caluroso, un otoño sin heladas avanzadas que podrían detener la maduración de los carpóforos y unos inviernos no extremadamente fríos.

## Condiciones edáficas

Los parámetros edáficos tienen un papel relevante, ya que no todos los suelos tienen las mismas características y, por tanto, no todos serán aptos para realizar un cultivo de trufas. La trufa negra se desarrolla sobre suelos calcáreos de 10-40 cm de profundidad del tipo Inceptisol (suelo poco desarrollado, pero de formación rápida para alteración de los materiales del horizonte), Entisol (suelo que no muestra ningún desarrollo definido de perfiles) y Molisol (en áreas semiáridas a semi-húmedas de material parental calcita o areniscas). Los parámetros edáficos más relevantes y su rango aproximado para un correcto establecimiento y desarrollo de una plantación trufera serían los siguientes:

### Pedregosidad

La pedregosidad del suelo es un elemento valorado muy positivamente porque contribuye a un buen drenaje del suelo. La pedregosidad superficial disminuye la evaporación en verano y protege el suelo contra la compactación y la erosión producida por la lluvia.

### Acidez o basicidad

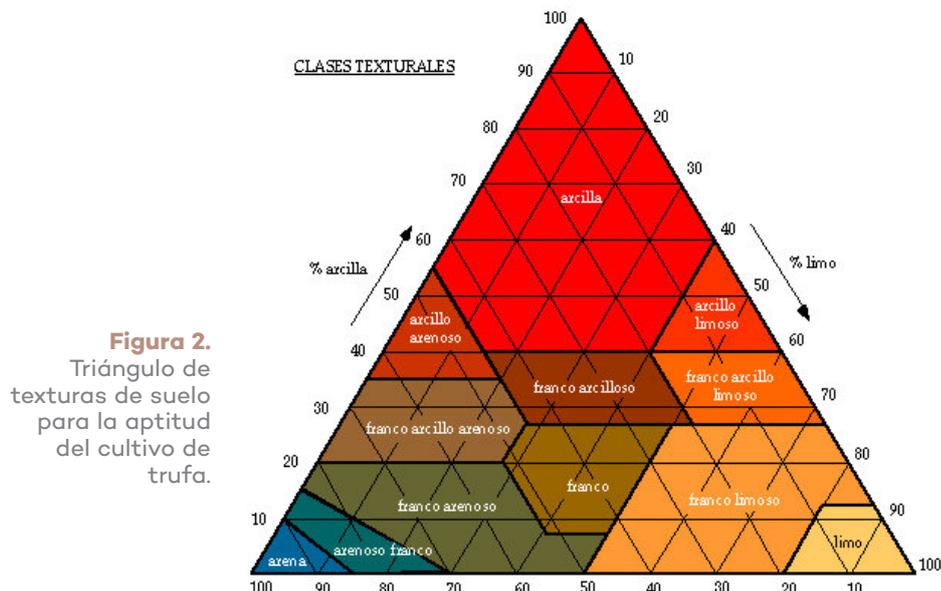
La acidez o basicidad de un suelo, representada por el pH, es uno de los parámetros que más condicionan la producción de la trufa negra debido a su necesidad de pH básicos. El rango recomendado para el cultivo de la trufa negra está comprendido entre 7,5 y 8,5, siendo el más favorable en torno a 8.

### Carbonato cálcico

La presencia de carbonato cálcico es un requisito indispensable para el cultivo de la trufa negra, aunque su carencia en el suelo pueda ser compensada si tiene una presencia importante en la roca madre o en los elementos grandes del suelo. Si no está presente en los elementos grandes, su concentración debe superar el 1% y puede llegar hasta el 90%.

### Textura

La textura de los suelos más adecuada para el cultivo de la trufa negra son las de tipo franca, franco-arenosa, franco-arcillosa, franco-limosa, franco-arcillo-arenosa, considerándose como óptimas las clases texturales franca, franco-arenosa y franco-arcillo-arenosa (Figura 2).





### **Materia orgánica**

La materia orgánica mejora la estructura, favorece la formación de agregados y aumenta la porosidad y la capacidad de intercambio catiónico de un suelo. También regula el pH del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y estimula la actividad biológica. El rango recomendado para el cultivo de la trufa negra va de 1,5% al 8%.

### **Macronutrientes (N, P y K)**

La importancia de las concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo para la producción de la trufa negra es baja, a pesar de su condición de nutrientes esenciales. Frecuentemente, los problemas asociados a macronutrientes son debido a concentraciones demasiado elevadas que provienen del aporte de abonos. Cuando las concentraciones son altas, la planta puede absorberlas sin necesidad del hongo y deja de formar micorrizas, lo que puede provocar condiciones desfavorables para el desarrollo del hongo que depende del árbol para obtener energía.

El rango del contenido de nitrógeno orgánico recomendado para el cultivo de la trufa negra está comprendido entre 0,1% y 0,3%. El rango de fósforo recomendado expresado en  $P_2O_5$  es de 0,1% a 0,3%. Y el rango recomendado del contenido de potasio intercambiable ( $K_2O$ ) está comprendido entre 0,01% y 0,03%.

### **Relación C/N**

La relación Carbono/Nitrógeno refleja el grado de mineralización de un suelo y es un indicador de su actividad biológica, por lo que debe considerarse en suelos pesados, con un contenido en arcillas elevado. El rango recomendado de la relación C/N para el cultivo de la trufa negra está comprendido entre 8 y 15.

### **Estructura**

La estructura describe la forma en que se agregan las partículas individuales de un suelo y el espacio de cavidades asociadas. La mejor estructura para el desarrollo de la trufa negra es aquella que permite un buen drenaje del suelo y una buena circulación del agua por los poros, así como una buena penetración de las raíces del árbol y del micelio de la trufa negra. La estructura óptima para el cultivo de la trufa negra es la denominada granular o grumosa.

### **Condiciones bióticas**

El legado del cultivo anterior al terreno en el que se establecerá la plantación afectará a su evolución. Son preferibles los campos con cultivos previos de cereales, forrajeras o leguminosas. También se consideran buenos antecedentes el viñedo y los frutales y, en general, antecedentes de cultivos endomicorrízicos. En el caso de cultivos leñosos, es importante comprobar el estado sanitario de las raíces. Una infección del hongo patógeno *Armillaria sp.* o de *Phytophthora sp.* podrían afectar seriamente a la plantación. Es recomendable eliminar las raíces más gruesas y llevar a cabo una "limpieza biológica" del terreno a base de cultivar especies cerealistas o forrajeras durante al menos un año.

## Gestión de una plantación trufera

La gestión de una plantación trufera comienza posteriormente en la plantación de los árboles inoculados con la trufa negra, que se pueden adquirir en viveros especializados. La densidad óptima de plantación se ha establecido en torno a las 250-300 plantas por hectárea, pudiendo variar la densidad en función de la especie huésped o del tipo de terreno y su calidad. Pese a que pueda pensarse en un cultivo extensivo en el que las técnicas culturales a aplicar son escasas, la realidad muestra que una buena producción de trufa negra pasa por la realización de todo un conjunto de tratamientos.

### Tratamiento de la vegetación y del suelo

Durante los primeros años de vida de la plantación, antes de la aparición de los quemados, es importante la eliminación de la competencia herbácea para el desarrollo de la planta huésped y del hongo. La práctica más común es el entrecavado manual o con cultivo superficial mecánico, mediante el cual se conseguirá también una aeración del terreno, siendo posible la utilización de acolchados de color blanco. Opcionalmente, se puede establecer cultivos intercalados en plantaciones de trufas (se considera una opción interesante para obtener unas rentas complementarias durante los primeros años, antes de la entrada en producción de los árboles productores (Geoffroy *et al.* 2018). Es por esto que, en Maials, a través del proyecto Tuberlinks se está testando las interacciones entre plantas productoras de trufa negra y plantas aromáticas.

Cuando la parcela ya ha entrado en producción solo se realiza un cultivo al año en la zona del quemado, entre los meses de abril y mayo (a pesar de que haya modelos de gestión donde no se abre el terreno al tener un suelo muy bien estructurado o una textura muy arenosa).

Durante todas las fases del cultivo de la trufa negra, es importante tener bien aireado el suelo, pero especialmente durante la fase de producción. Será necesario, al terminar la campaña, cavar la zona del quemado (sobre todo cuando el suelo tiene una textura más pesada que tiende a compactarse) para así conseguir un suelo esponjoso idóneo para la fructificación de las trufas.

### Podas

Durante los primeros años de la plantación se realizará podas de formación. Su principal objetivo es corregir anomalías del puerto y formar la estructura del árbol para crear las condiciones favorables para el desarrollo de las trufas.

Las podas de formación podrán empezar a partir del tercer año en función del vigor de la planta y es necesario que su intensidad sea baja. Se recomienda realizarla anualmente. Posteriormente, a partir del décimo año, se pretende limitar el crecimiento de la parte aérea y de su sistema radicular y evitar el cierre de copas. En esta etapa la intensidad de la poda puede ser mayor y con una frecuencia de 2-5 años.

### Riegos

El riego es un aspecto fundamental en la producción de trufas. En los primeros años de plantación es conveniente que la aplicación de riegos de apoyo cubra

alrededor de un 50% de la ETo (Evapotranspiración de referencia) menos la precipitación durante el período vegetativo (Olivera *et al.* 2014), intentando provocar un período corto de estrés hídrico en verano. Durante la fase productiva, los riegos se aplicarán desde principios de primavera hasta otoño. La cantidad de agua a aportar y periodicidad dependerá de las características de la plantación y textura del suelo, así como de la meteorología. En general, es necesario realizar aportaciones de 20-30 l/m<sup>2</sup> desde mayo-junio hasta agosto-septiembre, cada 2-3 semanas en función de la capacidad de retención del suelo y de las precipitaciones caídas.

### **Realización de nidos**

Una práctica muy habitual en las plantaciones ha sido la incorporación de turba y esporas mediante la realización de agujeros en la zona del quemado. Esta práctica favorece una mayor cantidad de trufas nuevas para los años siguientes. La técnica de aportación de materia orgánica al suelo trufero se conoce como realización de “nidos truferos” o “aportaciones”.

### **Recolección de trufas y perro trufero**

Para la recogida de trufa es indispensable la posesión de la licencia de trufero, debidamente actualizada (ORDEN MAH/328/2005). Esta Orden establece las condiciones para la recolección de las trufas y el período de recolección que va del 15 de noviembre al 15 de marzo. La trufa va madurando a medida que avanza el invierno, siendo necesario ir recogiendo cada semana, e incluso, en ciertos momentos de la temporada, dos veces por semana.

Además, la recogida de la trufa negra es una actividad singular, ya que son imprescindibles los perros adiestrados para la localización de las trufas.

## **Experiencias llevadas a cabo en la finca experimental de Maials**

### **El uso de acolchados para promover el desarrollo de la trufa en los primeros estadios de producción**

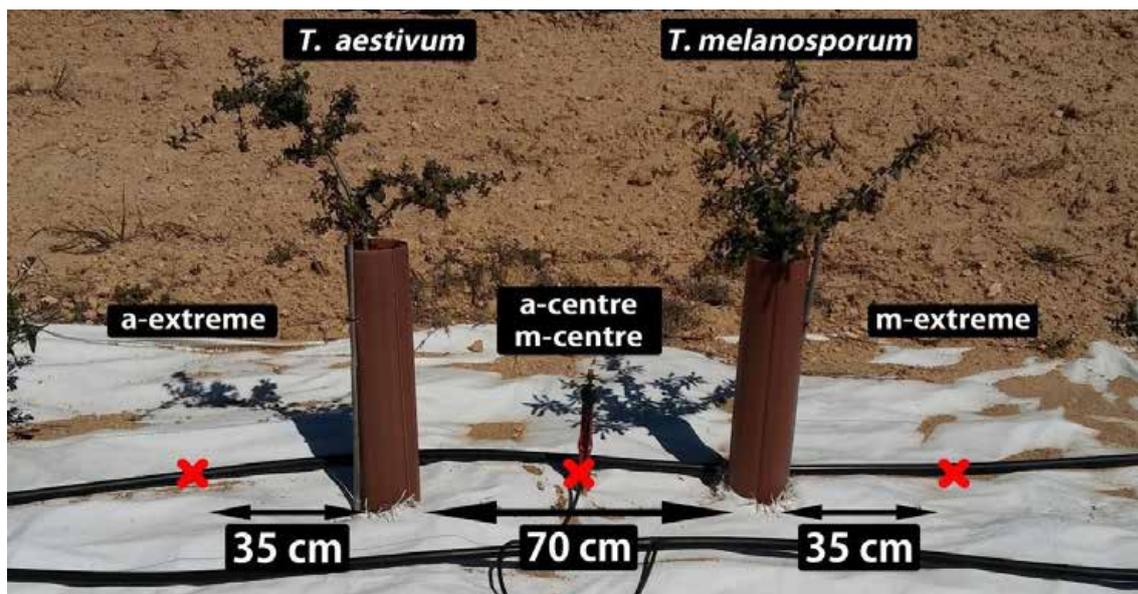
El uso de acolchados para prevenir la evaporación del agua de riego es una manera económica utilizada ampliamente en agricultura (Bandopadhyay *et al.* 2018), y su aplicación se está empezando a testar en plantaciones de trufa negra (Olivera *et al.* 2014). Dada la situación de sustitución de la trufa negra (*Tuber melanosporum*) por la trufa de verano (*T. aestivum*) que se está observando empíricamente en zonas silvestres de la cuenca mediterránea (D. Espasa, comunicación personal, vicepresidente de la Asociación de productores de Cataluña, PROTOCAT), la aplicación de acolchados y el uso de riego podría prevenir la sustitución de la trufa negra por, la menos valorada económicamente, trufa de verano.

En el presente ensayo de Maials se ha analizado el desarrollo del micelio de la trufa de verano y de la trufa negra a partir de la plantación de encinas inoculadas (*Quercus ilex sbsp. ilex*) por parejas y separadas 70 cm entre sí, con la combinación

de una encina inoculada con trufa negra y la otra con trufa de verano. De esta forma, se podía observar el desarrollo del micelio cuando ambas trufas están prospectando el mismo espacio en el suelo en una situación de competencia (*Figura 3*). Alrededor de las plantas, se colocaron dos tipos diferentes de acolchados (negro y blanco) y un tratamiento sin acolchado a modo de control. Asimismo, se realizó un tratamiento de riego (a partir del cálculo del potencial hídrico del suelo) y un tratamiento sin riego. En total, seis tratamientos distintos repetidos seis veces con un total de 36 unidades experimentales. La cuantificación del micelio del suelo se realizó a los dos años del establecimiento de la plantación cuando las encinas inoculadas tenían cuatro años. La cantidad de micelio se midió mediante qPCR, una técnica molecular que mide la cantidad de ADN en el suelo que, después, puede expresarse como mg trufa/g suelo. Las medidas se realizaron en mayo y diciembre durante dos años consecutivos (2017 y 2018).

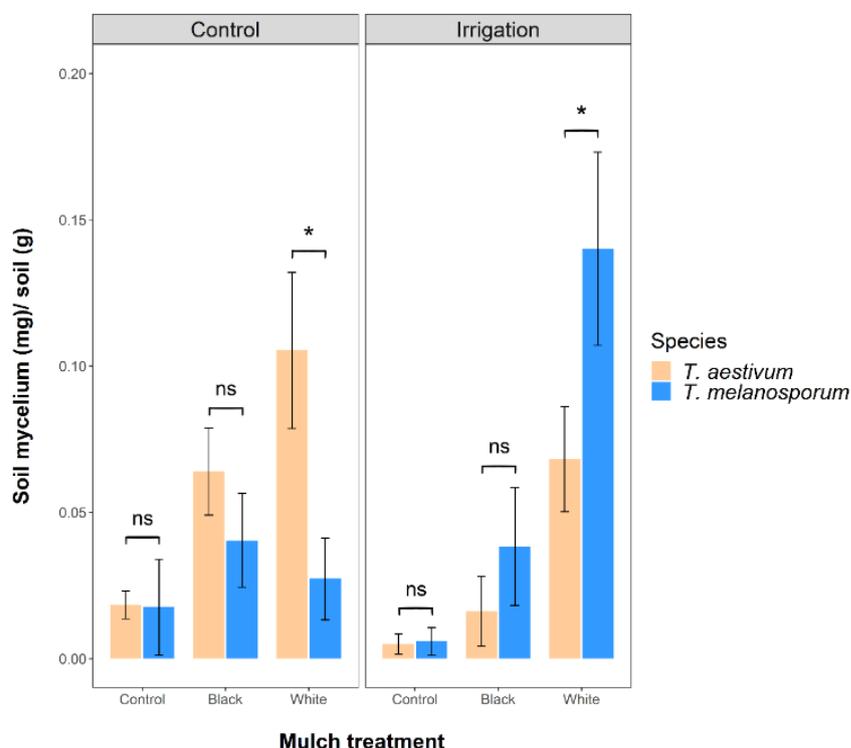
En el punto equidistante entre ambas encinas inoculadas (*Figura 3* centro), donde se produce la interacción entre el micelio de ambas especies de trufas, se comparó la cantidad de micelio de *T. aestivum* y *T. melanosporum*. Aquí se observaron diferencias significativas solamente bajo el acolchado blanco, siendo mayores las cantidades de micelio de trufa negra cuando se aplica riego y, de trufa de verano, cuando no se aplica riego (*Figura 4*).

Con los resultados obtenidos se corrobora lo que se había observado previamente con trufa negra (Olivera *et al.* 2014) sobre el beneficio de la utilización de acolchado para el desarrollo de micelio de trufa en los primeros estadios de crecimiento. La aplicación de riego con un soporte de acolchado puede permitir la posibilidad del establecimiento de plantaciones de trufa negra en zonas que no sean óptimas para su desarrollo. El estudio ha podido constatar igualmente que a pesar del desplazamiento que está sufriendo la trufa negra por parte de la trufa de verano en zonas mediterráneas, cuando se proporcionan las condiciones óptimas para el desarrollo de la trufa negra (riego y acolchado para prevenir evaporación del agua proporcionada), la trufa negra sigue siendo más competitiva que la trufa de verano (Piñuela *et al.* 2021).



**Figura 3.** Unidad experimental compuesta por una encina inoculada con *T. melanosporum* y otra encina inoculada con *T. aestivum* con acolchado blanco en la plantación experimental en Maials (Lleida).

### Truffle soil mycelium at centre sampling point



**Figura 4.** Cantidad de micelio de trufa negra y trufa de verano con los diferentes tratamientos de acolchados y bajo diferentes condiciones de riego y con riego en el punto central de la unidad experimental.

Micelio (soil mycelium), trufa negra (*T. melanosporum*), trufa de verano (*T. aestivum*), tratamientos de acolchados (mulch treatment), control (control), negro (black), blanco (white), riego (irrigation).

### Interacciones entre plantas productoras de trufa y plantas aromáticas

Entre los cultivos compatibles con la producción de trufas, las plantas aromáticas son una opción adecuada porque están adaptadas a unas condiciones ecológicas similares. Sin embargo, la formación de quemados (zonas con vegetación escasa y con crecimiento limitado debido al efecto el alopático del micelio) (Streiblová et al. 2012) alrededor de las plantas productoras de trufa puede afectar a las posibilidades de éxito de los cultivos intercalados. Sin embargo, Barou et al. (2023) describieron el efecto inhibitor de los hongos formadores de micorrizas arbusculares (que penetran en las células corticales de las raíces de una planta vascular) en el desarrollo de micorrizas y micelio de *Tuber melanosporum*. Para estudiar las interacciones entre plantas productoras de trufa y plantas aromáticas en condiciones de campo se instalaron dos experimentos que combinan distintos tipos de plantas aromáticas con encinas micorrizadas bajo dos tipos de riego (normal y deficitario). La hipótesis principal que queremos contrastar es que el micelio de la trufa afecta negativamente al crecimiento de la planta aromática no inoculada con hongos arbusculares y no afectaría a las plantas inoculadas.

En un primer ensayo se estableció una plantación en mayo de 2022 con encinas micorrizadas de 2 años y tomillos (*Thymus vulgaris*) micorrizadas con diferentes hongos arbusculares y no micorrizadas (control), plantados a 20 cm de la encina (Fotografía 1) bajo dos tipos de riego, normal y deficitario. El número total de unidades experimentales (Fotografía 1) es de 50 (5 tratamientos de inoculación con hongos arbusculares x 2 programas de riego x 5 repeticiones). En esta plantación se estableció un seguimiento periódico del crecimiento de las plantas y de la presencia de micelio de *T. melanosporum* en el suelo cuantificada con técnicas de PCR cuantitativa (qPCR) según se describe en Parladé et al. (2013).

**Fotografía 1.**

Diseño de la unidad experimental de plantaciones mixtas de encinas jóvenes micorrizadas y tomillos con diferentes tratamientos de inoculación con hongos arbusculares y riego. Los puntos negros indican dónde se toman las muestras de sol por análisis (una muestra compuesta por unidad experimental).



En un segundo ensayo en la misma fecha se estableció una plantación de lavandas (*Lavandula officinalis*), micorrizadas con hongos arbusculares locales y no micorrizadas (control), en una plantación de 7 años de encinas micorrizadas con trufa con riego normal y deficitario. Las plantas aromáticas se establecieron dentro y fuera del quemado tal y como se muestra en la *Fotografía 2*. Al igual que en el anterior ensayo, se estableció un seguimiento del crecimiento de las plantas y del micelio de *T. melanosporum* en el suelo, dentro y fuera del quemado. El número total de unidades experimentales (la *Fotografía 2* muestra 4 unidades experimentales) es de 40 (2 tratamientos de inoculación x 2 localizaciones, dentro y fuera del quemado x 2 programas de riego x 5 repeticiones).

**Fotografía 2.**

Diseño de 4 unidades experimentales de plantaciones mixtas de encinas adultas micorrizadas y lavandas inoculadas con hongos arbusculares y no inoculadas, dentro y fuera del quemado y con diferentes programas de riego. Los puntos negros indican dónde se toman las muestras de sol por análisis (una muestra compuesta por unidad experimental).



Todas las plantas aromáticas se protegieron con protectores de plástico (*Figuras 5 y 6*). Los datos de crecimiento de ambas plantaciones se tomarán anualmente a partir del otoño de 2023, al final de la estación vegetativa y después del programa de riego estival. Los muestreos de suelo se realizarán en la primavera de cada año.

## Efecto del tipo de nidos de turba y de la dosis de riego en la época de recolección y la cantidad de trufa negra.

Una de las prácticas culturales más prometedoras para el cultivo de trufas (Murat *et al.* 2016) es la llamada “nidos de trufa” o “pozos de trufa” (en adelante “nidos”), la cual se ha difundido entre los productores en los últimos años. Esta técnica es una adaptación de una antigua práctica utilizada por los buscadores de trufa silvestre, que consistía en la aplicación puntual de materia orgánica descompuesta para modificar el suelo de la trufera. Uno de los aspectos innovadores de la aplicación de nidos en las plantaciones trufas es el uso de sustratos a base de turba, que se diferencian claramente de los suelos minerales en muchos aspectos: baja densidad aparente, alta porosidad, alta aeración y buen drenaje, alta retención de agua y fácilmente disponible; baja conductividad térmica con el mismo contenido de agua y bajo contenido de nutrientes (García-Barreda *et al.* 2020, 2021). Los productores afirman que los nidos aumentan la calidad de la trufa, aunque algunos advierten sobre los problemas de humectación de la turba después de secarse. Así, para estudiar cómo gestionar esta nueva técnica, se implementó un estudio combinando dos formas diferentes de realizar los nidos combinados con tres dosis de riego.

En el tipo de nido 1, se realizan unos agujeros en el suelo de una dimensión de 20x20x20 cm donde se añade 2 litros de turba sin mezclar con el suelo original junto con inóculo esporal. En el caso de los tipos de nido 2 se realizan mezclando la turba con el suelo original. Las tres dosis de riego están basadas con el potencial hídrico del suelo (Dosis alta = -350 kPa, Dosis media = -500 kPa, Dosis baja = -650 kPa) (Fotografía 3 y 4).



**Fotografías 3 y 4.** Unidad experimental con nidos de turba sin mezclar (a la izquierda) en la plantación. Colocación de sensores de potencial hídrico del suelo en nido en donde la turba está mezclada con el suelo (a la derecha).

Los resultados obtenidos en este primer año de estudio nos indican la eficiencia de los nidos, ya que la mayoría de las trufas producidas salen en su interior (87% del total). Sin embargo, no observamos diferencias significativas en la calidad de la trufa obtenida ni en la cantidad entre los dos tipos de nidos, aunque sí se encuentran diferencias significativas en los tipos de nidos en la evolución de la fructificación a lo largo de la temporada. Así pues, los nidos de turba sin mezclar con el suelo concentran su producción al principio de la temporada, del 30 de noviembre hasta el 29 de diciembre, representando el 69% del total de la trufa recogida en

este tipo de nido de turba durante este período de la temporada. Por otro lado, el tipo de nidos con la turba mezclada con el suelo, comienzan a producir más tarde (solo el 17 % de las trufas producidas en este tipo de nidos salen hasta el 31 de diciembre), alargando la temporada de recolección hasta el final de la temporada (83 % de trufas recolectadas a partir del 1 de enero).

En cuanto a los resultados obtenidos en función de las dosis de riego, aun no siendo significativas, son superiores en la dosis de riego alta (-350 kPa) con una producción de 17 kg/ha, frente a los 6,6 kg/ha y 7,9 kg/ha, en la dosis media (-500 kPa) y dosis baja (-650 kPa) respectivamente. Cabe remarcar que la producción se ha calculado a razón de 250 árboles por hectárea.

## Conclusiones

El cultivo de la trufa negra mediante plantaciones de árboles micorrizados necesita una serie de técnicas culturales que deben adaptarse a los efectos del cambio climático. La finca experimental de Maials, que está ubicada fuera del rango idóneo para la producción natural de la trufa, permite testar el efecto de diferentes tratamientos y opciones de gestión sobre la producción del hongo, constituyendo un valioso test de pruebas que puede ser transferido en otras plantaciones truferas. FEMS Microbiol. Ecol. 80, 1-8.

## Agradecimientos

Proyecto “TUBERLINKS” PID2022-1364780B-C31/2/3 finançat per MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y FEDER/UE



Actividades demostrativas “Los nidos de turba y la gestión del riego en el cultivo de la trufa negra”. Actividad financiada a través de la operación 01.02.01 de Transferencia Tecnológica del Programa de desarrollo rural de Cataluña 2014-2022.



Proyecto “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.



## Referencias

- Bandopadhyay, S., Martin-Closas, L., Pelacho, AM., DeBruyn, JM. 2018. Biodegradable plastic mulch films: impacts on soil microbial communities and ecosystem functions. *Frente Microbiol* 9:1-7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00819>.
- Barou, V., Rincón, AM, Calvet, C., Camprubí, A., Parladé, J. 2023. Aromatic plants and their associated arbuscular mycorrhizal fungi outcompete *Tuber melanosporum* in Compatibility assays with truffle-oaks. *Biology* 12, 628.
- Büntgen, U., Tegel, W., Egli, S., Stobbe, U., Sproll, L., Stenseth, NC .2011. Truffles and climate change. *Frente Ecol Environ* 9:150–151. <https://doi.org/10.1890/11.WB.004>.
- Colinas, C., Capdevilla, JM, Oliach, D., Fischer, CR, Bonet, JA 2007. Mapa de aptitud para el cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) en Cataluña. Solsona. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, JP, Iglesias, A., Lange, MA., Lionello, P., Lasado, MC., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toret, A., Tsimplis, MN., Xoplaki, E. 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Clim Change* 8:972–980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>.
- García-Barreda, S., Marco, P., Martín-Santafé, M., Tejedor-Calvo, E., Sánchez, S. 2020. Edaphic and temporal patterns of *Tuber melanosporum* fruitbody traits and effect of localised peat-based amendment. *Scientific Reports* 10, 4422.
- García-Barreda, S., Sánchez, S., Marco, P., Benucci, GM, González, V. 2021. Lack of Linkages among Fruiting Depth, Weight, and Maturity in Irrigated Truffle Fungi Marks Completion of Relationships among Morphogene. *Journal of Fungi*.
- García-Barreda, S., Sánchez, S., Marco, P., Seirrano-Notivoli, R. 2019. Agro-climatic zoning of Spanish forests naturally producing black truffle. *Agric For Meteorol* 269–270:231–238. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.020>.
- Geoffroy, A., Richard, F., Sanguin, H. 2018. Impact of Intercropping Culturas en Truffle Production and Soil Microbial Communities in Mediterranean Oak Orchards. In Proceedings of the Booklet of Écologie, International Conference on Ecological Sciences, Société Française de Écologie et de Évolution, Rennes, France, 22–25 October 2018.
- Murat, C., Bonneau, L., De la Varga, H., Olivier, J.-M., Sandrine, F., Tacon, F. 2016. Trapping truffle production in holes: a promising technique for improving production and unravelling truffle life cycle. *Ital. J. Mycol.* 45, 47–53.
- Olivo, A., Bonet, JA., Palacio, L., Liu, B., Colinas, C. 2014b. Weed control modifies *Tuber melanosporum* mycelial expansion in young oak plantations. *Ann For Sci* 71:495–504. <https://doi.org/10.1007/s13595>.
- Parladé, J., De la Varga, H., De Miguel, AM, Sáez, R., Pera, J. 2013. Quantification of extraradical mycelium of *Tuber melanosporum* in soils from truffle orchards in Northern Spain. *Mycorrhiza* 2013, 23, 99–106.
- Piñuela, Y., Alday, JG, Oliach, D., Castaño, C., Bolaño, F., Colinas, C., Bonet, JA 2021. White mulch and irrigation increase Black truffle soil mycelium when competing with summer truffle in Young truffle orchards. *Mycorrhiza*: 31(3): 371–382.
- Streiblová, E., Gryndlerová, H., Gryndler, M. 2012. Truffle Brulé: An Efficient Fungal Life Strategy.



JORNADA



# Como compatibilizar la gestión forestal y cinegética: el caso concreto de la becada (*Scolopax rusticola*)

**Marc Pagès Rúbies.** Licenciado en Biología. Servicio de Actividades Cinegéticas y Pesca Continental del DACC.

**Santi Llorà Aguilà.** Delegado del Club de Caçadors de la Becada.

**Lluç Llop Descarrega.** Ingeniero de Montes. Servicio de Actividades Cinegéticas y Pesca Continental del DACC.

---

Cita bibliográfica: Pagès, M.; Llorà, S.; Llop, Ll. 2024. Como compatibilizar la gestión forestal y cinegética: el caso concreto de la becada (*Scolopax rusticola*). A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 90-105.

## RESUMEN

La becada es un ave limícola forestal, mayoritariamente migrador invernal, de distribución paleártica, presente a la práctica totalidad de los bosques de toda Cataluña.

Por otro lado, es una especie críptica, solitaria y de hábitos nocturnos, hecho que provoca que pase normalmente desapercibida y sea poco conocida, incluso para mucha gente del entorno rural. Se trata de una especie cinegética sometida a un aprovechamiento y, por lo tanto, de un recurso renovable más para tener en cuenta en la gestión forestal y en la biodiversidad de nuestros bosques.

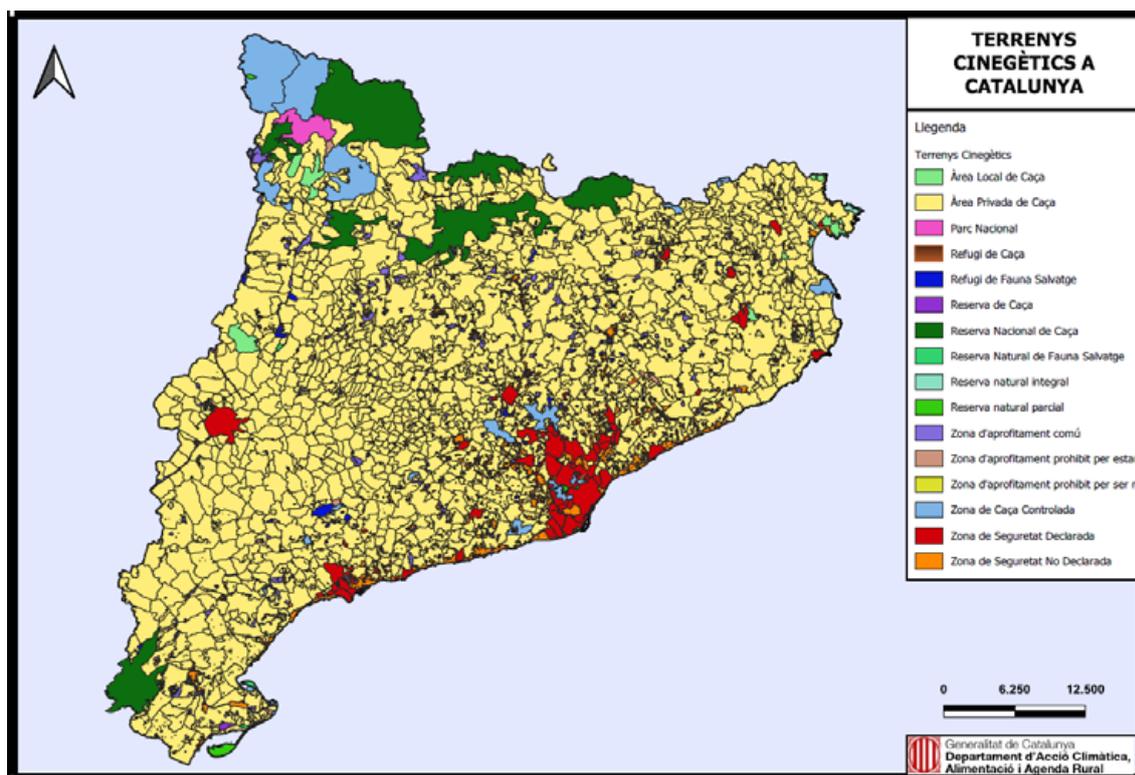
Desgraciadamente no existen, en casa nuestra, estudios exhaustivos sobre la especie más allá de seguimientos poblacionales llevados a cabo por el Club de Caçadors de la Becada y por el Institut Català d'Ornitologia. En este sentido, hay una carencia de información sobre el manejo de sus hábitats de invernada, pero también sobre los de cría de la población reproductora presente en Cataluña.

---

## Introducción

La caza es una actividad que tiene unas destacadas implicaciones sociales, económicas y ambientales que repercuten en el mundo rural. Por un lado, desde el punto de vista social, la caza forma parte de la cultura tradicional rural, donde las costumbres y la práctica cinegética se transmite de generación en generación. Desgraciadamente, esta tradición se va perdiendo tal como demuestran las cifras de disminución de cazadores año tras año y el aumento de su media de edad. Por otro lado, sobre todo desde el mundo más urbano, hay una visión creciente negativa y contraria a la caza, a menudo a causa de la desinformación y el desconocimiento de la actividad.

Hay que ser conscientes que actualmente en Cataluña, el 90 % de la superficie son terrenos cinegéticos donde se practica la caza de forma regular y planificada (Áreas Privadas de Caza, Reservas Nacionales de Caza y Zonas de Caza Controlada), un 3 % de Zonas de Aprovechamiento Común donde la caza también está permitida con diferentes limitaciones, y en el 7 % restante (Refugios de Fauna Salvaje, Refugios de Caza y Zonas de Seguridad) no se practica la caza de forma regular, pero sí que de forma excepcional se llevan a cabo actuaciones de control cinegético (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de los terrenos cinegéticos en Cataluña (enero 2024).

En este contexto y siendo conocedores de la superficie que ocupan los bosques en Cataluña, vemos claramente como buena parte de los propietarios forestales tienen sus fincas en el interior de algún terreno cinegético. Entre las múltiples funciones de la gestión forestal, una de muy relevante es la modificación de los hábitats de la fauna que habita estos bosques, una función que raramente se tiene en cuenta y todavía menos si hablamos de fauna cinegética en Cataluña.



Autor foto: Sadurní Roquet

Así pues, atendiendo a las necesidades de cada una de las especies de fauna, según la silvicultura implementada en el monte, podemos favorecer su desarrollo o, por el contrario, limitar o incluso llegar a excluir algunas por carencia de hábitat.

Todo y la poca experiencia en este país en técnicas silvícolas dirigidas a la mejora de la fauna cinegética, queda claro que la silvicultura tiene mucho que decir en este aspecto.

Entre las especies de fauna cinegética, encontramos la becada (*Scolopax rusticola*), un pájaro limícola de hábitos forestales, y de aquí radica la importancia que tiene la gestión de los montes sobre las poblaciones de esta especie.

## La biología de la becada

La becada (*Scolopax rusticola*) es la única ave limícola típico de ambientes forestales. Taxonómicamente forma parte de la orden de los Caradriformes, suborden de los limícolos y familia de los escolopácidos. Los pájaros conocidos como limícolos presentan disparos morfológicos característicos: silueta típica con pico largo y puntiagudo y patas también largas. Son aves caminadoras, que nidifican en el suelo y no se ponen a los árboles. A la misma familia encontramos las agachadizas, del género *Gallinago sp.*, pájaros de aspecto muy parecido a la becada, con quien se podría confundir, pero de menor tamaño y típicos de ambientes abiertos y húmedos, humedales, arrozales, etc.

El género *Scolopax sp.* lo forman ocho especies distribuidas en diferentes partes del mundo. Es pero, *Scolopax rusticola*, la especie que presenta una mayor área de distribución, con representación desde el extremo oeste de Europa hasta el extremo este de Asia, el que se denomina la región biogeográfica del Paleártico. La becada se diferencia de otras especies de pájaros de su familia sobre todo por el hecho de tener las patas más cortas (longitud del tarso entre 35 y 40 mm).

La longitud total del ave oscila entre los 270 y 310 mm y la envergadura alar entre los 600 y 660 mm.

El peso medio se encuentra alrededor de los 300 gramos, con un rango habitual entre los 280 y 350 gramos. El peso medio de los machos es inferior al de las hembras, de unos 10 gramos de diferencia aproximadamente. Del mismo modo que todas las aves migratorias, las oscilaciones de peso son presentes a lo largo del

ciclo anual en función del periodo del año. Por ejemplo, cuando acumula reservas en forma de grasa antes de la migración incrementa su peso, el cual volverá a disminuir durante los periodos migratorios.

La becada se alimenta de fauna edáfica, invertebrados del subsuelo, siendo su presa predilecta el gusano de tierra. Estudiando el contenido estomacal-intestinal de la becada en invierno en Francia, se ha visto que los gusanos de tierra están presentes el 98,6 % de las veces, representando el 52 % de las presas consumidas y el 88 % del total de la energía que contienen entre todas las presas detectadas.

La becada presenta dos características morfológicas relevantes, como son su pico articulado, que lo usa a modo de pinzas para capturar sus presas, y el tamaño y la posición elevada de los ojos al cráneo, que le permiten una gran visión periférica sin necesidad de mover el jefe y, por lo tanto, restar inmóvil para pasar desapercibida ante los depredadores.

El plumaje de la becada presenta una mezcla de tonos marrones, beige y grisáceos con manchas negras, que le confieren un aspecto críptico. Esta característica le permite camuflarse de los depredadores, restando aselada en la hojarasca del sotobosque. La muda de las plumas tiene lugar en verano antes de la migración postnupcial cuando viaja hacia los territorios de invernada.

La edad de la becada, una vez capturada, se puede determinar examinando el estado de la muda de las plumas del ala. Básicamente se puede distinguir entre jóvenes del año e individuos adultos, de un año o más.

La becada no presenta dimorfismo sexual y, por lo tanto, no se puede determinar el sexo mediante la observación externa del pájaro. La reproducción de la becada tiene lugar durante la primavera y se caracteriza por los vuelos nupciales del macho a primera hora de la mañana y al atardecer. Estos sobrevuelan las zonas forestales emitiendo una especie de reclamo "crou-crou" grave, seguido de un silbato "psitt-psitt" corto y agudo. En estos momentos las hembras buscan claros en las zonas forestales donde los machos bajan y tiene lugar el apareamiento. Nidifican en el suelo del bosque, en muchos casos al pie de árboles, arbustos o junto a una bardiza. Realizan una sola posta en el año y pueden hacer de reposición si pierden la primera. La posta consta de 4 huevos, que son incubados solo por la hembra. Eclosionan a las 3 semanas y la cría de los polluelos, que son nidifugos, corre a cargo de la hembra hasta aproximadamente las 5 o 6 semanas de vida, cuando los polluelos se emancipan.

Se trata de un ave migratoria nocturna. La migración postnupcial de la becada al Paleártico Occidental empieza a finales de verano y a principios de otoño y los pájaros marchan de las zonas de más al norte y al oriente para pasar el invierno en zonas más cálidas del sur y del oeste de Europa y del norte de África. A finales de invierno y a principios de primavera tiene lugar la ruta inversa en la migración prenupcial. A partir del seguimiento de pájaros marcados, se han podido establecer 2 vías migratorias: una más en el norte en el entorno del mar Báltico, mar del Norte, Islas Británicas, Oeste de Francia y otra más oriental que pasaría por Centro-Europa y bordeando el Mediterráneo.

Dejando aparte la existencia de una población nidificante en Cataluña, es durante el periodo de invernada que la especie está presente en los bosques catalanes. En esta etapa, la becada, a pesar de que se ha contrastado su filopatria o fidelidad a los mismos lugares de un año al otro, se mueve buscando alimento y cobijo para poder afrontar condiciones adversas como olas de frío, nevadas o heladas prolongadas. Su comportamiento a lo largo del día difiere según si se encuentra en el periodo reproductor o a la invernada. Durante la reproducción se queda las 24 horas del día en el bosque con actividad principalmente diurna. Durante el invierno este patrón suele cambiar y la becada presenta su máximo de actividad por la noche. En la puesta del sol, abandona el bosque y sale a alimentarse sobre todo a prados de pasto extensivo de vacuno, buscando su presa predilecta, los gusanos de tierra. De madrugada, antes de la salida del sol, vuelve a las zonas boscosas para descansar durante el día. Estos

vuelos, a primera y última hora del día, son conocidos como “el paso” de la becada. Tal comportamiento se ha comprobado que no lo siguen todas las becadas, ni se hacen todos los días, sino que depende de la meteorología, de la zona, de los individuos, etc. En zonas de ambiente atlántico se ha estimado que de una determinada zona forestal suelen salir a comer a los prados alrededor del 85 % de los individuos.

Las poblaciones de *Scolopax rusticola*, del mismo modo que las del resto de pájaros, se encuentran clasificadas según su estado de conservación. Este se determina básicamente en función de la tendencia de la abundancia de las poblaciones y de la variación de su área de distribución. En el caso de la becada, al ser una ave migratoria con una área de distribución muy extensa y hábitos crípticos, la tarea de las metodologías generales de seguimiento y monitorización de pájaros se ve dificultada y a veces no permiten obtener suficientes datos sobre la especie, que requiere de métodos específicos de seguimiento.

En el caso de Cataluña la becada se encuentra clasificada como vulnerable. Las especies se han catalogado siguiendo los criterios regionales establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y suponen una revisión con fecha 2012 de las categorías de amenaza, que se publicaron en el Atlas de los Pájaros Nidificantes de Cataluña 1999-2001 (sioc.cat). Se estima una población nidificante en Cataluña de 200 a 300 parejas de becadas (sioc.cat).

En el caso de Europa, el estado de conservación está catalogado como preocupación menor (BirdLife International (2021), ERLOB European Red List of Birds. Luxembourg. Publications Office of the European Union). Las categorías de amenaza se han elaborado con metodología UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (sioc.cat). Se estima entre 4.897.138 – 6.741.328 machos a Europa (sioc.cat).

## Interés cinegético de la becada

El interés cinegético por la becada ha experimentado un incremento muy notable en los últimos veinticinco años. Esto se explica por una serie de factores que van desde la bajada de las poblaciones otras especies, especialmente las de la perdiz, al aliciente que se experimenta con la caza de un pájaro cien por cien salvaje, de gran interés gastronómico, que se encuentra en áreas forestales a menudo alejadas de la actividad y de las interferencias humanas, que comporta una actividad física destacable y, especialmente, que requiere la participación indispensable del perro de muestra.

En Cataluña podríamos distinguir dos tipos de áreas de caza donde se practica con regularidad la caza de la becada. Por un lado, en terrenos más humanizados y próximos en las zonas más pobladas, donde la caza de la becada es compartida con otras modalidades. Estos tipos de terrenos, a menudo coincidentes con el área de uno o más municipios, reúne fincas de numerosos propietarios, suele tener un elevado número de asociados, la presión cinegética es elevada y se tiene que compartir la actividad con un volumen importando otros usuarios. Para disponer de los derechos de caza de estos tipos de áreas de caza se pagan alrededor de unos 200 € por cazador y temporada.

Por otro lado, encontraríamos las áreas de caza más alejadas de las zonas más pobladas, especialmente situadas en el Pirineo y Prepirineo. Aquí, muy a menudo la caza de la becada acontece el interés principal en el caso de la caza menor, la medida de las fincas es grande, con un número de propietarios bajo y el número de cazadores suele ser muy menor. En este caso, se puede hablar de precios mínimos

alrededor de los 600 € por temporada, cantidad que puede ser mayor si se buscan los derechos exclusivos.

El interés creciente de la caza de esta especie se nota también en el aumento que ha experimentado en los últimos cinco años el turismo cinegético en los meses de octubre y noviembre, cuando el grosor de las becadas todavía no ha llegado a nuestro territorio. Este turismo tiene como destino principal las repúblicas bálticas y de media los gastos van de los 2.000 a los 3.000 € por cinco días de cacería, o una semana a lo sumo.

Actualmente no disponemos de una información precisa en el entorno de cuántos cazadores habituales de becada hay en Cataluña. Un carné de capturas obligatorio para todos los cazadores que practican esta modalidad de manera regular o puntual permitiría saber el número exacto de cazadores que la practican y se podría saber de manera muy aproximada el volumen de extracción de la especie. Con esta información se podría gestionar mucho mejor su caza y regularla en función de los resultados obtenidos.

## Programas de seguimiento de la especie

El Club de Caçadors de la Becada (CCB) nació en 1999 promovido por cazadores de procedencia diversa, especialmente del norte peninsular, con una idea común: cazar la becada bajo criterios éticos y de sostenibilidad, buscando criterios cualitativos en detrimento de los cuantitativos, contando con la tarea del perro de muestra y en uso de medidas y métodos para mejorar la gestión de la especie y asegurar una caza racional y sostenible. En otras palabras, se propone mantener la caza de la becada mediante un compromiso activo con la conservación de la especie y de su entorno y para llevarlo a cabo se han desarrollado los siguientes programas de seguimiento de la especie:

### **Proyecto becada**

Se trata de un programa de seguimiento de la población de becada que funciona desde la fundación del Club el 1999 y que es heredero del proyecto homónimo de alcance estatal desarrollado entre 1990 y 1998, dirigido por Antonio J. Lucio Calero y Mario Sáenz de Buruaga.

El seguimiento se hace mediante el registro de las jornadas de caza y de las capturas. Hasta el 2006 se empleaban fichas de papel donde el colaborador anotaba la fecha, el lugar de la cacería, el número de cazadores y de perros, la meteorología, el tipo de bosque, el tiempo invertido en cada jornada, las becadas vistas, las becadas abatidas y las características de estas (peso, edad y sexo). A partir del año 2006 se creó una aplicación informática, pionera en la gestión cinegética, para el registro de esta información.

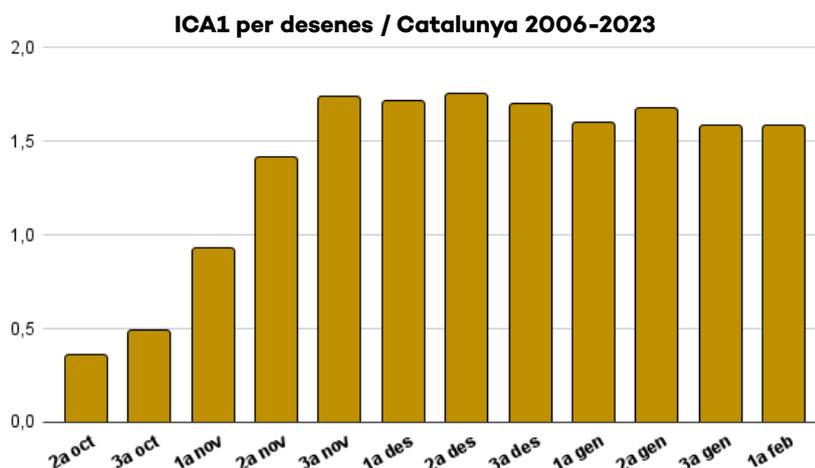
Actualmente en Cataluña participan en el proyecto unos 30 colaboradores que aportan información de unas 650 jornadas de caza por temporada o, el que viene a ser lo mismo, de unas 2.500 horas de muestreo. A nivel estatal son unos 300 voluntarios que reportan 6.000 jornadas de caza.

### **El índice Cinegético de Abundancia**

Para cuantificar la abundancia de becadas se utiliza una fórmula compartida con las diferentes entidades agrupadas a la FANBPO (Federación de Asociaciones Nacionales de Becaderos del Paleártico Occidental), el Índice Cinegético de Abundancia, lo cual permite comparar y combinar los registros. Se extraen dos indicadores de abundancia, la ICA1 y la ICA2. El ICA1 hace referencia a la cantidad

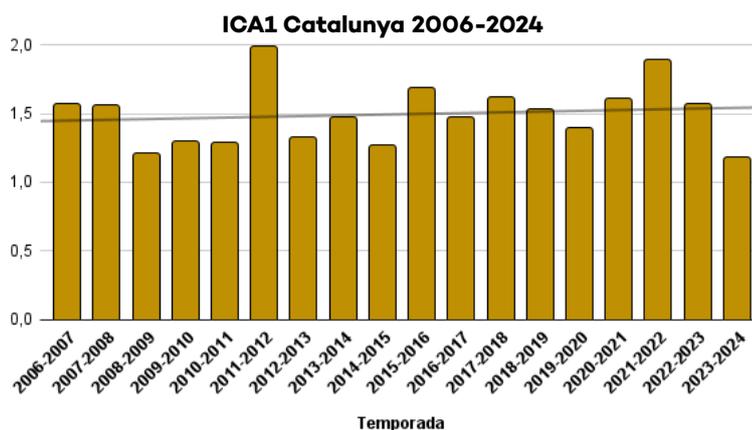
de becasas vistas en el periodo de una jornada estándar de 3,5 horas (ICA1 = (becasas vistas / horas) x 3,5). El ICA2 cuenta los ejemplares abatidos en este mismo intervalo.

Con el Índice Cinegético de Abundancia podemos hacer un seguimiento de la temporada o del evolutivo histórico. Por lo que se refiere a la temporada, observamos que las primeras becasas llegan a finales de octubre y que se da una entrada progresiva hasta la 3.ª decena de diciembre. A partir de entonces y hasta finalizar la temporada, hay una mengua de efectivos. Esta tendencia puede verse modificada por las afectaciones meteorológicas de gran alcance, como puede ser la irrupción de una ola de frío o que un buen grosor de nieve cubra parte de Europa.



**Figura 2.** Índice de Abundancia de la cantidad de becasas vistas, repartido por decenas en el periodo 2006-2024. Fuente: CCB

Con el Índice de Abundancia de las últimas dieciocho temporadas nos podemos hacer una idea de la evolución poblacional. Los datos indican que los índices de abundancia se mantienen:



**Figura 3.** Índice de Abundancia de la cantidad de becasas vistas, repartido por temporadas en el periodo 2006-2024. Fuente: CCB

### La edad de las capturas (age ratio)

Si la abundancia de ejemplares jóvenes o adultos se evalúa de manera global se puede extrapolar el resultado de un mayor éxito o no de la cría. Justo es decir que en relación con el predominio de una determinada edad en una área o región concreta puede obedecer más a criterios climáticos y meteorológicos que no al éxito

reproductor de aquel año. En estos años venimos observando, a nivel peninsular, que no suele haber coincidencia entre la abundancia de una determinada edad entre las áreas mediterránea y atlántica. También hemos observado que en condiciones de sequía la abundancia de ejemplares adultos es superior, puesto que en estas condiciones los ejemplares jóvenes parece que tienden a explorar nuevos territorios.

### **El peso de las capturas**

La media de peso de las becadas capturadas puede ser un indicador de la disponibilidad de alimento. La media catalana es de 304 gr. El peso medio tiene que ver con la alimentación disponible y con la proporción de becadas adultas o jóvenes, puesto que los ejemplares adultos tienen un peso ligeramente superior.

Una aplicación práctica en gestión cinegética a partir del peso observado sería parar la caza si se observa que, por culpa de una ola de frío, la media del peso de los ejemplares fuera un 10% menor que el habitual.

### **El sexo de las capturas (Sex ratio)**

El sexo de la becada una vez cazada se puede determinar mediante la autopsia, identificando los ovarios o los testículos. Desde que se toman datos del sexo de las becadas en Cataluña, el porcentaje de hembras siempre ha estado ligeramente superior, oscilando entre el 55 y el 61% del total según la temporada. Si asumimos que la caza con perro de muestra no es selectiva en cuanto al sexo, podemos pensar que esta misma proporcionalidad de becadas cazadas es representativa de la población.

## **Censos de contrapasa**

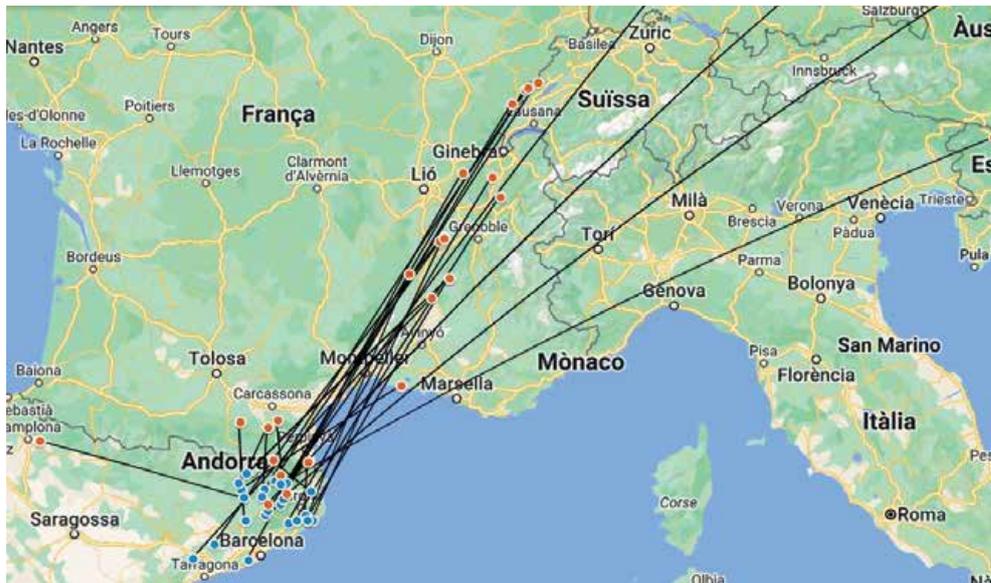
Al finalizar la temporada cinegética, el primer domingo de febrero, y hasta el 15 de abril, unos treinta colaboradores participan en los censos de contrapasa con el apoyo de perros de muestra. Los censos de contrapasa son complementarios al Proyecto Becada en cuanto que, sumando los dos proyectos, permiten hacer el seguimiento de la abundancia de becadas a lo largo de la invernada y hacernos una idea clara de las fechas de retorno a las zonas de cría. En este sentido, el febrero suele mantener una abundancia pareciendo en enero pero, durante marzo, con el inicio de la emigración prenupcial, se observa un incremento progresivo de efectivos que logra su máximo entre la 2ª y 3ª decena de marzo, abundancia que irá disminuyendo hasta el 15 de abril, en que los valores de abundancia son próximos al rape.

## **Anillamiento científico**

Las capturas se hacen en horario nocturno y en prados, cuando la becada sale a alimentarse. Con un foco se localiza la becada situada en el suelo y se aproxima decidida y silenciosamente sin dejar de enfocarla. Si no sale volando, se la captura con un salabre grande.

De este modo el CCB anilla unas 300 becadas anuales, especialmente a Navarra y en el País Vasco. En las regiones mediterráneas, las condiciones del terreno no siempre son adecuadas para que la becada salga a alimentarse a terrenos abiertos y normalmente lo hace dentro del bosque, donde el nivel de humedad y la posibilidad de localizar gusanos de tierra a las capas superficiales es superior.

Entre otras informaciones, con el anillamiento científico se puede obtener el Índice de Avistamiento Nocturno (IAN) (ejemplares vistos por hora de búsqueda). Gracias a esto, se pueden trazar rutas de la emigración y extraer información sobre la esperanza de vida de los becados aldabonazos. Las recuperaciones de becadas anilladas nos han permitido deducir que un elevado porcentaje de las becadas que entran en Cataluña han seguido el valle del Roine y el levante francés como corredor migratorio.



**Figura 4.** Recuperaciones de becadas anilladas en acción de caza (2016-2024). En rojo, lugar de anillamiento; en azul, lugar de captura. Fuente: CCB e iCO.

## Scolopax sin fronteras

El seguimiento de becadas con dispositivos de localización por satélite ha constituido un antes y un después en el conocimiento de las rutas y de los hábitos migratorios de la becada. El Club de Caçadors de la Becada puso en marcha, en 2007, un programa pionero, el *Scolopax* sin fronteras. Desde entonces, más de cincuenta becadas han sido equipadas.

El dispositivo, de unos 10 gramos de peso, se sujeta a las espaldas de la becada con un arnés y dispone una pequeña placa solar para acontecer energéticamente autónoma. Con este sistema se han podido seguir las rutas de la migración, la duración y lugar de veraneo y de invernada, pero también los puntos y la duración de las paradas para retomar fuerzas (*stop over*) durante la emigración o la velocidad del vol.

De este modo se ha confirmado el concepto de filopatria con relación a la becada que ya sospechábamos: la tendencia a repetir de un año por otro las mismas zonas de estancia. La becada, si las condiciones son favorables, opta para repetir las zonas de invernada y de cría, así como las rutas para llegar. Los dispositivos de seguimiento por satélite nos indican que la emigración prenupcial no se inicia hasta entrada el mes de marzo y los últimos ejemplares al moverse han esperado hasta la 3.ª decena de abril. Los movimientos de vuelta más precoces se dan a mediados de octubre y los más tardíos a medios noviembre.

## Proyecto Roding

El Proyecto *Roding* estudia la presencia de becasas sedentarias mediante estaciones de escucha de machos en vuelo y canto nupcial. Las escuchas se hacen de abril a julio en horario crepuscular en unos puntos seleccionados previamente. De este modo se han identificado 9 provincias españolas con presencia de becada nidificante y en seis de estas se han localizado postas.

## La Casa de la Becada

El 2020 el CCB adquirió los derechos cinegéticos de una área de caza de 2.000 hectáreas a Garralda (Navarra) para dedicarlos en el estudio de la becada. Se trata de un laboratorio al aire libre para hacer seguimiento de la población de becada mediante censos con perro de muestra y anillamiento científico.

## Proyecto de seguimiento de la población de becada a la RNC del Cadí

El 2023 se ha iniciado un proyecto que quiere hacer el seguimiento de la población de becada a la RNC del Cadí, concretamente en el municipio de Cava-Ansovell, por un periodo de cuatro años. Este seguimiento sigue tres líneas de actuación: censos con perro de muestra, anillamiento científico y estaciones de escucha.

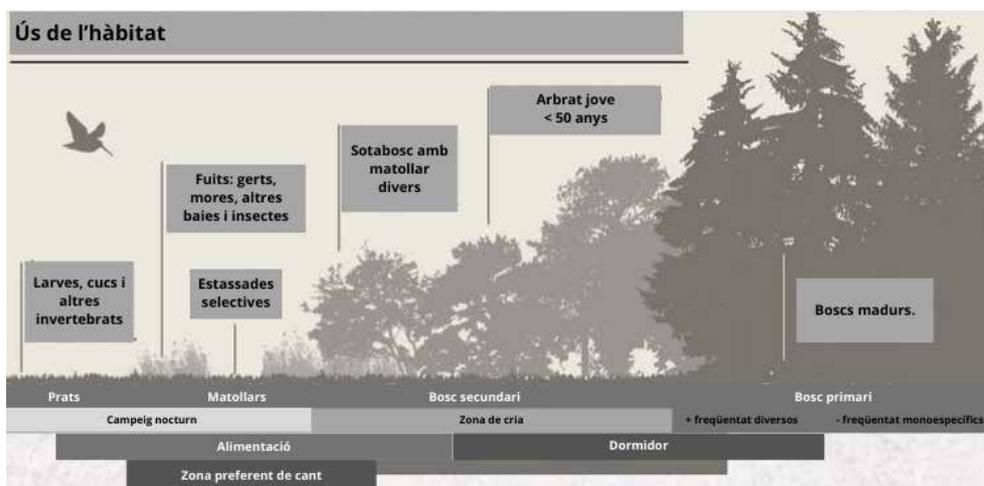
## Influencia de la gestión forestal en el hábitat de la becada

El hábitat de las becasas está condicionado por sus costumbres y alimentación. En invierno esta especie tiene una actividad preferentemente nocturna y durante la noche está en zonas abiertas donde se alimenta. En cambio, durante el día se mantiene refugiada en el interior del bosque. Así pues, podríamos diferenciar dos tipos de hábitats en el que se desarrolla la especie; los hábitats diurnos (zonas boscosas, más cerradas con abundancia de sotobosque) y los hábitats nocturnos (prados de pasto, cultivos, y siempre con solo húmedos y ricos en materia orgánica) (*Figura 5*).

En Cataluña en invierno la becada utiliza preferentemente los encinares, los alcornoques, los pinares de pino rojo mixtas con caducifolios y los ambientes de ribera, mientras que de manera secundaria selecciona los pinares mediterráneos, el mosaico de bosque y matorral mediterráneo y los bosques caducifolios (*Figura 6*).

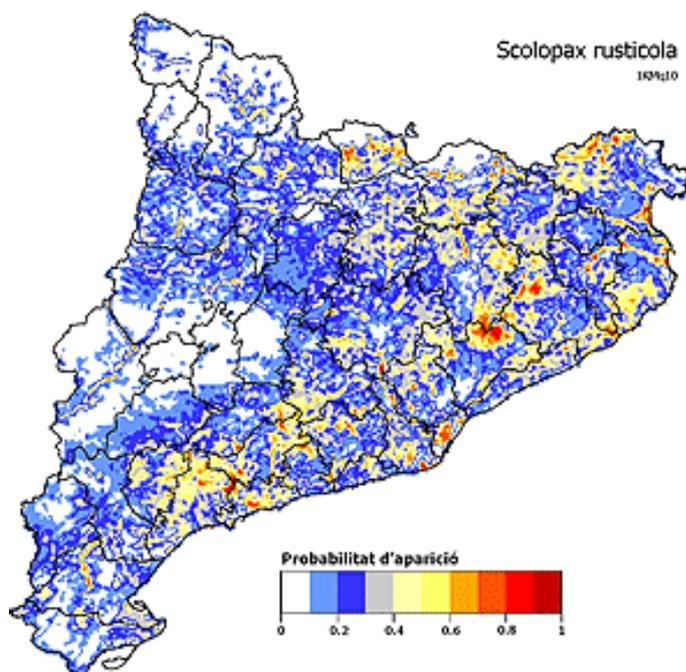
Durante el periodo reproductor ocupa bosques húmedos de media y alta montaña, alimentándose de invertebrados y larvas de diferentes insectos.

En general, la humedad del suelo sería el parámetro clave para la becada a la hora de escoger un determinado hábitat, puesto que condiciona la cantidad de alimento y la accesibilidad de este, sobre todo en cuanto a los gusanos de tierra.



**Figura 5** Usos de los habitats de la becada. Fuente (Revista Trofeo).

La presencia de prados de pasto extensivo de vacuno son un reclamo para la especie puesto que son utilizados para alimentarse gracias a la gran presencia de gusanos de tierra y otros insectos en el subsuelo. Algunos estudios muestran la diferencia de densidad de gusanos de tierra entre un prado de pasto permanente (de 1.000 a 1.500 Kg/ha) y los prados cultivados o cultivos (alrededor de 200 kg/ha).



**Figura 6.** Probabilidad de aparición de la becada en Catalunya. Font: ICO

### ¿Las actuaciones silvícolas son contraproducentes?

Sabemos que las actividades silvícolas tienen un efecto directo sobre el hábitat de la becada: generalmente se tiene la percepción que las zonas que han sido visitadas asiduamente por la especie. Las prácticas silvícolas que suponen una fuerte modificación del hábitat: tajadas por todas partes, y aclaradas en superficies continuas y grandes, donde se extraen más de un 30% de fracción de cubierta cubierta (FCC), que es cuando se modifica el ecosistema de forma más notoria, estas actuaciones sí que suelen influir en las costumbres de las becadas durante

unos cuantos años, al verse modificado su hábitat. Pero en cambio, actuaciones puntuales en superficies relativamente pequeñas (inferior a unas 10 hectáreas) son totalmente compatibles y pueden ser incluso beneficiosas sobre todo a largo plazo.

Así pues, una gestión forestal basada en claras selectivas por bosquecillos o rodales es la más idónea para compatibilizar los dos usos. Hay que recordar que las claras selectivas se basan en una gestión individualizada de los árboles de futuro y las cortas se focalizan en la disminución de competencia directa de estos pies.

Otro aspecto para remarcar es el tratamiento de los restos de corta, pues los restos de ramas y copas sí que representan un elemento excluyente para la becada, sobre todo si posteriormente proliferan zarzas, por el hecho de dificultar los desplazamientos por el sotobosque. Las actuaciones donde se lleve a cabo el aprovechamiento de árbol entero serían en este caso las más indicadas, a fin de evitar la acumulación del ramaje en el suelo. Aun así, a menudo este tipo de aprovechamiento no se viable, pues una buena alternativa sería la trituración de restos para solucionar esta situación y, además, facilitar la descomposición y enriquecer el suelo forestal.

### ¿Qué actuaciones silvícolas son beneficiosas?

Su carácter migrador y el bajo impacto económico de la becada en nuestro país ha hecho que prácticamente no se hayan llevado a cabo estudios y actuaciones silvícolas encaradas a la mejora de los hábitats de la becada, un hecho que hace que se tenga poca experiencia en este aspecto.

Hay algunas actuaciones que se pueden planificar de cara a mejorar los hábitats por esta especie en los bosques catalanes. En este sentido los gestores de las fincas que quieran mejorar o como mínimo mantener la capacidad de acogida de los montes para las becadas tendrían que promover los dos tipos de hábitats preferentes mencionados anteriormente.

En cuanto al **hábitat nocturno** se tendría que incidir en la recuperación y/o mantenimiento de prados de pasto para la ganadería extensiva. Tareas como **la apertura de zonas de pasto y el adhesionamiento del monte**, prioritariamente en zonas donde haya suelos fértiles y húmedos que puedan alojar invertebrados, así como **evitar la aparición excesiva de matorral** en estas zonas abiertas mediante **el desbroce o con el mantenimiento de la actividad ganadera extensiva**, son actuaciones que favorecen la aparición y el mantenimiento de estos hábitats abiertos y fértiles, que tanto atrae a las becadas.

En cuanto al **hábitat diurno**, como hemos dicho, entraríamos más directamente en la gestión de la masa arbolada. En general, la becada prefiere zonas forestales intercaladas con zonas abiertas (prados) antes que las zonas forestales más extensas y cerradas. Los hábitats forestales preferidos por la especie presentan cierto grado de humedad, árboles con heterogeneidad de especies (por ejemplo, los bosques mixtos de pinos y caducifolios) y edades y, por último, es clave la presencia de un buen estrato de sotobosque. En este sentido el estrato arbustivo (bojes, brezos, helechos, zarzas, espinos...) son de vital importancia para retener la humedad y regular la temperatura del suelo, mantener la presencia de presas potenciales y a la vez servir de escondrijo y protección contra los depredadores.

La calidad del humus (materia orgánica en descomposición como hojas o ramas que encontramos en la capa superficial del suelo de los bosques) es un buen indicador de la calidad de un hábitat forestal para la becada. La riqueza en microfauna excavadora (larvas y gusanos de tierra), así como hongos, bacterias, etc., que transformen de manera rápida la materia orgánica, sirve para dejar un humus esponjoso y de calidad para la becada. La calidad de este humus va ligada a un subsuelo poco ácido.

Siendo conscientes de todo esto, y que las grandes modificaciones y actuaciones en el medio forestal no suelen gustar a las becasas, la gestión silvícola más indicada son las actuaciones puntuales y por bosquecillos, que mantengan la multiespecificidad de las masas, el mantenimiento de matorrales y de la humedad en el suelo. Así pues, estamos hablando de actuaciones como:

- **Actuaciones por bosquecillos:** ya sea **claras sucesivas por bosquecillos en masas regulares o bien cortas de selección por bosquecillos en masas irregulares**. Estas actuaciones por bosquecillos pueden ser una buena alternativa de gestión, pues posibilitan el hecho de hacer actuaciones más localizadas en los montes, dando lugar a modificaciones en lugares puntuales y dejando otras zonas con el hábitat sin modificar, donde las becasas podrán mantener su hábitat, y con el paso de los diferentes turnos de corta se le crearán nuevos hábitats en las zonas ya gestionadas previamente. A la vez, en las zonas donde se lleven a cabo las actuaciones, se crearán espacios abiertos en medio del bosque durante unos años, antes de que el estrato arbóreo vuelva a tener un porte importante. La creación de pequeños claros dentro del bosque puede proporcionar zonas abiertas donde la becada pueda alimentarse de forma más eficaz, puesto que habrá una mayor disponibilidad de invertebrados.
- **Mutiespecificidad:** las actuaciones tienen que ir encaradas a la consecución y mantenimiento de masas mixtas, y a poder ser, con la presencia de una gran cantidad de planifolios. Planificar las masas para mantenerlas mixtas y evitar la monoespecificidad hace que el suelo tenga una materia orgánica de más calidad. Tener un buen número de planifolios hace aumentar drásticamente la cantidad de esta materia orgánica, hecho que permite obtener un suelo más rico y mucho más esponjoso. Al mismo tiempo, que haya también especies que mantengan las hojas, ofrece una cobertura térmica y de protección que favorece la presencia de las becasas.
- **Madera muerta:** la presencia de madera muerta es un buen atrayente de insectos e invertebrados que sirven de alimento para las becasas. Por lo tanto, el hecho de dejar madera muerta en el monte será también una otra buena práctica silvícola que favorezca a esta especie.
- **Desbroces selectivos y gestión del estrato herbáceo:** hay que mantener y promover una cobertura herbácea y arbustiva diversa con una vegetación baja y densa, puesto que esto proporciona alimento para la becada en forma de invertebrados y otros organismos del suelo, y a la vez le sirve de protección durante el periodo que permanece escondida descansando en el interior de bosque.
- **Manejo de los márgenes de los bosques:** es clave mantener márgenes forestales muy definidos con vegetación adecuada para la becada, como arbolado, arbustos y hierbas, que ofrecen zonas de transición entre los bosques y otros hábitats.
- En los **bosques de ribera y zonas muy húmedas**, que constituyen hábitats muy propicios para la becada, donde hay especies forestales de ribera, habría que actuar de forma muy selectiva y puntual, evitando las grandes cortas y desbroces, y habría que conservar y promocionar estos hábitats de mosaicos en las fincas.
- En las **zonas de alcornoques**, donde se realizan desbroces para hacer el descorche, habría que mirar de respetar y hacer una selección positiva de los pies de brezo y madroño, puesto que absorben mucha humedad ambiental y esto es muy beneficioso para el suelo. Sería negativo para la becada si se realizaran los desbroces totales convencionales.

En resumen, los bosques preferidos para la becada han sido descritos de manera bastante genérica por varios autores como aquellos con dominancia de especies caducifolias, pero con una notable heterogeneidad de edades, estratos y especies arbustivas y herbáceas. Los bosques muy homogéneos, bien por envejecimiento bien por proceder de plantaciones, con el suelo desnudo y dosel de copas continuo y cerrado, son mucho menos interesantes para la becada. Bosques muy jóvenes, con escaso desarrollo de cubierta en altura, tampoco son utilizados más que como refugio.

Cualquier aspecto que modifique el hábitat de acogida de manera sustancial puede contribuir a aumentar o disminuir las densidades poblacionales en la invernada. Pensamos en una zona forestal que se haya quemado o que haya sido objeto de un aprovechamiento forestal intenso y reciente, disminuyendo drásticamente la fracción de cabida cubierta y dejando muchas de los restos de las actuaciones en el suelo, por ejemplo. No obstante, las manifestaciones meteorológicas puntuales (especialmente las que se acontecen en la época migratoria) son las que más directamente inciden y modifican las variables demográficas y poblacionales en Cataluña, donde la becada es casi siempre una especie migratoria. Hay que tener en cuenta que buena parte de los estudios con becadas concluyen que el factor clave del hábitat es la abundancia de invertebrados, sobre todo de gusanos de tierra. Así pues, la gestión del hábitat tendría que enfocarse a garantizar este aspecto.

Para acabar, como aspecto positivo en lo referente a la conservación de la becada, debemos tener presente que la capacidad migratoria de la especie, precisamente, le sirve para desplazarse de unos territorios a otros en función de sus necesidades. Por lo tanto, cambiar de territorios en caso de perturbaciones, ya sean por pérdida o destrucción de los hábitats o bien sea por situaciones meteorológicas extremas (por ejemplo, las olas de frío), garantiza una mejor supervivencia de sus poblaciones.

## Conclusiones

La fauna de los ambientes forestales de nuestras comarcas es uno de los recursos naturales que estamos obligados a conservar, pero para hacerlo hay que llevar a cabo una adecuada gestión de todo el ecosistema, donde unas de las principales actuaciones que afectan directamente son la caza y la gestión silvícola.

Cataluña es un territorio relativamente pequeño y con unos recursos limitados, con relación a su densidad de población concentrada en grandes aglomeraciones urbanas y con una visión a menudo alejada de la realidad rural. La actividad cinegética, como todo aprovechamiento de los recursos naturales, tiene una dependencia muy directa de las características y la evolución del territorio y, por lo tanto, es muy dependiente también de las técnicas silvícolas aplicadas.

Gestionar es proteger y, tanto los cazadores, como los silvicultores y la sociedad lo deben tener presente. La época de la caza como actividad depredadora ya se ha acabado.

Los cazadores se han convertido en gestores de fauna y los silvicultores en gestores del bosque, y los dos, a la vez, en protectores del medio natural.

Es necesario que tanto unos como otros se adapten a la nueva realidad, conscientes que para la caza hace falta un hábitat adecuado, que a menudo lo gestiona otra persona, y todos juntos tienen que asumir también las funciones de mejora del ecosistema.

A través de la gestión cinegética ya se incorporan algunas acciones de restauración para la fauna, pero hace falta también tener en cuenta otros muchos aspectos del medio. Es imprescindible incorporar en las actuaciones forestales directrices que potencien el hábitat deseado si queremos mantener unos ecosistemas ricos y mejorar el escenario para la gestión cinegética.

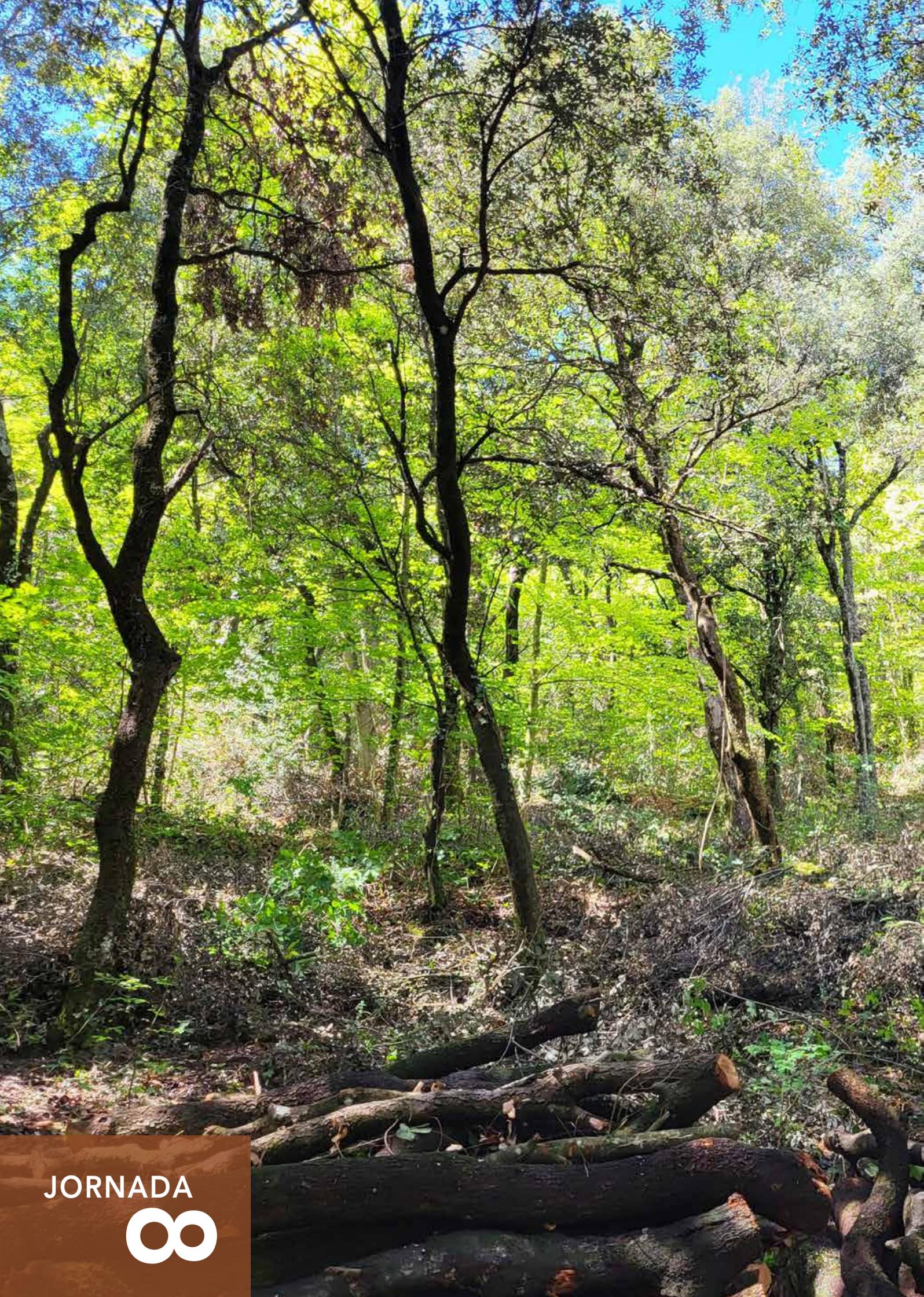
Gracias a esta jornada, donde se ha podido combinar la pericia del conocimiento biológico y ecológico de la becada junto con una amplia experiencia en la gestión forestal, se publica el presente artículo que se atreve a dar un paso adelante y propone diferentes actuaciones para potenciar el hábitat de la becada. Este artículo

tiene una gran relevancia puesto que la bibliografía y recursos que aporten directrices para la gestión forestal para fomentar hábitats de especies de interés cinegético es muy escasa. A la vez, pone énfasis en la necesidad de un seguimiento más dirigido para analizar las interacciones reales entre los tratamientos silvícolas con la mejora de hábitat y consecuentemente la mejora de la población de la especie.

Una jornada donde se busca debatir y poder llegar a un consenso de cuáles son las principales directrices que se recomiendan aplicar en la gestión silvícola de cara a fomentar el hábitat de la becada.

## Bibliografía

- Arizaga, J. (2013) Review on the scientific knowledge on the woodcock *Scolopax rusticola* L. in Spain. *Munibe (Ciencias Naturales-Natur Zientziak)*. N° 61 (2013). pp. 129-145. ISSN 0214-7688
- Barone, R., Lorenzo, J. A. (2007). Chocha perdiz. *Scolopax rusticola*. Pp. 238-241. En: Lorenzo, J. A. (Ed.). *Atlas de las aves nidificantes en el archipiélago canario (1997-2003)*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza – Sociedad Española de Ornitología, Madrid.
- Braña, F., González-Quirós, P., & González, F. (2013). Spatial distribution and scale-dependent habitat selection by Eurasian Woodcocks *Scolopax rusticola* at the south-western limit of its continental breeding range in northern Spain. *Acta Ornithologica*.
- Braña, F., Prieto, L., González-Quirós, P. (2010). Habitat change and timing of dusk flight in the Eurasian woodcock: a trade-off between feeding and predator avoidance? *Annales Zoologici Fennici*.
- Club de Caçadors de Becada. Proyecto Becada. Informes de les temporades de caça 2006-2007 a 2023-2024. Informes inèdits.
- Duriez, O., Ferrand, Y., Binet, F., Corda, E., Gossmann, F., Fritz, H. (2005). Habitat selection of the Eurasian woodcock in winter in relation to earthworms availability. *Biological Conservation*.
- Fadat, C. (1995) La Becasse des bois en Hiver. 325p.
- Ferrand, Y. & Gossmann, F. (2009). La bécasse des Bois. *Histoire naturelle. Effet de Lisière* (Ed.). Saint-Lucien.
- Guixé, D. Becada *Scolopax rusticola*. In Franch, M., Herrando, S., Anton, M., Villero, D. & Brotons, L. 2021. *Atlas dels ocells nidificants de Catalunya: Distribució i abundància 2015-2018 i canvi desde 1980*. Institut Català d'Ornitologia / Cossetània Edicions. Barcelona.
- Guzmán, J. L., Arroyo, B. (2013). Factores que modulan la abundància invernal de la becada (*Scolopax rusticola*): Implicaciones para su gestión y conservación. *IREC-CSIC-UCLM-JCCM*.
- Guzmán, J. L., Ferrand, Y., Arroyo, B. (2011). Origin and migration of woodcock *Scolopax rusticola* wintering in Spain. *European Journal of Wildlife Research*.
- Hidalgo de Trucios, S. J., Rocha Camarero, G. (2001). Distribución y fenología de la becada *Scolopax rusticola* (Linnaeus, 1758) (Charadriiformes, Scolopacidae) durante la invernada en Extremadura. *Zoologica Baetica*.
- Hoodless, A. N., Hirons, G. J. M. (2007). Habitat selection and foraging behaviour of breeding Eurasian Woodcock *Scolopax rusticola*: a comparison between contrasting landscapes. *Ibis*.
- López J. M., Dalmau A., Clota P., (2011). *Atlas dels ocells de Catalunya a l'hivern 2006-2009*. (p. 274-275).
- Lucio, A. J., Sáenz de Buruaga, M. (2000). *La Becada en España*. Federación Española de Caza. 174 p.
- Onrubia, A. (2012). Chocha perdiz. *Scolopax rusticola*. Pp. 260-261. En: Del Moral, J. C., Molina, B., Bermejo, A., Palomino, D. (Eds.). *Atlas de las aves en invierno en España 2007-2010*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente-Seo/Birdlife. Madrid.
- S. Cramp and K. E. L. Simmons, (1983) "Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Vol III. Waders to Gulls," Oxford University Press, Oxford.



JORNADA



# Los créditos climáticos y la gestión forestal: el PROMACC de Vall de Bianya

**Berta Alcalde Ferrer.** Técnica Superior en Gestión Forestal y del Medio Natural. Consorci Forestal de Catalunya.

**Josep M. Tusell i Armengol.** Ingeniero de Montes. Consorci Forestal de Catalunya.

**Noemí Palero Moreno.** Ingeniera de Montes. Centre de la Propietat Forestal.

**Teresa Cervera Zaragoza.** Dra. Ingeniera de Montes. Centre de la Propietat Forestal.

---

Cita bibliográfica: Alcalde, B.; Tusell, J. M.; Palero, N.; Cervera, T. 2024. Los créditos climáticos y la gestión forestal: el PROMACC de Vall de Bianya. A: Tusell, J. M., Alcalde, B., Busquets, E. (eds). 41 Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 106-121.

## RESUMEN

Ante el aumento de la biomasa en los bosques y los efectos del cambio climático se propone una solución basada en la naturaleza para obtener paisajes más resilientes: la gestión forestal multifuncional. Para promover esta gestión, se ha puesto en funcionamiento un Sistema de Créditos Climáticos en Cataluña, con la responsabilidad de empresas e instituciones en la aplicación de esta gestión, basada en la participación local y la generación de créditos climáticos. Estos créditos impactan positivamente en tres servicios ecosistémicos: el carbono, el agua y la biodiversidad, mediante la implementación de Proyectos forestales de mitigación y adaptación al cambio climático (PROMACC).

En Vall de Bianya se está desarrollando uno de estos PROMACC para aumentar la capacidad de almacenar y fijar carbono de los bosques y sus productos, pasando de una gestión por la obtención de leña de encina, haya y roble a una que permita obtener madera de mayor valor en el mercado, integrando criterios de conservación y mejora de la biodiversidad.

---

## Introducción

Los bosques son ecosistemas complejos que generan una gran diversidad de servicios y funciones entre los cuales destacan la acogida de biodiversidad, la preservación de la calidad del suelo y el agua y la mejora de la calidad del aire a partir de la fijación del carbono.

Ante el contexto actual de abandono de usos del bosque y abundancia de masas forestales jóvenes y coetáneas, la gestión forestal sostenible es clave para incrementar la resiliencia de los bosques ante el cambio climático. En Cataluña, en los últimos 25 años, la biomasa forestal ha aumentado más de un 70% y la densidad de los bosques en casi un 25% (Forestime, 2020). Paradójicamente, la situación no es tan buena como parece. Este aumento de biomasa y superficie forestal, ligado a la presente situación de cambio climático, puede ocasionar consecuencias negativas.

Debido a la expansión de superficie forestal y la densificación de estas masas, los bosques de Cataluña presentan una disminución significativa en el ritmo de secuestro de carbono, una alteración en el aprovisionamiento de agua y una reducción de la biodiversidad ligada a espacios abiertos. El aumento del riesgo de sufrir Grandes Incendios Forestales (GIF) también amenaza los stocks de carbono acumulados a los montes durante décadas. Así pues, se puede concluir que este estancamiento pone en riesgo la capacidad de los bosques en la mitigación del cambio climático.





Para hacer frente a todo este escenario, se propone una gestión forestal multifuncional y “climáticamente inteligente”, la cual tiene en cuenta los servicios ecosistémicos que ofrece el bosque (Mauser, 2021). Este tipo de gestión va más allá de la obtención de productos maderables puesto que integra objetivos de mejora de la regulación climática, promoviendo una mayor fijación de carbono y reduciendo las emisiones en la prevención de grandes incendios forestales, de aumento de la eficiencia en el uso del agua y mayor disponibilidad hídrica, y de conservación y mejora de la biodiversidad. Además, permite centrarse a escala de paisaje y adaptarse a las características locales del territorio donde se actúa para identificar las opciones de gestión más adecuadas. En definitiva, la gestión forestal multifuncional es una gestión que integra y potencia los servicios ecosistémicos de los bosques y contribuye a garantizar el papel de los bosques en la mitigación del cambio climático, siendo clave para la adaptación de nuestros paisajes al nuevo clima.

Para promover la gestión multifuncional de los bosques mediterráneos, el proyecto Life Climark ha trabajado durante los últimos años en el desarrollo de un mercado de créditos climáticos (Life Climark, 2022). En base a los resultados de este proyecto, el diciembre de 2023 se creó el Sistema de Créditos Climáticos de Cataluña (Acuerdo GOV/270/2023), el cual supone un mecanismo de financiación para el fomento de esta solución basada en la naturaleza para la adaptación de los bosques a los cambios ambientales.

Este sistema se basa en los créditos climáticos, una nueva unidad de intercambio pensada para facilitar inversiones en soluciones basadas en la naturaleza en Cataluña (Cervera *et al.*, 2022.<sup>a</sup>). Para las empresas y entidades interesadas en adquirir créditos climáticos, el sistema les permite compensar los impactos que genera su actividad dentro del territorio, aportar a la mitigación y la adaptación al cambio climático manteniendo un paisaje y un territorio vivo e invertir en Responsabilidad Social Corporativa (RSC) de confianza que ofrece transparencia y visibilidad.

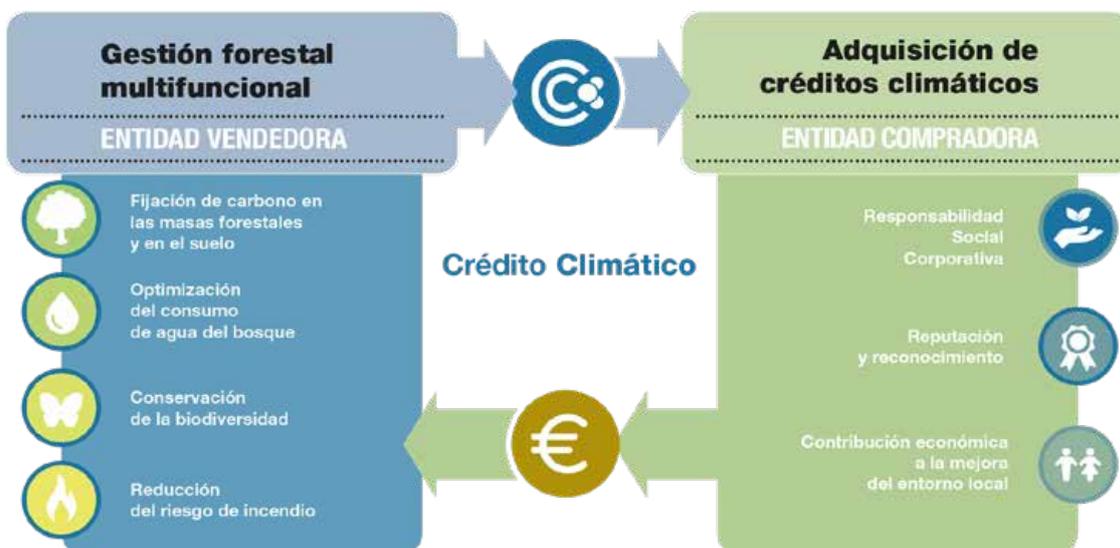
La garantía del sistema se basa en los criterios de calidad establecidos por la Unión Europea (UE). Estos criterios son de necesario cumplimiento para garantizar que un sistema de certificación de emisiones de carbono dentro de la UE se pueda considerar suficientemente robusto. Por lo tanto, en el marco de certificación de la UE solo se puede utilizar para certificar emisiones de carbono los sistemas que cumplan los siguientes criterios de calidad (Q.U.A.L.I.T.Y) (European Union, 2022):

- **Cuantificación:** las actividades de fijación de carbono se tienen que medir con precisión y los beneficios por el clima tienen que ser inequívocos.
- **Adicionalidad:** los proyectos de gestión forestal multifuncional tienen que ir más allá de la necesidad de cumplir con la normativa vigente. La metodología de evaluación sólo considera la parte adicional a la normativa en relación con la absorción limpia de carbono, la provisión de agua y la mejora de capacidad de acogida de biodiversidad de los bosques. Solo de este modo, serán viables por el efecto incentivador de la certificación.
- **Almacenamiento a largo plazo:** se tiene que certificar la duración del stock de carbono y se tiene que diferenciar claramente el carbono retenido de forma permanente del temporal.
- **Sostenibilidad:** las actividades de fijación de carbono también tienen que incidir en los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático, biodiversidad, economía circular, agua y recursos marinos.

Los sistemas de certificación de carbono también tienen que estar verificados por una tercera entidad y ser transparentes para evitar registros dobles o los posibles fraudes.

## Funcionamiento del sistema

Básicamente el sistema consiste en el hecho que una empresa o entidad compra un número determinado de Créditos Climáticos con los cuales sufragará una parte o la totalidad de un Proyecto Forestal de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (PROMACC). Para quien gestiona el bosque representa una opción de diversificación de ingresos para la gestión, derivados de poner en valor los beneficios que esta gestión del bosque aporta a la sociedad. Para las empresas y entidades compradoras, el sello Crédito Climático representa una manera segura y rigurosa de vehicular sus aportaciones, que a la vez les ofrece visibilidad y transparencia (Figura 1; <https://lifeclimark.eu>).



**Figura 1.** Esquema del Sistema de Créditos Climáticos de Cataluña (proyecto Life Climark).

Los **Créditos Climáticos**, tal como se ha dicho anteriormente, son una nueva unidad de intercambio ideada para facilitar la financiación de la gestión forestal multifuncional en Cataluña, a través de compensaciones voluntarias. Se calculan a partir de la evaluación del impacto que determinadas prácticas forestales tienen sobre 3 factores clave en la mitigación y adaptación al cambio climático: la fijación de carbono, el agua exportada y la biodiversidad. Cada crédito climático equivale a 1ha resiliente (de bosque gestionado).

Los **Proyectos Forestales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático** (PROMACCs) son proyectos operativos impulsados preferentemente por la agrupación de propietarios de bosques, públicos o privados, que prevén las medidas para conseguir un paisaje resiliente, incorporan un cálculo del impacto sobre los tres servicios ecosistémicos (carbono, agua y biodiversidad) y generan Créditos Climáticos. Deben tener una superficie global de cómo mínimo 50 ha y se establece un periodo de implantación de 3 años. En función de las actuaciones forestales programadas en un PROMACC y de su presupuesto de ejecución, variará tanto la cantidad de carbono fijado, como el agua exportada y la biodiversidad conservada/mejorada, así como el coste de cada Crédito Climático.

Los actores que participan en el Sistema de Créditos Climáticos, según el Acuerdo de Gobierno, son los siguientes:

- Antes que nada, debe haber una **entidad promotora** (tiene que disponer de un NIF y una dirección a efectos fiscales), la cual coordina y centraliza las



tareas a llevar a cabo. Sus funciones se basan al impulsar, coordinar y redactar el PROMACC de manera consensuada con la propiedad; coordinar los acuerdos de colaboración y autorizaciones necesarias; buscar financiación; gestionar la contratación y los pagos de los trabajos a ejecutar; buscar personas o empresas compradoras de los créditos; y participar en la divulgación de los resultados obtenidos.

- El papel de la **propiedad forestal** (pública o privada) es clave para poder realizar estos proyectos. Estos tienen que acordar su participación, poner a disposición los terrenos donde se implementará el PROMACC, autorizar los modelos de gestión propuestos, facilitar los trámites correspondientes y comprometerse a mantener la estructura forestal de la zona de actuación según el acuerdo de temporalidad.
- **La entidad compradora** (persona física o jurídica) de los Créditos Climáticos es el actor necesario para garantizar los flujos económicos de implementar todas las actuaciones previstas.
- **Administración pública:** el Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (DACC), a través de la DGQACC y el Centre de la Propietat Forestal (CPF) tienen un rango amplio de funciones dentro del sistema relacionadas con establecimiento de metodologías, apoyo a los promotores, certificaciones forestales previas y auditorías.
- El **organismo de certificación**, parte independiente al sistema, hace falta que esté acreditado y es responsable de llevar a cabo las auditorías de certificación de los Créditos Climáticos.

La aplicación del sistema en un caso concreto, como es el caso del PROMACC Sant Miquel del Mont - Vall de Bianya, facilita la comprensión de su funcionamiento. Eso sí, hay que tener presente que este PROMACC se inició en el marco de las pruebas piloto del proyecto LIFE CLIMARK, es decir, se redactó antes de la publicación del Acuerdo de Gobierno que establece el Sistema y, por lo tanto, presenta algunas particularidades frente al texto aprobado.

## PROMACC Sant Miquel del Mont - La Vall de Bianya

*El PROMACC de Sant Miquel del Mont (Vall de Bianya), ha sido promovido por la Cooperativa Forestal de Catalunya, junto con el Consorci Forestal de Catalunya. El Centre de la Propietat Forestal colabora en el proceso de implementación. La entidad financiadora del proyecto ha sido la cárnica Olot Meats S.A., una empresa arraigada en el territorio donde se ejecuta el PROMACC.*

### Entorno

La definición del ámbito de actuación de un PROMACC es clave para poder establecer una gestión forestal conjunta de un paisaje coherente. En este caso, el ámbito corresponde en la montaña de Sant Miquel del Mont, situada en el sur del municipio de la Vall de Bianya (en el noroeste de la comarca de la Garrotxa) y ocupa 1.395 ha.

Esta localidad se encuentra en el área geográfica donde se conectan las sierras transversales catalanas y el Pirineo. Presenta una orografía con gran presencia de pliegues, los cuales forman los diversos valles donde la altitud varía entre unos 370 m a las partes más bajas y unos 1.200 m a las cumbres de las zonas más altas.



Se caracteriza por un clima mediterráneo de montaña, donde las temperaturas son frías en invierno y suaves en verano. Llueve bastante todo el año, sobre todo en la primavera, y presenta una media anual que supera los 1.000 mm. En invierno son habituales las heladas e, incluso en algunos puntos, puede llegar a nevar.

El paisaje varía según la altura y la orientación. En la llanura se encuentran cultivos sobre todo de secano y bosques de ribera. El curso fluvial más importante es la riera de Bianya, que nace cerca de Sant Martí del Clot y desemboca en el río Fluvià.

En las partes más solanas de la montaña media predomina el encinar, donde se combina con el pino silvestre (*Pinus sylvestris*). En las zonas umbrías están presentes las robledas de roble común (*Quercus robur*) y de roble pubescente (*Quercus humilis*) junto con otros planifolios como cerezos, fresnos o tilos. También aparecen hayedos puros en las partes más altas y sombrías. Hay que destacar las áreas de pasto que se encuentran tanto en la llanura como la montaña media, puesto que la ganadería vacuna tiene mucho peso en este valle.

La actividad económica más importante del municipio es la industria alimentaria (ligada con la ganadería), la industria de la madera y la industria textil. El sector servicios es muy remarcable puesto que hay numerosos establecimientos de alojamiento rural, restaurantes y empresas de actividades ligadas al turismo.

En cuanto a figuras de protección, la sierra de Sant Miquel del Mont delimita con el Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa, pero no forma parte. Otro elemento de protección a tener en cuenta es el Hábitat de Interés Comunitario (HIC) de "Robledas de roble común y bosques mixtos del *Carpinion betuli*", el cual representa un 12% de la superficie del ámbito de este PROMACC.

## **Retos y objetivos**

Se ha seleccionado este entorno por su tradicional actividad agraria y ganadera que, en las últimas décadas se encuentra en retroceso ante otras actividades como la turística (sector servicios). Se trata de una zona con un buen potencial para producción de madera de calidad que, en muchas fincas, se puede compatibilizar con la actividad ganadera y agrícola. Por lo tanto, este PROMACC pretende colaborar en la dinamización del sector agrario local promoviendo actuaciones forestales coherentes en el contexto local, siguiendo la dinámica del paisaje y que impacten positivamente tanto en la mitigación como en la adaptación al cambio climático.

A partir del análisis del paisaje se han definido los principales retos que enfrenta el ámbito de estudio y se han propuesto actuaciones silvícolas destinadas a paliarlos. La *Tabla 1* resume cuáles son estos retos y qué objetivos se han fijado en la gestión forestal para poder mejorar la situación.

**Tabla 1.** Principales retos detectados en el ámbito del PROMACC Vall de Bianya y objetivos de gestión propuesto para afrontarlos.

Reptes	Objectius
La gestión forestal actual se basa principalmente en la obtención de leña, un producto de vida corto que no permite optimizar la tasa de almacenamiento de carbono.	Maximizar el tiempo de almacenamiento tanto en el bosque como en los productos madereros fruto del aprovechamiento; es decir, obtener productos con un ciclo de vida más largo.
Masas forestales estancadas y saturadas que presentan una disminución significativa en el ritmo de secuestro de carbono.	Mejorar la estructura y la vitalidad de la masa forestal para favorecer el crecimiento de los árboles e incrementar la capacidad de fijación de carbono. Recuperar la capacidad productiva del bosque, adaptándolo al nuevo contexto climático.
La presencia de bosques jóvenes y la elevada densidad de biomasa comporta la pérdida de biodiversidad asociada a espacios abiertos y a bosques más maduros.	Fomentar y garantizar la conservación y/o la mejora de la capacidad de los bosques para acoger biodiversidad.
Estructuras frágiles ante perturbaciones causadas por el cambio climático.	Aumentar la capacidad de resiliencia del bosque ante nuevas perturbaciones, mejorando la composición y la estructura.
Aumento del riesgo de sufrir grandes incendios forestales debido al aumento de los episodios de sequía. Continuidad vertical entre el estrato arbustivo y el arbóreo.	Gestión para crear estructuras poco vulnerables a los grandes incendios forestales. Favorecer la discontinuidad vertical para reducir el riesgo del fuego de copas.
Pérdida de la actividad agraria y del interés en la gestión forestal.	Incentivar la actividad agraria como medida de mitigación del cambio climático.

Teniendo en cuenta las características de este ámbito, para el conjunto del PROMACC el servicio ecosistémico prioritario será la fijación de carbono (siempre integrando la exportación de agua y la biodiversidad). Por lo tanto, el objetivo principal de este PROMACC es el aumento de la capacidad de los bosques de almacenar y fijar carbono para mitigar y hacer frente al cambio climático.

## RODALES DE ACTUACIÓN: Selección

Para lograr los objetivos fijados, se han seleccionado un grupo de rodales que representan los retos identificados. Los criterios por la selección de los rodales han estado básicamente que fueran masas forestales donde potenciar el producto de más calidad, fincas que integraran la gestión forestal con una actividad agrícola y/o silvopastoral activa, y que tuvieran, vigente o no, un Instrumento de Ordenación Forestal como indicador de actividad forestal previa.

Primeramente, durante diferentes días, los técnicos de la Cooperativa Forestal de Catalunya y del Centre de la Propietat Forestal realizaron visitas a las fincas de la zona para hacer una valoración general y tener el contacto de los propietarios en caso de ser seleccionadas.

Después de este primer análisis, se acordó una pre-selección de los rodales de actuación, basada en los criterios técnicos anteriormente explicados. Para informar a los propietarios afectados, se llevó a cabo una reunión en el ayuntamiento de la Vall de Bianya para exponer el funcionamiento y los beneficios del PROMACC, así como las actuaciones a ejecutar.

Con el acuerdo de los propietarios firmado y teniendo en cuenta las pautas técnicas, se seleccionaron un total de 5 rodales de actuación, los cuales se encuentran repartidos en 4 fincas privadas y forman una superficie total de 29,66 hectáreas.

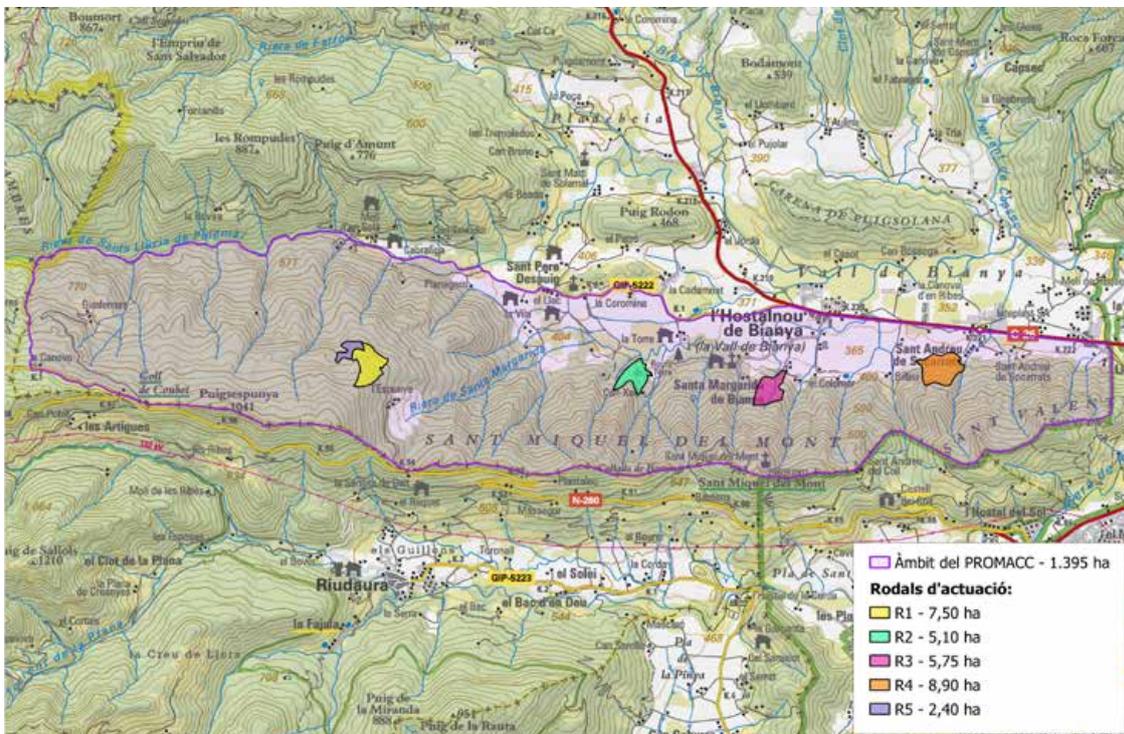


Figura 2. Ámbito del PROMACC Vall de Bianya y ubicación de los rodales de actuación.

Viendo las características de cada rodal, se especifica los motivos y/o justificaciones de inclusión al PROMACC:

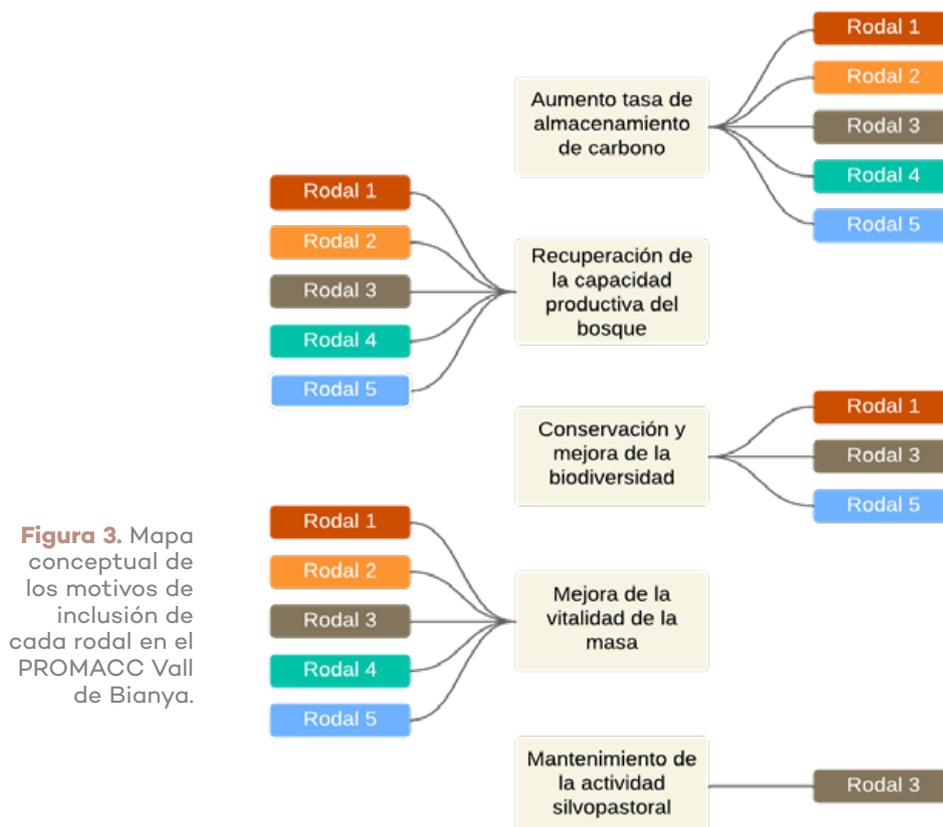


Figura 3. Mapa conceptual de los motivos de inclusión de cada rodal en el PROMACC Vall de Bianya.

Para caracterizar las diferentes masas forestales de los rodales, se han realizado inventarios periciales que permiten obtener la información dasométrica básica para definir las actuaciones a realizar. También se ha evaluado el Índice de Biodiversidad Potencial (IBP), en que mediante transectos parciales aporta la información relativa a la capacidad de acogida de biodiversidad de la demasada y permite valorar cuáles son los parámetros que hay que conservar o mejorar con la gestión forestal.

Una vez caracterizados los rodales, y en función del objetivo fijado, se ha planificado la gestión más adecuada en cada caso siguiendo los modelos de referencia ORGEST que permiten conocer el crecimiento esperado por la masa después de la actuación y así calcular el carbono fijado en relación con el carbono fijado por una demasada no gestionada. Esta gestión integra los 3 servicios ecosistémicos que forman los créditos climáticos: carbono, agua y biodiversidad.

Esta planificación se tiene que integrar en el posible instrumento de ordenación del que disponga cada una de las fincas implicadas en el PROMACC y tiene que disponer de las correspondientes autorizaciones de actuación.

## RODALES DE ACTUACIÓN: Descripción

El primer rodal de actuación se encuentra a la finca “L’Espunya”, y lo forma un **encinar montano**.

Se trata de una masa pura e irregular de encina (*Quercus ilex sbsp. ilex*) con presencia de pequeñas manchas de haya (*Fagus sylvatica*). También aparecen otras especies como el pino silvestre (*Pinus sylvestris*), el roble común (*Quercus robur*) y el fresno (*Fraxinus excelsior*). La superficie del rodal es de 7,54 ha.

El estrato arbóreo presenta un recubrimiento de casi el 100 % y una altura media de 9 m. La densidad es de unos 1.750 pies/ha, el diámetro medio de los pies es de unos 15 cm y cuenta con unos 25 m<sup>2</sup>/ha de Área Basimétrica. El estrato arbustivo tiene un recubrimiento del 30 % y una altura máxima de 1,5 m.

Antes de definir las actuaciones forestales, hay que especificar los objetivos que se buscan en el rodal y así conseguir su logro. En este caso, se pretende aumentar la fijación de carbono buscando productos de mayor vida útil y avanzar en la mejora de la capacidad de acogida de biodiversidad de la masa. También se busca incrementar la resistencia ante la sequía y mejorar su vitalidad.

Según las características de la masa y los objetivos planteados, se sigue el modelo ORGEST Qii01, de encinar irregular, y se planifica una **corta de selección** que permita reducir la competencia por los recursos y favorecer los ejemplares de mejores características, incrementando la vitalidad de la masa. Se prevé dejar una densidad de unos 1.200 pies/ha y rebajar el AB hasta unos 18,5 m<sup>2</sup>/ha, con un recubrimiento del 70 %. Se mantendrá la presencia de todas las especies arbóreas existentes al rodal y los pies de mayor diámetro.

Para conservar la biodiversidad se retendrán elementos claves como árboles de grandes dimensiones, espacios abiertos, especies acompañantes y árboles con presencia de microhábitats especialmente relevantes. Para mejorar la capacidad de acogida de biodiversidad al rodal, también se generará madera muerta media al suelo.

El segundo, tercero y cuarto rodal de actuación se encuentran a las fincas de “La Torre de Sant Pere i Can Xec”, “Els Pujals” y “La Torre de Santa Margarita”, respectivamente, y con una superficie de 5,11 ha, 5,76 ha y 8,88 ha.

Las tres zonas están caracterizadas por robledas de roble común (*Quercus robur*), con presencia puntual de carpino (*Carpinus betulus*). También aparecen otros planifolios como hayas (*Fagus sylvatica*), fresnos (*Fraxinus excelsior*), cerezos (*Prunus avium*) o avellanos (*Corylus avellana*). En todos casos, las masas presentan una estructura irregular que tiende hacia la regularización.

El estrato arbóreo presenta un recubrimiento de casi un 80 % y una altura media de unos 18 m. La densidad varía según el rodal, yendo desde unos 600 pies/ha hasta unos 1.300 pies/ha. El diámetro medio de los pies es de unos 25 cm y el Área Basimétrica varía entre unos 22-26 m<sup>2</sup>/ha. El estrato arbustivo tiene un recubrimiento de entre el 20-30% y una altura media de unos 2 metros.

En estos rodales, los objetivos buscados dentro de este paisaje resiliente son los mismos: aumentar la fijación de carbono generando productos de mayor vida útil que almacenen carbono a largo plazo, incrementar la resistencia ante la sequía y mejorar su vitalidad.

Se pretende realizar el mismo tipo de actuación para todos los casos, pero teniendo en cuenta las variables de cada uno de los rodales. Así pues, se seguirá el modelo ORGEST Qpe/QrO2, de robleda de roble común regular, y se llevarán a cabo **claras**



**Fotografía 2.**  
Motoserrista en el Rodal 4 durante la actuación.

**por lo bajo** que permitan reducir la competencia por los recursos y favorecer los ejemplares de mejor características, incrementando la vitalidad de las masas. La intención es reducir un 20 % del Área Basimétrica, dejando unos 19 m<sup>2</sup>/ha de media, con un recubrimiento entre el 65-70 %. También se mantendrán los principales elementos relevantes por la biodiversidad como especies arbóreas diferentes, pies de grandes dimensiones, dendro-microhábitats, etc. En base al resultado del IBP, que indica una alta capacidad de acogida de biodiversidad, no se considera necesario realizar ninguna actuación de mejora.

El quinto rodal de actuación también se encuentra a la finca “L’Espunya”, y lo forma un **hayedo puro** de estructura irregular. La superficie del rodal es de 2,37 ha.

El estrato arbóreo presenta un recubrimiento del 80 % y una altura media de 18 m.

La densidad es de unos 430 pies/ha, el diámetro medio de los pies es de unos 30 cm y cuenta con unos 23,5 m<sup>2</sup>/ha de Área Basimétrica. El estrato arbustivo es principalmente boj (*Buxus sempervirens*) defoliado por la mariposa *Cydalima perspectalis* que empieza a rebrotar y tiene un recubrimiento del 40 % y una altura máxima de 1,5 m.



**Fotografía 3.**  
Rodal 5 antes de la actuación.

En este rodal se pretende aumentar la fijación de carbono buscando productos de mayor vida útil que almacenen carbono a largo plazo y avanzar en la mejora de la capacidad de acogida de biodiversidad de la masa. También se busca incrementar la resistencia ante la sequía y mejorar su vitalidad.

Por estos motivos, se toma como referencia el modelo ORGEST Fs03, de hayedo regular, y se realizará una **clara por lo bajo** que permitirá reducir la competencia por los recursos y favorecer los ejemplares de mejor características, incrementando la vitalidad del hayedo. Se buscará dejar una densidad final de unos 350 pies/ha, reducir un 25 % del Área Basimétrica, dejando unos 19 m<sup>2</sup>/ha, con un recubrimiento del 65 %. También se mantendrán los principales elementos relevantes por la biodiversidad como especies arbóreas diferentes, pies de grandes dimensiones, dendro-microhábitats, etc., y se generará madera muerta grande en pie y al suelo para mejorar la capacidad de la masa de acoger biodiversidad.

## Estimación del impacto de las actuaciones descritas al PROMACC Vall de Bianya y valoración de los créditos climáticos generados

En base a la gestión planificada se ha calculado el impacto de las actuaciones definidas en cada rodal, de forma que la cantidad de carbono agua o biodiversidad correspondiente a un crédito climático depende de las actuaciones realizadas en cada uno de ellos.

Para calcular el impacto de las actuaciones descritas se ha seguido la metodología establecida en el proyecto Life Climark (Cervera et al, 2022b). El cálculo se ha realizado por cada rodal y después se ha calculado el valor medio del conjunto de rodales definidos al PROMACC. Todos estos cálculos están referidos en un periodo de 15 años.

El **balance de carbono** de cada rodal se ha calculado como la suma del carbono fijado (por la vegetación con su crecimiento) más las emisiones evitadas (por sustitución de productos y por prevención de incendios) menos las emisiones producidas (por los restos, los trabajos, el transporte del producto y los productos de vida corta).

Para calcular el impacto de la gestión forestal sobre la capacidad de un rodal para exportar **agua azul**, la metodología CLIMARK identifica una serie de fórmulas y modelos en base a variables ambientales (índice de humedad) y variables estructurales (área basal) que dependen del grupo de especies existentes (angiosperma o gimnosperma).

La metodología de cálculo del impacto de la gestión en la **biodiversidad** se basa en el Índice de biodiversidad potencial (IBP). Se calcula su valor antes de la actuación y se valora la mejora que supondrá la implementación de una silvicultura integrativa.

Hay que destacar, que en el caso del PROMACC de la Vall de Bianya algunos de los rodales tienen como especie principal el *Quercus robur* o el *Fagus sylvatica*, especies para las que la metodología Climark no dispone de modelos de no gestión. Por lo tanto, en estos casos, los cálculos de carbono fijado se han realizado utilizando los modelos del *Quercus humilis*, puesto que se considera que es la especie más próxima de entre las que se cuenta con metodología de cálculo.

En el caso de la Vall de Bianya, se generan 30 Créditos Climáticos. Con cada Crédito Climático se podrán fijar 104 t de CO<sub>2</sub>/ha, se obtendrán 1.703 m<sup>3</sup>/ha de agua y se mejorará la capacidad de acoger biodiversidad en un 4 %.

Por otro lado, cada PROMACC lleva adjunto un presupuesto que incluye todos los gastos derivados del proyecto (ejecución de trabajos, dirección de obra, actuaciones de sensibilización, actuaciones de promoción y venta de los créditos, etc.). En el caso del PROMACC Vall de Bianya se ha establecido un presupuesto de 80.190,28 € más IVA.

El precio de cada uno de los Créditos climáticos puestos a la venta por este PROMACC es de 3.271 € (IVA incluido) y corresponde a 31 €/t CO<sub>2</sub>, 1,92 €/m<sup>3</sup> de agua y 817,6 €/% de biodiversidad.

## IMPLEMENTACIÓN DEL PROMACC Vall de Bianya

El procedimiento “estándar” de los créditos climáticos consiste en que una vez EL PROMACC está validado por el CPF, este se pone a la venta y las empresas que estén interesadas compran los créditos climáticos correspondientes. En el caso del PROMACC Sant Miquel del Mont - Vall de Bianya, ha sido una única empresa (Olot Meats) quién, antes de la realización del PROMACC, se puso en contacto con el *Consorti Forestal de Catalunya* con la intención de realizar algún proyecto de mejora en el territorio donde está implantada esta empresa. Surgió la idea de implementar un PROMACC en la Vall de Bianya y así es cómo Olot Meats acabó comprando la totalidad del proyecto que se está ejecutando desde la Cooperativa Forestal.

Para formalizar el compromiso de salir adelante con el proyecto, se firmó un acuerdo de colaboración entre la empresa financiadora y la entidad promotora. Finalmente redactado el PROMACC, se formalizó un acuerdo marco para la implementación del proyecto, que fue descartado ante la publicación del Acuerdo GOV/270/2023 por el cual se crea el Sistema de Créditos Climáticos de Cataluña. También se acordó y firmó el presupuesto para la realización de los trabajos por parte de la Cooperativa, entidad ejecutora.

Como ya se ha expuesto anteriormente, se han comprado 30 créditos climáticos, los cuales permiten actuar en 30 ha forestales.

Se ha acordado con Olot Meats repartir las actuaciones en dos años: durante el primer año actuar a los rodales 1, 4, 5, y, durante el segundo, actuar a los rodales 2 y 3. Por lo tanto, la finalización del PROMACC no se prevé hasta el 2025.

En los rodales definidos para la anualidad de 2024, para garantizar que el resultado de la actuación se ajusta el máximo posible al planificado, se ha realizado un marcaje parcial en cada uno de los rodales y un marcaje total sobre los pies que contienen microhábitats y que, por lo tanto, se tienen que dejar. También se ha realizado un seguimiento detallado de la ejecución de los trabajos por parte de los técnicos de la Cooperativa Forestal. En este caso, no se ha estimado necesaria la contratación de una dirección de obra externa. El CPF, junto con la entidad promotora, ha participado en el seguimiento de las actuaciones realizadas según las previsiones del PROMACC.

Las actuaciones realizadas en los rodales 1, 4 y 5 se han ajustado al planificado y por tanto se estima que se han logrado los objetivos previstos.

Una vez estén implementadas las actuaciones planificadas a los 5 rodales del PROMACC y se haya comprobado que se han logrado los objetivos planificados, el CPF volverá a estimar los créditos y redactará un informe de valoración del cumplimiento del impacto de la gestión sobre los servicios ecosistémicos. Una vez evaluada, ya se podrá llevar a cabo una auditoría de certificación por parte de un organismo de certificación acreditado, del cual lo CPF informará a la *Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic* (DGQACC) del número de créditos climáticos previstos y este emitirá el certificado correspondiente.

Por tal de seguir la permanencia y la trazabilidad de los créditos climáticos, se llevarán a cabo revisiones periódicas donde se comprobará que el PROMACC implementado sigue respetando los criterios de calidad y verificación de créditos climáticos. El Sistema vela por la trazabilidad de todos los créditos climáticos y posibles variaciones según el resultado de las revisiones periódicas y garantiza la difusión del impacto en los servicios ecosistémicos generados.

## Conclusiones

La realización e implementación del Proyecto de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (PROMACC) Sant Miquel del Mont - Vall de Bianya, ha permitido:

- Testar el funcionamiento del Sistema en el marco de las pruebas piloto realizadas en el proyecto LIFE Climark.
- Dar a conocer, en el contexto actual en el que vivimos, que mediante la silvicultura podemos favorecer los servicios ecosistémicos de los bosques fomentando la fijación de carbono, la optimización de agua azul y la conservación y mejora de la biodiversidad.
- Mostrar una nueva herramienta para llevar a cabo y dar visibilidad a la gestión forestal agrupada, teniendo por anticipado las actuaciones forestales a escala de paisaje.
- Establecer vínculos de colaboración entre la industria y el sector forestal en un territorio concreto.
- Dinamizar el sector forestal en la Vall de Bianya, fomentando la actividad silvícola y adaptándola al entorno agrario y ganadero.
- Favorecer la creación de un paisaje resiliente en la Vall de Bianya.
- Integrar las externalidades en la gestión forestal de los rodales seleccionados, más allá de un objetivo productivo, favoreciendo al mismo tiempo la vitalidad, la estructura y la capacidad de resiliencia frente a perturbaciones de las masas.
- Aumentar la capacidad de almacenar y fijar carbono de los rodales actuados para mitigar y hacer frente al cambio climático, al mismo tiempo que se ha aumentado la cantidad de agua exportada y se ha conservado y/o mejorado la capacidad para acoger biodiversidad de los rodales.
- Poner en funcionamiento una nueva metodología para facilitar la inversión en la mejora del capital natural-forestal de empresas que, como Olot Meats, están comprometidas con el territorio.

## Bibliografía

- CERVERA, T.; GILI, I.; BAIGES, T.; VEGA-GARCIA, C.; PALERO, N.; CASALS, P. *Diseño de un mercado local de Créditos Climáticos para la promoción de una gestión forestal multifuncional en Catalunya*. ACTAS 8º Congreso Forestal Español. (2022a)
- CERVERA, T.; BAIGES, T.; RABASCALL, X.; et al. *Metodologia de càlcul de l'impacte de la gestió forestal en els Serveis ecosistèmics: carboni, aigua i biodiversitat*. Centre de la Propietat Forestal, Santa Perpètua de Mogoda. 61 pp. (2022b)
- Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC). Núm. 9065. ACORD GOV/270/2023, de 19 de desembre, pel qual es crea el Sistema de Crèdits Climàtics de Catalunya. (2023)
- European Union; 2022. DELIVERING THE EUROPEAN GREEN DEAL: FIRST EU CERTIFICATION OF CARBON REMOVALS.
- BANQUÉ, M.; DE CÁCERES M.; GARCÍA, R.; MARTÍNEZ, J.; VALENTÍN, J.; VAYREDA, J.; 2020. FOREStime. Canvi dels serveis ecosistèmics dels boscos de Catalunya al llarg dels darrers 25 anys (període 1990-2014). CREAF-OCCC-CTFC.
- MAUSER, H (ed); 2021. Key questions on forest in the EU. Knowledge to Action 4, European Forest Institute. 62 pp
- Projecte LIFE CLIMARK. Informe LAYMAN. *Foment de la gestió forestal per a la mitigació del canvi climàtic a través del disseny d'un mercat de crèdits climàtics (2017-2022)*. 32 pp. (2022).

Organiza:



75  
Anys

Colaboren:



Patrocinen:

