



# XXXVIII JORNADAS TÉCNICAS SILVICOLAS

EMILI GAROLERA

16 de abril - 4 de junio  
de 2021



CONSORCI FORESTAL  
DE CATALUNYA

DANDO VALOR  
AL BOSQUE



**Edita:** Consorci Forestal de Catalunya

**Coordinación de las jornadas y del libro:**

Josep M. Tusell - Ingeniero de Montes, CFC

Mario Beltrán - Ingeniero de Montes, CTFC

Adrián Monserrate - Ingeniero de Montes, CFC

**Diseño y maquetación:** MHÀ, estudi gràfic

ISBN: 978-84-09-31651-9

DL: GI 852-2021

**Edición:** mayo 2021

**Cita bibliográfica:** Tusell, J. M.; Beltrán, M.; Monserrate, A. (Coords.), 2021

XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Consorci Forestal de Catalunya.

Santa Coloma de Farners. 112 pág. ISBN: 978-84-09-31651-9

	<b>5</b>
<b>Presentación</b>	
Josep M. Tusell i Armengol	<b>6</b>
<b>J1_Desembosque por canales en la Garrotxa en el marco del proyecto Life BIORGEST</b>	
Joaquim Avellà Bonet Teresa Cervera Zaragoza Noemí Palero Moreno Joan Montserrat Reig	<b>18</b>
<b>J2_La invasión de la polilla del boj (<i>Cydalima perspectalis</i>) y sus efectos en Catalunya</b>	
Míriam Sangerman Vidal Pedro Carballal Haire Joan Montserrat Reig	<b>32</b>
<b>J3_¿Como tener mi finca correctamente definida en el catastro?</b>	
Carmen Giménez Gómez Eduard Estevez Álvarez Joan Vila Senent Pere Frigola i Vidal	<b>44</b>
<b>J4_La Restauración Hidrológico Forestal, ¿es historia o futuro?</b>	
Jesús Fernández Rodríguez Joaquim Garcia Codina Montserrat Solanelles Ubach Andreu González Moreno Hèctor Pipió Gelabert	<b>58</b>
<b>J5-1_Resultados de la experiencia del rayado mecanizado en el marco del proyecto del Grupo Operativo SUBER</b>	
Adrián Monserrate Antón	
<b>J5-2_Nuevas oportunidades de negocio del sector del corcho</b>	
Maria Verdum i Virgos Patricia Jové Martín Albert Hereu Marès	<b>74</b>
<b>J6_Resultados de la aplicación en el Mediterráneo subhúmedo catalán de una silvicultura adaptativa con criterios de árbol individual y de silvicultura naturalística</b>	
Jaime Coello Gómez Míriam Piqué Nicolau Mario Beltrán Barba Lídia Guitart Xarpell Noemí Palero Moreno Jordi Vigué Ruaix Joan Rovira Blanco	<b>86</b>
<b>J7_Introducción del cable aéreo en Catalunya</b>	
Gerard Alcoverro Poch Gianni Picchi Francesc Cano Ibáñez	<b>98</b>
<b>J8_Cambio de especie: el caso de castañares con decaimiento y la reconversión en plantaciones de coníferas de valor</b>	
Josep M. Tusell i Armengol Diego Almenar Subirats Jordi Galofré Gras Xavier Llosa Cufí	



Por segundo año consecutivo, hemos realizado las Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera en formato "en línea" y ahora tenéis en las manos la recopilación de las ponencias de esta XXXVIII edición del 2021. La situación global ha hecho que la sociedad haya descubierto los bosques y el entorno rural como zona de ocio y esparcimiento, y es aquí donde la gestión forestal sostenible de estos espacios acontece fundamental y sea un verdadero reto para propietarios y gestores. También toma importancia la necesidad de establecer compensaciones por los servicios ambientales que los bosques generan y de los cuales la sociedad se beneficia y más aún cuando los rendimientos de la madera, que hoy por hoy es el único producto forestal que revierte sus rentas en la gestión y mejora de los bosques, son muy escasos. Las Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera tienen, en su misión fundamental: explicar, dar a conocer y comunicar experiencias y alternativas en la gestión de los bosques. Con este objetivo y en esta edición, hemos realizado Jornadas sobre plagas forestales, sobre la diversidad de los bosques y la gestión próxima a la natura como gestión multifuncional, sobre las innovaciones en productos (corcho) y en técnicas de gestión (posibilidades de desembosque con cable aéreo y con canales) y las alternativas de sustitución de masas afectadas por enfermedades (caso del castaño). También hemos aprovechado para realizar Jornadas más "teóricas" pero muy necesarias, como ha sido la Jornada centrada en la relación entre el Catastro y la propiedad forestal, jornada, que por otro lado que no habría sido posible en el formato "de campo" habitual.

Las jornadas, con el paso de las diferentes ediciones, se han consolidado como referencia en cuanto a formación y transferencia de conocimiento en el sector forestal. Este año, las hemos celebrado por segunda vez en formato telemático, puesto que la situación de pandemia no aconsejaba la reunión presencial de los asistentes procedentes de diferentes lugares. A pesar de esta limitación, que no nos ha permitido desarrollar la vertiente de intercambio de experiencias y de diálogo entre los participantes, hemos visto como por segundo año consecutivo, las Jornadas disfrutaban de un excelente índice de participación.

Es justo de agradecer a las diferentes instituciones, entidades, administración, centros de formación, colectivos profesionales y empresas que con su apoyo durante todos estos años muestran y continúan mostrando esta sensibilidad hacia la gestión de los bosques y colaboran al hacer posible la continuidad de estas Jornadas. Tampoco sería justo acabar sin destacar ni reconocer la tarea de todas las personas que participan y dan vida a los encuentros: participantes, técnicos y coordinadores, los cuales todos juntos hacen posible la realización de las jornadas y la publicación de este libro.

Esperamos que esta recopilación técnica y expresión escrita del conocimiento y experiencia divulgada en las diferentes jornadas de esta XXXVIII edición, sea de ayuda en la gestión y mejora de los bosques.

**Josep M. Tusell**

*Responsable técnico del CFC i co-coordinador de les Jornades  
Consorti Forestal de Catalunya*







# Desembosque por canales en la Garrotxa en el marco del proyecto Life BIORGEST

Joaquim Avellà Bonet. Ingeniero de montes, Centre de la Propietat Forestal.

Teresa Cervera Zaragoza. Dra. Ingeniera de montes, Centre de la Propietat Forestal.

Noemí Palero Moreno. Ingeniera de montes, Centre de la Propietat Forestal.

Joan Montserrat Reig. Ingeniero técnico forestal, Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa.

Cita bibliográfica: Avellà, J., Cervera, T., Palero, N., Montserrat, J. 2021. Desembosque por canales en la Garrotxa en el marco del proyecto Life BIORGEST. En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 6-17. ISBN: 978-84-09-31651-9

---

**Resumen** \_ Entre septiembre y octubre de 2020 se realiza la experiencia de gestión silvícola para integrar la biodiversidad en la producción forestal con el uso del Índice de Biodiversidad Potencial y con el desembosque de leña mediante canales de polietileno. De esta actuación se extraen metodología y datos para potenciar su uso en fincas con dificultad para el desembosque por otros medios.

---

## Introducción

Los encinares suponen un 46% de los bosques de la Garrotxa, según datos del MFE de 2016. Una parte destacable de estas masas presenta limitaciones en la saca y construcción de vías derivadas de condiciones geomorfológicas adversas, como por ejemplo pendientes elevadas o afloramientos rocosos importantes, que encarecen la apertura de pistas. Por otro lado, la construcción de vías es una actividad bajo restricciones complejas en determinados sectores de los espacios naturales protegidos de Catalunya.

Por las condiciones del lugar y otros factores se decidió emplear canales como alternativa o complemento a la saca de leña a través de vías de desembosque. En este sentido, el Centre de

la Propietat Forestal (CPF) contactó con los servicios técnicos de Office National des Forêts (ONF) francés para la ejecución y transmisión del conocimiento en esta técnica. La actuación se realizó en la finca Els Saiols y El Glascà, con PTGMF vigente, en la cordillera transversal dentro del término municipal de Sant Aniol de Finestres y situada en el ámbito del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG).

La actuación silvícola se enmarca en el proyecto LIFE BIORGEST y responde a la necesidad de mejorar la biodiversidad de los bosques mediterráneos compatibilizando sus valores ambientales y socioeconómicos y la integración de la biodiversidad en la gestión forestal, basada en el uso del Índice de Biodiversidad Potencial (IBP) como herramienta de apoyo a la diagnosis y en la planificación (Baiges *et al.*, 2019). También forma parte del Programa de actuación del Plan



especial del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, en cuanto a las actuaciones de saca con métodos alternativos.

El proyecto LIFE BIORGEST está liderado por el Consorci Forestal de Catalunya (CFC) y tiene como socios del proyecto el Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya (CTFC), el Centre de la Propietat Forestal (CPF), el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), el Centre Nacional de la Propriété Forestière (CNPF) i la Xarxa per a la Conservació de la Natura (XCN). Desde 2018 se está trabajando en la implementación de medidas innovadoras de gestión forestal, con medidas específicas para la mejora de la diversidad, en las principales formaciones forestales mediterráneas, así como en el asesoramiento a la propiedad sobre cómo aplicar estas medidas en sus fincas.

## Inventarios previos y definición de los itinerarios de gestión

Se han seleccionado dos rodales, uno de 0,6 ha (rodal A) y otro de 1,3 ha (rodal B), poblados por masas puras de encina (encinares montañosos) provenientes principalmente de rebrote

con escasa presencia de otras especies. El rodal A presenta una calidad de estación baja (QiiMUN\_C) mientras que el rodal B tiene una calidad media (QiiMUN\_B) en base a las ORGEST.

El rodal A presenta una pendiente entre el 46 y el 55%, mientras que en el rodal B las pendientes varían entre el 27 y el 52%. La descripción y las características dasométricas de cada rodal, obtenidas a partir de inventario, se resumen a la *Tabla 1*. La diagnosis del IBP se realizó mediante el método por transecto. La *Tabla 2* resume la evaluación de la capacidad de acogida de biodiversidad de los rodales en función de los resultados del IBP.

Estos resultados nos permiten definir la integración de los elementos de biodiversidad en el itinerario de gestión. Es decir, la actuación silvícola tendrá que permitir que los factores con valores más altos (valor 5) se mantengan en este nivel, mientras que en el caso de los factores con valores inferiores habrá que estudiar la posibilidad de mejorarlos. En base a los datos de inventario se definen los itinerarios silvícolas de la *Tabla 3*.

En los dos casos se hizo un marcaje pie a pie de los árboles a cortar. Si no se hubiera hecho este marcaje se tendrían que haber marcado los pies a respetar al tratarse de elementos importantes para la biodiversidad.

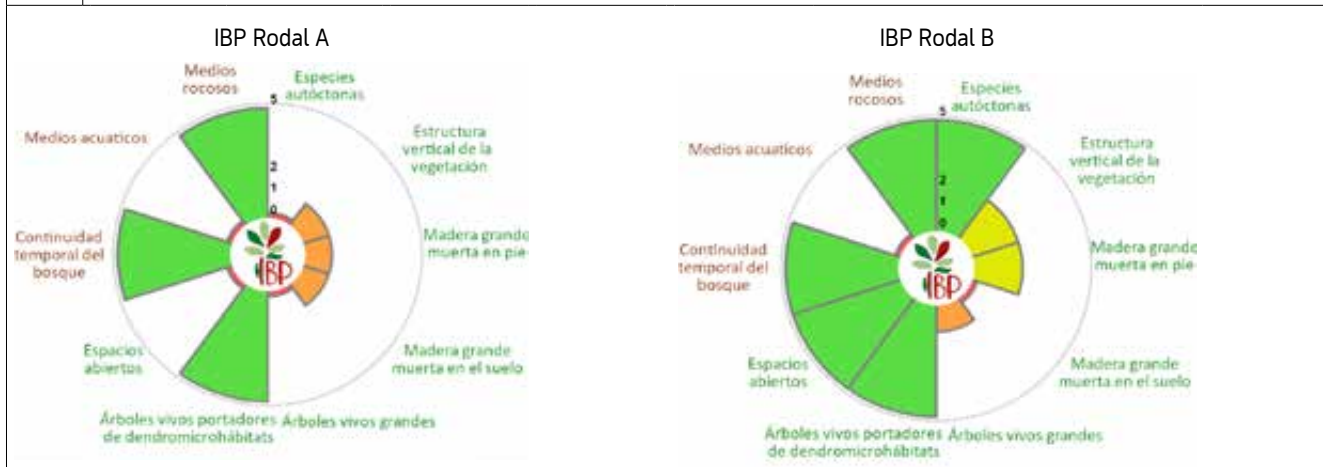
**Tabla 1.** Resumen de los datos descriptivos de los dos rodales de actuación.

Rodal	N (pies/ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	H0 (m)	Fcc (%)	Dg (cm)	VAE (m <sup>3</sup> /ha)	Recubrimiento arbustivo (%)	Descripción
A	2.122	28	8	95	12	140,5	15	Formación pura de encina con ausencia otras especies acompañantes. El diámetro medio del arbolado es bajo (unos 12 cm), con presencia puntual de pies de CD 25-30 y carencia de pies de CD >40. Ausencia de estrato herbáceo y presencia baja de estrato arbustivo
B	1.600	32	10	90	17	125,6	20	Formación pura de encina con presencia de robles y algunos madroños. De forma puntual también aparecen otras especies. El diámetro medio del arbolado no es demasiado alto (14 cm para la encina), con presencia puntual de pies de CD 30 o superior y carencia de pies de CD >40. Presencia tanto de estrato herbáceo como arbustivo. En la zona Este existe un claro con presencia de algunos chopos.



**Tabla 2.** Resumen de los datos IBP de los dos rodales de actuación.

IBP RODAL								
Rodal	A- Especies autóctonas	B- Estructura Vertical	C- Madera muerta gran en pie	D- Madera muerta grande en el suelo	E- Árboles vivos grandes	F- Árboles con microhábitats	G – Espacios abiertos con flores	TOTAL IBP RODAL
A	0	1	1	1	0	5	0	<b>8 (23%)</b> Potencial bajo
Se observan 6 grupos de dendromicrohábitats. Los más abundantes son los chancros y deformaciones, los musgos, briófitos y lianas. Varias encinas también presentan cavidades y madera expuesta. El rodal limita con una zona no arbolada con afloramientos rocosos.								
B	5	2	2	0	1	5	5	<b>20 (57%)</b> Potencial medio
Se observan 8 grupos de dendromicrohábitats. Los más abundantes son los musgos, briofitos y lianas.								
IBP CONTEXTO								
Rodal	H- Continuidad del bosque	F- Ambientes acuáticos	G – Ambientes rocosos				TOTAL IBP CONTEXTO	
A	5	0	5				<b>10 (67%)</b> Potencial medio-alto	
Bosque antiguo sin presencia de ambientes acuáticos pero con 3 tipos de ambientes rocosos (piedras, acumulación de bloques estables y rocas de altura inferior a la masa forestal) distribuidos por el rodal								
B	5	0	5				<b>10 (67%)</b> Potencial medio-alto	
Bosque antiguo sin presencia de ambientes acuáticos pero con 3 tipos de ambientes rocosos (piedras, acumulación de bloques estables y rocas de altura inferior a la masa forestal) distribuidos por el rodal								



**Tabla 3.** Descripción de las actuaciones diseñadas para cada rodal

Rodal	Actuaciones
Rodal A	Clara por lo bajo de adaptación al modelo ORGEST Qii07. Se corta alrededor del 30-40% del AB inicial y dejando unos 1.000 pies/ha.
	Retención de elementos clave de biodiversidad. Se mantienen los pies con elementos de biodiversidad relevante por el rodal (4 pies de CD20-25, 3 árboles muertos, 16 árboles con dendromicrohábitats de 4 grupos diferentes).
	Generación de madera muerta en el suelo. Se dejan hasta 3 pies/ha de CD20 en el suelo sin trocear. Generación de madera muerta en pie. Se anilla 1 pie de CD20.
Rodal B	Corta por entresaca de adaptación al modelo ORGEST Qii04. Se corta aproximadamente el 40-50% del AB inicial y dejando unos 1.045 pies/ha.
	Retención de elementos clave de biodiversidad. Se mantienen los pies con elementos de biodiversidad relevante para el rodal (3 pies de CD25, 7 árboles muertos, 20 árboles con dendromicrohábitats de 6 grupos diferentes).
	Generación de madera muerta en el suelo. Se dejan hasta 3 pies/ha de CD30 en el suelo sin trocear. Generación de madera muerta en pie. Se anillan hasta 2 pies/ha de CD20.



**Figura 1.** Desembosque por canales en Mura (Bages) con tubos de fabricación propia. Febrero 2019.

## El desembosque por canales

Las últimas actuaciones realizadas con canales de desembosque en Catalunya han sido con material de construcción propia. Se han utilizado tubos de polietileno partidos por la mitad con uniones entre tubos mediante agujeros donde se ponía un tornillo con hembra, en forma "de mariposa". Este método (*Figura 1*) presenta los inconvenientes de mayor lentitud en el montaje y traslado lateral de los canales, de unas 6 horas en líneas de 100 metros (Rodríguez *et al.*, 2005), y de deformaciones de los propios canales, debidas a su continuado uso. Además, el mismo tipo de enganche, tiene que soportar tensiones elevadas en el momento de trabajo, siendo frecuente su rotura.

Para superar los inconvenientes de los equipos usados en Catalunya, se contactó con los servicios técnicos del ONF. Estos disponen de un juego de canales de desembosque, con unos 30 años de uso, hechos específicamente para el trabajo forestal con un sistema de trineo para el remontado de la línea y una unión entre canales que permite superar las tensiones de la línea, evitando roturas de las uniones.

Así pues, para el desembosque de los rodales se utilizaron canales semicirculares de polietileno de 5 metros de longitud y 35 cm de diámetro.

Cada canal pesa 25 kg. Los canales van acoplados con un único enganche entre tramos. La unión se hace mediante una placa con anilla y una contraplaca con agujero para que pase la anilla, que se dispone a cada lado del canal (*Figura 2*). El conjunto queda asegurado por una falca dentro de la anilla. El sistema de canales es de fácil montaje y permite cierta flexibilidad y maniobrabilidad (*Figura 3*).

## Procedimiento operativo

Para el remonte de los canales se usó un trineo con cabrestante (*Figura 4*) accionado por un motor. Es necesario hacer una primera subida con el cable del cabrestante para atarlo al final de la tirada. Posteriormente se empieza a enrollar este cable para hacer subir el primer canal, al que se irán añadiendo los tramos necesarios. El primer montaje requiere que se enlacen los diferentes tramos uno sobre el otro, en forma de escalera invertida respecto la pendiente para que no se encalle con ninguna dificultad de la vertiente. En cada montaje de tramos de canal se irá subiendo despacio la tirada.

Una vez el trineo ha llegado a la parte más alta, cada dos piezas hay que atar con cuerdas a los árboles para evitar que se desprendan en el





**Figura 2.** Detalle del enganche empleado por el ONF para la unión de los canales.



**Figura 3.** Detalle de la unión entre canales.





siguiente paso. Es necesario invertir la posición de los canales, de forma que queden los tramos encaballados como una escalera a favor de pendiente. Este procedimiento se hace para facilitar el descenso de la leña, para evitar que en cada enlace haya pequeños escalones (Figura 5).

Para la instalación de los canales y para la mejora de la rentabilidad del monte hay que hacer una buena planificación de la actividad forestal. Antes de la actuación, hay que tener muy claro dónde irán las tiradas para realizar la corta en forma de espina de pez siguiendo el eje por donde pasará el canal. Esta manera de actuar facilita en gran medida el paso del canal y la transitividad por dentro del bosque, el ramaje queda lejos del canal mientras que la leña queda lo más próxima posible.

Una vez realizado el desembosque de la leña hay que hacer el desplazamiento lateral de cada tramo de canal. Primero se desplaza el trineo, atando el cabrestante al siguiente punto de sujeción de la siguiente tirada y enrollando nuevamente el cable. Posteriormente se van desplazando a mano los tramos, uno a uno, y se van montando para el nuevo desembosque. La distancia entre tiradas es variable según la

intensidad de la corta y la configuración del terreno. Durante la actuación, se sitúa una tirada de canales cada 15 metros, quedando la leña a extraer a un máximo de 7'5 m del canal

Se requiere un grupo operativo de un mínimo de 2 personas para el desembosque con canales. Sin embargo, se aconseja que la cuadrilla sea de 3-4 personas para optimizar el procedimiento operativo y para mejorar la seguridad del desembosque.

Dos de los aspectos más importantes a tener en cuenta en todo el procedimiento de desembosque son: tener el control de la velocidad de la bajada de la leña, que se puede mejorar con la elevación del canal cuando hay obstáculos en el terreno, y tener el control de la parada de la leña. Se considera que la pendiente óptima para desemboscar el producto se encuentra entre el 25% y el 45%. Por debajo del 25% hay dificultades para el deslizamiento. Por encima del 45%, la velocidad de bajada de los troncos es superior a 100 km/h (Mariton, 1993). Es importante que la pendiente del terreno sea regular, sin saltos abruptos, obstáculos o discontinuidades superiores a 1,5 metros. Estos aspectos pueden limitar el uso de los canales.



Figura 4. Trineo con cabrestante y motor.



Para facilitar la parada de la leña es necesario desemboscar primero la parte baja de la ladera e ir constituyendo la pila de leña, que facilitará la carga del camión y frenará la leña que proviene de cotas superiores (Figura 6). Para mejorar la parada también se pueden ir sacando

los últimos tramos del canal para que el propio terreno favorezca el frenado de los troncos, o moviendo estos últimos tramos en forma de abanico para aprovechar al máximo las condiciones del terreno y la pila hecha.



**Figura 5.** Canal instalado para el desembosque.



**Figura 6.** Acumulación de las trozas en el lateral de la pista para la carga del camión.



## Condicionantes

Al realizar la corta hay que tener en cuenta algunos condicionantes ligados con el desembosque por canales, como por ejemplo:

- No se aconseja desemboscar troncos de más de 30 cm de diámetro (y siempre que sean rectos).
- La longitud ideal de los troncos es de 1 metro (buena maniobrabilidad).
- Los restos se cortan con una longitud máxima de 0,5 m. Los árboles se desraman de forma que las ramas y copas queden troceadas y tendidos horizontalmente sobre el terreno.

Para el montaje y el uso de canales es necesario disponer de una buena pista de acceso. El desembosque de la leña se realiza con camión forestal o bien con tractor con remolque por el que hay que tener en cuenta el apilado en la pista, de acuerdo con la maniobrabilidad de la grúa, y el tamaño de la leña a sacar. Actualmente, en la Garrotxa, es complicada la venta de leña a mayorista con longitudes de tronco inferiores a 2 metros. De hecho, para la carga de camión forestal, o tractor, se hace necesario esta condición a no ser que se dispongan planchas a cada lado del camión.

Otro aspecto, muy importante, a considerar es la seguridad de la explotación. Se trata de un método de desembosque muy peligroso, de acuerdo con los riesgos definidos a la *Tabla 4*.

## Resultados de la actuación

La corta y el desembosque finalmente se ejecutó en 0,44 ha en el rodal A y 0,96 ha en el rodal B, por una serie de factores relacionados con la organización del trabajo y la presencia de unos escarpes. Los jornales de desembosque comprenden el montaje, desmontaje y desplazamiento de los canales, el desplazamiento de la leña hasta el canal, el tirado de la leña y el apilado junto a la pista para su carga.

Los resultados de los dos rodales de actuación se muestran en la *Figura 7* y en la *Tabla 5*. En ambos casos, la leña se deja en cargador.

En total se trabajó durante 21 días con 49 jornales, de los cuales 18 fueron de corta en el interior de los rodales, 6 más para cortar a pista y los 25 restantes fueron del desembosque. Las 96,4 toneladas totales de leña extraída se transportaron con 9 viajes de camión con una media de 10,7 toneladas por viaje.

**El rodal A** presentaba mucha dificultad para su ejecución, con un talud medio de 2,5 metros de altura. Este hecho provoca que se tengan que hacer dos tiradas dentro de una misma línea para superar el desnivel y la dificultad de encontrar en el trineo para hacer la primera tirada y el desmontaje de la última línea. Se han hecho un total de 7 tiradas en 5 líneas de canal, de aproximadamente 35 – 40 metros de longitud. Se optó por no montar 3 tiradas bajo el talud dado que faltaban solo unos 15 metros para la pista, por lo que se lanzó a mano para después apilar.

**Tabla 4.** Riesgo en el desembosque con canales. *Fabiano et al., 2001*

Peligro provocado por	Riesgo provocado por	Tipos de daño	Intervención de prevención
Canales y placas de conexión	Movimiento incontrolado	Heridas, lesiones y aplastamientos	Uso de EPIs: guantes y botas con puntera
	Manipulación manual de cargas	Esfuerzo muscular, dolor dorso-lumbar	Formación profesional específica
Levantar y tirar la leña	Manipulación manual de cargas	Esfuerzo muscular, dolor dorso-lumbar	Formación profesional específica
Herramientas a utilizar	Herramientas punzantes y/o cortantes	Lesiones y cortes	Protección de elementos punzantes o cortes durante la manipulación
	Falta o pérdida del control de la herramienta	Contusiones, lesiones y cortes	Uso de EPIs: guantes, botas con puntera y casco
Leña	Deslizamientos incontrolados	Heridas, lesiones y aplastamientos	Mantener una oportuna distancia de seguridad Uso de EPIs: guantes y botas con puntera Desemboscar toda la cuadrilla en un mismo nivel





Figura 7. Aspecto de los rodales antes y después de la corta.

Tabla 5. Rendimientos y productos de los rodales de actuación.

Rodal	Corta		Desembosque		Producto obtenido	
	Jornales	Jornales/ha	Jornales	Jornales/ha	toneladas	t/ha
A	7	16	10	22,7	28,82	65,50
B	17	17	15	15	67,61	70,43

La corta de este rodal se hizo de forma que las piezas a desemboscar tuvieran una longitud mínima de 2 metros. A pesar de que aumenta el peso de las piezas a desemboscar, los operarios manifiestan la preferencia de este sistema puesto que permite mejorar el apilado, hacer más eficiente la carga del camión y disminuir costes en el transporte. El transporte se ha realizado con un camión forestal de 3 ejes (Figura 8).

El rodal B no presentaba discontinuidades de pendiente importantes, pudiendo considerarse el perfil de la ladera rectilíneo. Alguna de las líneas de canales superan algún pequeño salto de 1,5 m que, atendida la correcta sujeción del trineo a la parte alta y la ayuda de los propios troncos para levantar la línea, no supone impedimento para el desembosque.



Figura 8. Leña apilada y camión de 3 ejes empleado para el transporte.

Para el desembosque de la leña se ejecutan 13 líneas de canales de longitud variable entre 35 y 85 metros. Es en esta zona donde se realiza, durante los días 29 y 30 de septiembre y 1 de octubre, la conducción y la maestría de los servicios técnicos del ONF para el uso de canales. Los días 30 de septiembre y 1 de octubre se aprovechó para la presentación, en jornadas, del uso de los canales para técnicos y empresarios. También se aprovechó para experimentar con la distancia entre líneas.

El montaje de la primera línea, de 60 metros, se realiza en 1 hora y 40 minutos. El desplazamiento horizontal de una línea de 70 metros se realiza en 1 hora y 10 minutos.

La longitud de las piezas ha provocado un elevado sobrecoste del transporte hasta el mayorista, ya que el camión a utilizar necesita que disponga de planchas a los lados. Por este motivo se ha utilizado un camión pequeño que no permitía grandes cargas (8 - 10 t/viaje). Las piezas finales fueron cortadas a 1,2 metros en el rodal B, según los requerimientos iniciales, mientras que en el rodal A se mantuvieron a 2 m ya que se podía trabajar correctamente con esta medida.

## Conclusiones sobre la experiencia del desembosque por canales

El uso de los canales es óptimo para las laderas rectilíneas donde solo se puede extraer la leña por arrastre. El coste y el esfuerzo del arrastre pierde eficiencia a partir de longitudes superiores a 25 metros, así que el uso de los canales en distancias superiores a 25 metros permite liberar al personal operario de importantes esfuerzos continuados y disminuye el riesgo de lesión dorso-lumbar.

Se sitúa el óptimo de explotación hasta los 100 metros de línea, que supone unos 120 metros de ladera de acuerdo con la colocación de la misma. De acuerdo con la experiencia realizada, se considera adecuada la distancia de 15 metros entre líneas. Este hecho supone que en una longitud de canal de 70 metros (85 metros de desembosque efectivo), se extraerán más de 9 m<sup>3</sup>/línea, en condiciones de masa similares a las del estudio. De acuerdo con lo definido

por Rodríguez *et al.* (2005), el peso mínimo a extraer por línea para hacerla rentable es de 4 toneladas, de forma que en el caso estudiado el límite de la rentabilidad se sitúa hacia los 40 metros de tirada de desembosque.

El montaje, con remontado con trineo y sistema de encaje por placas, parece muy eficiente tanto para evitar rupturas de la línea como para reducir tiempo en el proceso respecto los sistemas empleados últimamente en Catalunya.

Para la reducción de costes de transporte y para adecuar el producto obtenido a la demanda del sector en la comarca de la Garrotxa, es necesario realizar el desembosque de los troncos cortados a una longitud de 2 metros. En la actuación realizada el desembosque de piezas de 2 metros no ha sido un inconveniente.

Para el desembosque con canales es necesario una muy buena planificación de la corta, de acuerdo con la ubicación de las líneas, y establecer medidas de seguridad laboral de acuerdo con la elevada peligrosidad del sistema.

Para mejorar el rendimiento en el uso de los canales de desembosque es necesario continuar con nuevas experiencias. Ligado a este punto, el PNZVG adquirió el pasado mes de diciembre un juego de canales de 100 metros de longitud. La adquisición de los canales, con enganches y trineo, ha sido de 14.500 €.

## Agradecimientos

Agradecemos especialmente la colaboración de Josep Fort Olivella, propietario de la finca donde se han realizado las actuaciones explicadas a la jornada.

Actuaciones hechas en el marco del proyecto Life Biorgest cofinanciando por la Unión Europea.





## Referencias

- Baiges, T., Palero, N., Cervera, T., Gonin, P., Larrieu, L. 2019. Posada a punt de l'Índex de Biodiversitat Potencial (IBP): un termòmetre per a mesurar la capacitat d'allotjar biodiversitat dels boscos (gestionats) de Catalunya. *Silvicultura*, 80: 26-36.
- Fabiano, F., Marchi, E., Piegai, F. 2001. Note pratiche per l'impiego delle risine in polietilene edei trattori con verricello. Università degli Studi di Firenze.
- Mariton, B. 1993. Des gouttières en forêt. *Nouvelles Feuilles Forestières*, 37.
- Rodríguez, J., Juanati, C., Piqué, M., Tolosona, E. 2005. Tècniques de desembosc en l'aprofitament forestal. Núm. 1. Centre de la Propietat Forestal.







JORNADA 2

# La invasión de la polilla del boj (*Cydalima perspectalis*) y sus efectos en Catalunya

Míriam Sangerman Vidal. Ingeniera técnica forestal, Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural.

Pedro Carballal Haire. Ingeniero de Montes, Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural.

Joan Montserrat Reig. Ingeniero técnico forestal, Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa.

Cita bibliográfica: Sangerman, M., Carballal, P., Montserrat, J. 2021. La invasión de la polilla del boj (*Cydalima perspectalis*) y sus efectos en Catalunya. En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 18-31. ISBN: 978-84-09-31651-9

---

**Resumen** \_ En el 2014 se detectaron por primera vez individuos de la polilla del boj en Catalunya, concretamente en la comarca de la Garrotxa. Desde entonces, debido a su carácter invasor, al rapidísimo desarrollo de esta especie y a la falta de eficacia de los depredadores naturales que se conocen, la propagación a otras comarcas vecinas ha sido muy rápida. Además, el comercio de esta planta ornamental ha propiciado la aparición en otros lugares de Catalunya. El boj en Catalunya está presente de forma natural en gran parte de la superficie forestal del territorio y los métodos de control en el medio natural resultan inviables, por lo que la supervivencia del boj como especie arbustiva de nuestras montañas se está viendo seriamente amenazada. Desde la Generalitat de Catalunya desde el año 2018 se están llevando a cabo una serie de ensayos y actuaciones para hacer el seguimiento de la invasión y poder conocer mejor cuál es el comportamiento de esta polilla en nuestro país y cuáles son los métodos de control más eficientes para regular su población. También han surgido varias iniciativas privadas de entidades y empresas en el mismo sentido.

---

## Introducción

La polilla del boj, *Cydalima perspectalis* Walker, hizo acto de presencia por primera vez en Catalunya en la localidad de Besalú (Garrotxa) en 2014 en el ámbito de la jardinería privada. Pocos meses después se detectó también en diferentes puntos del mismo término municipal y otras localidades próximas. Con el paso del tiempo se ha ido propagando a las comarcas vecinas y se ha encontrado también en diferentes lugares de Catalunya más lejanos como el Arán o en los municipios de La Sènia y Amposta.

Esta mariposa es originaria del extremo oriente y entró en Europa de forma accidental por Alemania, probablemente en 2006, pero su primera referencia no fue hasta el año 2007 en el suroeste de Alemania (Billen, 2007). Concretamente se detectaron defoliaciones fuertes en vallas y arbustos de boj de la ciudad de Weil-am-Rhein, ciudad portuaria del Rin, donde llegan grandes envíos de importaciones chinas regularmente. Según datos del 2010 llegan más de un millón de plantas de boj anualmente, procedentes de China y con destino a los Países Bajos.





Desde esta ciudad alemana se expandió de manera que, en 2016 la *Cydalima* ya estaba establecida en 6 de los 16 estados alemanes. La invasión ha evolucionado muy rápidamente, ahora en 2021 ya se encuentra presente en 38 países del continente europeo, según el *European and Mediterranean Plant Protection Organization* (EPPO) (Figura 1).

En la península Ibérica la primera cita estuvo en Galicia (Pontevedra, 2014), y posteriormente se encontró en Catalunya, Euskadi, Navarra, Aragón y la Comunidad Valenciana.

La polilla del boj, en su área de distribución original, se alimenta de diferentes especies del género *Buxus*, mientras que aquí lo hace afectando exclusivamente de *Buxus sempervirens*. En las Islas Baleares afecta también a *Buxus balearica* Lam., especie incluida en el Catálogo Balear de Especies Amenazadas.

El boj es un arbusto muy utilizado en jardinería, sobre todo para formar vallas vegetales, tanto por su belleza, como por su porte armonioso. A la vez, es un arbusto perennifolio de follaje espeso, con poco mantenimiento y que admite ser podado intensamente.

En el territorio catalán el boj (*Buxus sempervirens* L.) es un arbusto muy abundante de manera natural (Figura 2), principalmente en zonas de terreno calcáreo y con disponibilidad hídrica (Torres et al., 1996). Ocupa una superficie total alrededor de 1,1 millón de hectáreas, distribuida en gran parte como sotobosque de pinares, hayedos y robledas, a pesar de que también

forma bojedas dónde es la especie dominante. Además, es considerado como una buena colonizadora, puesto que se trata de una especie que



Figura 2. Mapa de la distribución de boj en Catalunya (arriba) e imagen de un ejemplar (abajo). Fuente: Floracatalana

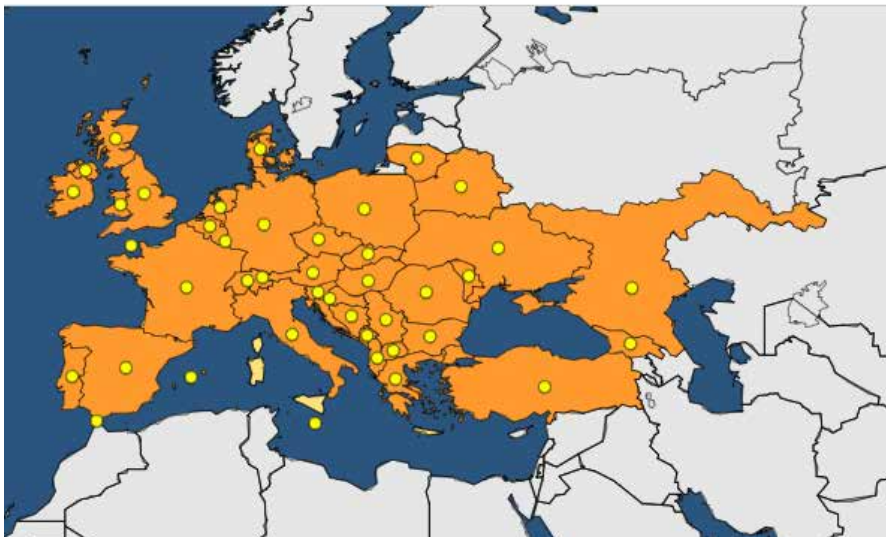


Figura 1. Presencia observada de *Cydalima perspectalis* en Europa según datos del EPPO (2021).

se adapta muy bien a las zonas que han sufrido algún tipo de degradación.

La voracidad de la oruga sumada a la alta fecundidad de la polilla hace que sea una plaga terriblemente destructora, con unos niveles espectaculares de defoliación de los boj es e invasión difícilmente observados con otras plagas conocidas en el continente europeo.

Los efectos devastadores son evidentes tanto en boj es ornamentales de parques y jardines como en boj es silvestres. Mas aún si la polilla desarrolla como mínimo dos generaciones completas durante el año en la región afectada. La consecuencia última del ataque en la mayoría de los casos es la muerte de los boj es en un periodo que puede variar desde los 3 hasta los 5-8 años después de una defoliación total. Este rango varía según las condiciones climáticas, la orientación y el tipo de comunidad vegetal presente.

La defoliación total de algunas de las boj es naturales en la comarca de la Garrotxa en 2017 y su expansión durante el año 2018 propició varios estudios y acciones por parte de diferentes administraciones.

En 2019 se constituyó un grupo de trabajo de expertos integrado por los Servicios de Sanidad Vegetal y de Gestión Forestal, el Cos d'Agents Rurals del DARP (*Departamento de Acció Climática, Alimentación y Agenda Rural*), el DTES (*Departament de Territori i Sostenibilitat*),

y el CREA. Desde entonces este grupo se encarga de hacer un seguimiento de la plaga, y entre otras acciones empezó a determinar la presencia y la afectación de la polilla del boj en el territorio catalán.

Por otro lado, fuera del marco del grupo de trabajo, se han realizado estudios basados en la experiencia y manejo de la plaga en las comarcas de la Garrotxa y el Ripollès, los cuales se describen también en este artículo.

## Biología y comportamiento de la especie

La polilla del boj *Cydalima perspectalis* es un lepidóptero de la familia de los *Crambidae* que tiene unas dimensiones de 35 a 45 mm y es de color blanco nacarado con un perfilado marrón. También existe una forma de color marrón con dos pequeñas manchas blancas, mucho menos común.

Las polillas hembras colocan pequeñas puestas, de 5 a 20 huevos de tamaño milimétrico, en el anverso o reverso de las hojas de boj. Una única hembra puede llegar a poner hasta unos 1.000 huevos en unos pocos días. Después de la eclosión, las larvas monofagas se alimentan de primavera a otoño y lo hacen de una forma voraz y gregaria. Después de 5 a 6 mudas sucesivas buscan un lugar para hacer la última

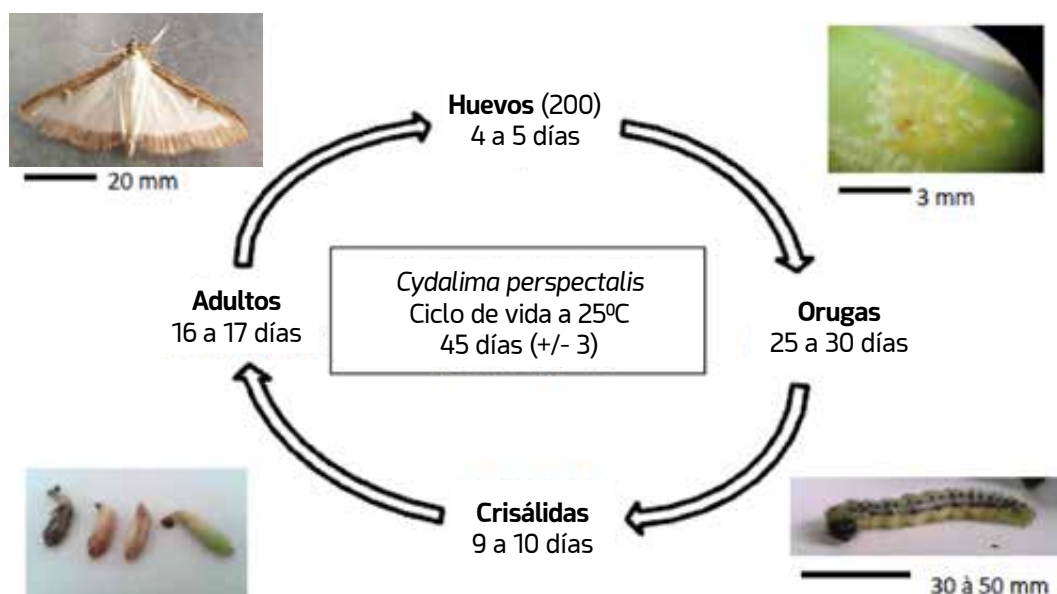


Figura 3. Ciclo biológico de *Cydalima perspectalis*. Figura adaptada de Defferier et al. (2018)



muda y crisalidar. Esta crisálida o pupa la suelen hacer en los mismos bojes o a veces quedan en suspensión en los hilos de seda y se dejan llevar por el viento hasta otro árbol o arbusto.

Las polillas o mariposas tardan 45 días (+/- 3 días) al desarrollar todo un ciclo (Figura 3) a una temperatura constante de laboratorio de 25 °C (Defferier et al., 2018). Esto implica que esta especie presenta en Catalunya entre 2 y 3 generaciones por año, dependiendo de las condiciones climatológicas.

Una vez la polilla hace la puesta los huevos tardan de 4 a 5 días en abrirse, después las larvas se van alimentando y creciendo durante 25 o 30 días, hasta la séptima y última fase larvaria (de 30 a 50 mm de longitud). Posteriormente se hacen las crisálidas, que emergen al cabo de 9 o 10 días. Las mariposas tienen una vida de 16 a 17 días, cuando se produce la fecundación y vuelve a empezar el ciclo.

Las últimas puestas del año se realizan en el mes de octubre (3 generaciones), al cabo de pocos días abren y las orugas pasan el invierno en las primeras fases larvarias protegidas en un envoltorio de seda y hojas del boj. Una vez llegan las buenas temperaturas del mes de marzo las orugas empiezan a comer hasta que a principios de junio crisalidan y a finales del mismo mes las mariposas ya inundan los bosques, campos y pueblos. En este momento se produce la cópula y en julio ya vuelven a haber las puestas de la segunda generación y el ciclo vuelve a empezar. La Figura 4 muestra una curva de vuelo en la Garrotxa con una primera generación de adultos entre finales de junio y principios de julio y una segunda generación

solapada con una tercera entre los meses de septiembre y octubre.

La capacidad de vuelo máxima de una polilla puede llegar a los 10 km, a pesar de que en algún artículo sale citada a distancias de hasta 15 km, siendo los valores de 1 a 2 km los más comunes (Defferier et al., 2018).

## Evolución y previsiones de la plaga en Catalunya

Para definir la magnitud de la superficie amenazada en Catalunya fue necesario determinar cuál es la superficie ocupada por la vegetación que constituye su alimento en Catalunya: las bojedas. Se encargó al grupo de investigación de Geobotánica y Cartografía de la Vegetación de la Universitat de Barcelona la elaboración de los mapas de la distribución del boj resultantes de clasificar los hábitats forestales en función de la presencia y abundancia de boj. El mapa de la Figura 5 muestra aquellos hábitats en que el boj se encuentra presente, y aquellos en los que el boj se encuentra como especie abundante y como especie dominante. En total el boj ocupa en Catalunya un total de aproximadamente 1,1 millón de hectáreas, de las cuales aproximadamente la mitad (538.058 ha) presentan boj de forma abundante y dominante.

Con el fin de definir de forma efectiva las superficies en las que se encuentra presente, se diseñó un método de muestreo realizando transectos a lo largo de la red viaria más significativa de cada comarca que transcurre por zonas

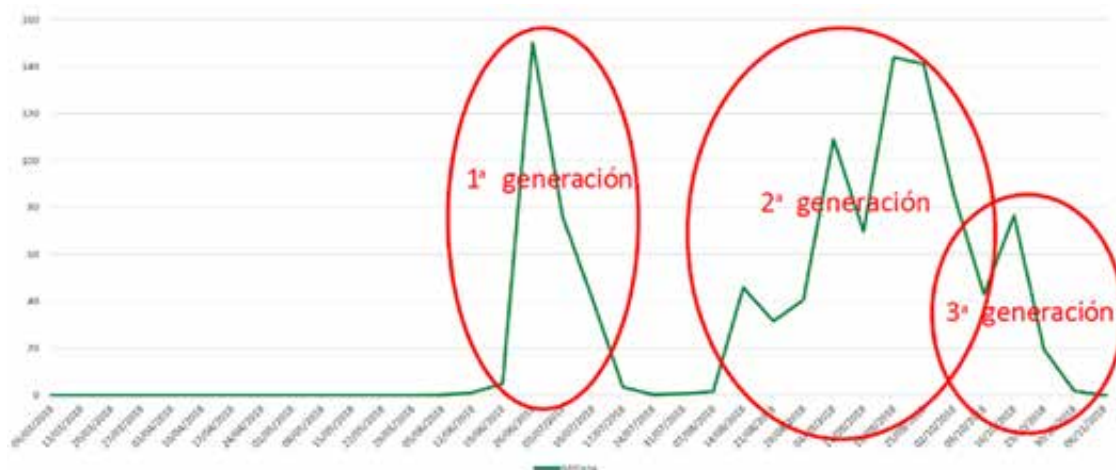
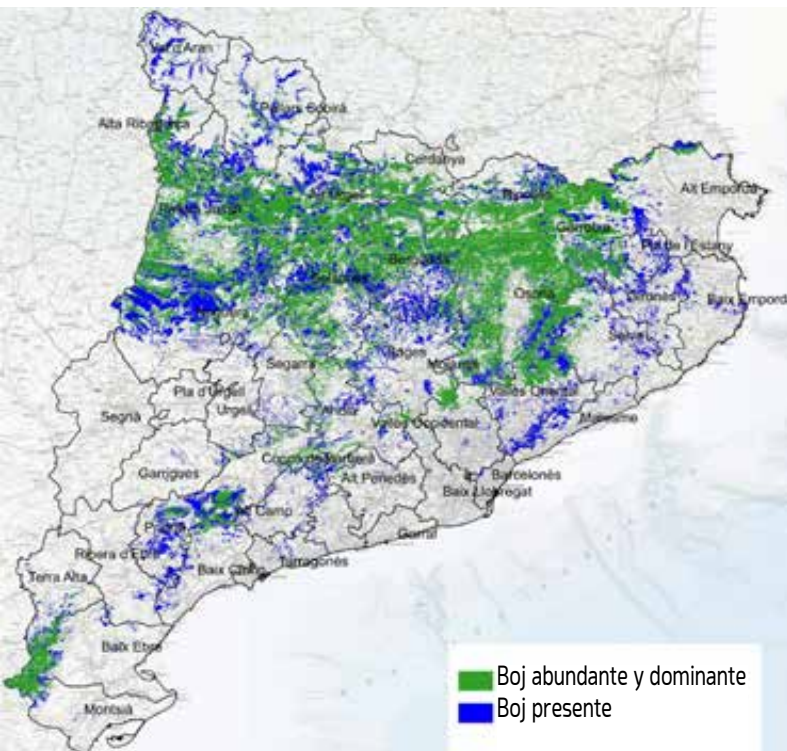


Figura 4. Curva de vuelo de *Cydalima perspectalis* en la comarca de la Garrotxa. Artola, 2018



**Figura 5.** Mapa de distribución de *Buxus sempervirens* en Catalunya elaborado por el Grupo de Geobotánica y Cartografía de la Vegetación de la UB.

El análisis de cada punto consiste en la observación de 5 pies o matas de boj en los cuales se le asigna un valor de afectación según la *Tabla 1*, en función al nivel de presencia de hojas secas, de defoliación y/o de presencia de capullos invernales en cada pie o mata de boj seleccionado. A cada punto de observación se le asigna, mediante un índice agregado (suma de los valores de cada uno de los pies o matas de boj) una categoría de afectación según la *Tabla 2*. Trasladando los datos obtenidos a una aplicación SIG se obtienen los mapas de afectación en Catalunya para cada año.

En 2018 se muestrearon un total de 1.196 puntos distribuidos por la mayor parte de comarcas con presencia de boj, y de estos puntos se encontraban afectados 352. De este análisis se obtuvo un total de 14 comarcas afectadas ocupando una superficie total de 67.639 ha. Las afectaciones severas se concentraban en las comarcas de la Garrotxa (la cual se encontraba prácticamente afectada en su totalidad de forma severa), Osona, la Selva y los sectores occidentales de las comarcas del Pla de l'Estany, Alt Empordà y Gironès. El resto de las comarcas afectadas (Ripollès, Berguedà, Bages, Moianès, Vallès

forestales con presencia de boj, con la intención de cubrir de la manera más homogénea posible la superficie forestal y accesible.

Los puntos de muestreo se sitúan a lo largo de la red viaria separados una distancia de 2 km aproximadamente. El Cos d'Agents Rurals realiza cada año, en el periodo comprendido entre el 1 de noviembre y el 15 de diciembre (periodo en el que el insecto se encuentra en fase de hibernación) las prospecciones para definir el nivel de afectación de cada punto de muestreo.

**Tabla 1.** Clasificación del nivel de daños en la elaboración de los transectos.

Nivel	Intervalo de valores	Afectación
0	≤1	Nada
1	2-6	Leve
2	7-11	Moderada
3	12-13	Grave
4	≥14	Severa

**Tabla 2.** Intervalos de valores del índice agregado para definir el grado de afectación en los mapas de afectación.

Nivel	
0	<b>Sin daño.</b> Boj verde o rojizo con hoja y sin presencia de orugas hibernando.
1	Boj verde o rojizo con hoja y con <b>presencia de orugas hibernando o boj con hojas secas o sin hojas en una tercera parte o menos</b> de su masa foliar y con presencia de orugas hibernando.
2	<b>Boj con hojas secas sin hojas en más de un tercio de su masa foliar, pero sin llegar a la defoliación total</b> y con presencia de orugas hibernando.
3	<b>Boj totalmente seco con hojas secas o bien sin hojas.</b>



Oriental, Vallès Occidental, Baix Llobregat y Baix Penedès) presentaban afectaciones leves, con alguna localidad afectada de forma moderada en las comarcas del Bages, Moianès y Vallès Occidental.

En 2019 se incorporó a la metodología la realización de prospecciones en puntos ubicados en masa forestal no asociados en la red viaria, lo cual permitía reflejar afectaciones forestales en lugares menos accesibles. Durante este año se muestrearon un total de 1.297 puntos de los cuales 550 presentaban afectación. Los puntos que el 2018 presentaban una afectación severa no se volvieron a muestrear y se mantuvo esta categoría de afectación en 2019. El análisis de estos datos permite observar como el foco inicial afectado de forma severa se desplazaba en dirección oeste y suroeste incidiendo a la mayor parte de la comarca de Osona y avanzando de manera importante en las comarcas del Moianès, Bages y Berguedà. Se detectan las primeras afectaciones en las comarcas del Solsonès, Anoia, Alt Penedès, Garraf, Tarragonès y Montsià. En total el número de comarcas afectadas, y teniendo en cuenta que en el Baix Penedès durante el 2019 no se detectó presencia de la mariposa, ascendía a 19 comarcas. Se estima que la superficie afectada por *Cydalima* aumentó un 8% respecto al 2018 llegando a las 109.914 ha.

Durante el 2020 el número de puntos prospectados fue de 1.474 puntos. Durante este año el foco avanza en dirección predominante suroeste hacia el Berguedà, el Bages y la

Anoia. Empiezan las primeras detecciones en el Priorat, vuelve a detectarse en el Baix Penedès y por el contrario no se detectaron afectaciones al medio natural en la comarca del Tarragonès. En 2020 la superficie afectada es de 151.779 ha, en un total de 20 comarcas.

La afectación durante estos tres años de análisis ha seguido una progresión ascendente. La *Figura 6* muestra la evolución de la abundancia de los grados de afectación en el periodo 2018-2020 y la *Figura 7* muestra la evolución espacial de la afectación.

Durante el 2020 y simultáneamente a la valoración de la afectación de cada comarca, se realizó la valoración del rebrote a las matas que habían sido afectadas severamente en 2018. De este análisis se desprende que el 72% de los bojes no rebrotan después de dos años continuados de afectación, mientras que de las matas de boj que presentan rebrote, un 16% rebrota de tronco, un 8% lo hace de tronco y ramas y un 4% rebrota solo de tronco.

A la vista de la evolución que ha tenido la plaga en Catalunya, que avanza como una mancha de aceite desde el foco inicial de la Garrotxa, los tratamientos de control acontecen inabarcables debido a la voracidad de la especie y a la enorme extensión de boj en el medio natural. Como única solución a la vista queda que se logre el equilibrio que pueda producirse en algún momento como consecuencia del control natural por la acción de los depredadores, parásitos y parasitoides naturales.

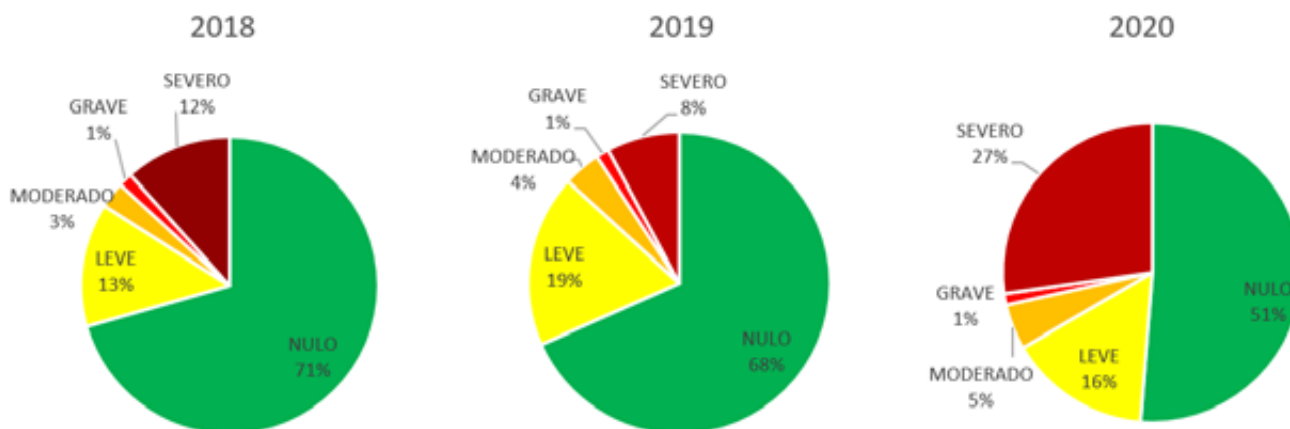


Figura 6. Evolución de la abundancia de los grados de afectación para los años 2018-2020.

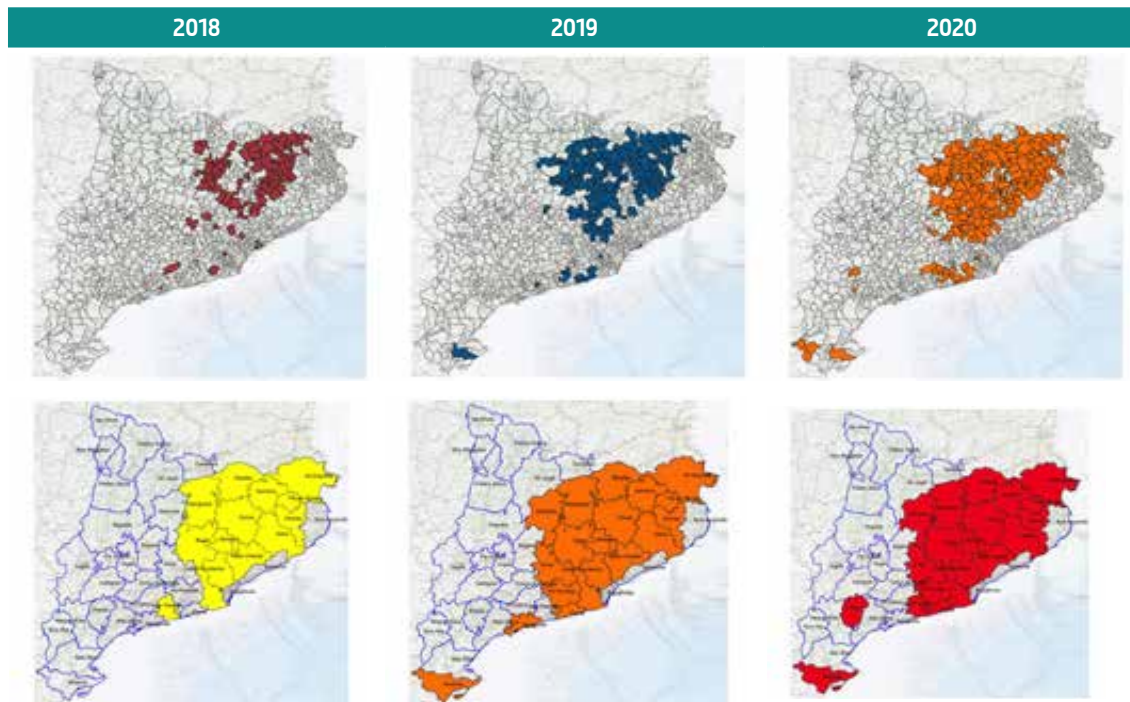


Figura 7. Municipios y comarcas afectadas por la polilla del boj en el periodo 2018-2020.

## Actuaciones de seguimiento y control de la plaga

En el marco de las acciones llevadas a cabo por el Grupo de Trabajo constituido, entre otros por el DARP (*Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural*) y el DTES (*Departament de Territori i Sostenibilitat*), se ha elaborado un Plan de Acción, cuyos objetivos se centran en determinar la distribución de la plaga, conocer su comportamiento en nuestro territorio, determinar qué medidas permiten su control y la elaboración de un plan de comunicación para hacer pública la información sobre la plaga y su gestión.

Para complementar la información anual sobre la distribución de la plaga y su comportamiento se ha establecido la llamada 'Xarxa de Vigilancia', formada por una red de estaciones en la cual se han ubicado grupos de trampas por toda Catalunya tratando de representar la diversidad de las zonas ecoclimáticas presentes en el territorio. La finalidad de esta red es profundizar en el conocimiento del ciclo biológico de la polilla mediante la obtención de curvas de vuelo en las diferentes regiones ecoclimáticas y con diferentes grados de afectación. Los resultados, en los tres años de seguimiento, explican

las diferencias en el comportamiento de las poblaciones en función de la disponibilidad de comida y la región ecoclimática, pudiéndose desarrollar de 2 a 3 generaciones dependiendo de la ubicación (Bassols *et al.*, 2021).

En el marco del grupo de trabajo antes mencionado se han puesto en marcha varios estudios para determinar qué medidas permiten el control de la plaga. Estos se presentan a continuación:

Desde el 2019 en el Pla Boixer (Osona), y con la colaboración de la Fundación Catalunya La Pedrera, se han testado varias medidas de control en las diferentes fases de desarrollo del insecto (huevos, larvas y adultos). Estos estudios reflejan que los métodos de control son más efectivos en los años posteriores de la primera afectación, logrando las efectividades más altas con tratamientos con *Bacillus thuringiensis*. Respecto al tratamiento con *Bacillus*, otros métodos como la captura masiva, el uso de parasitoides o la confusión sexual tienen eficacias inferiores. En el caso del uso de parasitoides (trichogrammas) y la confusión sexual, su efectividad se ve alterada por el desplazamiento de orugas que se produce en otras zonas (Senmartí, 2021).



En la misma localización también se han estudiado por un lado los posibles depredadores y parasitoides, que muestran una baja efectividad en la depredación de adultos o parasitismo de huevos (Cardellac y Sarto, 2021), y por el otro los métodos de control y el grado de daños que provocan al boj, los resultados señalan al *Bacillus thuringiensis* como el método más eficaz que consigue un menor grado de afectaciones provocadas por la mariposa a los bojes. La captura masiva acontece un método no tan eficiente para reducir los daños, pero combinada con *Bacillus* y, efectuarla cuando las poblaciones de las orugas no son tan altas podría ser un buen método, mientras que el tratamiento con trichogrammas no muestra evidencias de ser un método efectivo para la reducción de daños en ambientes forestales. (Bou et al., 2021).

Además de los estudios promovidos por el grupo de trabajo antes mencionado, financiados por el DARP, también han surgido otros estudios y publicaciones con el apoyo de otras entidades públicas, como por ejemplo:

- Predicción de la distribución e impacto potencial de la especie invasora *Cydalima perspectalis* en Europa (Caños et al., 2021). Este interesante estudio recoge el potencial de expansión y de severidad del daño de la especie. Haciendo un breve resumen se puede decir que la polilla del boj tiene un efecto de continentalidad, por tanto, su expansión es más favorable en zonas litorales donde las temperaturas son suaves y el régimen de precipitación de baja estacionalidad. Los bojes ubicados en zonas interiores y más elevadas son menos susceptibles de recibir impactos severos. Las condiciones climáticas futuras provocadas por los efectos del cambio climático podrán influir negativamente en su rendimiento.
- Estudio de cómo rebrotan los bojes después de las defoliaciones totales, que también está siendo objeto de análisis desde hace dos años (Artola y Danés, 2021). Gracias a estos trabajos se ve que los bojes han sido capaces de rebrotar hasta 4 veces en el periodo de dos años y medio. Sin embargo, en las parcelas de una de las zonas de estudio el 20% han muerto transcurridas 3 defoliaciones y en el otro el 70% han muerto después de 4 defoliaciones.

## Afectaciones y experiencia en las comarcas de la Garrotxa y el Ripollès realizada por el Parc natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa y la Agrupació naturalista i ecologista de la Garrotxa

En la comarca de la Garrotxa se ha realizado un trabajo surgido del interés y de la necesidad de estudiar las causas de las defoliaciones y el desecamiento de las bojeadas en la Garrotxa y el Ripollès en los últimos años. Esta problemática surgía por la acción de una enfermedad producida por un hongo que en 2008 aún no estaba identificado y que también produjo defoliaciones severas en 2013 y 2014. Durante el 2017 se acentúan las defoliaciones por la acción de la *Cydalima perspectalis*. El objetivo era estudiar la reacción de las bojeadas de la Garrotxa y Ripollès ante el ataque de la enfermedad, de la plaga o a su combinación y determinar el nivel de resistencia a estas perturbaciones. Para efectuarlo se llevó a cabo el seguimiento de unas parcelas experimentales desde el año 2014 hasta el 2020 en diferentes zonas de estas dos comarcas (Figura 9).

El hongo, analizado en diferentes laboratorios del país, afecta principalmente los bojes situados en los sectores más sombríos y de borde de proximidad a riberas, presenta una sintomatología compatible con la enfermedad del cancro, producida por el hongo *Cylindrocladium pseudonaviculatum* ampliamente distribuido por diferentes países europeos y que ha provocado importantes defoliaciones, afectando aproximadamente 2.000 hectáreas de la Garrotxa en 2014.

El seguimiento efectuado se ha basado en la obtención de un índice definido en base a las clases de abundancia de pies afectados que se indican a continuación:

- Afectación baja o nula: 0%-25% de los pies de boj de la parcela.
- Afectación media: 26%-50% de los pies de boj de la parcela.
- Afectación alta: 51%-75% de los pies de boj de la parcela.
- Afectación extrema: 76%-100% de los pies de boj de la parcela.



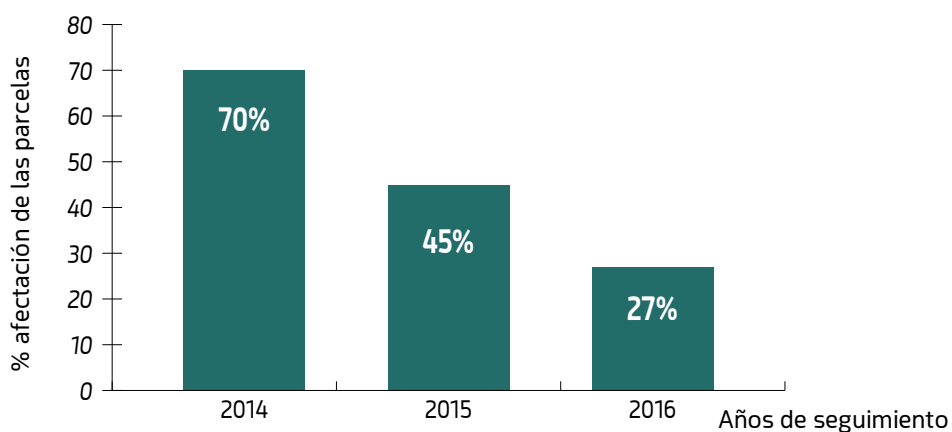
**Figura 9.** Parcela de *Buxus sempervirens* antes de ser defoliada (arriba) y después de sufrir una defoliación (abajo).

Además, se ha realizado un seguimiento fotográfico de cada parcela para disponer de las imágenes de la evolución de la plaga (Figura 11).

Respecto a la defoliación observada, en 2014 el boj sufrió una primera defoliación severa producida por el patógeno de origen fúngico. Se constató que un 70% de los bojes presentaban defoliación total y que en los dos años siguientes hay una recuperación de las plantas de forma que en 2016 solo un 27% de los pies no rebrotaron (Figura 12).



**Figura 11.** Brote de una ramilla de *Buxus sempervirens* después de un episodio de necrosis.



**Figura 12.** Porcentaje de defoliación de bojes afectados por el presunto hongo en parcelas experimentales.



La enfermedad observada produce la obturación de los conductos de savia de las ramas y ramillas e impide la alimentación de las hojas provocando su seca y caída. En la Garrotxa y el Ripollès se ha comprobado que la repetición de más de tres episodios de defoliación provoca la muerte de gran parte de los bojes afectados (del 25% al 100% de los pies del rodal).

Para poder determinar el alcance de esta enfermedad se difundió el programa "SOS Boixos" por las redes sociales y se pudo obtener información del resto de las comarcas. A partir de los datos obtenidos se pudo elaborar un mapa de la afectación en Catalunya (Figura 13).



**Figura 13.** Alcance de la enfermedad fúngica estimado en el territorio catalán en función a los datos de observación.

Los efectos de la enfermedad causada por el hongo se han visto agravados por la llegada de la polilla del boj. La plaga se dio por establecida en la Garrotxa en 2017 a pesar de que todavía quedan puntos sin presencia en la Alta Garrotxa y la zona de Collsacabra por encima de la cota 1.300 m.

En las comarcas de la Garrotxa y del Ripollès, el ciclo de la *Cydalima* se extiende desde el mes de marzo hasta el mes de octubre con la presencia de tres picos larvales en los meses de marzo-mayo, junio-julio y agosto-octubre seguidos de los respectivos picos de vuelo de la polilla muy marcados. En los lugares situados a cotas más altas los picos de vuelo de la polilla se reducen a uno o dos.

Los efectos de la plaga durante los años 2017 y 2018 han sido devastadores, dejando la práctica totalidad de las bojedas defoliadas y la parte aérea fuertemente seca. Por el contrario, en la comarca del Ripollès los efectos de la plaga han sido más intensos durante los años 2019 y 2020, y solo se encuentran masas de boj en buenas condiciones en las cotas más altas. Además, gran parte de las vallas urbanas de jardines han sufrido esta plaga con un impacto visual considerable (Figura 15).



**Figura 15.** Valla vegetal de boj afectada.

Del seguimiento de las 6 parcelas experimentales se ha constatado que entre el 35% y el 50% de los bojes afectados han muerto de raíz después de 2 años de ataque de la plaga. Cuando los bojes han sufrido previamente la enfermedad fúngica y posteriormente han sido defoliados por la mariposa el porcentaje de mortalidad se ha incrementado entre el 85% y el 100%.

Después del primer año de ataque de la plaga, los bojes tienen la capacidad de rebrotar con normalidad la siguiente primavera (Figura 16), puesto que el primer año se produce un ataque foliar que no afecta la corteza de los bojes, y por tanto los tejidos conductores continúan siendo funcionales y pueden brotar con normalidad desde las ramas. Si el ataque persiste durante un segundo año la mortalidad aumenta, la falta de hojas hace que la oruga ataque la corteza de ramas y troncos alterando los tejidos conductores de estos (Figura 17) provocando la muerte de gran parte de las ramas y también del tronco, dejando toda la parte aérea seca de forma que solo puedan brotar por el pie o la raíz. En casos



**Figura 16.** Boj con rebrotes a inicios de marzo después del primer año de afectación por la plaga (izquierda) y el mismo boj sin rebrotar después del segundo año de ataque a inicios de marzo (derecha).



**Figura 17.** Corte longitudinal en la corteza de una ramilla donde se observa la parte viva (derecha) y la muerta (izquierda).

extremos y dónde previamente ha habido una afectación repetida de la enfermedad fúngica, se ha observado la muerte del tocón desde las raíces de los bojes.

Para buscar alguna alternativa de gestión en las bojedas afectadas se establecieron unas parcelas en las que se cortaron todos los bojes afectados, con el fin de observar la reacción del rebrote y comprobar la incidencia de los patógenos.

En parcelas que solo habían sufrido el ataque del lepidóptero se constató que después de tres ataques consecutivos algunos pies mantenían brotes epicorticales y basales. Sin embargo, en las parcelas que habían sufrido el ataque combinado del lepidóptero y de la enfermedad fúngica a partir del cuarto rebrote ya no era viable la planta.

Para determinar la cantidad de necromasa existente a las bojedas de la Garrotxa se obtuvo una tarifa de cubicación (*Tabla 3*) calculada a partir de 8 parcelas de 10 metros de radio donde se pesaba todo el boj seco (*Figura 18*). Los resultados que se obtuvieron fueron que en los bosques de la comarca de la Garrotxa y del Ripollès hay entre 100.000 y 150.000 toneladas de necromasa de boj.

**Tabla 3.** Tarifa de cubicación para determinar la cantidad de necromasa existente.

Diámetro (cm)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14	15	20
Peso total (kg)	4,2	7,3	10,4	18,9	20,2	21,3	25,4	28,7	30,6	36,2	45,4	51,2	<b>102,2</b>
Peso comercial (kg)	0	0	3	13,1	14,2	14,4	17,3	19,9	22,7	28,9	38,9	42,8	<b>76,5</b>



**Figura 18.** Trabajos para el cálculo de necromasa.





## Conclusiones

- Desde la llegada de la polilla a Catalunya en 2014 a la Garrotxa, la mariposa del boj se ha propagado con rapidez por las comarcas vecinas, alimentándose exclusivamente de *Buxus sempervirens* y desarrollando de 2 a 3 generaciones según las condiciones ecológicas presentes en la zona.
- Los efectos destructores son evidentes tanto en bojes ornamentales de parques y jardines como en bojedas silvestres, provocan la defoliación de los bojes afectados y pueden causar la muerte en un periodo que puede variar de los 3 a los 5-8 años después de una defoliación total.
- La defoliación total de algunas de las bojedas naturales en la comarca de la Garrotxa en 2017 y su expansión durante el año 2018 propició la creación de un grupo de trabajo constituido por el DARP, DTES y el CREAM con el fin de gestionar y realizar un seguimiento de la plaga en Catalunya.
- Se han elaborado los mapas de distribución de la especie en Catalunya para los años 2018, 2019 y 2020 a partir de los transectos realizados por el *Cos d'Agents Rurals*. Durante el año 2019 la plaga ha avanzado desde el foco inicial de la Garrotxa en dirección oeste y suroeste. En 2020 la propagación ha ido en dirección predominantemente suroeste. Actualmente se encuentran afectados 183 municipios de 20 comarcas.
- A la vista de la evolución que ha tenido la plaga en Catalunya, los tratamientos de control son inabarcables debido a la voracidad de la especie y la enorme extensión de boj en el medio natural, se espera que se pueda conseguir el equilibrio en algún momento como consecuencia del control natural por la acción de los depredadores, parásitos y parasitoides naturales.
- De los estudios realizados en el ámbito del grupo de trabajo se concluye que los métodos de control son más efectivos cuando se realizan en años posteriores al de la primera afectación, logrando los mejores resultados con tratamientos con *Bacillus thuringiensis*. Es este método de control el que provoca un menor grado de afectación en los bojes. Otros métodos como la captura masiva, el uso de parasitoides o la confusión sexual tienen eficacias inferiores y su efectividad se ve alterada por el desplazamiento de orugas que se produce desde otras zonas. La captura masiva supone un método no tan eficiente para reducir los daños, pero combinada con *Bacillus* y efectuada cuando las poblaciones de las orugas no son tan altas podría ser un buen método, mientras que el tratamiento con trichogrammas no muestra evidencias de ser un método efectivo para la reducción de daños en ambientes forestales.
- La polilla del boj atiende a efectos de la continentalidad, por tanto, su expansión es más favorable en zonas litorales donde las temperaturas son suaves y el régimen de precipitación es de baja estacionalidad. Los bojes ubicados en zonas interiores y más elevadas son menos susceptibles de recibir impactos severos. Las condiciones climáticas futuras provocadas por los efectos del cambio climático podrán influir negativamente en su rendimiento.
- En cuanto a la capacidad de rebrote de los bojes, según un estudio, son capaces de rebrotar hasta 4 veces en el periodo de dos años y medio, a pesar de que se ha visto que hay una mortalidad del 20% después de 3 defoliaciones y del 70% después de 4 defoliaciones.
- El Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa y l'Agrupació naturalista i ecologista de la Garrotxa han realizado un estudio para determinar las causas de las defoliaciones y seca de las bojedas en la Garrotxa y el Ripollès en los últimos años, provocadas por el efecto de una enfermedad causada por un hongo y el ataque de *Cydalima*.
  - La enfermedad producida por el hongo provocó fuertes defoliaciones en zonas húmedas de la Garrotxa y el Ripollès en 2008 y 2013 y el 2014 la defoliación fue más generalizada afectando una superficie de unas 2.000 ha en la Garrotxa.
- Los efectos de la plaga en la Garrotxa fueron devastadores durante los años 2017 y 2018 dejando la práctica totalidad de las bojedas defoliadas y la parte aérea fuertemente seca. Por el contrario, en la comarca del Ripollès los efectos de la plaga han sido más intensos durante los años 2019 y 2020, y solo se encuentran masas de boj en buenas

condiciones en las cotas más altas. Además, gran parte de las vallas urbanas de jardines han sufrido esta plaga con un impacto visual considerable.

- Del seguimiento de 6 parcelas experimentales se ha constatado que entre el 35% y el 50% de los bojés afectados han muerto de raíz después de 2 años de ataque de la plaga. Cuando los bojés han sufrido previamente la enfermedad fúngica para después ser defoliados por la mariposa el porcentaje de mortalidad se ha incrementado entre el 85% y el 100%.
- Para determinar la cantidad de necromasa existente en las bojedas de la Garrotxa se obtuvo una tarifa de cubicación calculada a partir de 8 parcelas donde se pesaba todo el boj seco. Los resultados que se obtuvieron fueron que en los bosques de la comarca de la Garrotxa y del Ripollès hay entre 100.000 y 150.000 toneladas de necromasa de boj.

## Agradecimientos

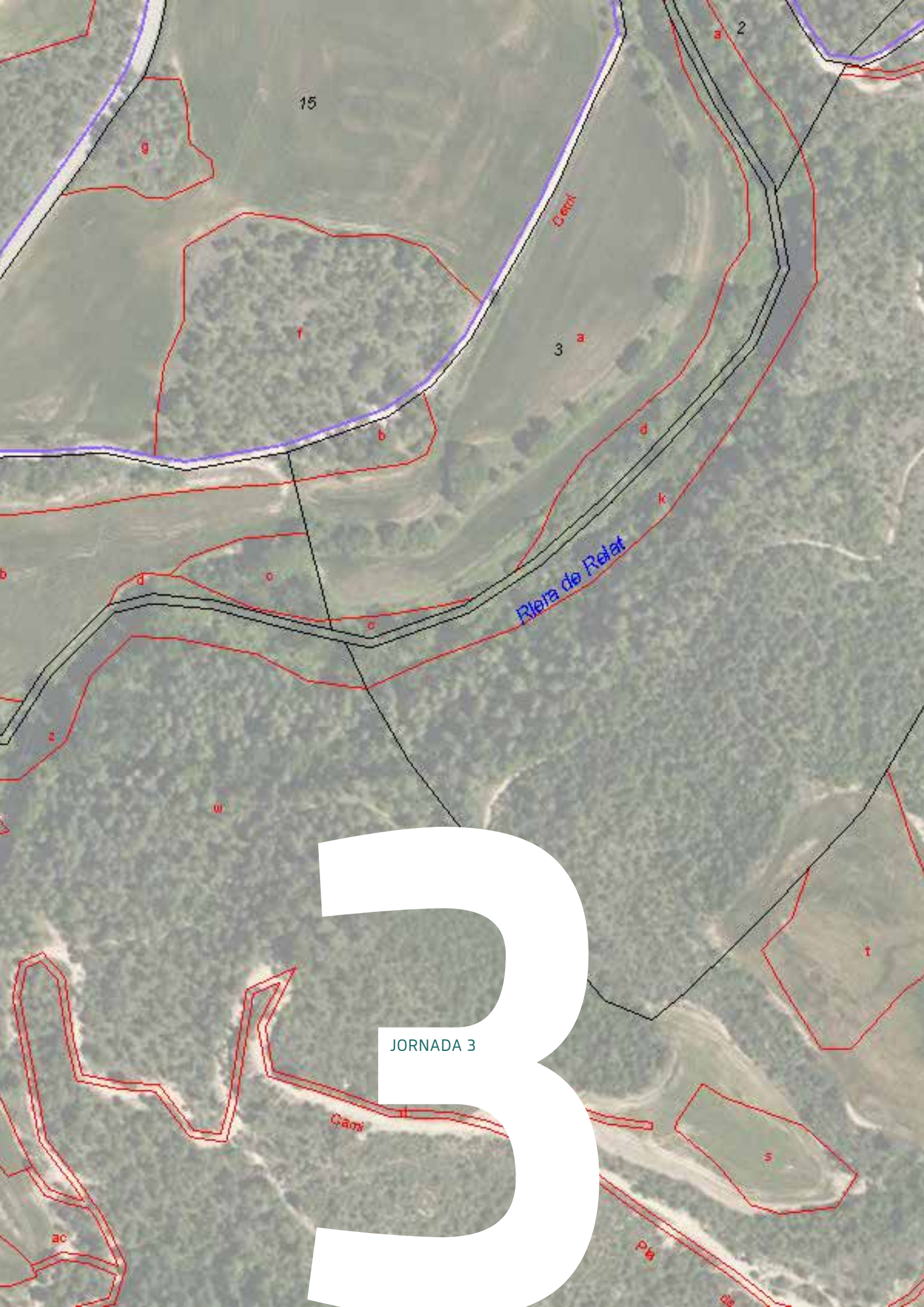
La colaboración del Cos d'Agents Rurals en la realización de las prospecciones por la geografía de Catalunya ha sido indispensable para la elaboración de los mapas de afectación de *Cydalima* en el marco del grupo de trabajo liderado por el DARP.

## Referencias

- Artola, J. 2018. Resultats del seguiment de la biologia i la fenologia de la papallona del boj. Jornada PATT: Situació actual, resultats dels seguiments i propostes de gestió de la papallona dels boj a Catalunya. RuralCat.
- Artola, J., Danés, A. 2021. Estudi de la rebrotada del boj. Seguiment de l'evolució de la plaga a la Garrotxa. Jornada PATT: Noves dades sobre la situació actual de la papallona del boj (*Cydalima perspectalis*) a Catalunya. RuralCat.
- Bassols, E., Garcia, R., Xirgu, D. 2021. Xarxa de vigilància de la papallona del boj (*Cydalima perspectalis*) a Catalunya, 2020. Jornada PATT: Noves dades sobre la situació actual de la papallona del boj (*Cydalima perspectalis*) a Catalunya. RuralCat.
- Billen, W. 2007. *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Pyralidae) - a new moth in Europe. *Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel*, 57(2/4): 135-137.
- Bou, J., Penís, Y., Corominas, F., Vilar, L. 2021. Avaluació dels danys causats per l'eruga del boj en els assajos de control de la plaga al Pla Boixer (Osona). Jornada PATT: Noves dades sobre la situació actual de la papallona del boj (*Cydalima perspectalis*) a Catalunya. RuralCat.
- Canelles, Q., Bassols, E., Vayreda, J., Brotons, L. 2021. Predicting the potential distribution and forest impact of the invasive species *Cydalima perspectalis* in Europe. *Ecol. Evol.* 2021;00:1- 15.
- Cardellach, P., Sarto, V. 2021. Estudi dels depredadors i parasitoides del cràmbid invasiu *Cydalima perspectalis* a Catalunya. Jornada PATT: Noves dades sobre la situació actual de la papallona del boj (*Cydalima perspectalis*) a Catalunya. RuralCat.
- Defferier, T., Venard, M., Colombel, E., Tabone, E. 2018. Techniques d'élevage de la pyrale du buis. Colloque scientifique sur les bioagresseurs du buis, Végéphy. Tours, France.
- Senmartí, J. 2021. Avaluació de les eines de control de l'eruga del boj en sistemes forestals. Jornada PATT: Noves dades sobre la situació actual de la papallona del boj (*Cydalima perspectalis*) a Catalunya. RuralCat.
- Torres, JA., Cano, E., García, A. 1996. Aportaciones al estudio fitosociológico de las comunidades de boj (*Buxus sempervirens*) en el sector subbético (Andalucía, España). *Acta Botánica malacitana*, 21.







15

2

3

Rleja de Relat

JORNADA 3

3

# ¿Como tener mi finca correctamente definida en el catastro?

Carmen Giménez Gómez. Gerente Territorial, Gerencia Territorial del Catastro en Girona.

Eduard Estevez Álvarez. Jefe de sección de Normalización, Gerencia Territorial del Catastro en Girona.

Joan Vila Senent. Jefe de Servicio de Coordinación de Procesos  
Catastrales, Gerencia Territorial del Catastro en Girona.

Pere Frigola i Vidal. Jefe del Área de Inspección, Gerencia Territorial del Catastro en Girona.

Cita bibliográfica: Giménez, C., Estevez, E., Vila, J., Frigola, P. 2021. ¿Como tener mi finca correctamente definida en el catastro? En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 32-43. ISBN: 978-84-09-31651-9

**Resumen** \_ Este artículo hace un repaso de la normativa básica catastral, la definición, contenido catastral y clases de inmuebles, de las funciones catastrales y de las obligaciones de los titulares catastrales. Sobre la relación del Catastro con el Registro de la Propiedad se comenta el asistente gráfico de la Sede Electrónica del Catastro (SEC), las inscripciones con el Informe de Validación Gráfico Alternativo (IVGA) y la coordinación registral con el Catastro.

Además, se repasan los procedimientos y tipos de expedientes catastrales, la declaración de los expedientes de cambio de titularidad y, también, la utilización del asistente de declaraciones de la SEC. Finalmente, se comenta la corrección de límites de las fincas forestales, la incorporación de los límites municipales oficiales aprobados, así como la valoración catastral de las fincas forestales.

## Introducción

El Catastro está de moda, y se constata que la información que en él consta cada vez tiene más relevancia, dada por el uso masivo que de esta información hacen cada vez más usuarios.

La participación de la Gerencia del Catastro de Girona en las XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera tiene por objeto dar a conocer los instrumentos que proporciona el Catastro, como infraestructura de información del territorio al servicio de la ciudadanía y las administraciones públicas para consultar, descargar información, modificar y actualizar la

descripción de toda clase de fincas y, en particular, de las fincas forestales.

La titularidad catastral y la descripción física correcta de las parcelas contribuyen a garantizar la seguridad jurídica imprescindible sobre la que se basan las actuaciones en el territorio rural.

Una comprobación de la descripción de las fincas en el Catastro contribuirá a poner de manifiesto la validez de los datos consultados o la necesidad de su actualización y a asegurar que la descripción de los bienes inmuebles y su valoración está actualizada. Esta comprobación da garantía jurídica a las personas titulares y, al mismo tiempo, asegura que la información catastral esté, tal y como dispone la Ley del





Catastro Inmobiliario, al servicio de los principios de generalidad y justicia tributaria, contribuyendo a la seguridad jurídica en el tráfico inmobiliario.

En el ámbito de la información catastral, las fincas forestales tienen unas características propias referidas a la asignación de productos, valoraciones y exenciones que son objeto de análisis.

## ¿Qué es el Catastro?

El Catastro Inmobiliario es un registro administrativo, dependiente del Ministerio de Hacienda, en el cual se describen los bienes inmuebles rústicos, urbanos y los de características especiales, tal y como se definen en el Real decreto legislativo 1/2004, de 5 de marzo, que aprueba el Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario. La información catastral está al servicio de los principios de generalidad y justicia tributaria y de asignación equitativa de los recursos públicos y, por este fin, el Catastro Inmobiliario está a disposición de las políticas públicas y de la ciudadanía que requiera información sobre el territorio.

Un bien inmueble, en la definición catastral, es una parcela o porción de suelo de una misma naturaleza, situada dentro de un término municipal, cerrado por una línea poligonal que delimita el ámbito espacial de propiedad de una persona titular o de varias en proindiviso.

El Catastro asigna a cada bien inmueble un identificador único, su referencia catastral, que permite situarlo inequívocamente a la cartografía oficial del Catastro. Como registro o base de datos, el Catastro incluye la descripción catastral de los bienes inmuebles detallando las características físicas, jurídicas y económicas, entre las cuales se encuentran su localización, referencia catastral, superficie, uso, cultivo, representación gráfica, valor de referencia de mercado, valor y titularidad catastrales (Figura 1).

La finalidad básica del Catastro es de carácter tributario, proporcionando la información necesaria para la gestión, recaudación y control de varias figuras impositivas de las administraciones estatal, autonómica y local (Figura 2). Además de la función tributaria, en los últimos años ha habido un incremento de la demanda de información catastral por parte de las administraciones, ciudadanía y empresas.

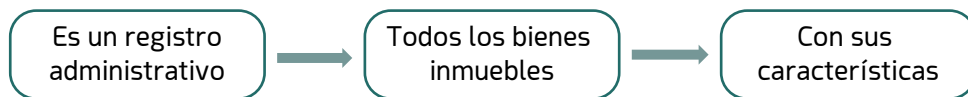


Figura 1. Esquema descriptivo del Catastro Inmobiliario.

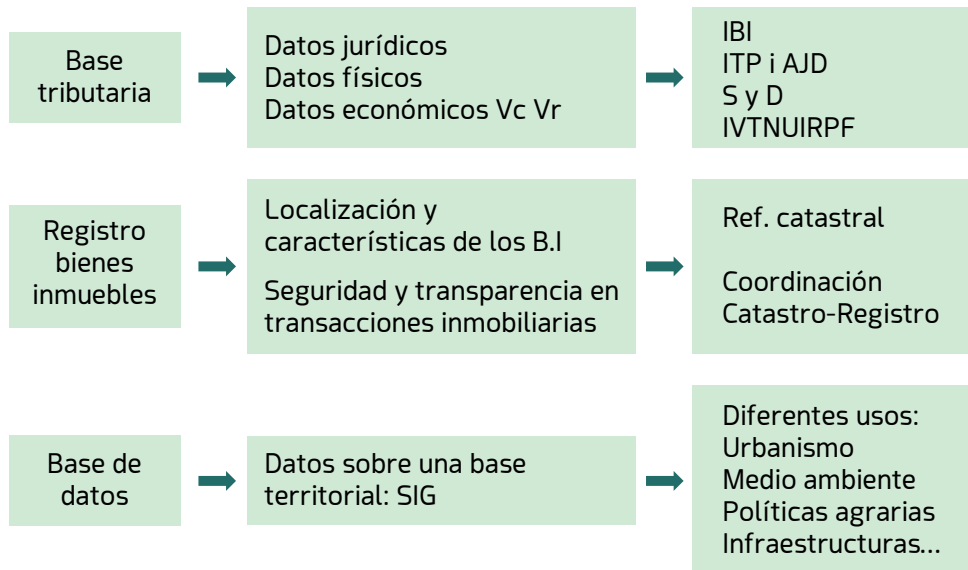


Figura 2. Esquema funcional del Catastro Inmobiliario.

El Catastro es multifuncional y actúa por ley de manera coordinada con el Registro de la Propiedad, contribuyendo a proporcionar garantía jurídica en el tráfico inmobiliario mediante la incorporación de la referencia catastral en todos los documentos objeto de inscripción en el Registro de la Propiedad, que afecten los actos o negocios relativos al dominio y otros derechos sobre los bienes inmuebles.

La información catastral tiene otros usos jurídicos, puesto que aporta protección al mercado inmobiliario ante la compra de fincas inexistentes o con características que no se ajustan a la realidad. La información catastral también sirve para la gestión de ayudas públicas por parte las administraciones públicas gestoras o en el ámbito de la justicia gratuita, por la comprobación de la inexistencia de propiedades.

Un ejemplo importante es el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), el cual permite identificar las parcelas declaradas para la actividad agrícola y gestionar el régimen de ayudas relacionado con las superficies cultivadas.

También tiene otras utilizaciones en materia de planificación del territorio y urbanismo, en procedimientos de expropiaciones, en la gestión de servicios públicos y para el desarrollo de políticas forestales, etc.

La política pública avanza en la difusión de la información catastral hacia sus destinatarios

con el objetivo de que la sociedad perciba la información catastral más como una oportunidad que no como una carga que implica una obligación. Esta facilidad para acceder a la información supone para la ciudadanía un ahorro de trámites, plazos y desplazamientos innecesarios. Actualmente, se dispone de un amplio conjunto de servicios web de actualización y consulta de la información catastral.

## Catastro y Registro de la Propiedad

### El asistente gráfico del Catastro

La Sede Electrónica del Catastro (SEC) nos permite descargar gran variedad de información catastral, tanto cartográfica como alfanumérica. Entrando a la SEC a través de internet (Figura 3), podemos acceder al asistente gráfico, que además de descargar información nos permite dibujar Representaciones Gráficas Alternativas (RGA) en caso de que la cartografía catastral no nos parezca bastante correcta, o queramos modificarla con motivo de inmatriculaciones o parcelaciones (unión, división, reparcelación o enmienda de fincas).



Figura 3. Portada web de la Sede Electrónica del Catastro.

Se trata de una herramienta muy útil y dinámica. Vamos a ver sus funcionalidades.

#### Para descargar información gráfica

- Accedemos al asistente gráfico, nos sumergimos en la cartografía catastral y buscamos la parcela que nos interesa. Podemos llegar por medio de la referencia catastral, por el nombre y número de la calle, etc. o simplemente navegando por la cartografía. Una vez localizamos la parcela, solo hace falta pulsar sobre ella y se nos ofrece todo tipo de información gráfica de la misma.
- Si queremos descargar la cartografía de una o varias parcelas, el asistente gráfico nos lo facilita (*Figura 4*). Solo seleccionando las parcelas y pulsando el botón de descarga nos ofrecerá obtenerla en diferentes formatos.

#### Para dibujar RGA

- El asistente nos proporciona unas herramientas sencillas para dibujar las líneas de división de las parcelas, o bien unir varias parcelas, etc. Si elegimos la opción "Enmendar", nos creará unas hojas de "conformidad de los colindantes" que, firmados por los propietarios afectados para la RGA, se pueden incorporar al expediente de solicitud al Catastro y agilizan enormemente el trámite de modificación de las bases de datos catastrales.

## Inscripción de la Representación Gráfica Alternativa

Una vez tenemos nuestra RGA dibujada, el paso siguiente es validarla a la SEC, es decir, comprobar que el conjunto de fincas afectadas corresponde exactamente al conjunto de fincas propuestas, sin que sobre ni falte nada. Podemos imaginar que las fincas afectadas son en conjunto una pieza de un puzle. Entonces, el conjunto de fincas propuestas tendrá que tener una medida y forma que encaje exactamente al hueco dejado por la pieza de puzle que hemos extraído, es decir la forma y medida de la pieza de puzle inicial. Si se cumple esta condición obtendremos de la SEC un Informe de Validación Gráfico Alternativo (IVGA) positivo, en caso contrario el IVGA será negativo.

Este IVGA, que tiene formado PDF, incorpora un Código Seguro de Verificación (CSV), de 16 dígitos, que permitirá a cualquier agente que intervenga en el tráfico inmobiliario (notaría, oficina del registro, ...) comprobar la veracidad del informe y superponerlo a la cartografía catastral. Así evitamos tener que enviar o transportar archivos informáticos. La información siempre está disponible al Catastro, y es accesible mediante el CSV.



**Figura 4.** Detalle de las funciones de consulta y descarga del asistente gráfico.





**Figura 5.** Portada de un Informe de Validación Gráfica Alternativo, en este caso con resultado positivo.

## La coordinación de fincas registrales con el Catastro

La Ley 13/2015, de 24 de junio, de Reforma de la Ley Hipotecaria aprobada por Decreto de 8 de febrero de 1946 y del texto refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario, aprobado por Real decreto legislativo 1/2004, de 5 de marzo, establece que la base para la coordinación entre Catastro y Registro de la Propiedad es la cartografía catastral.

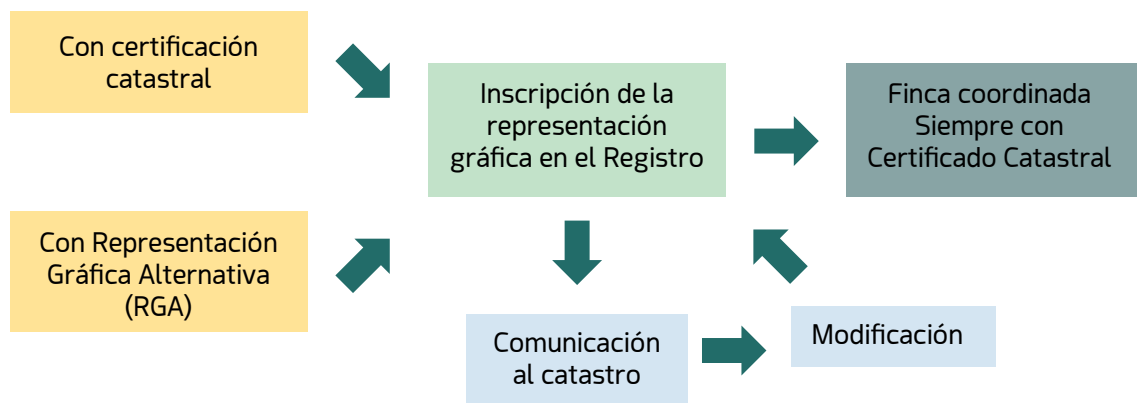
Esta ley 13/2015 establece que la descripción de las fincas al Registro de la Propiedad se tiene que hacer mediante su representación gráfica georreferenciada. De forma obligatoria en caso de inmatriculaciones y parcelaciones y en el resto de los casos de forma voluntaria.

Desde el momento en que se incorporan en el Registro de la Propiedad los datos gráficos catastrales, la delimitación, ubicación y superficie de la parcela pasan a considerarse ciertas a todos los efectos legales. Si hiciera falta la modificación de la cartografía catastral, las personas interesadas pueden aportar una RGA georreferenciada, que servirá para actualizar el Catastro, una vez haya pasado ciertas validaciones gráficas y técnicas.

De forma resumida el procedimiento de coordinación Catastro y Registro es el siguiente (Figura 6):

- La persona interesada aporta al Registro:
  - Una certificación catastral que refleja el estado actual de la finca al Catastro.
  - O bien una RGA que expresa como cree esta persona que tendría que ser la cartografía catastral.
- El Registro valora la representación gráfica aportada y si le parece correcta la comunica al Catastro, para que, si es el caso, modifique sus bases de datos.
- Catastro comunica al Registro que ya ha modificado la información en su base de datos, de forma que ahora la representación gráfica de la finca coincide con la que le ha hecho llegar el Registro.
- El registrador declara la finca coordinada entre Catastro y Registro. Es decir, que sus datos de delimitación, ubicación y superficie coinciden en ambos casos.

### PROCEDIMIENTO DE COORDINACIÓN



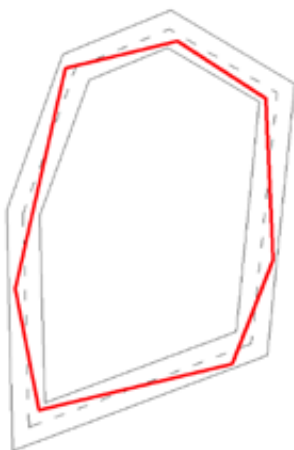
**Figura 6.** Esquema del procedimiento de coordinación entre el Catastro y el Registro de la Propiedad.

La SEC proporciona al personal técnico y a la ciudadanía las herramientas informáticas para crear una RGA o bien para comprobar si una RGA ya creada es positiva (las fincas propuestas encajan exactamente en el hueco que dejan las fincas iniciales), o si en caso contrario es negativa. Actualmente, para obtener un IVGA positivo hace falta que este ensamblaje geométrico sea muy preciso.

Para evitar esta rigidez y tanta precisión, el 7 de octubre de 2020 se publicó en el BOE una resolución conjunta del Catastro y Registro de la Propiedad que quiere flexibilizar este encaje de parcelas. En esta resolución se introduce el concepto "identidad de la parcela", que viene a decir que la equivalencia entre la parcela o conjunto de parcelas inicial y su RGA que se quiere validar, se mantendrá aunque el perímetro externo del conjunto propuesto no sea exactamente equivalente al de las fincas iniciales. Se establecen unas tolerancias gráficas, que si se respetan, permiten obtener una RGA positiva, aunque las geometrías del conjunto inicial y propuesto no sean idénticas.

El programa dibujará internamente dos paralelas a ambos lados del perímetro de la parcela que figura en el Catastro (*Figura 7*). Las paralelas distarán de la línea central:

- 0,5 m a cada lado en urbana.
- 2,0 m a cada lado en rústica.



**Figura 7.** Esquema de la valoración geométrica de los límites de parcela.

Si la finca aportada en un nuevo IVGA (en rojo) queda dentro de la zona comprendida entre las dos paralelas, se considerará que se mantiene la identidad gráfica, y no habrá que modificar la cartografía catastral.

## Los cambios de titularidad catastral

### Procedimientos de incorporación

Las funciones de formación y mantenimiento del Catastro Inmobiliario se ejercen por la Dirección General de Catastro, bien directamente, bien a través de varias fórmulas de colaboración, mediante convenios con ayuntamientos, diputaciones provinciales y otras entidades y corporaciones públicas, tal como señala el artículo 4 del texto refundido de la Ley de Catastro Inmobiliario, aprobado por el Real decreto legislativo 1/2004.

El artículo 11 de esta ley establece la obligatoriedad de la incorporación y los tipos de procedimientos. La incorporación de los bienes inmuebles en el Catastro Inmobiliario, así como de las alteraciones de sus características, que comportará, si procede, la asignación de valor catastral es obligatoria y se puede extender a la modificación de todos los datos que sean necesarias para que la descripción catastral de los inmuebles afectados concuerde con la realidad.

La incorporación se realizará mediante los procedimientos de declaraciones, comunicaciones y solicitudes, enmienda de discrepancias y rectificación, inspección catastral o valoración.

### Declaración

Una declaración catastral es el documento por el cual se pone en conocimiento del Catastro que se ha producido una modificación en el inmueble que afecta a su descripción catastral. Es obligatorio formalizar la declaración por parte de las personas titulares cuando se lleven a cabo los siguientes hechos, actos o negocios:

- Nuevas construcciones (ampliación, rehabilitación, reforma, demolición o derribo de las ya existentes, ya sea parcial o total), modificaciones de uso y cambios de clase de cultivo o aprovechamiento, segregaciones, divisiones o agrupaciones y la adquisición de la titularidad.

El plazo para declarar es de 2 meses desde el día siguiente al hecho, acto o negocio objeto de declaración, con uso preferente de la SEC.

## Enmienda de discrepancias

Tiene por objeto la modificación de datos catastrales cuando la Administración tiene conocimiento de la falta de concordancia entre la descripción catastral de los bienes inmuebles y la realidad inmobiliaria y su origen no se deba al incumplimiento de la obligación de declarar o comunicar.

## Cuestiones de titularidad

La incorporación de la titularidad correcta en el Catastro es obligatoria, y si la adquisición no ha sido objeto de comunicación por parte de las notarías o las oficinas del registro, el adquirente tiene que presentar la correspondiente declaración. A menudo se dan casos en que la titularidad no está actualizada, como por ejemplo cuándo:

- No aparecen todas las personas propietarias en la titularidad catastral. Se tiene que presentar una solicitud para corregir la titularidad aportando la documentación acreditativa.
- La persona propietaria de una finca registral no aparece en el Catastro, con dos casos frecuentes:

– En el Catastro la finca consta con otra titularidad. Se tiene que presentar la solicitud junto con el título acreditativo, pero se tendrá que dar audiencia al titular catastral actual.

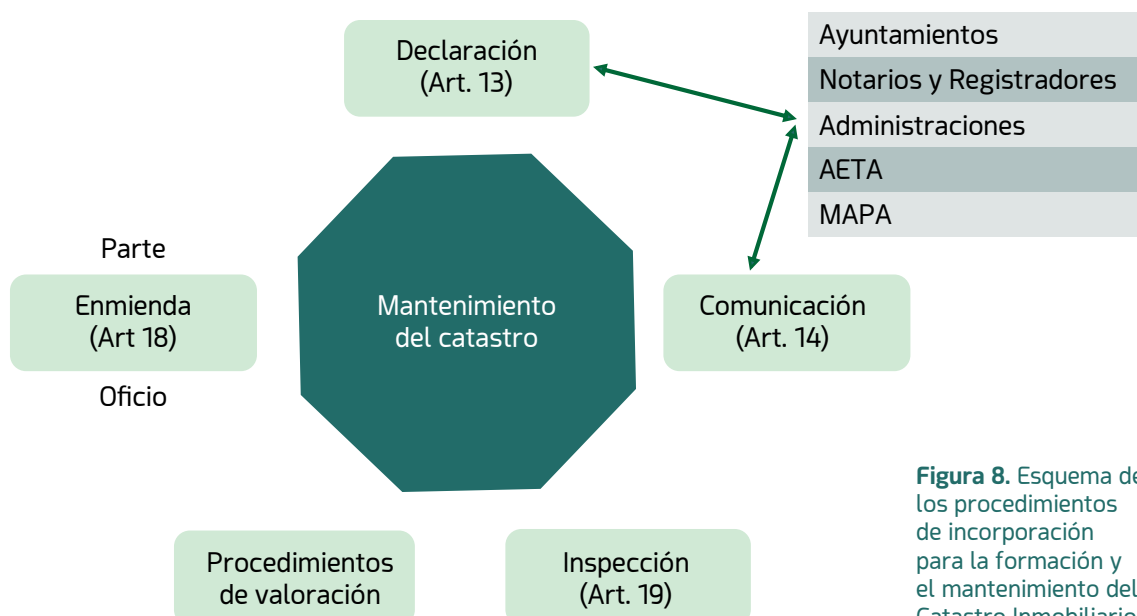
– La finca registral no aparece en el catastro. Se tendrá que dar de alta y será necesario un levantamiento topográfico y la conformidad de todos los titulares catastrales afectados por la ubicación de la nueva finca en la cartografía catastral.

- El titular catastral de una finca manifiesta que no es el titular. Tiene que presentar la solicitud de baja de titularidad.

## Asistente de declaraciones en la SEC

La publicación de la Orden HAC/1293/2018, de 19 de noviembre, por la que se aprueba el modelo de declaración de alteraciones catastrales de los bienes inmuebles y se determina la información gráfica y alfanumérica necesaria para la tramitación de determinadas comunicaciones catastrales, ha supuesto un importante cambio en la tramitación de las declaraciones catastrales derivada de las novedades introducidas, que afectan tanto a la documentación que tiene que acompañar las declaraciones catastrales como la tramitación interna de las mismas.

### PROCEDIMIENTOS DE INCORPORACIÓN



**Figura 8.** Esquema de los procedimientos de incorporación para la formación y el mantenimiento del Catastro Inmobiliario.



Estos cambios inciden favorablemente en la ciudadanía, evitan la presentación de documentos originales y reducen las cargas asociadas a la presentación de las declaraciones. En la SEC se ha implementado un asistente para la confección y presentación de declaraciones catastrales que facilita la confección de las declaraciones permitiendo, además, su presentación telemática.

También se ha incorporado la posibilidad de declarar, conjuntamente en un único modelo, alteraciones que afectan inmuebles ubicados en diferentes municipios y provincias y, por lo tanto, gestionados por diferentes agentes colaboradores y Gerencias Territoriales del Catastro.

## Actualización de los límites de las fincas y valoración catastral

Cómo hemos visto hasta ahora, el Catastro tiene un peso importante como gran base de datos útil para multitudes de trámites, propósitos y

proyectos, siendo el objetivo tener los datos completos de las fincas actualizadas en todo momento.

En rústica, el primer paso básico es conocer o encontrar los límites reales de las fincas sobre el terreno para poder incorporarlos correctamente en el Catastro y, a la vez, actualizar todos los datos catastrales jurídicos y/o descriptivos (por ejemplo, el contenido de los IOF, etc.).

## Los identificadores catastrales

Cuando hablamos de fincas rústicas, y en particular de fincas forestales, hace falta que sepamos identificarlas correctamente y distinguir los tipos de referencias catastrales, así como el léxico o vocabulario habitual que se emplea para denominarlas. Así pues, hablamos de la Referencia Catastral como el identificador oficial y obligatorio de los bienes inmuebles. Consiste en un código alfanumérico que es asignado por el Catastro de forma que todo inmueble tiene que tener una única referencia catastral que permita situarlo inequívocamente en la cartografía catastral (*Figura 9*).



**Figura 9.** Descripción del código alfanumérico de la referencia catastral en caso de fincas urbanas y rústicas.

También es importante saber que una finca registral tiene una referencia catastral, pero puede tener más referencias catastrales si está dividida por caminos, por torrentes, por una expropiación, etc. Al contrario, una referencia catastral equivale a una finca registral y no tendría que tener nunca varias fincas registrales.

## La corrección de los límites de fincas

Para realizar la corrección de límites de las fincas forestales hay que conocer o encontrar los límites reales de las fincas sobre el terreno, solo así podremos incorporarlos correctamente en el Catastro, mediante los procedimientos de incorporación para el mantenimiento del catastro. El más habitual es la enmienda de discrepancias, y con la documentación legal y complementaria (levantamiento topográfico georreferenciado a escala 1:5.000) pertinente.

¿Pero cuáles son los límites correctos, o reales de mi finca? Si yo no los conozco, mis herederos tampoco los conocerán. Pues aquí partimos, en primer lugar, de las descripciones que tenemos en el título legal de propiedad (escritura, inscripción registral, etc.).

Ahora bien, frecuentemente, las descripciones que suelen haber en estos títulos legales son ciegas y no suelen aportar demasiada información para nuestro objetivo, puesto que no describen ni límites reales, tampoco la titularidad colindante correcta. No siempre incorporan las referencias catastrales o no siempre son las correctas, ya sean títulos actuales o antiguos, y si incorporan los certificados de las referencias catastrales muchas veces estas no tienen el gráfico o dibujo correcto, con lo cual nos encontramos con el mismo problema.

Por lo tanto, a pesar de que la Ley 13/2015 incorpora cambios que tendrían que evitar que estos problemas se perpetúen, haya tráfico inmobiliario o no, convendría siempre tener una buena descripción de los límites de finca en los títulos legales, ya sea con la descripción literal correcta o bien con la incorporación con algún tipo de plano georreferenciado que mediante las coordenadas describa perfectamente la finca, del mismo modo que se suele tener con las fincas urbanas.

Cuando el título legal no nos permite saber los límites de la finca hay que buscar fuentes históricas (catastros antiguos, testigos, etc.) o convocar la junta pericial municipal para lograr nuestro objetivo. Si la modificación de los límites de mi finca afecta a la delimitación de las fincas contiguas, es adecuado aportar, junto con la solicitud de modificación de los límites, un acta de los nuevos límites firmados por todas las personas titulares afectadas. Si no hay posibilidad de llegar a un entendimiento con los vecinos con los cuales hay que modificar los límites, estos probablemente mostrarán su oposición a la modificación dentro del expediente y habrá que desestimar la petición de corrección. A partir de este punto, cuando no hay acuerdo entre personas vecinas, el Catastro se inhibe y el titular afectado puede acudir a los tribunales de la orden jurisdiccional civil para poner solución.

Por lo tanto, es evidente que tener los documentos legales en orden y los inmuebles de los que somos titulares incorporados correctamente en el Catastro puede ahorrar muchos conflictos futuros.

## Las comunicaciones administrativas

El artículo 14 del TRLCI regula las comunicaciones de las administraciones ante el Catastro. Las más habituales que afectan fincas forestales son:

- Deslindes y amojonamientos administrativos (CCDL). Incorporación de los límites municipales aprobados, dominio público forestal, inventarios de caminos municipales, zona marítimo-terrestre, vías ganaderas, etc. Tienen efectos tributarios a partir del año siguiente de la fecha de vigencia de la notificación.
- Expropiaciones forzosas (CCEX). Depuradoras, carreteras, tren, etc. Tienen efectos tributarios desde el día siguiente a partir de la fecha que se menciona a la notificación catastral (fecha del acta de ocupación, etc.).

Ambos tipos de expedientes catastrales se suelen caracterizar por afectar un número importante de fincas.





## La valoración catastral de las clases de cultivo

La valoración se realiza a través de los llamados tipos evaluadores (regulados en el TRLRHL y el TRLCI) y tienen las siguientes características:

- Es el elemento clave para determinar el valor catastral de las fincas rústicas (Figura 10).
- La rústica no se valora por el movimiento del mercado inmobiliario sino por los rendimientos de la tierra a través de estos tipos.
- Se basa al dar unos valores monetarios de euros por hectárea a cada subparcela de la parcela catastral, según los valores para cada una de las diferentes clases de cultivo de los aprobados en la provincia.
- Los tipos evaluadores actuales se calcularon en 1982 para el quinquenio 1983-1987 y fueron prorrogados hasta el año 1989. Para actualizar el valor del tipo en 1990 se aplica un coeficiente del 17,5, y para actualizar el valor del año 1990 hasta día de hoy, se aplica el coeficiente de actualización acumulado determinado anualmente a la ley de presupuestos generales del Estado.
- A cada subparcela se le asigna un potencial productivo y para la clase de cultivo existente se le asigna un tipo evaluador por extrapolación de forma automática.

**Valores catastrales = superficie del cultivo x tipo evaluatorio del cultivo x coeficiente**

- El potencial productivo de cada subparcela está calculado a partir de variables agronómicas, agroclimáticas y geográficas, que permiten objetivar y coordinar para todo el territorio la aptitud para la producción.

## La valoración de las construcciones

El valor catastral de las construcciones (Figura 10) se calcula mediante la aplicación de la correspondiente ponencia de valores, que es el documento técnico que determina la valoración de los bienes inmuebles urbanos de un municipio (construcciones sobre suelo rústico y los bienes singulares).

La ponencia de valores incluye los criterios, módulos de valoración, planeamiento urbanístico y otros elementos precisos para llevar a cabo la determinación del valor catastral. La finalidad de una ponencia de valores de urbana es determinar el valor del suelo urbano, delimitando este suelo en base a una serie de zonas de valor. Las ponencias de valores son de ámbito municipal, a excepción que circunstancias de carácter territorial, económico, administrativo o de otra índole justifiquen una extensión más grande.

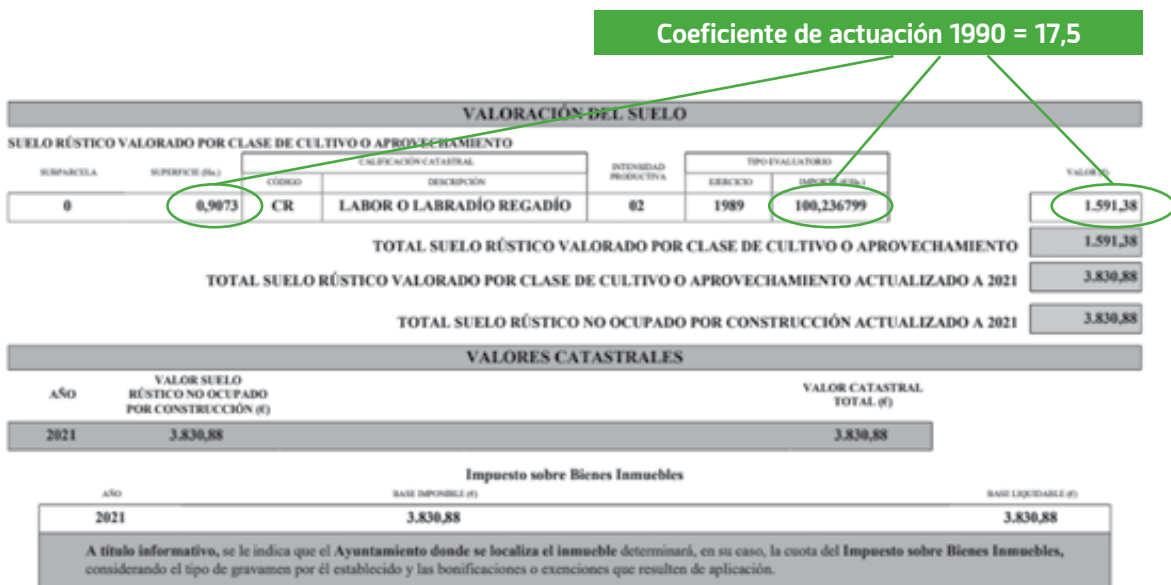


Figura 10. Ejemplo de la valoración catastral en base al rendimiento de las clases de cultivo.

La obtención de los valores se hace por aplicación de los módulos básicos establecidos en las respectivas ponencias.

- **Valor del suelo**, por aplicación del módulo básico de repercusión del suelo (MBR municipal o MBR-7). Se determina en la respectiva ponencia de cada municipio aplicando los coeficientes establecidos a las órdenes reguladoras vigentes.
- **Valor de las construcciones**, por aplicación del módulo básico de construcción (MBC). Se determina en la respectiva ponencia de cada municipio. Como norma general hay un solo tipo de MBC para todas las construcciones de un municipio. Excepciones a las ponencias municipios posteriores a 2006 que diferencia entre las construcciones indispensables para la actividad agrícola ganadera y/o forestal y el resto de las construcciones sobre suelo rústico. Se aplican varios coeficientes que hacen aumentar o disminuir el valor de la construcción.

En las fincas rústicas hay que diferenciar entre construcciones indispensables, almacenes agrarios, granjas, balsas, etc. y construcciones no indispensables, que son otras construcciones en suelos rústicos, como viviendas, industrias, restaurantes, etc. Cada una de estas clases tienen especificidades respecto a su valoración catastral.

## Conclusión

El Catastro es un registro administrativo de bienes inmuebles, donde se describen sus características físicas, jurídicas y económicas. Este artículo ofrece una aproximación al Catastro, con el objeto de dar a conocer la normativa básica catastral, las obligaciones de las personas titulares, la manera de acceder a la información catastral y como utilizar algunas de las herramientas que están disponibles en la Sede Electrónica del Catastro, desde el asistente gráfico a los informes de validación o como utilizar el asistente de declaraciones, con objeto de saber identificar los inmuebles y comprobar su descripción catastral. La especificidad de las fincas forestales respecto a sus cultivos y valoración han quedado descritas. Si este artículo ha acercado un poco el Catastro al público y ha aclarado algunas cuestiones relativas a la información que este registro contiene y como acceder a la misma, el objetivo básico se habrá logrado.

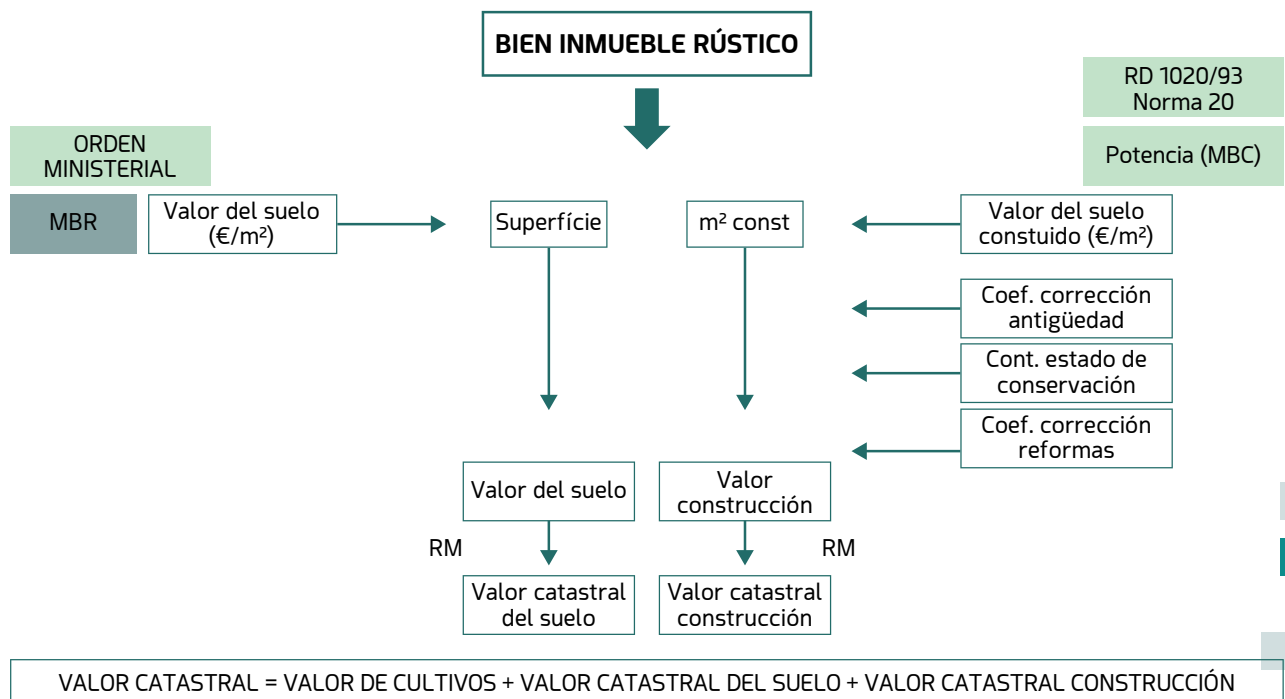


Figura 11. Esquema de la valoración catastral de las construcciones en inmuebles rústicos.







# La Restauración Hidrológico Forestal, ¿es historia o futuro?

Jesús Fernández Rodríguez. Ingeniero de Montes, Forestal Catalana SA.

Joaquim Garcia Codina. Ingeniero Técnico Forestal, Departamento  
de Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.

Montserrat Solanelles Ubach. Ingeniera de Montes, Forestal Catalana SA.

Andreu González Moreno. Ingeniero de Montes, Fundación Proyecto Bosques de Montaña.

Hèctor Pipió Gelabert. Ingeniero de Montes, Colegio de Ingeniería de Montes en Catalunya.

Cita bibliográfica: Fernández, J., Garcia, J., Solanelles, M., González, A., Pipió, H. 2021. La Restauración Hidrológico Forestal, ¿es historia o futuro?  
En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 44-57. ISBN: 978-84-09-31651-9

**Resumen** \_ En esta jornada hacemos un repaso histórico de la restauración hidrológica forestal en Catalunya a la vez que se presentan diferentes proyectos actuales, estudio de casos realizados y, también, de futuras obras de bioingeniería y de su aplicabilidad tanto a gran como a pequeña escala.

Damos una visión general de la historia, funcionalidad, diseño y estado de conservación de las principales hidrotecnias forestales presentes en las cabeceras del río Ter, y la aplicación de técnicas de bioingeniería en obras de hidrología forestal y estabilización de taludes tanto en fincas públicas como privadas. Repasamos los casos de la corrección de los barrancos de la Casassa y de la Coma de la Orri, una obra reciente como el cruce del Torrent de Carboners, y varias obras de bioingeniería con madera de pino negro, pino albar y castaño.

La jornada concluye con un homenaje al compañero José Luis Molina Vicente, fallecido el verano de 2020, impulsor de buena parte de las actuaciones realizadas en el Ripollès entre los años 1960 y 1990.

## Introducción

La Restauración hidrológica forestal forma parte de la historia de la profesión de la ingeniería de montes y de los paisajes presentes en nuestro país. Lejos de ser solo historia, os presentaremos a continuación una serie de ejemplos y actuaciones, desde el siglo pasado hasta la actualidad, que pondrán de relevancia la importancia y la plena vigencia de esta disciplina. En la restauración hidrológica forestal actual se combinan perfectamente los conceptos teóricos de

siempre con métodos de ejecución que utilizan materiales y procedimientos aprovechando la tecnología actual y adaptados a las necesidades y circunstancias del momento presente.

No existe una definición oficial en nuestros diccionarios sobre esta disciplina y encontramos en varias webs definiciones que redundan a los mismos conceptos. En particular y como resumen del contenido de esta ciencia, en la web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación encontramos una breve introducción precisa sobre el tema que abordaremos:



*La restauración hidrológica forestal comprende el conjunto de actuaciones necesarias para la conservación, defensa y recuperación de la estabilidad y fertilidad de los suelos, la regulación de las escorrentías, consolidación de cauces y laderas, la contención de sedimentos y, en general, la defensa del suelo contra la erosión.*

Las actuaciones de repoblación forestal, tratamientos silvícolas de defensa y mejora de la cubierta vegetal e hidrotecnias de corrección torrencial tienen efectos sinérgicos en la mitigación del cambio climático, de la desertificación, las sequías y las inundaciones, la conservación y recuperación de la biodiversidad de los bosques, el enriquecimiento del paisaje y también en las actividades recreativas y del sector turístico.

En el origen de la disciplina en España, entre los siglos XIX y XX, ya se valoró positivamente la interacción de las actuaciones directas de obra civil para la corrección de cauces con el efecto natural de modificación del entorno por parte de la cubierta vegetal introducida para reforestación. De aquí que siempre haya sido habitual abordar estos tipos de problemas con diferentes técnicas de ingeniería de manera combinada y siempre evaluando los efectos con diferentes horizontes temporales.

El objetivo general de la restauración hidrológica forestal es conseguir el restablecimiento, mantenimiento y mejora de la función protectora de los bosques en el marco de una gestión sostenible. Así, las actuaciones a realizar pueden ser muy diversas y contemplan desde trabajos silvícolas de regulación de la competencia arbolada, la implantación de nuevas cubiertas forestales, la estabilización física de vertientes, las obras de protección de avalanchas y otros riesgos físicos y las obras de modificación de los terrenos y los cauces como los diques, los muros de piedra seca, los muros verdes, etc.

En la actualidad, el ordenamiento administrativo atribuye al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en colaboración con las Comunidades Autónomas las actuaciones de conservación de suelos, lucha contra la desertificación y restauración hidrológica forestal, de forma que en Catalunya es la administración de la Generalitat la que promueve los trabajos que sean necesarios, particularmente los de corrección de torrentes y ramblas, los de contención de avalanchas, los de fijación de dunas y, en general, los destinados al mantenimiento y a la defensa del suelo contra la erosión.

Estas acciones se dirigen a obtener sistemas de protección y conservación del agua y del suelo frente a los fenómenos meteorológicos extremos y los regímenes climáticos adversos respecto a la conservación del medio ambiente y la biodiversidad, y siempre con la seguridad civil en primer término, con la regulación de las avenidas y la mejora del régimen hídrico.

A continuación, se presentan una serie de actuaciones que se enmarcan en este ámbito normativo y que sirven de ejemplo de las diferentes actuaciones ejecutadas en Catalunya desde el siglo pasado hasta la actualidad.

## Restauración hidrológica forestal mediante hidrotecnias en la comarca del Ripollès: un río de historia

En los últimos decenios, la cuenca del Ter ha sufrido una transformación paisajística notoria a raíz de la evolución socioeconómica de la población, basada fundamentalmente en el sector primario, igual que otras muchas zonas del Pirineo, hacia un modelo más industrializado donde destacan los servicios turísticos y la construcción.

Si recorremos su relieve montañoso y abrupto, encontramos dos claros testigos que nos explican la evolución histórica del paisaje y como los ingenieros forestales quisieron dar respuesta a la problemática de aquella época. Este es el caso de estudio del Barranco de la Casassa y de la Coma de l'Orri, ubicados a los montes de Montaña de Molló y Montaña de San Miquel, respectivamente, ambas son propiedad de la Generalitat de Catalunya.

El inicio de la actividad de la moderna administración forestal de finales del s. XIX tiene una orientación prioritaria hacia la restauración hidrológica forestal, especialmente en el Alt Pirineu y Arán, donde hay una intervención continuada hasta finales del s. XX, con el objetivo principal de defender infraestructuras y núcleos de población. En cambio, en las comarcas gerundenses, las primeras actuaciones se centran en la estabilización de las dunas ampurdanesas y la repoblación de la cabecera de la Muga, mientras que la intervención hidrológica a la cabecera



Figura 1 y 2. Mapa de ubicación del Torrent de la Casassa (izquierda) y de Coma de l'Orri (derecha).

del Ter, en el Ripollès, no llega de forma sostenida hasta los años 1960, coincidiendo con la construcción del sistema de embalses de Sau y Susqueda, en el curso mediano del río, y justificada por la retención de sedimentos que limitarían la colmatación.

A mitad del s. XX, estas dos cuencas se encontraban prácticamente desarboladas (*Fotografías 1 y 2*), con una fuerte presión ganadera (19.025 cabezas de ovino pastoreaban en 1.092 ha), afectación de incendios y episodios de intensas lluvias, donde todo ello provocó una fuerte erosión laminar y de los barrancos, con una pérdida anual estimada de 25-50 toneladas/ha-año de suelo. Para dar respuesta a estos acontecimientos, en 1973 el antiguo ICONA inició una serie de trabajos de repoblación y construcción de hidrotecnias en los barrancos de la Casassa y Coma de l'Orri, los cuales, después de 50 años, revivimos nuevamente la presencia de estos vestigios y que hacemos patente su integridad paisajística y funcionalidad protectora.

Así pues, la principal estrategia utilizada en las correcciones hidrológicas solía ser una combinación de repoblación forestal junto con la construcción de varias hidrotecnias formadas

por una consecución de diques transversales con o sin el apoyo de muros longitudinales. La función de estos diques consistía en la regulación del caudal, frenar el socavamiento del lecho, retener los sedimentos y bloques de piedra arrastrados y consolidar los taludes laterales. Con el tiempo, estos son capaces de estabilizar el terreno erosionado y reducir la pendiente del torrente facilitando la revegetación. Los métodos constructivos más utilizados eran la mampostería en seco, mampostería gavionada y hormigón en masa o armado.

### El caso de estudio del Torrent de la Casassa y de la Coma de l'Orri

En 1967 se construyeron las primeras hidrotecnias en el Torrent de la Coma de l'Orri, formadas por 4 diques y 8 escolleras transversales. El método constructivo utilizado fue el de mampostería gavionada con sección trapezoidal y vertedero para el desagüe de forma rectangular en cuanto a los diques y de mampostería en seco en cuanto a las escolleras. Este método tiene la ventaja de una mayor adaptabilidad al relieve, menor



Fotografías 1 y 2. Izquierda: aspecto general del torrente de la Casassa, vista de los diques 7-8-9-10 y estado de la vegetación en la década de 1980. Derecha: estado de la zona de sombra de la Casassa e integración paisajística de los diques en 2001. Fotos de Tazón, Fototeca Forestal Española



impacto, facilidad en el transporte y, además, permite el uso de los materiales propios de la zona confiriendo al dique de una estructura drenante. Por el contrario, la vida útil de este sistema es menor respecto a los diques de hormigón.

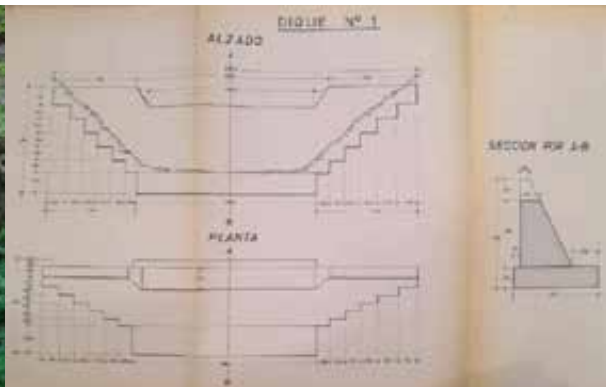
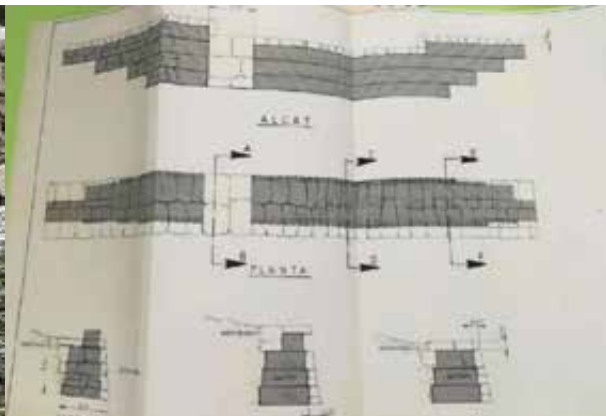
Entre 1973 y 1976, en el barranco de la Casassa se repoblaron cerca de 280 ha utilizando como especies principales pino negro, pino albar, alerce y píceas (estos últimos en menor proporción). Durante esta época, se proyectaron hasta un total de 18 diques a lo largo de unos 3,3 km de curso fluvial y 11 muros de contención lateral (Molina, 1974; 2001). Para el diseño de los diques se siguió el mismo patrón en todos: diques transversales de gravedad, de sección trapezoidal con paramento de aguas arriba vertical y construidos con hormigón en masa, a menudo recubiertos de un revestimiento de piedra para conferir en la estructura una protección e integración visual con el entorno (*Fotografías 3, 4, 5 y 6*).

La ejecución de estas obras no fue fácil puesto que se vieron sobrevenidas por una temporada de fuertes lluvias, como la del año 1977 donde

se lograron los 200 l/m<sup>2</sup> y el 1982 con 600 l/m<sup>2</sup> en 3 días, y la de 1992, que dificultaron las tareas y echaron a perder algunos de los diques ya construidos, teniendo que repararlos nuevamente (Minguella, 1998; Molina, 2001).

## Estado actual de las hidrotecnias después de 50 años

Se está trabajando en la elaboración de un catálogo de hidrotecnias del Ripollès que pretende inventariar todas las obras hidráulicas existentes en la comarca, caracterizarlas, evaluar el estado de conservación en que se encuentran y hacer un seguimiento. Este catálogo permite a la administración identificar la funcionalidad de las diferentes obras y dirigir las tareas de mantenimiento y/o reparación si fuera necesario. De este modo se contribuye al conocimiento y a la conservación de la historia y del patrimonio forestal de la comarca, puesto que se estima que en el Ripollès hay más de 50 obras



**Fotografías 3, 4, 5 y 6.** Superior izquierda: detalle constructivo mediante mampostería gavionada en el dique núm. 2 del Torrent de la Coma de l'Orri. Superior derecha: esquema constructivo y de reparación del mismo dique mediante mampostería gavionada y mampostería en seco. Inferior izquierda: detalle constructivo de un dique mediante hormigón en masa y revestido con mampostería. Inferior derecha: detalle constructivo del dique núm. 1 del Torrent de la Casassa.

transversales y 25 longitudinales, de tipologías diversas, con unos 27.000 m<sup>3</sup> construidos.

Inicialmente, en el Torrent de la Casassa constaba la construcción de 17 diques y 7 muros longitudinales, pero en realidad, fruto del inventario realizado se comprueba que realmente se trata de 18 diques transversales y 11 muros longitudinales. En cuanto al Torrent de Coma de l'Orri, inicialmente se construyeron 4 diques transversales y 8 escolleras que se han podido inventariar nuevamente sin cambios (Figueres, 2019).

Después de 50 años, todas las obras del Torrent de la Casassa presentan un buen estado funcional, salvo algunos desperfectos leves en la mampostería de revestimiento de algunos de los diques. Las repoblaciones realizadas en las vertientes de estos torrentes se han consolidado y han conseguido frenar los graves procesos erosivos existentes en el pasado. Sin embargo, en el Torrent de la Coma de l'Orri ha sucedido todo el contrario. Las construcciones realizadas con gaviones no han aguantado los episodios de fuertes avenidas y han perdido ligeramente su funcionalidad a lo largo del tiempo, la cual se ha ido recuperando a partir de las tareas de reparación realizadas con mampostería en seco.

Se puede concluir que todas las actuaciones y obras de restauración hidrológica forestal han cumplido satisfactoriamente su objetivo principal de lucha contra la erosión, agradeciendo al mismo tiempo, la tarea y compromiso de nuestros compañeros hacia este territorio.

## Aplicación de la bioingeniería en obras de hidrología forestal

Repasamos las posibilidades de la bioingeniería en obras de hidrología forestal y estabilización de taludes mediante la explicación del caso del cruce de la pista de Setcases a Espinavell con el Torrent de Carboners (Ripollès).

### Antecedentes

Los días 14 y 15 de octubre de 2018, el Ripollès sufrió un episodio de inundaciones como consecuencia de precipitaciones de elevada intensidad con el paso de la tormenta Leslie, con una precipitación en la cuenca de Setcases de aproximadamente 160 l/m<sup>2</sup> en 24h, que hizo aumentar el caudal del río Ter provocando varios daños en los tramos altos del río. Corresponde a la precipitación diaria máxima por un periodo de retorno T de 50 años aproximadamente.

La elevada precipitación e intensidad, junto con el caudal sólido, consecuencia de numerosos deslizamientos y otros fenómenos geológicos a lo largo de cuenca, destruyeron numerosas obras de (puentes y azudes) y también dejó inhabilitada la pista forestal de Setcases a Espinavell (*Fotografías 7 y 8*).



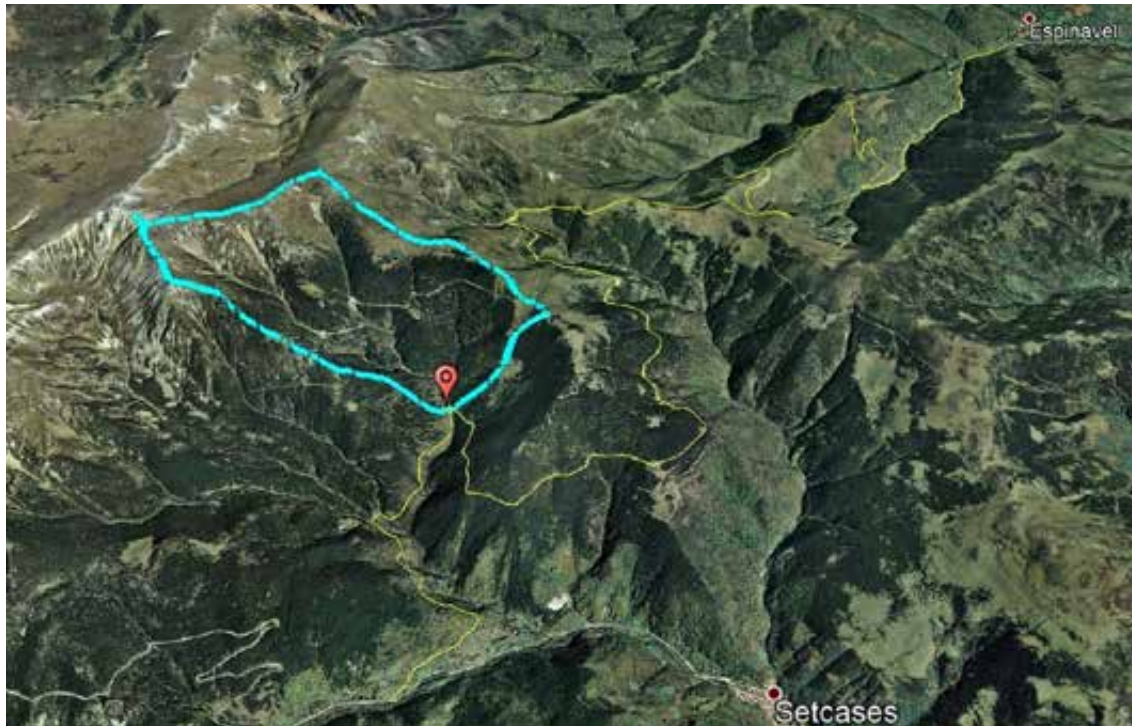
**Fotografía 7.** Detalle del paso de la pista por el cauce de Carboners. El agua circuló por encima de la pista, dejándola impracticable. Foto de Marta Domènech



**Fotografía 8.** Detalle de la cicatriz que afecta al tramo de pista aguas abajo del dique de Carboners. Foto de Montserrat Solanelles







**Figura 3.** Vista general de la pista de Setcases a Espinavell (color amarillo) con el límite de la cuenca de estudio (color azul) con la localización del paso de la pista al cauce como punto de actuación. Figura de Montserrat Solanelles, sobre Google Earth

## Objetivo de la obra

El objetivo de la obra es restablecer la comunicación por pista forestal entre los núcleos de Setcases y Espinavell (Figura 3), la conexión de los dos montes propiedad de la Generalitat (CUP 2 y CUP 60) y dar acceso a las partes altas de la cuenca del Alt Ter. Se trata de un camino público muy empleado en ganadería, caza, uso vecinal y actividades de ocio. Es un camino estratégico para el mantenimiento de infraestructuras ganaderas y de gestión forestal y para la vigilancia y extinción de incendios. Actualmente, a los riesgos inherentes de alta montaña se tienen que sumar los efectos del cambio climático, que acentúa los periodos de sequía y aumenta el riesgo de incendio. Además, el abandono de las zonas rurales y de la actividad forestal ha hecho aumentar el volumen y la continuidad de la cubierta forestal.

## Análisis hidrológico

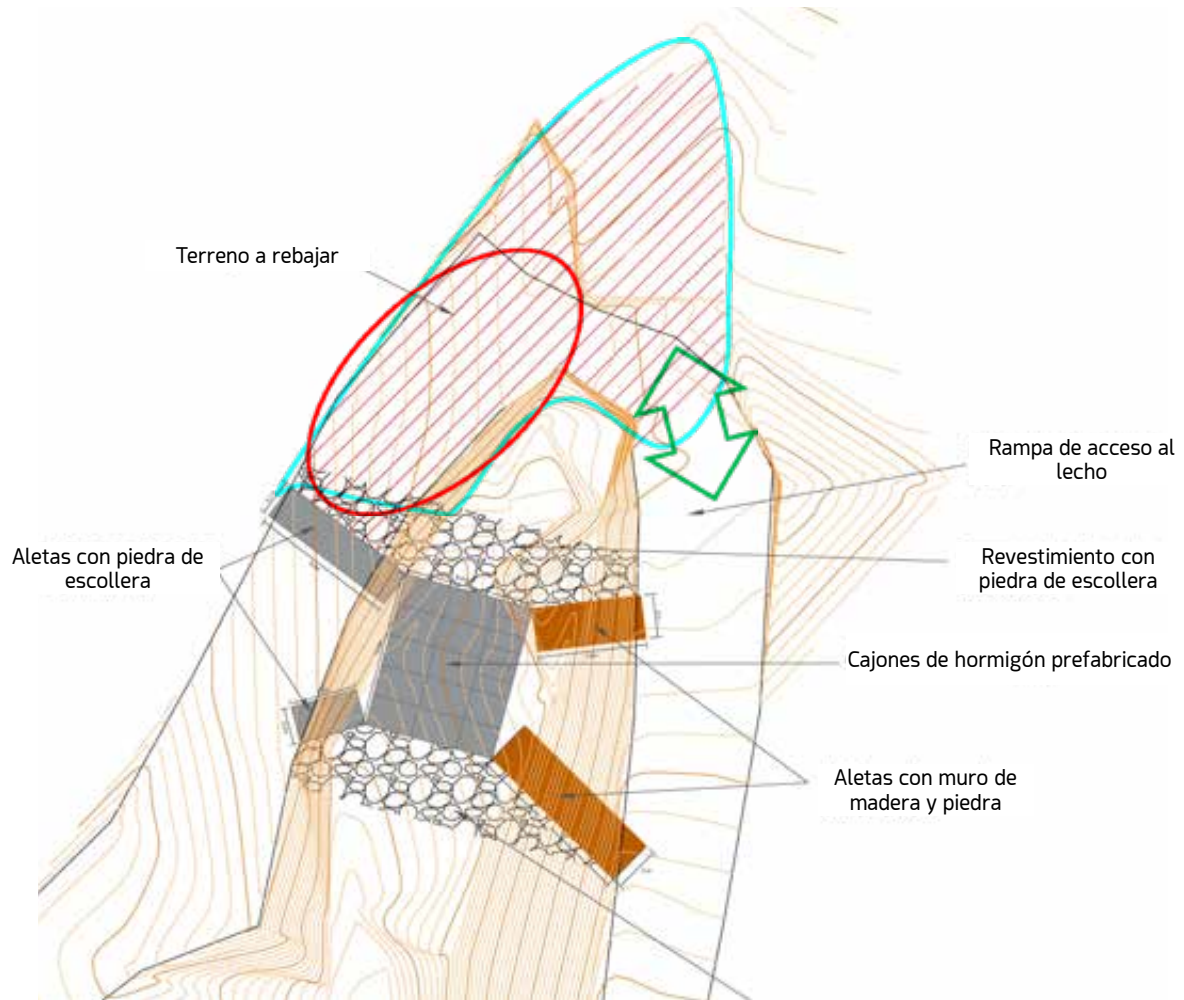
Con la creación de la red de drenaje se observa una bifurcación del curso de agua en el cruce de la pista con el torrente (Figura 4), de forma que



**Figura 4.** Se observa en color azul oscuro el límite de la cuenca y en color azul claro el recorrido de los cursos de agua calculados a partir de MDE de la zona. Se observa que el curso de agua circula un tramo por el camino. Este tramo es el que ha sufrido las fuertes erosiones de la caja de manera recurrente. Figura de Montserrat Solanelles sobre ortofoto del ICGC

el agua circula por la caja de la pista durante un tramo del camino, donde se produjo la cárcava fruto de la erosión.



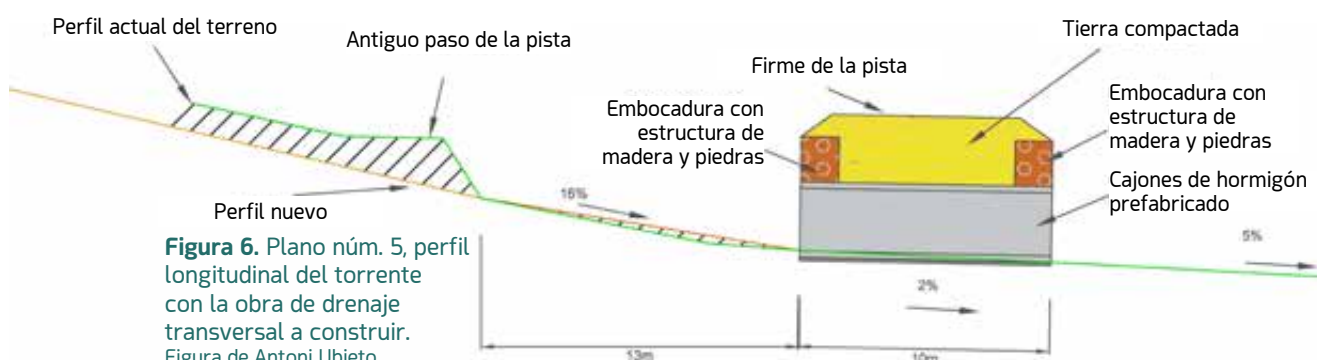


**Figura 5.** Rodeado con color azul la zona donde se extraen los depósitos de material sólido y en color rojo el tramo de pista donde se excava 2 m de profundidad. La flecha de color verde indica la rampa de acceso al cauce a construir. Plano núm. 4 del proyecto, de Antoni Ubieto

Para garantizar el paso del caudal correspondiente a un periodo de retorno  $T$  de 500 años,  $QT_{500} = 80,4 \text{ m}^3/\text{s}$  se decide construir una nueva obra de paso con más capacidad de desagüe, garantizando una vida útil más larga de la infraestructura. Para evitar que el agua circule por la caja del camino del margen izquierdo, se ha aumentado 2 metros la cota del camino en el punto donde se construye la nueva obra de drenaje transversal. Se han mejorado los drenajes y se han restaurado y estabilizado los taludes del camino.

## Descripción del nuevo drenaje transversal

Para aumentar la capacidad de la cubeta de entrada de la nueva obra de drenaje transversal, se extrajo todo el material sólido depositado en el cauce desde la obra de paso antigua hasta 20 m aguas arriba de esta. También se excavó hasta una profundidad de 2 metros en el tramo de camino de la curva del margen derecho del torrente (Figura 5).



**Figura 6.** Plano núm. 5, perfil longitudinal del torrente con la obra de drenaje transversal a construir. Figura de Antoni Ubieto



**Fotografía 9.** Troncos de lárrix seleccionados, cortados y descortezados. Foto de Marta Domènech



**Fotografía 10.** Alerces de la Montaña de Sant Miquel. Foto de Montserrat Solanelles

En el croquis siguiente (*Figura 6*) se observa el perfil inicial del cauce en el paso del camino por el torrente y el perfil con la construcción de la nueva obra de drenaje transversal. La pendiente resultante en la entrada de la obra de drenaje será del 16%, el de instalación de la obra de drenaje será del 2% y la de la salida será del 5%.

- Piedras de escollera de la zona.

El alerce es una especie nativa de Centroeuropa, introducida en Catalunya en la década de 1970 para el desarrollo de actividades de restauración hidrológica forestal (*Fotografías 9 y 10*). Su introducción se realizaba mediante la repoblación de pequeñas superficies de bosque en zonas de alta montaña de los Pirineos, principalmente.

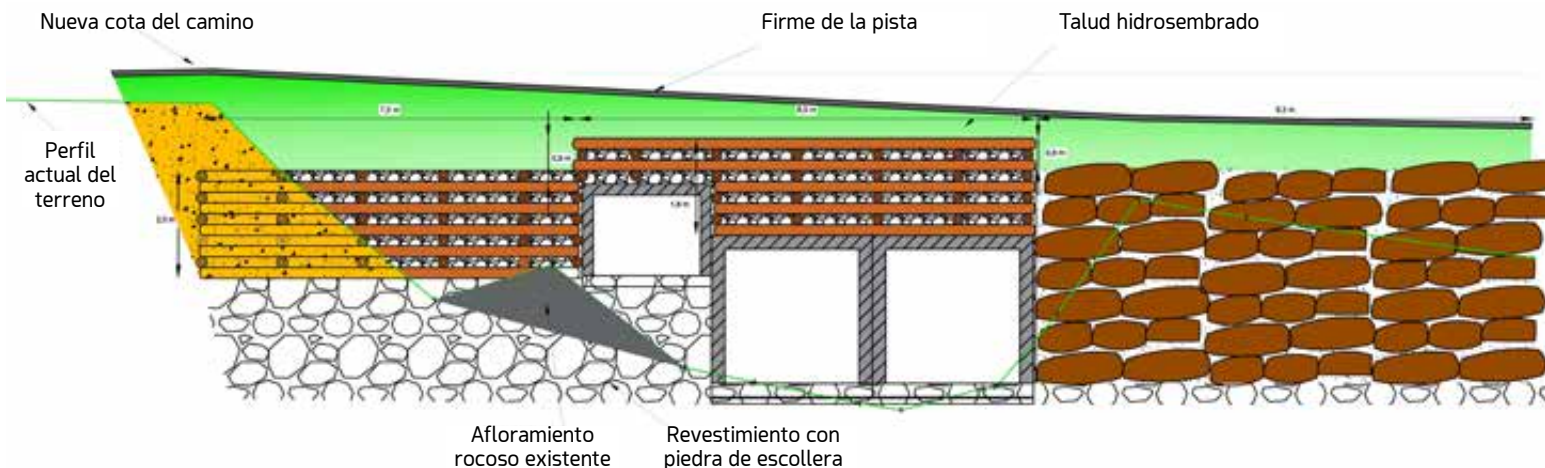
### Bioingeniería adaptada al paisaje

Se han utilizado materiales naturales de la zona para construir las aletas y los muros de encima de los marcos para tener una mayor integración a nivel de paisaje:

- Troncos de madera de alerce procedentes del mismo bosque.
- Piedras de la zona per rellenar los muros krainer.

El alerce es una conífera caducifolia, de gran tamaño y muy resistente al frío y a los episodios de vientos fuertes. Tiene una madera robusta y flexible muy durable en el tiempo, por este motivo se utiliza en obras constructivas en el exterior.

Se construyeron las aletas del margen izquierdo y los muros de soporte del camino, encima de los marcos, con estructuras con muros de madera y piedra tipo Krainer (*Figura 7*).



**Figura 7.** Croquis de la embocadura de aguas arriba. Plano núm. 11 de Antoni Ubieto





**Fotografía 11.** Realización de entalladuras para que todos los puntos de contacto trabajen. Foto de Montserrat Solanelles



**Fotografía 12.** Selección de los troncos y prueba de montaje de la estructura. Foto de Montserrat Solanelles



**Fotografía 13.** Relleno de los cajones piso a piso con piedras. Foto de Montserrat Solanelles



**Fotografía 14.** Colocación de los troncos intercalados entre transversales y longitudinales para equilibrar la estructura. Foto de Montserrat Solanelles



**Fotografía 15.** Vista general de la obra desde aguas abajo. Foto de Montserrat Solanelles



**Fotografía 16.** Vista general de la obra desde aguas arriba. A la izquierda de la fotografía se observa la rampa de acceso proyectada para poder hacer el mantenimiento y limpieza de la obra de drenaje transversal. Foto de Montserrat Solanelles



Las aletas y los muros krainer se calcularon como una obra transversal de gravedad que debe su estabilidad a su propio peso. En su dimensionado estructural se verificaron las condiciones de estabilidad estructurales.

En el caso de las aletas se tomó una anchura de diseño de 3 m porque por estabilidad interna la distancia máxima entre dos troncos de  $D = 0,2$  m es de 1,5 m y la apertura mínima de un cajón para poderlo rellenar de piedras con una pala de una excavadora o de una *Manitou* es de 1,5 m. De este modo la anchura de los cajones tiene que ser de 1,5 m o múltiplos.

Los troncos de alerce presentan un diámetro de 20-25 cm y se unieron con barras de acero corrugado de  $D = 16$  mm y realizando el agujero con un taladro. Para la unión longitudinal de dos troncos se realizó primeramente una entalladura. Esta estructura de madera se rellenó con piedras de diferentes medidas procedentes del depósito de material acumulado indicado en la *Figura 5*. Por encima de las estructuras se depositó tierra vegetal hasta tener un talud con una inclinación de  $35^\circ$  (*Fotografías 11 a 16*).

## Aplicación práctica de la bioingeniería en fincas privadas

La Fundació Projecte Bosc de Muntanya / Bergwaldprojekt promueve el mantenimiento y la conservación de los bosques y paisajes de montaña en el Pirineo desde el 2007. Lo hace mediante actuaciones de gestión forestal y divulgando la importancia de los bosques entre la ciudadanía. Utiliza para lograr su causa el voluntariado, el trabajo comunitario y el aprendizaje-servicio con jóvenes. Las actuaciones en el bosque se agrupan en trabajos de silvicultura, de mantenimiento del paisaje (pastos y caminos) y de obras de bioingeniería.

La bioingeniería es una apuesta estratégica e innovadora de la entidad desde el 2009, año de la primera actuación en el Barranco de Port Ainé (Rialp, Pallars Sobirà). Esta obra ha servido como escuela y modelo de varias tipologías de obras aplicadas a barrancos: canalizaciones, estabilización de taludes, trampas para retener sedimentos y diques. En varias fases entre el 2009 y el 2020 se han estabilizado 230 m de

este barranco utilizando madera de pino negro del mismo bosque. La obra se ha financiado principalmente gracias al voluntariado, a las aportaciones realizadas por las personas socias, donantes de la organización y de aportaciones puntuales de la Fundación La Caixa.

El éxito de la obra ha llevado como resultado la firma de un convenio de colaboración con Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya (FGC) para la promoción conjunta de la bioingeniería, vigente desde 2016. Fruto de este convenio, el departamento de ingeniería de FGC ha empezado a incorporar la bioingeniería en sus proyectos y licitaciones públicas, como es el caso del "Proyecto constructivo de un aparcamiento en la estación de Port Ainé" de febrero de 2020, con las obras ya licitadas y de próxima ejecución.

Además de la actuación a Port Ainé, la Fundación también ha actuado con la Dirección General de Ecosistemas Forestales y Forestal Catalana en el bosque de Tolzó (Escós, Pallars Sobirà) y en Tremp (Pallars Jussà), en el bosque de Meranges (Cerdaña), en Esterri de Cardós (Pallars Sobirà) y en la finca del Castell de Requesens (Alt Empordà).

Todas las obras han sido llevadas a cabo en bosques de titularidad municipal o de la Generalitat, excepto el caso de Requesens. En esta finca, la actuación se realizó enmarcada en una restauración a cargo del Paraje Natural de Interés Nacional del Albera. La obra se realizó con madera de castaño procedente de las cortas que se realizaron con el objetivo de la restauración del bosque de ribera en el entorno de la presa de Requesens (*Fotografía 17*).

El proyecto inicial de esta obra preveía la construcción de dos diques con gaviones de piedras para evitar la acumulación de sedimentos en la presa, procedentes de dos barrancos, pero se solicitó a la Fundación la adaptación del proyecto a la construcción con técnicas de bioingeniería (*Fotografía 18*). Se realizó una memoria técnica, acompañamiento y formación a la dirección de la obra y a la empresa adjudicataria, Foresterra.





**Fotografía 17.** Vista frontal del dique hecho con madera de castaño. Foto de Andreu González



**Fotografía 18.** Vista de la colmatación del dique hecho con madera de castaño. Foto de Andreu González



## In Memoriam José Luis Molina Vicente

Por Hèctor Pipió Gelabert

El 6 de mayo de 2020 falleció en Girona nuestro compañero José Luis Molina a la edad de 89 años.

Es difícil describir en un espacio reducido la gran incidencia que ha tenido en el territorio gerundense a causa de su prolífica actividad profesional. Transcurrió la mayor parte de su vida como funcionario (34 años). Su impronta es patente en todo el espacio forestal de la provincia en forma de bosques donde no había, cuencas torrenciales con numerosas obras de corrección hidrológica, caminos que ponían en valor los recursos forestales y el territorio, acciones de protección de la propiedad forestal de utilidad pública, etc.

Detallaré solo un ejemplo de lo que fue protagonista destacado y que a la vez pone de relieve la necesaria conexión generacional para que nuestras actuaciones a medio y largo plazo tengan éxito. Son unos hechos que acontecieron en el Monte de Utilidad Pública llamado Muntanya Gran propiedad del Ayuntamiento de Torroella de Montgrí. Podría decirse que José Luis tuvo el honor de recoger el testigo que dejó el ilustre ingeniero gerundense Primitiu Artigas que fue profesor de la Escuela de Ingenieros de Montes a finales del siglo XIX. Artigas realizó un informe justificando la inclusión del monte en el Catálogo, dado que en un principio se había declarado alienable por no tener vegetación arbórea, afirmando y demostrando que había tenido y podía volver a tener en el futuro. Pues bien, José Luis hizo realidad esta afirmación reforestando más de 1.000 hectáreas del monte, que en la actualidad configura un auténtico pulmón verde entre zonas urbanas y agrícolas, y, por supuesto, constituye un Espacio Natural Protegido.

Siempre he pensado que hay actuaciones de ingeniería forestal que son emblemáticas por los resultados conseguidos, pero que pasan desapercibidas para el gran público. Algunas de ellas deberían tener algún tipo de indicación in situ que recordara a sus autores. José Luis sería sin duda uno de ellos.

Su pasión era el trabajo, sobre todo concretado en la redacción y ejecución de proyectos de obras, tarea que continuó realizando ya como Jefe de Sección hasta su jubilación en 1996.

En el acto de homenaje y despedida como funcionario sus compañeros lo obsequiaron con un álbum de fotografías que recogía todas sus actuaciones en el territorio de Girona, a menudo comparando el "antes" y el "después". Este álbum tiene un grosor de varios centímetros y es un documento muy útil para estudiar la evolución del paisaje en función de los trabajos de ingeniería forestal y de su efectividad.

Por su larga etapa profesional es evidente que sus relaciones con compañeros de profesión y de fuera (alcaldes, contratistas, rematantes... políticos) fueron múltiples y estoy seguro de que en todos ellos ha dejado un recuerdo imborrable. Algunos podían diferir de sus criterios o formas, pero todos lo valoraban como un excelente profesional. Si por algún colectivo sentía un aprecio especial creo no equivocarme si digo que era el Cos d'Agents Rurals.

El trato que recibí por su parte cuando tenía que decidir si dejaba mis obligaciones en Lleida para venir a Girona fue exquisito. Me acompañó durante varios días para que conociera el territorio y me explicó los posibles problemas con los que me encontraría. Durante los primeros años siempre estaba dispuesto a atender mis peticiones de consejo sobre un territorio con una problemática muy diferente a la que conocía.



Cuando ocupé la plaza que él había dejado nunca se me ocurrió decir que lo sustituía, porque José Luis era insustituible, como funcionario y como persona, y continuará siéndolo.



A menudo lo veía por la ciudad andando y con el aspecto de siempre, como si no envejeciera. Quizás por eso, su muerte fue una triste sorpresa que nos cogió desprevenidos.

Estaba en posesión de la medalla al mérito agrícola que le fue concedida el 1974.

## Conclusiones

Con estos ejemplos se pone de relevancia la importancia de esta ciencia en la recuperación del medio natural. Es evidente que los paisajes que disfrutamos hoy en día no son ajenos a la acción humana y en parte han sido modulados por las actuaciones de restauración hidrológica forestal que empezaron a principios del siglo XX.

Toda ciencia tiene que dar respuestas a unas necesidades y ajustarse a unas determinadas condiciones, y para saber si una disciplina disfruta de buena salud tenemos que analizar si las soluciones que propone se adaptan a las nuevas realidades. Los ejemplos que hemos descrito demuestran esta adaptación, donde se presentan soluciones constructivas con bajos impactos y sobre todo aprovechando al máximo materiales próximos a la zona de la obra, que tienen varias consecuencias positivas, como por ejemplo que minimizan las emisiones de carbono en la provisión de materiales.

## Referencias

- Figueres Pastó, A. 2019. Treball final de Grau: Catàleg i inventari d'hidrotècnies als torrents de la Casassa i de Coma de l'Orri (Ripollès). Universitat de Lleida.
- Minguella i Barallat, A. 1998. Projecte de "Reparació dels dics núm. 1 i 2 del barranc Coma de l'Orri".
- Molina Vicente, JL. 1974. Proyecto de construcción de dos diques de retenida en el torrente de "La Casassa". Cabecera alta del río Ter. Cuenca alimentadora del embalse de Sau.
- Molina Vicente, JL. 2001. Corrección Hidrológico-Forestal de la Casassa. Revista Montes, 65. Pp: 58-62.
- Tazón Ponce, J. 1980 i 2001. Fototeca Forestal Española. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Acceso en: <http://rdm.inia.es/es/dataset/fototeca>



JORNADA 5

# 5





# Resultados de la experiencia del rayado mecanizado en el marco del proyecto del Grupo Operativo SUBER

Adrián Monserrate Antón. Ingeniero de Montes, Consorci Forestal de Catalunya.

Cita bibliográfica: Monserrate, A. 2021. Resultados de la experiencia del rayado mecanizado en el marco del proyecto del Grupo Operativo SUBER. En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 58-63. ISBN: 978-84-09-31651-9

Los alcornoques constituyen un hábitat de interés comunitario (9330, Directiva 92/43/CEE), y conforman un elemento característico del paisaje mediterráneo de gran singularidad en el ámbito mundial con una larga cadena económica y sociocultural asociada (*Fotografía 1*). Las particularidades y características especiales del corcho han hecho que a lo largo de los siglos se haya desarrollado una cultura de gestión forestal asociada al aprovechamiento sostenible de estos bosques, la subericultura.

Actualmente los retos que se enfrentan los alcornoques son diversos:

- **La modernización de las técnicas del descorche.** Es prioritario para favorecer un relevo generacional de las cuadrillas de peladores y encontrar procedimientos de trabajo con tasas más altas de seguridad y salud.
- **Las afectaciones por la culebrilla del corcho,** que suponen un descenso muy grande de las rentas por una disminución en la calidad del producto.
- **Los cambios en los regímenes de lluvias y de temperaturas** debidos al cambio climático.
- **El abandono de la gestión,** ya que, a la larga otras especies ocupan el estrato superior, y acaban debilitando el crecimiento y la vitalidad de los alcornoques, propiciando un cambio de especie.

**Fotografía 1.** Alcornocal después de los trabajos de descorche en la zona de las Guillerries-Montseny (Girona) durante la campaña de 2020. Foto de CFC

## ¿Qué es el GO SUBER?

El Grupo Operativo Suber (GOSUBER) es un proyecto que ha trabajado partiendo de la base de otras experiencias predecesoras en la mecanización del descorche.

El objetivo principal del proyecto es la modernización del descorche para mejorar la productividad de las empresas de extracción y sus condiciones de seguridad en el trabajo.

Para responder a este objetivo, se ha trabajado en diferentes acciones específicas:





- **Mecanización del descorche, para incrementar la productividad**

En esta acción se han testado las máquinas de descorche mecanizada más actuales, concretamente la máquina Coveless 3C18, analizando los rendimientos y la ergonomía, para evaluar y comparar los resultados con el descorche tradicional.

Aparte de esto también se ha trabajado en el desarrollo de herramientas complementarias para las fases del ahuecado, separado y deslocado de corcho.

- **Mejora de las condiciones de trabajo**

Uno de los principales retos del sector forestal, es la mejora de la seguridad y salud laboral. En este proyecto se ha hecho énfasis para establecer protocolos de trabajo, con las nuevas herramientas y las tradicionales, que puedan permitir mejorar la seguridad y salud de los trabajos durante las tareas de la saca del corcho. Aparte de esto se han desarrollado e investigado nuevos sistemas de seguridad y salud, adaptados específicamente a los trabajos asociados a los trabajos del descorche en altura, más frecuentes en las dehesas de Extremadura y Andalucía.

- **Mejora en los procedimientos del aprovechamiento**

Para dar respuesta a esta acción se han establecido unas bases técnicas para una nueva subcultura, que han de permitir un mejor sistema de toma de decisiones, la adaptación de la logística al descorche mecanizado y análisis de rentabilidad.

- **Mejora de la comercialización y valoración del corcho y sus subproductos**, con el desarrollo de nuevas aplicaciones del granulado y/o bornizo para valorizar todos los productos del corcho, y así aumentar la superficie gestionada. Se ha trabajado en una aplicación informática basada en la clasificación visual sobre muestras de planchas de corcho que ha de ayudar a caracterizar la calidad del producto en función del calibre y el aspecto visual, para mejorar la comercialización de los productos.

Para la difusión del conocimiento generado se ha desarrollado una página web que explica los avances del proyecto y se han editado tres guías de recomendaciones:

- **Guía de calidad del corcho.** Explica los principales criterios de calidad para la valoración

del corcho además de las diferentes causas por las que aparecen las diferentes anomalías.

- **Guía sobre las propiedades y nuevas aplicaciones del corcho.** Recoge las nuevas posibilidades que ofrece el corcho para materiales de cosmética, farmacia, impresión en 3D, depuración de aguas y otras.

- **Prácticas innovadoras del descorche** Es una guía sobre los diferentes conocimientos tradicionales y también innovadores del corcho, recoge apartados específicos sobre los procesos del descorche y la organización de los trabajos. También dedica un apartado específico a la seguridad y salud en los trabajos de descorche.

## La experiencia en la mecanización de los trabajos:

Las diferentes pruebas de la mecanización de la saca del corcho para incrementar la productividad de los alcornoques se realizaron durante los años 2019 y 2020 de manera simultánea en rodales de Catalunya, Andalucía y Extremadura. Se trataba de poner a prueba la máquina Coveless 3C18 (*Fotografía 2*) en las diferentes situaciones y condiciones de trabajo de cada zona, la prueba en el caso de Catalunya fue llevada a cabo por el Consorci Forestal de Catalunya y de la cooperativa Serveis Forestals.

### La campaña de 2019

Para las pruebas realizadas en 2019, la experiencia buscaba comparar el descorche mecanizado con el tradicional, y se realizó durante la campaña entre los meses de junio y julio. Se seleccionaron cuatro parcelas en total, buscando ubicaciones de las diferentes zonas de alcornoque por excelencia en Catalunya (Montnegre i Corredor, la Selva, Guilleries y Alt Empordà), con rodales de características diferentes para evaluar la respuesta de la saca en diferentes situaciones. Por cada rodal se seleccionaron 20 alcornoques con características diferentes, tanto de altura de descorche, orientación,



**Fotografía 2.** Prueba del prototipo de la máquina Coveless 3C18, en la parte de la derecha se puede ver el patinete protector para controlar la profundidad de corte con el sensor incorporado.  
Foto de CFC

diámetros, etc., y quedaban identificadas y georreferenciadas.

Una vez se seleccionaba el árbol y se anotaban los datos específicos se procedía a realizar el descorche mecanizado usando el prototipo, y se anotaba el tiempo de cada fase del proceso, y el peso resultante tanto de la plancha de corcho como de los trozos sobrantes.

## La campaña de 2020

### El rayado previo

Uno de los retos que presentarán los alcornoques en un contexto de cambio climático es la reducción de la temporada de descorche, es por eso por lo que el adelanto de las tareas podría ser una solución para agilizar los trabajos de saca en época de campaña. La preparación del terreno y el rayado previo, son tareas que se pueden realizar antes del comienzo de la campaña, y por tanto es importante conocer su influencia en el tiempo, y la calidad de la saca para decidir la conveniencia de avanzarla.

En la experiencia del 2020, el rayado previo a la campaña se realizó cada mes, desde febrero hasta mayo (incluido). Se seleccionaron cuatro rodales diferentes de los del año anterior con características variadas para poder contrastar los resultados de la máquina. Para cada rodal se seleccionaban cada mes 7 alcornoques, manteniendo el procedimiento y protocolo del año anterior, se realizaban las tareas de rayado:

corte transversal (cuello) y corte longitudinal. Los datos específicos que se recogieron eran: circunferencia con y sin corcho, altura de descorche, tiempo de preparación del terreno, tiempo de realización de los cuellos y tiempos del rayado longitudinal.

### Durante la campaña

Cuando empezó la campaña de descorche, se pusieron en práctica las siguientes experiencias:

- En los alcornoques donde se había realizado el rayado previo, se procedió a separar las planchas con las tijeras separadoras eléctricas PELLENC que tenían el mecanismo invertido, cabezal con lengüetas metálicas que, una vez introducidas en el corte del rayado previo de la corteza del corcho, permitía separar las diferentes panas (*Fotografía 3*).
- En unos 80 alcornoques se les aplicó el rayado y descorche al mismo tiempo, manteniendo los criterios de la campaña de 2019.



**Fotografía 3.** Aplicación de las tijeras separadoras eléctricas para el separado de las panas de corcho.  
Foto de IC Suro



## Resultados

### Organización de los trabajos

De la experiencia de este último año, la duración media del ciclo de trabajo en Catalunya ha sido de 6 minutos 55 segundos. De este tiempo, aproximadamente 3 minutos lo han ocupado las tareas de preparación y rayado con la máquina Coveless 3C18, y unos 3 minutos y medio la suma del ahuecado de las panas, separado y dislocado del corcho. Finalmente, los tiempos medios de recogida de las planchas y desplazamiento al siguiente árbol, no superaban los 20 segundos.

Más de la mitad los alcornoques pelados presentaban ataques por la culebrilla del corcho (*Coraebus undatus*). La presencia de esta plaga también está relacionada con el incremento de los tiempos de descorche y por tanto en la productividad, al ofrecer un producto de menos valor y mayores costes de aprovechamiento. Con los datos obtenidos, se calcula que suponen una penalización del 20% de la rentabilidad de los trabajos (kg corcho/h) debido a la mayor dificultad de los trabajos.

A partir de los rendimientos medios de las experiencias de Catalunya, Andalucía y Extremadura, por cada persona que ejecute las tareas del rayado y trazado con la máquina Coveless 3C18, serían necesarios 1,5 personas que hagan las tareas de dislocado, ahuecado y separado como herramienta auxiliar el mango biselado del hacha en Catalunya o las tenazas y mijuro en Andalucía o Extremadura, estos operarios se

tendrían que encargar también de la recogida de los trozos y planchas de corcho.

Si incorporamos las tijeras separadoras eléctricas a las tareas de descorche los tiempos generales disminuyen a 5 minutos 48 segundos, ocupando el mismo tiempo las tareas de rayado que en el separado, ahuecado y dislocado por lo tanto la proporción necesaria del personal operario por tareas sería de 1 a 1.

La *tabla 1* muestra el resumen de los tiempos medios invertidos en cada tarea en cada territorio.

De esta tabla, se desprende que por los resultados obtenidos tanto en Catalunya como Extremadura, el uso de la tijera eléctrica puede reducir en la mitad las necesidades de mano de obra para realizar las operaciones de ahuecado, dislocado y separado ayudando a reducir los costes y aumentando el rendimiento.

Para conocer la influencia del rayado previo en la época descorche, de la experiencia en Catalunya se detectó que 14 de los árboles en que se había realizado el rayado previo finalmente no se pudieron pelar porque no se daba. De estos árboles que no se pudieron pelar el 90% estaban afectados por la culebrilla (*Coraebus undatus*), por tanto, no se puede asegurar el motivo por el cual no se daban para pelar. Sin embargo, los resultados de los árboles de Extremadura con rayado previo dentro de la época legal de descorche no indicaron una relación entre el rayado previo y que no se dé para descortchar.

A nivel del proyecto no se han detectado afecciones en los árboles con rayado previo, y por lo

**Tabla 1.** Tiempos medios de las diferentes operaciones, por zonas y por método de separado de las planchas (con tijeras eléctricas o manual).

		Andalucía		Catalunya		Extremadura		Media total	
		Manual	Eléctricas	Manual	Eléctricas	Manual	Eléctricas	Manual	
Tarea 1	Preparación y rallado con Coveless	3'09"	2'47"	3'01"	3'05"	6'15"	2'56"	3'43"	
Tarea 2	Ahuecado, dislocado y separado	2'47"	2'59"	4'01"	2'53"	8'48"	2'56"	4'23"	
Tarea 3	Recogida y desplazamiento	17"	02"	35"	26"	1'01"	13"	31"	
Total		6'13"	5'48"	7'37"	6'24"	15'04"	6'05"	8'37"	



tanto abre la posibilidad de desplazar de forma estratégica el tiempo de aproximadamente un 50% de la carga laboral. Podría permitir

aprovechar de manera más eficiente la fuerza productiva en momentos cada vez más cortos a causa del cambio climático.

### ¿Que hemos aprendido de esta experiencia?

Las nuevas tecnologías suponen una mejora en el proceso del descorche respecto a la tradicional, en aspectos como:

- La máquina Coveless 3C18, se presenta como una herramienta segura, (*Fotografía 4*) con una reducción considerable del número de heridas si se realiza un buen calibrado, esto permitirá la incorporación de capital humano con poca experiencia en el sector facilitando un relevo generacional.
- El rendimiento del corcho aumenta al hacer los cortes más rectos.
- Cuando se combinan los trabajos del rayado con la máquina Coveless 3C18 y las tijeras separadoras PELLENC, se logran mayores rendimientos. Por las experiencias realizadas en Catalunya, siempre será necesario tener un hacha de descorche para utilizar de manera auxiliar en caso de encontrar algún alcornoque con mayor dificultad.



**Fotografía 4.** Ejemplo de los resultados de la aplicación del descorche mecanizada, destacando los cortes rectos y el cuello limpio. Foto de CFC

La organización del trabajo del descorche con la máquina cambia de manera notable respecto a la saca tradicional:

- Permitirá fraccionar las tareas de la saca separando en el tiempo las operaciones de abrir y trazar de las de ahuecado, dislocado y separado. La forma óptima de trabajo es la cuadrilla con máquinas recorriendo el alcornoque realizando las operaciones de preparación y rayado. Posteriormente, en una segunda operación la cuadrilla recorrerá de nuevo el rodal acabando de rematar los trabajos.
- Al alargar temporalmente la distribución de las tareas permitirá que una misma cuadrilla pueda trabajar en más fincas.

### Nuevos retos futuros...

Las máquinas y herramientas de descorche tienen que continuar evolucionando, para hacer efectivas las experiencias aplicadas en el proyecto.

- A nivel de ergonomía hay margen de mejora si se reduce el peso de la maquinaria para que las personas trabajadoras aguanten mejor las jornadas laborales mediante el dimensionado de la misma, de tal manera que se pueda utilizar con una mano.
- Las tijeras separadoras tienen que mejorar en cuanto a la resistencia en las condiciones de campo
- El precio de máquinas y herramientas tiene que ser asequible para que el proceso del descorche con nuevas tecnologías sea competitivo.

Proyecto cofinanciado al 80% por el Fondo FEADER con una cantidad total de ayuda de 531.994,36€



SUBER









# Nuevas oportunidades de negocio del sector del corcho

**Maria Verdum i Virgos.** Licenciada en biología, Fundació Institut Català del Suro.

**Patricia Jové Martín.** Dra. Biotecnología alimentaria, Fundació Institut Català del Suro.

**Albert Hereu Marès.** Grado en ciencias ambientales, Fundació Institut Català del Suro.

Cita bibliográfica: Verdum, M., Jové, P., Hereu, A. 2021. Nuevas oportunidades de negocio del sector del corcho. En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 64-73. ISBN: 978-84-09-31651-9

Resumen \_ En la actualidad gran parte del valor económico del corcho reside en su capacidad de fabricación de tapones para el vino. Aun así, dadas sus excepcionales propiedades fisicoquímicas, existen múltiples posibilidades de uso en ámbitos muy diversos. Los productos resultantes de las nuevas aplicaciones con corcho pueden aportar un valor añadido muy alto en comparación con los usos tradicionales y representan un potencial económico muy significativo a tener en cuenta, a la vez que favorecen el mantenimiento de los ecosistemas de los bosques de alcornoque.

Actualmente hay varias aplicaciones que pueden ser una nueva oportunidad de negocio para el sector: el uso de extractos de corcho para su aplicación cosmética, el reciclaje y la nueva vida de los tapones utilizados, la capacidad de biosorción del corcho como descontaminante o la obtención de un biomaterial con corcho son algunos de los casos que se están trabajando actualmente y que se explican en detalle en el marco de la jornada.

## Introducción

El corcho es la corteza externa del alcornoque, *Quercus suber* L., una especie arbórea perenne autóctona y exclusiva de los bosques mediterráneos. El corcho es el felema del alcornoque, un tejido formado por células muertas, dispuestas de forma regular y compacto que protegen troncos y ramas del árbol.

Los bosques de alcornoque son de gran relevancia por la economía, la ecología y la edafología de varios países del mediterráneo y son la base de una de las cadenas de valor más importantes dentro del ámbito forestal. Cubren un área aproximada de unos 2,1 millones de hectáreas en todo el mundo, distribuidas en un 90% en Portugal, España, Marruecos y Argelia,

y la producción anual de corcho se estima en torno a 200.000 toneladas. España es el segundo productor de corcho con unas 62.000 toneladas anuales y supone alrededor de un 30% de la producción mundial (LIFE ECORKWASTE, 2018). La superficie catalana de alcornoque es de unas 120.000 hectáreas, esto supone casi un 6% respecto la superficie mundial. Actualmente este territorio tiene una baja productividad (5.000 toneladas el año) pero tiene potencial para triplicarlo en los próximos años (Mundet et al., 2018).

Según el anuario de la Asociación Portuguesa del Corcho (APCOR) de 2018-2019, el principal producto de la industria alcornoque a nivel mundial es el tapón de corcho y supone un 72% de todos los productos hechos con corcho,





**Figura 1.** Diagrama de la composición química del corcho. Fuente: ICSURO



seguido por el sector de la construcción con un 25% y un 3% otras aplicaciones.

Sin embargo, dentro de la cadena de valor del corcho o de sus productos derivados se pueden definir claramente 5 subsectores:

- **Subsector forestal.** Gestión de las masas de alcornoque y los productos que se obtienen de ellas como materia prima.
- **Subsector de preparación.** Separación de las planchas de corcho aptos por la fabricación de tapones: tapones de una pieza, granulado y discos. En este punto se diferencia el corcho taponable del corcho que no lo es y se considera rechazo (destinado a otras aplicaciones).
- **Subsector trituración.** Obtención de granulado a partir de corcho de rechazo o subproductos.
- **Industria taponera.** Elaboración de tapones y productos intermedios de la industria taponera: discos de corcho natural, granulado y mangos de aglomerado por tapones aglomerados.
- **Industria de aglomerados.** Fabricación de productos de uso no alimentario (no tapones) (Verdún *et al.*, 2020).

El corcho como material tiene una combinación única de propiedades. La elevada cantidad de gas, el bajo poder de adsorción de agua y la composición de la pared celular entre otras características hacen que el corcho tenga una gran versatilidad y que pueda ser utilizado por múltiples finalidades. El corcho tiene una baja densidad, baja permeabilidad a líquidos y gases, baja conductividad, es químicamente estable, duradero, tiene alta compresibilidad con buena recuperación y es un buen aislante térmico y acústico.

En este artículo se explican algunos casos de estudio sobre aplicaciones alternativas al tapón de corcho llevadas a cabo por la Fundació Institut Català del Suro:

- La aplicación de los subproductos de corcho en la industria cosmética aprovechando su composición rica en polifenoles.
- La descontaminación y tratamiento de aguas gracias a su capacidad de biosorción.
- Las aplicaciones de los tapones reciclados y la identificación de los verdaderos residuos del sector.

El sector corchero-taponero genera una cantidad significativa de subproductos y/o residuos

de diferentes tipologías dependiendo de cada subsector. Es un sector donde muchos flujos se interrelacionan y se pueden reutilizar dentro de la misma industria. Actualmente gran parte del valor económico del corcho proviene de la elaboración de los taponos de corcho, durante su elaboración se generan un conjunto de subproductos o corcho de bajo valor económico que a menudo se denomina corcho no taponable. Dentro del corcho considerado no taponable, hay diferentes formatos o subproductos, pero a menudo tienen un valor económico muy bajo en el mercado o a veces pueden ser un residuo.

La importancia de dar una utilidad aparte de este subproducto es que incentiva la economía circular del sector del corcho y la diversifica. Casos de estudio como los que se presentan a continuación son de gran relevancia para incrementar la eficiencia y productividad del sector y asegurar su futuro. Los incentivos europeos de activar la economía circular en todos los sectores hacen del corcho un actor muy importante y que juega con gran ventaja respecto a otros materiales, puesto que por sí mismo ya es un material natural.

## Aplicación de los subproductos del corcho en la industria cosmética

El corcho y sus subproductos pueden ser fuente de múltiples componentes bioactivos. Los compuestos bioactivos se definen como aquellos componentes que influyen de forma beneficiosa en la actividad celular y por tanto a la salud (Bouras, *et al.*, 2015). Estos bioactivos presentan una variedad de propiedades relevantes, como antioxidantes, antiinflamatorios, antienvjecimiento, actividad de captura y depuración de radicales. En este caso, estos componentes son los polifenoles y, como se ha comentado, se les atribuye actividad antioxidante. Estos polifenoles pueden ser utilizados como complementos alimentarios, nutricionales o en cosmética.

La composición química del corcho es sustancialmente diferente del resto de las partes del árbol. Los componentes del corcho son, por orden de importancia relativa, la suberina (50% aproximadamente), la lignina (20-25%), los polisacáridos (celulosa y hemicelulosa, 20%), las sustancias extraíbles que incluyen

mayoritariamente sustancias lipídicas y fenólicas (14- 18%) y componentes inorgánicos (1-2%) (Silva *et al.*, 2005; Pereira, 2007) (Figura 1).

Así, el corcho posee algunos compuestos "libres", no vinculados químicamente en la estructura principal y por tanto extraíbles a partir del uso de disolventes ya sean orgánicos o inorgánicos (Godoy, 2018). De este modo, el corcho y sus subproductos pueden ser reutilizados como un ingrediente prometedor en la industria cosmética.

En la industria cosmética ya hay algunos ejemplos del uso del corcho como tensor suavizante, como óleo activo o incluso como exfoliante. Es por este motivo que se empezó el "SUBERCHEM: Proyecto de investigación sobre la aplicación de la economía circular en los activos cosméticos: el caso de los subproductos del sector del corcho, INNOTECD 18-1-0001" el 2018.

El objetivo del SUBERCHEM se centra en la obtención de principios activos, extractos del corcho ricos en polifenoles, mediante metodologías sostenibles. Las técnicas más ampliamente utilizadas son la maceración, *enfleurage*, destilación por vapor, extracción con solventes, extracción por *soxhlet*, extracción fría con presión, extracción con CO<sub>2</sub>, destilación con agua o vapor. Se utilizan unas técnicas u otras dependiendo de la matriz vegetal de partida y de los activos que se quieran obtener. La filosofía del proyecto era clara sobre los procedimientos sintéticos, se quería reducir el uso de disolventes. El diseño de una metodología de extracción verde y sostenible de productos naturales es, actualmente, un tema candente de investigación en el ámbito multidisciplinar de la química, la biología y la tecnología (Chemat *et al.*, 2012). De acuerdo con el estudio de Chemat *et al.* (2012), una extracción verde se basa en descubrir y diseñar un proceso extractivo que reduzca el consumo de energía, permita utilizar solventes alternativos y productos naturales renovables y asegure extractos seguros y de alta calidad.

Es por este motivo que la metodología que se utilizó fue la maceración con diferentes disolventes acuosos y combinaciones de estos productos con diferentes cargas iónicas. Con el propósito de optimizar la técnica se realizan diferentes diseños experimentales (DOE) con el software estadístico Minitab 19 para encontrar el conjunto de factores (tipos de subproducto, tiempo, temperatura, pH, etc.) y sus niveles que podían influir en el proceso de extracción.



Los resultados obtenidos permitieron optimizar una metodología de extracción determinada por los factores de estudio analizados. Esta metodología es propiedad de la empresa participante del proyecto (Biogründl SL). Los valores de polifenoles totales obtenidos en las mejores condiciones oscilan de 500 a 700 mg GAE/g extracto (GAE: equivalentes de ácido gálico) (Fotografía 1). Estos valores son el doble de los reportados en la bibliografía consultada (Santos *et al.*, 2013). Además, se identificaron de los extractos obtenidos 22 de los 23 polifenoles de bajo peso molecular analizados por HPLC-DAD.

Las conclusiones de este estudio son que los extractos obtenidos de los subproductos escogidos presentan más de un 50% de polifenoles por gramo de extracto. Por lo tanto, se abre la puerta a una amplia variedad de propiedades relevantes mostradas por la familia de los polifenoles, como su poder antioxidante, antiinflamatorio, depurador de radicales libres y propiedades antimicrobianas así como un nuevo nicho de mercado.

## Capacidad de biosorción de los subproductos del corcho y su aplicabilidad en descontaminación y tratamiento de aguas

El alcornoque es un ecosistema que acoge uno de los biotopos más ricos de la Unión Europea y es uno de los principales motores de la economía de muchas zonas rurales del Mediterráneo. La ausencia de mecanización en los trabajos de extracción del corcho es uno de los principales problemas que arrastra la subcultura. La saca del corcho sigue realizándose en el siglo XXI como hace más de doscientos años, de forma manual, con la ayuda de un hacha corchera y una palanca, lo que apunta hacia una necesaria modernización.

El proyecto Grupo Operativo Suber (GOSUBER: Modernización del descorche para la mejora de la productividad) reúne diferentes agentes relacionados con el sector del corcho, la propiedad forestal y centros de investigación con el objeto de realizar un proyecto de innovación. Los objetivos del proyecto son los siguientes: la modernización de la tarea de extracción del corcho mediante la mecanización de la maquinaria, la optimización del procedimiento de saca, la mejora de las condiciones de seguridad



**Fotografía 1.** Ejemplo de extractos de corcho ricos en polifenoles. Fuente: ICSURO



y salud, y por último, la investigación y mejora de la valorización del corcho y sus derivados para implementar la comercialización a través de las nuevas aplicaciones tecnológicas y los nuevos usos.

El proyecto GO Suber está dividido en diferentes subproyectos, a continuación, se explica el subproyecto que se coordinó desde la Fundació Institut Català del Suro. La participación consistió en el desarrollo de un muro verde, piloto, con corcho como sustrato y/o apoyo, aprovechando sus características aislantes y bioabsorbentes. Las propiedades únicas del corcho hacen posible el planteamiento del uso del subproducto de corcho o corcho no taponable como sustrato de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

El funcionamiento de la fachada verde es mayoritariamente un sistema pasivo de ahorro energético, gracias al aislamiento térmico que proporciona el sustrato y las plantas, la sombra que producen y el enfriamiento evaporativo que se da a consecuencia de la evapotranspiración de las plantas y el sustrato (Verderón *et al.*, 2020).

Las cubiertas y fachadas verdes ofrecen varios beneficios en el ambiente urbano, pero necesitan una aportación de agua diaria de 0,5-20 l/m<sup>3</sup> y esto hace que no sea una solución del todo óptima en climas secos (Prodanovic *et al.*, 2017). Sin embargo, una alternativa es el riego de la cubierta verde con aguas grises o contaminadas (Li *et al.*, 2009; Castellar *et al.*, 2019). De este modo los sistemas vegetativos se pueden convertir en una solución ambiental sostenible y económica para el tratamiento de aguas (Boyjoo *et al.*, 2013; Vymazal, 2005).

Varios estudios han demostrado el potencial del corcho para adsorber contaminantes emergentes como los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) (Olivella *et al.*, 2011.a, 2011b, 2013), naranja de metilo (Krika y Benlahbib, 2015), ofloxacina (Crespo-Alonso *et al.*, 2013), biphentrin (Domingues *et al.*, 2005) ibuprofeno, carbamazepina y ácido clofibrico (Dordio *et al.*, 2011), metales pesados (Pintor *et al.*, 2012) y pesticidas (Jové *et al.*, 2017).

El uso de subproducto de corcho para el tratamiento de contaminantes permite solucionar dos problemáticas: la gestión de biomasa no gestionada del corcho y el deterioro de la calidad del agua.

La finalidad del estudio era comprobar la eficiencia de la gestión del agua, la aportación a la mejora del comportamiento energético de los edificios e incentivar el rendimiento económico y ambiental del sector forestal del corcho mediante el aprovechamiento del subproducto de la industria.

El prototipo planteado para el estudio es un sistema modular o de gaviones. El sistema modular comercial que se utiliza como referencia es el llamado sistema Babylon®. Los gaviones de 50 x 10 x 10 cm están formados por una malla metálica y una bolsa geotextil que contiene el sustrato. El prototipo consta de dos columnas de 4 gaviones por columna. Una columna está formada por los gaviones con un sustrato comercial (turba, fibra de coco y perlita) sin ninguna variación y la otra tiene gaviones con un 50% de una mezcla de diferentes subproductos de corcho como sustrato (*Fotografía 2*).

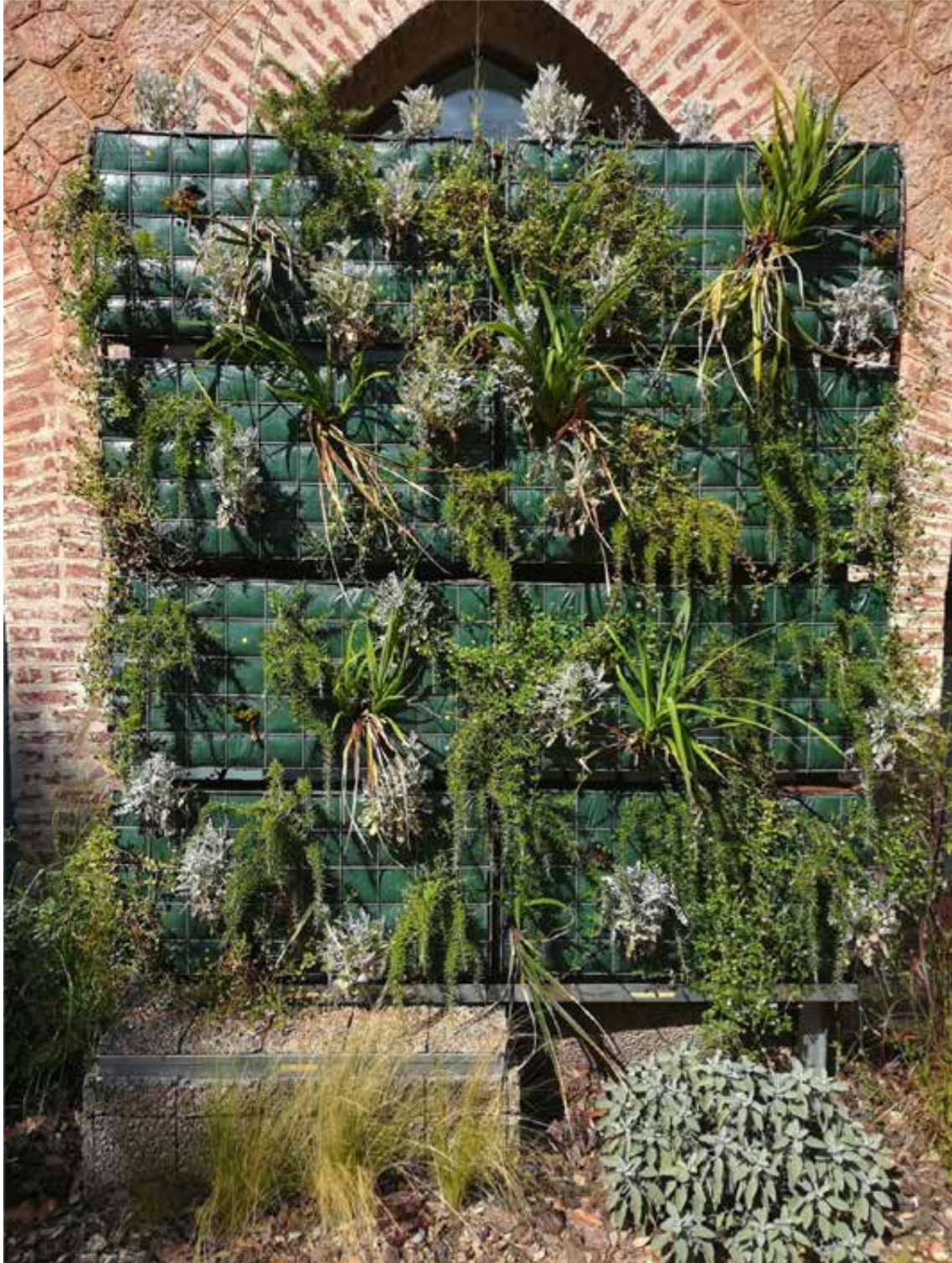
Para cumplir estos objetivos se instalan 3 sensores de la marca Smart Citizen que miden continuamente diferentes parámetros ambientales, se plantan un conjunto de plantas según un estudio previo (García Moreno *et al.*, 2020) y se realizan estudios de descontaminación utilizando los HAPs como indicadores. Los HAPs causan problemas de empobrecimiento de la riqueza de las aguas puesto que algunos de ellos tienen efectos mutagénicos, carcinogénicos y teratogénicos.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el corcho es un buen material como sustrato en una cubierta verde. Sin embargo, el porcentaje de corcho que puede ser añadido a la mezcla para tener un desarrollo óptimo de las plantas depende de la especie cultivada. El corcho aporta propiedades aislantes al sistema vegetal vertical, tanto las temperaturas ambientales como las temperaturas superficiales de la columna que contiene corcho presentan valores inferiores. El corcho permite una reducción del ruido ambiental tan importante en las grandes ciudades. Los gaviones con corcho pesan 10 kg menos que los gaviones estándares o comerciales debido a la baja densidad del corcho, que aporta ligereza al sistema. Los ensayos de descontaminación revelan que tanto los gaviones comerciales como los gaviones con un 50% de corcho presentan, con condiciones de riego de 4 l/día, un porcentaje medio de descontaminación de 99,98% de los 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos analizados.



Una cubierta verde con corcho es un sistema innovador que representa una mejora sustancial de la competitividad de este material respecto a otros sistemas que utilizan materiales no sostenibles. La aplicación de corcho implica mejoras

a nivel térmico, acústico y de resistencia, el que supone una innovación respecto a los sistemas comerciales actuales.



**Fotografía 2.** Prototipo de sistema vegetal modular fijado en el suelo. Fuente: ICSURO



## Identificación de los verdaderos residuos del sector y dar una segunda vida al tapón reciclado

El tapón de corcho es el producto de más valor que se extrae del corcho. A nivel mundial, el principal sector de los productos de corcho es la industria del vino y, por lo tanto, la industria de los tapones de corcho es el núcleo del sector corchero. Con datos de 2017, dentro de la industria de los tapones de corcho, los tapones de corcho natural son los que tienen mayor representación con un 60% seguidos otros tipos de tapones con un 21% y por último el tapón para vino espumoso.

España tiene unas 970.000 hectáreas de viñas (el 13% del total del mundo) y su producción mediana anual de vino y mosto es de entre 40 y 42 millones de hectolitros, de los cuales aproximadamente más de unos 21 millones de hectolitros son exportados, según datos de la Federación Española del Vino.

El tamaño estándar de las botellas de vino y espumoso es de 0,75 l, se estima un consumo medio de 28,4 l de vino o espumoso por habitante y año (datos facilitados por el Clúster del Sector Vitivinícola Catalán, INNOVE). Con una población de 40 millones de personas adultas, se estima un consumo de unos 1.100 millones de litros de vino y espumoso, es decir unos 1.500 millones de botellas. Se puede estimar que entre un 60% y 70% de las botellas están tapadas con tapón de corcho, de forma que el número de tapones de corcho empleados en España ronda los 1.000 millones en el año.

El proyecto LIFE ECORKWASTE, aprobado en 2015 sobre la gestión integrada y sostenible de los residuos de corcho de la industria corchera, identificó en su plan de gestión que uno de los principales residuos no gestionados del sector corchero son los tapones de corcho ya utilizados. Al conocer estas conclusiones, la Fundació Institut Català del Suro participó en el estudio de la implementación de un sistema de retorno de tapones de corcho aprobado el 2017 (proyecto cofinanciado por la Generalitat de Catalunya). Este proyecto concluyó que el sistema de retorno no era viable si no hay un destino claro de este material.

Las directivas europeas promueven tanto la cultura de las 5 erres (reducir, reparar, recuperar, reutilizar y reciclar) como la economía circular. La huella de carbono de la elaboración de los tapones de corcho es negativa, es decir, un tapón de corcho fija más dióxido de carbono del que se emite para elaborarlo. El tapón de corcho natural contribuye a la fijación de entre 234 g a 309 g de CO<sub>2</sub> y los tapones de vino espumoso pueden fijar hasta 562 g CO<sub>2</sub> (Amorim & Irmãos, SA., 2019). Por lo tanto, el tapón de corcho cumple con la conciencia medioambiental. Los tapones de corcho consumidos por el sector de la restauración, la hostelería y los particulares acaban en la mayoría de los casos echándose a la fracción común y no a la orgánica. Existen desde el sector del corcho y otros actores de la cadena de valor la inquietud para promover el reciclaje y la reutilización de los tapones de corcho e impulsar canales de recogida facilitadores de la actividad de reciclaje. Los tapones de corcho, por su naturaleza, podrían ser triturados y ser materia prima de aglomerados de corcho aptos para usos no alimentarios como la construcción, el textil, la decoración, el mobiliario, etc. (Figura 2).

Actualmente hay algunas iniciativas que intentan promover la recogida y la reutilización de los tapones de corcho: Greencork (Portugal), Ecobouchon (Francia), Recork (EE. UU.), CampagneEtico (Italia) y Recycork (Bélgica). Según nuestros conocimientos, actualmente no hay una iniciativa global de recogida de tapones en España que permita soportar una nueva vía de reciclaje, aparte de la que realizan algunas entidades de carácter social. Por este motivo, la Fundació Institut Català del Suro cree en el planteamiento de una red de recogida y aplicación final de relevancia y trabaja actualmente para poderlo llevar a cabo.







Figura 2. Diagrama de flujo del ciclo esperado del tapón de corcho. Fuente: ICSURO

## Conclusiones

El corcho es un material natural altamente versátil. Actualmente la industria del corcho, como se ha dicho a lo largo de este artículo, tiene como principal cliente la industria vitivinícola. Sin embargo, todo el corcho que se extrae no es apto por este uso. Por lo tanto, dar una salida comercial a los diferentes subproductos del sector también es importante. El sector corchero no dedicado al tapón de corcho en España es muy menor que el dedicado a este subsector. Según AECORK (Asociación de Empresarios Corcheros de Catalunya) este porcentaje está alrededor de un 10% en Catalunya. Esto se debe, en gran parte, a que el sector del tapón ha monopolizado el sistema y ha centrado los recursos a la elaboración de tapones de corcho de calidad. A través de los proyectos y estudios presentados se quiere incentivar el uso de diferentes fracciones de corcho y generar nuevas oportunidades de negocio dando salida a productos forestales o subproductos de la industria taponera diversificando el sector.

## Agradecimientos

La Fundació Institut Català del Suro ha participado como coordinadora o socia en los proyectos presentados junto con otras entidades, empresas y centros de investigación con los cuales ha formado consorcio en cada uno de los proyectos:

- Proyecto SUBERCHEM: investigación sobre la aplicación de la economía circular a los activos cosméticos: el caso de los subproductos del sector corchero (2018). Cofinanciado por ACCIO Generalitat de Catalunya.
- Proyecto GO Suber: la modernización del descorche para la mejora de la productividad, Grupo Operativo (2017). Cofinanciado al 80% por el fondo FEADER con una contribución de 532.954,36 €
- Proyecto LIFE ECORKWASTE 14/ENV/ES/460: gestión integrada y sostenible de los residuos de corcho en la industria del corcho (2015-2018). Cofinanciado por el Programa LIFE de la Unión Europea, con una contribución de 1.087.756 €.
- Proyecto Implementación de un sistema de retorno de los tapones de corcho en el marco de la economía circular (2017). Cofinanciado por la Generalitat de Catalunya.

## Referencias

- Amorim & Irmãos, SA. 2019. Sparkling Cork Stopper carbon footprint. EY-SROC, SA.
- Bouras, M., Chadni, M., Barba, FJ., Grimi, N., Blas, O., Vorobiev, E. 2015. Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from Quercus bark. *Industrial Crops and Products* 77, 590-601.
- Boyjoo, Y., Pareek, VK., Ang, M. 2013. A review of greywater characteristics and treatment processes. *Water Science and Technology* 67, 1403-1424
- Castellar, JAC., Formosa, J., Fernandex, AI., Jové, P., González, B., Morató, J., Brix, H., Arias, CA. 2019. Cork as sustainable carbon source for nature-bases solutions trating hydroponic wastewaters- Preliminary batch studie. *Science of the Total Environment* 650, 267-276.
- Chemat, F., Abert Vian, M., Cravotto, G. 2012. Green Extraction of Natural Products: Concept and Principales. *Int. J. Mol. Sci.* 13, 8615-8627.
- Crespo-Alonso, M., Nurchi, VM., Biesuz, R., Alberti, G., Spano, N., Pilo, MI., Sanna, G. 2013. Biomass against emerging pollution in wastewater: Ability of cork for the removal of ofloxacin from aqueous solutions at different pH. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 1, (4): 1199-1204.
- Domingues, V., Alves, A., Cabral, M., Delerue-Matos, C. 2005. Sorption behaviour of bifenthrin on cork. *J. Chromatogr.* 1069, 127-132.
- Dordio, AV., Goncalves, P., Texeira, D., Candeias, AJ., Castanheiro, JE., Pinto, AP., Carvalho, AJP. 2011. Pharmaceuticals sorption behaviour in granulated cork for the selection of a support matrix for a constructed wetlands system. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 91, 615-631.
- Garcia, AM., Sánchez, R., Prades, C., Verdum, M., Jové P., Bejarano, M., Abellanas, B. 2020. El corcho como sustrato de cubiertas verdes (Proyecto GO SUBER). *Tecnogarden* 219, 38-53.
- Godoy, CB. 2018. Composición bioactiva de materiales lignocelulósicos: Determinación de compuestos fenólicos y elagitaninos con propiedades antioxidantes y anticancerígenas mediante técnicas analíticas diversas. Universidad de Extremadura. Tesis doctoral.
- Krika, F., Benlahbib, OF. 2015. Removal of methyl orange from aqueous solution via adsorption on cork as a natural and low-coast adsorbent: equilibrium, kinetic and thermodynamic study of removal process. *Desalin. Water Treat.* 53: 13, 3711-3723.
- Jové, P., Fiol, N., Vilaescusa, I., Verdum, M., Aguilar, L., Bosch, C., Morató, J. 2017. The use of cork waste as a sorbent for pesticides and heavy metals generated during the wine manufacturing process. *Materials Research Proceedings* 3, 75-83
- LIFE ECORKWASTE. 2018. Integrated waste management plan for the cork industry. TYPESA, UPC, CTM, INNOVI, ICSURO. 144 pp.
- Li, Y. Chen, B. 2009. Phenanthrene sorption by fruit cuticles and potato periderm with different compositional characteristics, *J. Agric. Food. Chem.* 57, 637-644.
- Mundet, R., Baiges, T., Beltrán, M., Torrell, A. 2018. Guia de recomanacions i mesures d'adaptació al canvi climàtic en la gestió de Quercus suber. Life+ SUBER. CFC, CPF, CTFC, FCSA, AFSA. 140 pp.
- Olivella, MÀ., Jové, P., Oliveras, A., 2011a. The use of cork waste as a biosorbent for persistent organic pollutants-study of adsorption/desorption of polycyclic aromatic hydrocarbons. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 46, 824-832.
- Olivella, MÀ., Jové, P., Şen, A., Pereira, H., Villaescusa, I., Fiol, N., 2011b. Sorption performance of Quercus cerris cork with polycyclic aromatic hydrocarbons and toxicity testing. *Bioresources* 6, 3363-3375.
- Olivella, MÀ., Fernández, I., Cano, L., Jové, P., Oliveras, A., 2013. Role of chemical components of cork on sorption of aqueous polycyclic aromatic hydrocarbons. *Int. J. Environ. Res.* 7, 225-234.
- Pereira, H. 2007. *Cork: Biology, Production and Uses*. Elsevier, Amsterdam. 346 pp.
- Pintor, AMA., Ferreira, CIA., Pereira, JC., Correia, P., Silva, SP., Vilar, VJP., Botelho, CMS., Boaventura, RAR. 2012. Use of cork powder and granules for the adsorption of pollutants: a review. *Water Res.* 46, 3152-3166.
- Prodanovic, V., Hatt, B., McCarthy, D., Zhang, K., Deletic, A., 2017. Green walls for greywater reuse: understanding the role of media on pollutant removal. *Ecol. Eng.* 102, 625-635.
- Santos, SAO., Villaverde, JJ., Sousa, AF., Coelho, JFJ., Neto, CP., Silvestre, AJD. 2013. Phenolic composition and antioxidant activity of industrial cork by-products. *Industrial Crops and Products* 47, 262-269.
- Silva, SP., Sabino, MA., Fernandes, EM., Correlo, VM., Boesel, LF., Reis, RL. 2005. Cork: properties, capabilities, and applications. *Int Mater Rev* 50 (6): 345-365.
- Verdum, M., Prades, C., González Agrados, JR., Bejarano, M., Lezcano, G., Sánchez, M. 2020. Miniguía nuevas aplicaciones del corcho. GO SUBER. 65 pp.
- Vymazal, J. 2005. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecological Engineering* 25, 478-490.







# 6

JORNADA 6



# Resultados de la aplicación en el Mediterráneo subhúmedo catalán de una silvicultura adaptativa con criterios de árbol individual y de silvicultura naturalística

**Jaime Coello Gómez.** Dr. Ingeniero de Montes, Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya.

**Miriam Piqué Nicolau.** Dra. Ingeniera de montes, Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya.

**Mario Beltrán Barba.** Ingeniero de Montes, Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya.

**Lídia Guitart Xarpell.** Ingeniera de Montes, Associació de Propietaris Forestals del Montnegre i el Corredor.

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

**Jordi Vigué Ruaix.** Ingeniero de Montes, Associació de Propietaris Bellmunt-Collsacabra.

**Joan Rovira Blanco.** Grado en Ingeniería Forestal, Diputació de Barcelona.

Cita bibliográfica: Coello, J., Piqué, M., Beltrán, M., Guitart, L., Palero, N., Vigué, J., Rovira, J. 2021. Resultados de la aplicación en el Mediterráneo subhúmedo catalán de una silvicultura adaptativa con criterios de árbol individual y de silvicultura naturalística. En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 74-85. ISBN: 978-84-09-31651-9

---

**Resumen** \_ El proyecto LIFE MixForChange (2016-2022) tiene como objetivo principal contribuir a la adaptación e incrementar la resiliencia de los bosques mixtos mediterráneos subhúmedos al cambio climático, favoreciendo su conservación y el mantenimiento de sus funciones productivas, ambientales y sociales. En el marco de este proyecto, financiado por el programa LIFE de la Unión Europea, hemos implementado 164 ha de tratamientos de silvicultura adaptativa al cambio climático incorporando criterios de silvicultura naturalística y de árbol individual, en el Montnegre-Corredor, Montseny, Bellmunt-Collsacabra y Ripollès sur.

A grandes rasgos, esta silvicultura se caracteriza por fomentar la diversidad de especies y estructuras, con intervenciones de baja intensidad centradas en promover los árboles o grupos de árboles más vigorosos y de mayor interés (económico o ecológico), para limitar el gasto de los tratamientos y beneficiarse de los procesos naturales favorables a los objetivos de la silvicultura (poda natural, microambiente forestal húmedo y sombreado para limitar el desarrollo del sotobosque, etc).

En esta jornada presentamos el planteamiento del proyecto, describimos los criterios silvícolas de la silvicultura naturalística y de árbol individual y mostramos los principales resultados de esta silvicultura, los productos logrados y previstos en el marco del proyecto.

---



## Introducción: el proyecto LIFE MixForChange y las áreas de trabajo

El proyecto LIFE MixForChange ([www.mixfor-change.eu](http://www.mixfor-change.eu); 2016-2022) está coordinado por el CTFC y tiene como socios beneficiarios el CPF, la APF Montnegre-Corredor y la APF Bellmunt-Collscabra, con la colaboración de personal técnico de la Diputación de Barcelona. El objetivo principal de este proyecto es contribuir a la adaptación y a la resiliencia de los bosques mixtos mediterráneos subhúmedos al cambio climático, favoreciendo su conservación y el mantenimiento de sus funciones productivas, ambientales y sociales.

La principal actividad de este proyecto es el diseño, implementación, seguimiento (ecológico y silvícola) y transferencia de la aplicación de una silvicultura adaptativa que incorpora criterios de silvicultura naturalística y de árbol individual, como se describe a continuación. Esta silvicultura se ha aplicado en 164 ha de masas mixtas de robledal (*Quercus canariensis*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*), pinar (*Pinus sylvestris*, *P. pinea*, *P. pinaster*), castañar (*Castanea sativa*) y encinar (*Quercus ilex ssp. ilex*) en la zona del Mediterráneo subhúmedo catalán. Las

áreas de trabajo son el Montnegre-Corredor, Montseny, Bellmunt-Collscabra y Ripollès sur. Estas intervenciones se aplicaron durante la parada vegetativa 2017-18 o 2018-19. Además, se han replicado estos tratamientos en 56 ha adicionales, a lo largo del proyecto.

Los rodales intervenidos en el proyecto presentaban una o varias de las siguientes características (*Fotografía 1*):

- Masas mixtas (al menos dos especies que aportan más del 20% del área basal total) o casi mixtas, a menudo con presencia de especies con potencial para hacer madera de alto valor: cerezo, quejigo, roble albar, fresno, serbal, mostajo, arce, etc.
- Gestión abandonada en los últimos años o bien excesivamente simplificada y centrada en productos de bajo valor añadido (leñas).
- Masas con problemas sanitarios y de vitalidad, especialmente los castañares y algunos pinares, que a menudo hacen necesario acelerar o acompañar un cambio en la especie principal.
- Muchos de estos bosques son periurbanos, con bastante demanda simultánea de servicios ecosistémicos.



**Fotografía 1.** Vista general de un bosque mixto mediterráneo subhúmedo en el ámbito catalán.



**Fotografía 2.** Rodal demostrativo del proyecto Life MixForChange después de una actuación de silvicultura adaptativa en el Montnegre-Corredor.

## Descripción general de la silvicultura MixForChange

La silvicultura desarrollada en el proyecto, y que se adapta a las particularidades de las zonas de actuación, se basa en los modelos ORGEST para estas formaciones, incorporando criterios de silvicultura adaptativa al cambio climático, silvicultura naturalística y silvicultura de árbol individual. Estos criterios silvícolas no son unas instrucciones precisas y de aplicación sistemática, sino que son más bien unos principios generales, compatibles entre sí, a la hora de implementar las intervenciones:

- La silvicultura adaptativa al cambio climático pretende mejorar la capacidad de las masas para tolerar (resistencia) las principales perturbaciones o amenazas que las puedan afectar, y también para recuperarse (resiliencia) una vez han sido afectadas por éstas (*Fotografía 2*). En nuestro contexto, las principales amenazas son los incendios forestales, la sequía y los patógenos (plagas y enfermedades). Como estas amenazas se retroalimentan entre sí, se tienen que abordar de manera conjunta. Así, la silvicultura adaptativa mediterránea contempla la

ruptura de la continuidad vertical de combustible (reducir el riesgo de que un fuego de superficie pueda alcanzar un fuego de copas), mantener y promover la diversidad de especies (para reducir la vulnerabilidad a plagas y enfermedades específicas y tener más respuestas ante una perturbación – regeneración de semilla y de rebrote) y la promoción de los árboles o grupos de árboles con más vitalidad.

- La silvicultura naturalística (también llamada “próxima la natura”, “prosilvica” o “close to nature”) busca aprovechar las inercias y las dinámicas naturales favorables a los objetivos de la gestión para reducir su coste a la vez que se incrementan los ingresos para aprovechar productos con valor de mercado más alto (*Fotografía 3*). En el recientemente publicado “Manual de gestión naturalística de los bosques de coníferas del Pirineo” (Beltrán *et al.*, 2020), se considera esta silvicultura como “un resultado, todavía inacabado, de un largo proceso de descubrimiento sobre cómo gestionar los bosques de una manera eficaz, cuidadosa y detallista”. Un ejemplo, sinérgico con la silvicultura adaptativa mencionada previamente, sería el mantener en todo momento un “microambiente forestal”,





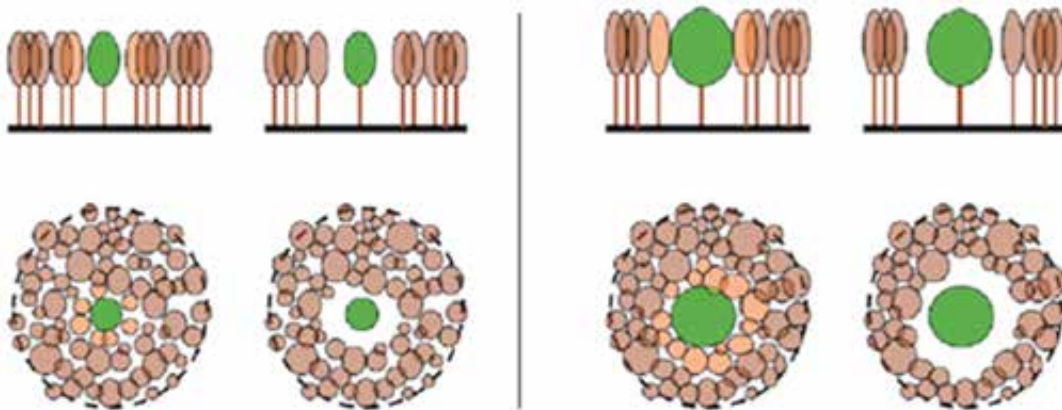
oscuro y húmedo, que permita a la vez: i) limitar el desarrollo del sotobosque y por tanto mantener la discontinuidad del combustible y abaratar o eliminar futuros desbroces; ii) reducir la transpiración causada por la insolación directa y el efecto desecador del viento; iii) facilitar la poda natural y evitar la emisión de brotes epicormicos de los árboles de mayor interés comercial gracias al acompañamiento lateral con aquellos árboles que hacen una competencia severa. Este principio general es compatible con la apertura, en puntos concretos de la masa, de claros o espacios para promover la instalación o desarrollo de una nueva cohorte, si se dan las condiciones adecuadas y siempre que los árboles a cortar no tengan opción de incrementar su valor en el futuro.

- La silvicultura de árbol individual (*single-tree*) tiene como principio general hacer las intervenciones silvícolas centradas en promover los árboles de mayor interés, ya sea por motivos comerciales o ecológicos (Figura 1). Este principio general es, igualmente que en los casos anteriores, flexible y adaptable con el tiempo. En general, esta silvicultura se suele organizar en dos fases: i) en las partes de la masa jóvenes y con alta densidad se permite una fase de alta competencia entre los árboles, para conseguir una diferenciación natural y una buena conformación de los árboles dominantes, ahorrando aclareos de alto coste; ii) una vez completada esta fase y/o en partes de la masa que muestren un estado de desarrollo más avanzado (árboles dominantes diferenciados), se identifican y marcan los árboles de mayor valor desde el punto de vista comercial (pies vigorosos y muy conformados de especies de alto valor)

o de la conservación (árboles de especies poco representadas o con microhábitats de interés), que pasan a denominarse "árboles de futuro". Desde este momento, las intervenciones se centran en encontrar un balance entre dar espacio progresivamente a los árboles de futuro para promover su desarrollo y vigor (claras selectivas sacando progresivamente los principales competidores para la expansión de su copa) pero manteniendo un acompañamiento lateral, respetando los árboles próximos que no hagan una competencia excesiva.



**Fotografía 3.** La silvicultura naturalística se basa en la realización de claras selectivas con marcaje completo previo, según las características y el papel de cada árbol en la masa y en relación con las dinámicas naturales presentes que se quieren regular y las inexistentes que se quieren reactivar. Foto del rodal demostrativo del Ripollès.



**Figura 1.** Esquema de apertura progresiva del espacio de crecimiento de un árbol seleccionado, como ejemplo de la silvicultura de árbol individual. Figura de Mori y Pelleri, 2014

Si bien estos principios se pueden considerar como intuitivos y entendibles a nivel conceptual, sobre el terreno se dan a menudo situaciones contradictorias o con dificultades para encontrar un balance entre objetivos divergentes: como mantener todas las especies si hay alguna con problemas evidentes de adaptación o vigor; como mantener un microclima forestal sin que haya una competencia excesiva o como mantener una baja vulnerabilidad estructural a incendios con una masa multiestratificada. Además, la mezcla de especies y estructuras a pequeña escala dificulta la aplicación de soluciones a nivel de todo el rodal. Por lo tanto, el papel del silvicultor cobra una importancia capital con esta silvicultura para conseguir los resultados esperados.

En comparación con la silvicultura dominante en nuestro contexto, estos principios dan lugar a intervenciones de más baja intensidad, más frecuentes y detalladas. En otras palabras, se incrementa la implicación del personal cualificado (marcaje, formación de las cuadrillas) pero se intenta reducir la inversión en trabajos forestales (desbroces, cortas y extracción de madera), tratando de conseguir una silvicultura coste-eficacia. La periodicidad de la aplicación de esta silvicultura depende del estado de desarrollo de la masa, de la productividad de la estación y de la intensidad del último tratamiento aplicado. En términos generales, esta periodicidad varía habitualmente entre 6 y 10 años.

## Caracterización de las intervenciones silvícolas MixForChange

Las intervenciones silvícolas del proyecto se han implementado sobre 164 ha (34 rodales) + 56 ha (10 rodales) de replicación. La implementación se ha diseñado en base a una caracterización previa del rodal, en la que recopilamos de manera detallada las variables a nivel de masa y de las especies presentes en el estrato arbóreo y sotobosque, con énfasis en los individuos con potencial para ser identificados como árboles de futuro.

Para evaluar el efecto de las intervenciones hemos instalado en el conjunto de rodales del proyecto un total de 71 parcelas permanentes de seguimiento, con un radio entre 10 y 13m. Hemos

caracterizado todos los árboles dentro de las parcelas, con mayor detalle en los 450 árboles de futuro identificados en total, y también el sotobosque y la vulnerabilidad estructural a incendios (Piqué *et al.*, 2011). Hemos realizado este inventario en tres momentos: antes y justo después de la intervención (para caracterizarla) y durante la parada vegetativa 2020/21 (2 o 3 años después de las intervenciones) para evaluar la evolución a corto plazo de la masa. En los mismos momentos, y a escala de rodal, también hemos estimado el efecto de las intervenciones sobre un indicador indirecto del estado de conservación: el Índice de Biodiversidad Potencial, IBP (Larrieu y Gonin, 2009; Baiges *et al.*, 2018), del cual se está desarrollando una versión adaptada a las condiciones mediterráneas en el proyecto LIFE BIORGEST.

Los últimos datos recogidos, tanto del inventario dasométrico, como de la vulnerabilidad estructural y del IBP están actualmente (marzo 2021) en fase de análisis y por tanto no es posible incluir sus conclusiones dentro del presente documento. No se muestran los datos de vulnerabilidad estructural ni de IBP correspondientes al inventario inmediatamente posterior a las intervenciones, puesto que los efectos sobre estos indicadores se dan a medio plazo.

Los principios aplicados en esta silvicultura son los descritos en el segundo apartado de este artículo: adaptativa, naturalística y de árbol individual. Los tratamientos aplicados en los rodales del proyecto se pueden resumir como los de una silvicultura de masa mixta, irregular o semi-regular, con la aplicación de claras selectivas (en favor de los árboles de futuro) cuando hay presencia de estos individuos, y de claras mixtas (bajas y altas) al resto de la superficie. En las formaciones con monte bajo se han hecho selecciones de rebrotes tratando de lograr una estructura de monte medio ("*coppice with standards*"). Los modelos ORGEST de referencia son aquellos más próximos a generar estos tipos de estructuras deseadas, a pesar de que ha sido necesario incorporar modificaciones en los modelos para acoger la silvicultura MixForChange.

A efectos prácticos, a pesar de las adaptaciones propias de cada rodal, de la presencia y características de los árboles de futuro, esta silvicultura se concreta en las siguientes intervenciones:

- **Identificación de los árboles de futuro** (o de valor). Son pies con interés comercial futuro (diámetro de al menos 15-20 cm, muy



conformados, con la copa desarrollada), de especies productoras de madera de calidad que se aprovecharán considerando un turno tecnológico, o desde el punto de vista de biodiversidad, con pies de especies poco representadas o con microhábitats de interés, y que no se recolectarán nunca. En esta identificación se busca un máximo de 100-150 árboles de futuro por hectárea (de valor comercial o de biodiversidad), distribuidos de la manera más regular posible; la distancia orientativa entre los troncos de dos árboles de futuro sería de al menos 8-10 m.

- **Claros selectivos en favor de los árboles de futuro**, consisten en sacar el principal competidor, es decir, aquel pie que limita más con la expansión de la copa del árbol de futuro. Si éste es bastante estable y no hay riesgo de emisión de brotes epicórmicos (árbol de futuro con interés comercial) se puede plantear la eliminación de 2 o incluso 3 competidores, siempre prestando atención a la competencia a nivel de la copa. También se plantea una poda de calidad del árbol de futuro, si vale la pena (solo en árboles de futuro relativamente pequeños, que puedan acumular un volumen de madera importante por encima de las heridas de poda). El resto de los árboles situados cerca del árbol de futuro, dominados por este y que hacen un acompañamiento lateral, no se cortan.
- **Al resto de la superficie (zona sin influencia de las claras selectivas) se aplican las indicaciones del modelo ORGEST** correspondiente, para la regulación de la densidad total de la masa, principalmente con claras mixtas respetando todas las especies presentes y selección de rebrotes dejando 1-3 troncos por tocón, en función de su estabilidad. También se ha tenido en cuenta el mantenimiento de la madera muerta preexistente (en pie y en suelo) de diámetros más grandes, con una densidad de referencia de entre 5 y 10 pies por hectárea.
- **Desbroce selectivo y parcial**, respetando cerca de un 25% de cobertura de sotobosque. Este desbroce se centra en reducir la presencia de los individuos de más de 1,3 m de altura, sobre todo de las especies más pirófilas y de aquellas que no producen fruto de interés para la fauna. Para limitar la fuerza del rebrote (sobre todo con brezo, madroño y durillo) se deja 1 tronco por tocón. En el caso del avellano solo se cortan los brotes del perímetro del tocón.

- Los restos de la corta se trocean y se reparten para evitar acumulaciones. Esto no afecta a la madera muerta preexistente ni a los árboles explícitamente seleccionados para la generación de nueva madera muerta, si hay.
- En las áreas del bosque que presentan una densidad muy baja a causa de una perturbación (ventada, mortalidad por problemas sanitarios) y una estructura simplificada se hacen plantaciones de enriquecimiento mixtas, incluyendo especies productoras de madera de calidad.

En todos los rodales se ha considerado imprescindible hacer una transferencia cuidadosa y progresiva de los principios de esta silvicultura a las personas responsables de las cuadrillas de trabajos forestales, con énfasis en las diferencias con la silvicultura tradicional. En función de la complicación técnica de la ejecución y de la capacidad de las cuadrillas, el marcaje ha sido total, parcial (solo árboles de futuro y, puntualmente algunos competidores clave) o limitado en las "áreas de entrenamiento" del personal.

En la *Tabla 1* se muestra la caracterización cuantitativa de la silvicultura aplicada para los diferentes tipos de rodales demostrativos del proyecto Life MixForChange.

## Balance económico de las intervenciones respecto a la silvicultura tradicional

El análisis económico de las actuaciones se ha basado en la comparación de los costes e ingresos de la gestión innovadora implementada en el proyecto (GFI) con la gestión tradicional (GFT). La GFT se define como aquella que se habría aplicado en estos mismos rodales siguiendo los criterios predominantes a cada formación y se caracteriza por cortas de intensidad moderada a intensa en las que se suele promover la obtención de un solo producto, a menudo con una cadena de transformación corta (leñas, biomasa o incluso madera de sierra de baja calidad). Los datos recopilados para hacer esta comparación se han recogido a través de encuestas realizadas a 84 trabajadores y 9 técnicos forestales implicados en la implementación de los tratamientos en los 4 macizos del proyecto. Los principales resultados de este análisis, resumidos a la *Tabla 2*, son los siguientes:



**Tabla 1.** Resumen de los diferentes tipos de rodales demostrativos y de las intervenciones silvícolas aplicadas.

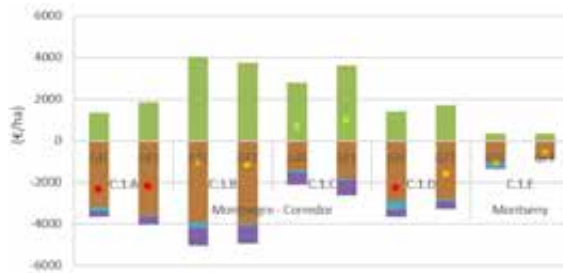
Formación	Tipos de masa	Modelo ORGEST	Tratamientos específicos, además de los generales*	Cifras de la intervención	
				Densidad (pies/ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)
<b>Encinar</b>	Mixto, irregular, muy capitalizado (AB 30-40 m <sup>2</sup> /ha)	Qii04, QiiPL3	Cortas de selección en encina (CD20-30), eliminando pies de gran copa, pero sin un gran diámetro de tronco	1.375 → 815 (-40%)	34 → 24 (-29%)
	Mixto, irregular, capitalización intermedia (AB 25-30 m <sup>2</sup> /ha)	Qii01, QiiPL3	Cortas de selección en encina (CD20-35), eliminando pies de gran copa, pero sin un gran diámetro de tronco	1.035 → 690 (-33%)	27 → 20 (-26%)
	Puro, irregular, ámbito litoral, calidad media	Qii04	Clara selectiva centrada en pies codominantes para adaptarse al modelo	1.560 → 1.100 (-29%)	24 → 19 (-21%)
	Mixto, irregular, ámbito litoral, calidad alta	Qii01	Entresaca para adaptarse al modelo	1.200 → 820 (-32%)	26 → 17 (-34%)
<b>Castañar</b>	Mixta multiestratificada, castañar regular poco abundante (<25% AB), vitalidad baja	Cs05, CsPL3	Acompañar el cambio de especie eliminando los castaños poco vitales	1.050 → 800 (-24%)	27 → 22 (-18%)
	Mixta multiestratificada, castañar regular no dominante (35-50% AB), vitalidad baja	Cs03, Cs05, CsQu1, CsPL3	Acompañar el cambio de especie eliminando los castaños poco vitales	1.400 → 860 (-39%)	30 → 21 (-30%)
				1.140 → 770 (-32%)	23 → 19 (-20%)
	Mixta multiestratificada, castañar regular dominante (60-75% AB), vitalidad baja	Cs05, CsQu1	Acompañar el cambio de especie eliminando los castaños poco vitales	1.465 → 950 (-35%)	29 → 22 (-25%)
				965 → 775 (-20%)	25 → 22 (-15%)
Mixta multiestratificada, castañar regular más o menos abundante (40-60% AB), vitalidad intermedia	Cs03 CsPL3	Potenciar planifolios acompañantes manteniendo el castaño a medio plazo	1.520 → 1.030 (-32%)	30 → 23 (-23%)	
<b>Robledal</b>	Irregular por bosquetes, dominada por quejigo andaluz vital	Qca01, QcaA1, Qca-PL3	Claras selectivas en favor de los árboles de futuro	1.035 → 735 (-29%)	27 → 21 (-22%)
	Irregular por bosquetes, dominada por roble albar, vital	Qpe02, QcaA1	Claras selectivas en favor de los árboles de futuro	1.245 → 975 (-22%)	42 → 32 (-25%)
	Irregular por bosquetes, dominada por roble pubescente, con otros robles y/o planifolios	-	Claras selectivas en favor de los árboles de futuro	1.200 → 750 (-38%)	20 → 15 (-25%)
	Irregular pie a pie, muy capitalizada, dominada por roble pubescente con otros planifolios y pino albar	-	Claras selectivas en favor de los árboles de futuro	1.528 → 976 (-50%)	36 → 27 (-53%)
	Irregular por bosquetes, dominada por carvallo con otros planifolios, calidad de estación alta	Qr01	Claras selectivas en favor de los árboles de futuro	1.100 → 775 (-30%)	30 → 25 (-17%)
	Pino piñonero en fase de senescencia, capitalización intermedia, subvuelo de quercineas	PPa08, PpaQi1	Reducir densidad de pinos para dar espacio a los planifolios de mayor potencial para avanzar en multiestratificación	1.090 → 840 (-23%)	26 → 20 (-23%)
<b>Pineda</b>	Mixta poco capitalizada, subvuelo de quercineas, baja calidad de estación	Qii04, QiiP1	Promover el estrato inferior sin reducir mucho la densidad	570 → 450 (-21%)	11 → 10 (-9%)
	Pinar mixto por bosquetes; pino albar, roble pubescente y otros planifolios	PsQh3	Promover el desarrollo de los planifolios	800 → 585 (-27%)	24 → 20 (-17%)
	Pinar mixto pie a pie, capitalizada; pino albar afectado por sequía y nevadas; roble pubescente y otros planifolios	-	Promover el desarrollo de los planifolios; corta sanitaria del pino	1.435 → 940 (-34%)	56 → 44 (-21%)

\* en todos los casos se hace una identificación y liberación de los árboles de futuro, selección de brotes si hay monte bajo y desbroces selectivos, como se ha descrito previamente.

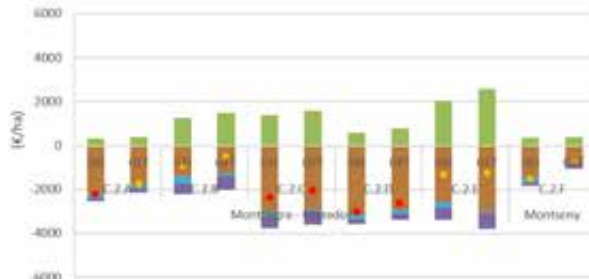
- A nivel global, ni la GFI ni la GFT no son económicamente sostenibles. Ambos tipos de gestión dan lugar a balances negativos, con valores medios de entre 600 y 1.800 €/ha según la zona de estudio y tipología de bosque. La GFI da lugar a resultados económicos parecidos a los de GFT en los rodales más desarrollados y capitalizados, donde los árboles codominantes (sobre los cuales se suelen centrar estas cortas) tienen dimensiones importantes (ej: rodales C1B, C2F, C3B o C4C de la Figura 2). En cambio, en los rodales más jóvenes o con bajas densidades, donde se extrae menos producto y de más baja calidad, el balance económico es favorable a la GFT (ej: rodales C2A o C2C a la Figura 2) con ahorros globales de fines el 57%.
- En cuanto a los ingresos, la GFT da lugar a ingresos más altos (+4-33%) que la GFI, gracias a la obtención de una cantidad más grande de producto, a pesar de ser predominantemente de bajo valor añadido. La GFI da lugar a una menor cantidad de producto pero más diverso.
- En cuanto a los costes, en la mayor parte de casos, la GFI da lugar a costes más elevados (+14-37%) que la GFT. En ambos casos los principales costes (72-85%) corresponden a los trabajos forestales, los cuales son entre 10-32% más caros en la GFI. En el caso de los tratamientos sobre el estrato arbóreo, el estado inicial de los rodales determina si el coste superior de selección de la GFI compensa o no el coste superior de abatimiento y extracción de la GFT. Los desbroces selectivos de la GFI suelen ser más caros (12-77%) que el desbroce o la ausencia de éste de la GFT. El principal incremento del coste de la GFI respecto la GFT se da en el coste de seguimiento técnico (marcaje, seguimiento y formación de las cuadrillas), incrementado en un 51-83%, si bien esta partida solo supone el 1-25% del coste total.

Se ha de decir que este análisis se ha hecho en base a una primera aplicación de la GFI, es decir, que el balance económico es mucho más negativo de lo que se espera obtener en aplicaciones futuras de esta gestión, con el personal más capacitado y las masas más preparadas para esta silvicultura: identificación más sencilla de los árboles de futuro y de sus competidores y generación progresiva de productos de alto valor añadido. En todo caso, la GFI incorpora criterios de adaptación al cambio climático y de conservación en mayor grado que la GFT, más

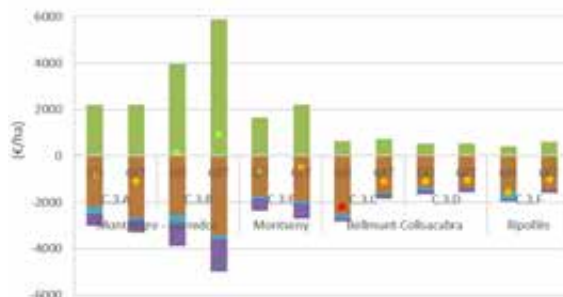
### Encinares



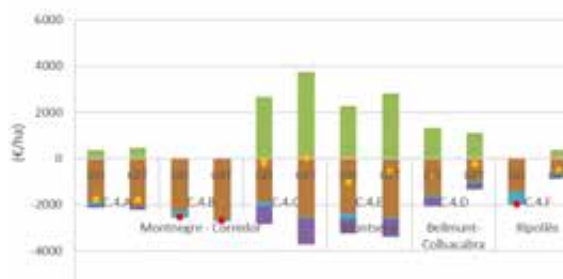
### Castañar



### Robledales



### Pinares



■ Gestión técnica ■ Trabajos forestales ■ Transporte ■ Ingresos

**Figura 2.** Balance económico de la aplicación de una gestión forestal tradicional (GFT) e innovadora (GFI) en diferentes tipos de rodales, por tipología de bosque, en rodales representativos del Montnegre-Corredor. Los puntos dentro de cada columna indican el balance económico de la intervención: positivo (punto verde), negativo hasta 2.000 €/ha (amarillo) y negativo con más de 2.000 €/ha (rojo).

**Tabla 2.** Principales diferencias entre la gestión innovadora (GFI) y la tradicional (GFT) que afectan al balance económico.

Tipos de costes y ingresos	GFI	GFT
Productos obtenidos	Productos diversos Volúmenes bajos	Mayoritariamente producto de bajo valor añadido Volúmenes altos
Potencial de generación de productos de alto valor en el futuro	Alto	Bajo
Costos de gestión técnica	Alto (marcaje, formación a trabajadores)	Bajo
Costos de trabajos forestales	Intermedio (a pesar del coste superior de clasificación)	Intermedio (coste superior de abatimiento y extracción)
Costos de desbroce	Intermedio alto (selectiva)	Intermedio bajo (sistemática, 100% superficie o no es hace)

centrada en buscar la sostenibilidad económica en cada intervención, por lo cual es difícil que los resultados económicos de GFI hubieran sido más favorables en esta primera intervención, en parte porque no se incorpora el valor equivalente de esta mejora de los servicios ecosistémicos.

## Retos para la adopción de esta silvicultura

Como se ha descrito, esta silvicultura presenta interesantes oportunidades para su despliegue en nuestro contexto, si bien hay una serie de limitaciones o retos a superar.

**Masas en transición.** Esta silvicultura implica un papel muy activo de la persona gestora, especialmente en las primeras intervenciones, las cuales se pueden considerar como “de transición o adaptación”, es decir, de preparación de las masas hacia una gestión cada vez más basada en los principios descritos. En las primeras intervenciones, por lo tanto, los resultados económicos muy difícilmente mejorarán los de la silvicultura tradicional. En cambio, a medida que se van aplicando estos principios en las sucesivas intervenciones en un rodal determinado, la estructura de la masa irá facilitando la toma de decisiones, especialmente por lo que respecta a las intervenciones en favor de los árboles de futuro, los cuales serán cada vez más evidentes, y por tanto la aplicación será cada vez más sencilla y se obtendrán cada vez más productos de alto valor.

**Cambio de mentalidad.** Cualquier cambio en la manera de gestionar un bosque es difícil de implementar y los resultados de la adopción de nuevos criterios, sobre todo cuando las

intervenciones son de baja intensidad, no son evidentes hasta después de varias décadas. Además, estos criterios suponen la necesidad de señalar (o hacer una formación intensa del personal operario por qué interioricen los principios a aplicar) y un compromiso de intervención periódica y más frecuente que en la gestión tradicional, para evitar una situación de excesiva competencia con los árboles de futuro. Por lo tanto, la adopción de esta silvicultura requiere un cambio de mentalidad y una visión a medio-largo plazo que es habitual, a pesar de que no generalizada, en la silvicultura mediterránea.

**Formación y capacitación.** Los principios que fundamentan esta silvicultura no se encuentran suficientemente incorporados dentro de los planes de estudios forestales, por lo que es importante incidir en la formación del personal que realiza la planificación, la ejecución y el seguimiento de estos trabajos para conseguir una transferencia eficaz hacia la propiedad forestal y a las cuadrillas que ejecutan los trabajos. También se hace imprescindible una elevada capacitación del personal operario en el monte, para asegurar la eficiencia de los tratamientos y la minimización de los impactos negativos en el bosque y en la estación forestal, que al fin y al cabo son el origen de la riqueza.

**Logística.** La aplicación de esta silvicultura a menudo da lugar, en el mismo rodal, a productos de tamaños diversos, por lo que es clave planificar la logística de clasificación y transporte de los diferentes productos generados, para valorizar aquellos con un valor añadido más alto. En este sentido, la APMC está desarrollando un sistema piloto de logística y comercialización de los productos forestales en el ámbito de la Asociación, articulado desde un punto de vista logístico y metodológico. La logística incluye la definición de





las actuaciones, productos, transporte, destinos y acopios; el establecimiento de los condicionantes técnicos y legales que afectan a la logística, comercialización y estimación económica para determinar las opciones más eficientes. A nivel metodológico se incluye la creación de un diagrama de toma de decisiones para replicar este sistema en otros macizos o asociaciones.

**Administrativa.** Todo el conjunto del sistema administrativo para la planificación y la gestión forestal, tanto de fincas privadas como públicas, también tiene que ser objeto de revisiones continuas y de modificaciones para dar cabida y contexto a la silvicultura adaptativa al cambio climático. Los esfuerzos para mejorar las actuaciones forestales tienen que ir ligados también a los cambios administrativos necesarios, pues el sistema vigente desde hace años puede no ser óptimo ahora y/o en el futuro con el contexto cambiante. Es de especial relevancia en los aspectos relacionados con la planificación estratégica, tanto en la diagnosis de los impactos previstos como en los referentes o modelos de gestión, y en los relacionados con la implementación, seguimiento y evaluación de las actuaciones, con la integración específica de los efectos de los tratamientos en la adaptación a los impactos previstos y en el conjunto de funciones del bosque.

## Conclusiones

La silvicultura propuesta presenta, a medio plazo, importantes ventajas desde el punto de vista de la adaptación, económicos, ambientales y sociales:

**Adaptación.** Esta silvicultura incorpora criterios de adaptación al cambio climático que redundan en un incremento de la capacidad de resistencia y resiliencia de las masas ante diferentes perturbaciones asociadas al cambio climático: sequía, incendios, plagas y enfermedades.

**Económicos.** Si bien los resultados económicos de la primera intervención de esta silvicultura han sido parecidos (masas capitalizadas) o más desfavorables (masas poco capitalizadas) que los de la silvicultura tradicional, se espera que, con la transformación progresiva de las masas a este método el balance económico sea progresivamente más favorable. Las principales oportunidades son la reducción esperada del coste de las intervenciones, sobre todo de

aquellas que supongan una inversión limpia (desbroces, corta y extracción de pies) y la disponibilidad creciente de árboles de futuro con alto valor comercial.

**Ambientales.** Esta silvicultura supone una baja intensidad en las intervenciones e incorpora criterios de conservación de la biodiversidad, como por ejemplo la promoción de especies poco representadas y el mantenimiento de árboles de interés para la fauna (con microhábitats, muertos en pie o en el suelo) y de arbustos productores de fruto y especies de interés florícola.

**Sociales.** Si bien es adaptable a una gran variedad de contextos, esta silvicultura es especialmente interesante para entornos periurbanos y áreas de alta frecuentación, donde la sociedad puede ser sensible a intervenciones silvícolas de más alta intensidad.

De manera general, la silvicultura innovadora propuesta diferirá significativamente de la tradicional en cuanto a los servicios ecosistémicos generados a medio plazo y también en cuanto a otros beneficios indirectos, como por ejemplo la provisión de productos con circuitos económicos más largos. Por lo tanto, el balance económico mostrado, limitado a los costes e ingresos directos de las actuaciones forestales, muestra solo parcialmente el potencial de la silvicultura propuesta.

A pesar de estas ventajas, hay todavía retos para su generalización, relacionados con la necesidad de una planificación a largo plazo, la aplicación relativamente frecuente de las intervenciones, con la formación de las personas implicadas en la planificación y ejecución y también con la logística de los productos obtenidos.

## Agradecimientos



El proyecto LIFE MixForChange (LIFE15 CCA/SE/000060) está financiado por el programa LIFE de la Unión Europea. La preparación de este artículo también ha sido financiada a través del proyecto "Masas forestales mixtas para la adaptación de los bosques al cambio climático,

## PRODUCTOS DISPONIBLES DEL PROYECTO LIFE MIXFORCHANGE

El proyecto LIFE MixForChange acabará en la primavera 2022, pero ya se dispone de una serie de productos de transferencia sobre los aspectos abordados en este artículo, y otros relacionados:

- Documentos descriptivos de la silvicultura aplicada a cada una de las formaciones forestales del proyecto (<http://www.mixforchange.eu/ca/documentacio-i-productes/>).
- Cartografía de caracterización de la vulnerabilidad ante el cambio climático de los bosques mediterráneos subhúmedos (<http://www.mixforchange.eu/ca/documentacio-i-productes/>).
- Protocolo de clasificación visual de la calidad de la madera en pie de planifolios de alto valor (Coello *et al.*, 2020a): herramienta de ayuda a la toma de decisiones en silvicultura con criterios de árbol individual, para facilitar la evaluación de la calidad de la madera en pie en varias fases vitales y también los posibles destinos industriales de las principales especies de planifolios de alto valor.
- Catálogo de usos de la madera de planifolios de alto valor en Catalunya (Coello *et al.*, 2020b): publicación divulgativa que tiene como objetivo mostrar la gran diversidad y la relevancia de esta industria de transformación en Catalunya.

Está previsto, además, editar durante 2021 dos guías:

- “Políticas locales, cambio climático y gestión forestal en bosques periurbanos: una integración necesaria”, que tiene como objetivo presentar las características y valor del bosque periurbano, sus amenazas ligadas al cambio climático y como la gestión forestal sostenible y adaptativa puede ayudar a hacerles frente. Además, muestra ejemplos de medidas y acciones que se pueden llevar a cabo desde las políticas locales para fomentar la gestión adaptativa del bosque periurbano.
- Guía de silvicultura adaptativa al cambio climático con criterios naturalísticos y de árbol individual para bosques mediterráneos subhúmedos”, que tiene como objetivo mostrar los criterios técnicos a tener en cuenta a la hora de planificar e implementar una silvicultura con los criterios mostrados en el presente artículo.

fomento de la biodiversidad y diversificación de la producción forestal”, dentro de la operación 01.02.01 de Transferencia Tecnológica del Programa de Desarrollo Rural de Catalunya 2014-2020.

ción y Agenda Rural. Centre de Ciència de Tecnologia Forestal de Catalunya. 25 pp.

Coello, J., Piqué, M., Beltrán, M. 2020b. Usos de la fusta de frondoses d'alt valor a Catalunya. Centre de Ciència de Tecnologia Forestal de Catalunya, Solsona. 28 pp.

Larrieu, L., Gonin, P. 2009. L'indice de biodiversité potentielle (IBP): une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. Rev. For. Fr. LX. 727-748

Mori, P., Pelleri, F. (eds.). 2014. Silviculture for sporadic tree species. Extended summary of the technical manual for tree-oriented silviculture proposed by the LIFE+ project and PProSpOT. Compagnia delle Foreste, Arezzo. <http://www.pprospot.it/english-products.htm>

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 (OR-GEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 130 pp.

## Referencias

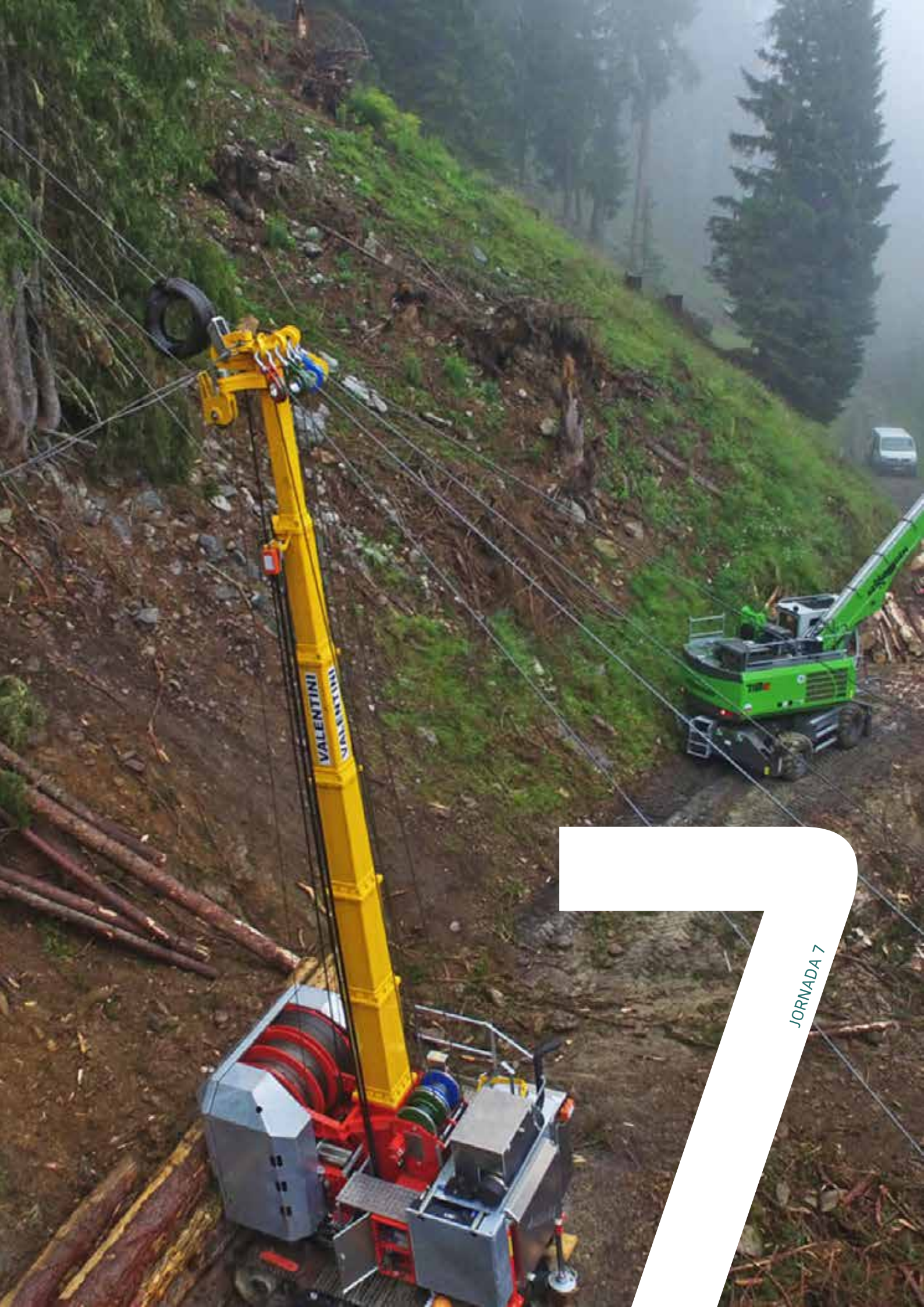
Baiges, T., Cervera, T., Palero, N. 2018. L'índex d'avaluació de la biodiversitat potencial dels boscos de Catalunya (IBPC). Què és i com es calcula? A: Tusell, JM., Beltrán, M. (eds). XXXV Jornades Tècniques Silvícules Emili Garolera. Consorci Forestal de Catalunya. Pp: 34-43.

Beltrán, M., Cano, F., Garitacelaya, J., Piqué, M. 2020. Manual de gestió naturalística dels boscos de coníferes del Pirineu. Centre de Ciència y Tecnologia Forestal de Catalunya, Solsona. 112 pp.

Coello, J., Garcia, Q., Baiges, T. 2020a. Protocol de classificació visual de la qualitat de la fusta en peu de planifolis d'alt valor. Centre de la Propietat Forestal. Departament de Acció Climàtica, Alimenta-







JORNADA 7



# Introducción del cable aéreo en Catalunya

**Gerard Alcoverro Poch.** Ingeniero de Montes, Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya.

**Gianni Picchi.** Dr. en agronomía medioambiental, Consiglio Nazionale delle Ricerche.

**Francesc Cano Ibáñez.** Ingeniero de Montes, Departamento de Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.

Cita bibliográfica: Alcoverro, G., Picchi, G., Cano, F. 2021. Introducción del cable aéreo en Catalunya. En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 86-97. ISBN: 978-84-09-31651-9

---

**Resumen** \_ El cable aéreo es un sistema de desembosque que se utiliza frecuentemente en otros países tanto de la cuenca Mediterránea como del centro-norte de Europa, es un sistema que aporta una gestión respetuosa con el medio y que permite llegar a gestionar montes que con los medios tradicionales no sería posible hacerlo.

En el presente texto se presenta este sistema de desembosque innovador, explicando las diferentes tipologías del sistema junto con experiencias del cable aéreo tanto en Catalunya como en Italia, un país con similitudes al nuestro que tiene implementado este sistema de saca con cable aéreo. Finalmente se habla del potencial que tiene el cable aéreo en Catalunya, un territorio plenamente forestal con condiciones orográficas complicadas y una gran parte de la superficie con un elevado valor ecológico que requiere una gestión cuidadosa.

---

## El sistema del cable aéreo: una mejora en la gestión

El aprovechamiento de los bosques sigue siendo una de las actividades forestales más importantes en el sur de Europa, donde los bosques se encuentran principalmente en zonas de montaña con pendientes que dificultan las operaciones, y que normalmente se suelen llevar a cabo con tractores agrícolas o forestales. Se estima que actualmente el 54% de la superficie forestal arbolada de Catalunya se encuentra en pendientes superiores al 30%, valores limitantes para maquinaria con neumáticos y el 34% por encima del 40% de pendiente, valores límite para maquinaria con cadenas u orugas. Se debe tener en cuenta que el desembosque es una operación difícil que supone mucho coste, tanto de tiempo

como económico. Por lo tanto, en superficies con elevada dificultad para extraer la madera se deben potenciar sistemas que permitan hacer la labor de la manera más eficiente posible.

Los bosques mediterráneos son estéticamente atractivos, pero bastante frágiles, por lo que requieren estrategias cuidadosas para su conservación y gestión. En particular, se deben identificar aquellas técnicas forestales que permitan operaciones de acuerdo con las condiciones ecológicas y sociales que caracterizan la región.

El cable aéreo (*Fotografía 1*) se desarrolló en Europa central y se introdujo con posterioridad en el norte de Europa, en América del Norte y Japón. El sistema de cable aéreo se ha adaptado a las condiciones forestales propias de



cada país. Actualmente se utiliza de manera habitual en los bosques de montaña de diversas regiones.

En Catalunya ya tenemos ejemplos tempranos de su utilización cuando el precio de la madera era elevado. Conocemos su uso puntual en el Pallars Sobirà, la Cerdanya y en los Puertos de Tortosa -Beceite hasta la mitad del s.XX. Posteriormente se ha utilizado en la Cerdanya y la Garrotxa en los años noventa y comienzos de los 2000.



**Fotografía 1.** Sistema de cable aéreo tricable con el modelo V850 de la marca Valentini Teleferiche.

El cable aéreo es un sistema de desembosque complementario a los convencionales y utilizados cuando éstos no están indicados. Tiene un gran potencial en las zonas con los siguientes factores:

- Terrenos con fuerte pendiente y/o elevada escabrosidad.
- Áreas protegidas o frágiles, donde es necesario evitar posibles daños a la masa remanente y al suelo.
- Zonas de encharcamiento temporal o permanente, donde la entrada de la maquinaria está limitada.
- Fincas con baja densidad vial y restricciones para construir otras nuevas por motivos estéticos, ecológicos o económicos.

- Regiones afectadas por catástrofes naturales, donde hay que sacar grandes cantidades de madera en poco tiempo.
- Masas forestales con madera de valor, dado que se puede compensar mejor el mayor coste del cable.

En Catalunya tenemos muchas áreas forestales con potencial de aprovechamiento, pero con una serie de limitaciones, como pueden ser los espacios protegidos (el 49,3% de la superficie forestal de Catalunya está protegido por el PEIN y Red Natura 2000 y el 13,4% por Espacios Naturales de Protección Especial), los montes con pendientes elevadas y también con baja densidad viaria, donde es interesante hacer gestión forestal, aunque sea sólo para mantener la vitalidad ecológica y la biodiversidad de estos espacios, independientemente de fines económicos. Por esto la utilización del cable aéreo podría llegar a tener su espacio y oportunidades en el sector forestal catalán.

## Introducción al cable aéreo

El sistema de desembosque con cable aéreo se define como un sistema de saca de madera suspendida o semisuspendida mediante cables que se sitúan por encima del suelo (*Figura 1*). Podemos encontrar distintos sistemas de cable aéreo dependiendo de los elementos que lo compongan y la utilización de estos.

Una de las muchas posibles clasificaciones del cable aéreo es en función del número de cables que se utiliza (*Figura 2*). Bicable cuando se encuentran solo dos cables, el cable vía (rojo en la imagen) y el cable motor o tractor (negro en la imagen) y tricable cuando a los dos cables anteriores se le suma el cable de retorno (azul en la imagen).

El sistema de tricable resulta mucho más versátil por el hecho que se puede colocar la torre tanto arriba como abajo del monte y sacar la madera subiéndola o bajándola. Por el contrario, en el sistema bicable la torre siempre debe estar situada en la parte alta y la madera sólo puede remontar, ya que el carro baja por gravedad.

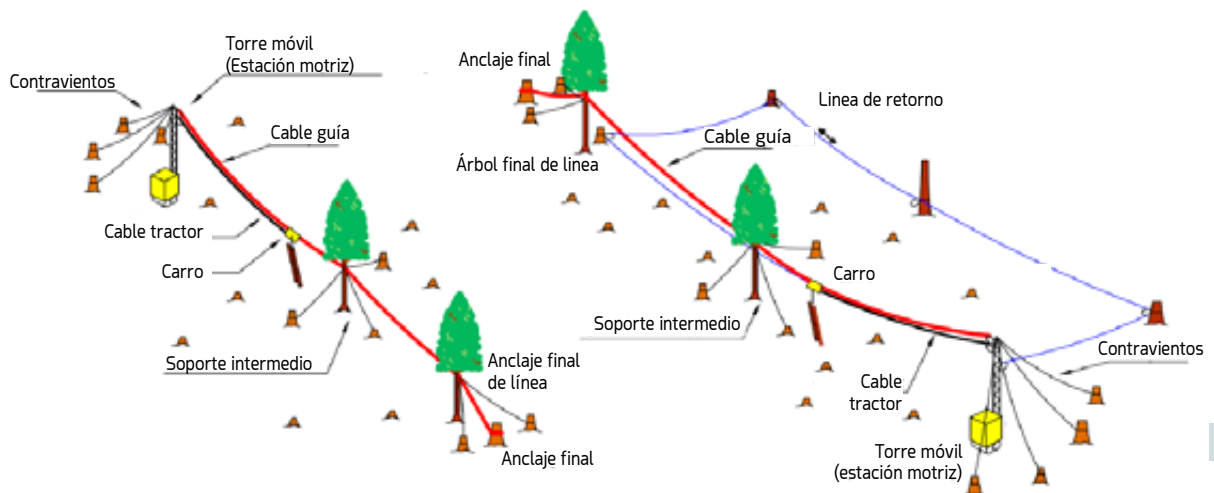
El carro (*Fotografía 2*) es el dispositivo que circula sobre el cable vía, que gracias a una estructura metálica y un sistema de poleas puede transmitir la carga al cable y dirigir el desplazamiento de la madera.



**Figura 1.** Sistema de desembosque con cable aéreo con madera semisuspendida (izquierda) y suspendida (derecha). Fuente: Visser y NZ School of Forestry, 2016



**Fotografía 2.** Carro marca Greifenberg modelo CRG 15.



**Figura 2.** Sistema bicable (izquierda) y sistema tricable (derecha).





**Fotografía 3.** Cable aéreo modelo SIBERIAN utilizado en la experiencia de Pont de Suert.

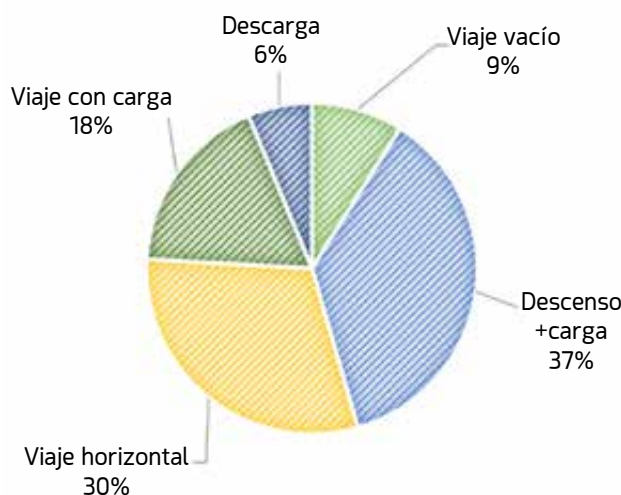
## Experiencia de Pont de Suert

La experiencia demostrativa de 2018 con cable aéreo realizada en Pont de Suert (Alta Ribagorça) por el Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya (CTFC), se llevó a cabo en un bosque público municipal (CUP 239-3) con un bicable modelo SIBERIAN marca Greifengerb y un carro CRG 15 (Fotografía 3). En la Tabla 1 se pueden observar los valores que se obtuvieron de la experiencia con cable aéreo.

**Tabla 1.** Datos de la experiencia con cable aéreo en Pont de Suert, 2018.

<b>Modelo del cable</b>	SIBERIAN	
<b>Modelo del carro</b>	CRG 15	
<b>Longitud de la línea (m)</b>	150	
<b>Trabajadores</b>	2	
<b>Soportes intermedios</b>	3	
<b>Tiempo de montaje (h)</b>	11	
<b>Tiempo de desmontaje (h)</b>	2:52	
<b>Número de ciclos</b>	34	
	Media	Desviación
<b>Volumen por ciclo (m<sup>3</sup>)</b>	0,32	0,21
<b>Distancia horizontal (m)</b>	18,1	9,05
<b>Distancia de desplazamiento del carro (m)</b>	34,2	34,6
<b>Velocidades del carro cargado (m/s)</b>	0,6	0,5
<b>Velocidades del carro vacío (m/s)</b>	1,2	0,7
<b>Productividad (m<sup>3</sup>/h productiva)</b>	7,9	10,1

Referente a los tiempos de desembosque (Figura 3), se observa que donde se concentra más tiempo es en la fase de carga de la madera y viaje horizontal (Fotografías 4 y 5). Es decir, desde que el carro se para en la línea hasta que le llega la madera y empieza el viaje lleno hasta el pie de la torre. Esto es debido a la elevada distancia lateral que el personal operario cargado con el cable tiene que hacer, hasta 50 m, más las dificultades que se encuentran debido al espesor del sotobosque y una corta no específica para el desembosque con cable. Al cortar se debe tener en cuenta que se dejan arboles remanentes que durante el viaje horizontal se tienen que poder sortear sin provocarles daño alguno, y la forma más efectiva de hacerlo es abatiendo los árboles a 45° de la dirección del cable vía y no hacer distancias laterales muy grandes.



**Figura 3.** Distribución de los tiempos del ciclo de desembosque del cable aéreo en la experiencia de Pont de Suert con un sistema bicable.

En esta experiencia se vio claramente la importancia que tiene en el coste final del desembosque y del aprovechamiento en general la fase de montaje del cable, dado que es un período de tiempo elevado no productivo. Este tiempo tiene que ver con la habilidad y la formación que puede tener el personal operario, pero también con las características del terreno donde se instala la línea y su longitud. En este caso la morfología del terreno era convexa y se tuvo que colocar tres soportes intermedios para mantener el cable vía en la misma altura durante los 150 m de línea, situación poco usual.



**Fotografías 4 y 5.** Operario enganchando los árboles con el sistema de chokers (izquierda) y posición del carro durante el viaje lateral (derecha).

Otro aspecto que tiene una relevancia importante en la eficiencia del sistema de desembosque es la máquina auxiliar que transporta la madera del pie de la torre a cargador, con la clasificación de productos pertinente. Como se ve en la *Fotografía 3*, en Pont de Suert se utilizó un tractor con cabrestante, sistema que demostró ser poco eficiente.

## Actualidad del cable aéreo en Italia, similitudes con el territorio catalán

El mundo forestal italiano tiene muchos parecidos con Catalunya. Particularmente las regiones del centro-sur, con bosques mediterráneos o montano-mediterráneos en la cadena de los Apeninos, que pueden servir de útil referencia para una comparación técnica. Italia, junto con Austria, es el principal usuario de cables aéreos en Europa, además de tener varias industrias que construyen cables aéreos y/o carros.

No hay un inventario nacional de las máquinas forestales, por lo tanto no existe un dato oficial del número de cables aéreos operativos. El estudio más extenso hasta el momento disponible tiene cerca de 10 años (Spinelli *et al.*, 2013) y se focaliza tan solo en los Alpes (norte del país),

pero puede proporcionar informaciones útiles sobre el empleo de cables aéreos.

En el estudio se hallaron 1.206 empresas de aprovechamiento forestal activas y se contabilizaron 359 cables aéreos, de los que 129 eran con torre y más modernos. Es interesante que, en promedio, las empresas equipadas con cable aéreo han declarado tener una producción anual de madera el doble respecto a las otras empresas. Esto es debido posiblemente a que estas empresas son más profesionales y dedicadas puramente a la saca de madera, además de tener la ventaja de poder trabajar en bosques inaccesibles a las otras empresas.

Por lo general, los cables aéreos empleados en los Alpes son máquinas de tamaño mediano a grande, debido a la necesidad de tener grandes alcances operativos (700-1000 metros) y de poder sacar piezas con peso superior a las 2 toneladas (*Fotografía 6*).

Estas máquinas comportan una inversión muy elevada para las empresas, que además pueden emplearlas tan solo una parte del año, puesto que la nieve limita los aprovechamientos en varios meses. Por lo tanto, es imprescindible maximizar su productividad, y esto se logra con una serie de soluciones técnicas y organizativas:

- 1 La primera, y tal vez la más importante, es la **armonización de los objetivos silvícolas con**







**Fotografía 6.** Carro de doble enganche sacando un árbol entero en dos trozas, en un aprovechamiento en los Alpes italianos.

- el sistema de saca de la madera.** El señalamiento de los pies, de hecho, siempre tiene en cuenta las específicas exigencias del sistema de saca y el operario forestal, en general, busca un compromiso entre el objetivo silvícola y la funcionalidad de la saca, procurando eliminar obstáculos en la corta para el arrastre de los árboles, además de garantizar un volumen de madera mínimo por metro lineal.
- 2 **El uso de sistemas altamente automatizados, con memorización de la posición de descarga, soportes intermedios y parada.** Gracias al uso de mandos a distancia y programación de la línea, las máquinas más modernas pueden ser gestionadas con tan solo dos personas, una en el enganche y otra en el desenganche. Otras soluciones que mejoran el rendimiento son los carros a doble enganche (*Fotografía 6*), que llevando la carga horizontal evitan roces con el suelo, permiten viajar a una velocidad muy superior a la habitual y, además, dañan menos los árboles en pie.
  - 3 **Las máquinas auxiliares.** En origen, los cables aéreos se empleaban para sacar troncos ya a longitud de corte (o el doble de la longitud de corte) y desramados. A pesar de que este sistema aún sea empleado, la tendencia es de postergar todas las operaciones de desrame, troceado y clasificación a la descarga, donde se trabaja sin pendiente y con la posibilidad de usar maquinaria específica que permite aumentar la productividad reduciendo o anulando los riesgos laborales. El desrame y troceado de árboles en pendiente es una de las labores más peligrosas en los aprovechamientos forestales. Para este fin es cada vez más común dedicar una procesadora forestal en la descarga del cable aéreo, que de esta forma puede sacar arboles enteros (*Fotografía 7*). Esto permite reducir el trabajo manual, que se limita a la corta de los árboles, y aumentar el rendimiento del cable aéreo. Este sistema deja todos los residuos (copas, ramas y troncos sin valor) en la zona de descarga, lo que también facilita su tratamiento correspondiente. La organización prevé que periódicamente una máquina (camión, autocargador o tractor) se lleve los fustes evitando que la procesadora tenga que alejarse demasiado para formar las pilas. De forma parecida, los residuos han de ser eliminados con astilladoras. La biomasa así producida es de calidad baja, siendo húmeda, con muchas acículas y corteza y por tanto de bajo valor de mercado. Sin embargo, su valor solo debe cubrir total o parcialmente su eliminación, puesto que la ventaja económica para la empresa forestal queda en la simplificación del trabajo y no en la producción de biomasa.



Aunque muy interesantes desde el punto de vista técnico, estas máquinas y las condiciones en que se usan no resultan muy útiles para entender el potencial que la técnica de saca suspendida puede tener en Catalunya. Si tradicionalmente los cables aéreos han nacido en los Alpes, donde la madera tiene un valor relativamente más alto, en las últimas décadas este sistema de trabajo se ha difundido también en los Apeninos (*Fotografía 8*). Aquí las distintas especies forestales y el manejo del bosque, principalmente en forma de monte bajo (por rebrote), cambian las condiciones operativas, acercándolas mucho más a las condiciones prácticas de Catalunya. A falta de estadísticas es difícil estimar el número de cables aéreos operativos en el centro y sur de Italia, sin embargo, su número supera las 20 unidades y puede alcanzar las 50 máquinas.

Generalmente las máquinas empleadas en este ambiente son más pequeñas y con torre integrada, que les permite instalar líneas cortas en poco tiempo aun a falta de árboles de gran tamaño (*Fotografía 8*). Aun así, el uso profesional por cuadrillas expertas permite tener rendimientos parecidos a los de los Alpes. Según los resultados de una entrevista a dos empresas de la zona de Pistoia (Toscana, Italia central), la producción anual se sitúa respectivamente en 4.500 y 5.400 toneladas, usando cables aéreos de pequeño



**Fotografía 7.** Procesadora forestal (en segundo plano) desramando y troceando árboles enteros sacados con cable aéreo.



**Fotografía 8.** Cable aéreo de pequeño tamaño en los montes Apeninos.





tamaño (máximo 400 metros de alcance) y trabajando con árboles de tamaño variable entre los 12 y 20 cm de diámetro. Para estas empresas la capacidad de procesar y clasificar es secundario. Por lo tanto, además de procesadoras de pequeño tamaño, usan también excavadoras con grapas equipadas con motosierra, que permiten hacer un troceado aproximativo, pero también apilar los troncos o incluso cargarlos en camión (Fotografías 9 y 10).

Aun trabajando con árboles más pequeños, los rendimientos de estas máquinas siguen siendo económicamente competitivos. Esto también es debido al menor coste de adquisición de la maquinaria y su menor coste operativo (sobre todo menor gasto de gasoil). En un estudio de Proto y Zimbalatti (2016) se compararon tres modelos de cable aéreo (de pequeño a mediano) en la saca de leña en monte bajo de roble en las montañas de Calabria (sur de Italia). En la *Tabla 2* se observan los resultados del estudio. Los costes mostrados son con el sistema totalmente manual (sin excavadora a la descarga).

Es interesante destacar que en líneas cortas, el tiempo de instalación y desarme puede ser inferior a las dos horas, pero también pueden requerir un día entero de trabajo dependiendo de muchos factores como la conformación del monte, la experiencia del personal y el tipo de máquina.

Para comprobar el potencial de trabajo de estas máquinas se puede mostrar un ejemplo de conversión a monte alto de 3 hectáreas de hayedo en Pistoia (Toscana, centro Italia). Se cortaron 770 árboles/ha con un diámetro y altura promedio de 12,7 cm y 14,6 m respectivamente. En total se extrajeron 148 t/ha de madera, destinadas a leña. La saca se hizo con dos estaciones del cable aéreo, de donde se instalaron varias líneas en forma de abanico por cada estación (Fotografías 11 y 12). Las líneas tenían un largo aproximado de 250 metros y un ancho de saca de unos 25 m, correspondiendo a 0,62 ha por línea. La productividad de la saca fue de 5 t/hora, incluyendo la corta, que se hacía conforme se sacaba la madera.

El cable aéreo tenía un coste de 93 €/hora (con 3 personas) y la excavadora de apoyo de 46 €/hora (con 1 persona). Como resultado, el coste total de saca de la madera fue de 29 €/t, incluyendo el apilado de los troncos con excavadora, pero no su troceado, que se hizo posteriormente con motosierra y el soporte de una excavadora con grapa forestal. El coste en este



**Fotografías 9 y 10.** Ejemplo de excavadoras dedicadas a auxiliar la madera que llega desde los cables aéreos. Arriba una máquina con grapa equipada con motosierra cargando leña anteriormente troceada y apilada durante la saca y abajo, una pequeña procesadora forestal instalada en una excavadora de 7 toneladas.



**Tabla 2.** Coste de saca con cable aéreo en monte bajo (adaptado de Proto y Zimbalatti, 2016).

Cable aéreo / parcela	1 / 1	1 / 2	2 / 3	2 / 4	3 / 5	3 / 6
Diámetro promedio de los árboles (cm)	19	19	20	20	22	22
Largo de la línea (m)	315	200	530	260	250	280
Tiempo de instalación y desarme (horas)	2,9	1,7	9,6	7,5	6,5	7,1
Productividad de saca (m <sup>3</sup> /hora)	2,79	3,3	2,37	2,48	2,53	2,87
Carga promedio por ciclo de saca (m <sup>3</sup> )	0,82	0,67	0,91	0,75	0,51	0,63
Coste (€/m <sup>3</sup> ), tiempo productivo	22,5	20,9	26,3	23	27,8	25,7
Coste (€/m <sup>3</sup> ), tiempo total	35,1	29,3	35,1	31,2	39,7	35,5



**Fotografías 11 y 12.** Vía de saca (izquierda) y maquinaria empleada en la operación (derecha).

caso no incluye el tiempo de instalación de las líneas, que fue siempre inferior a las dos horas de instalación y desarme por línea.

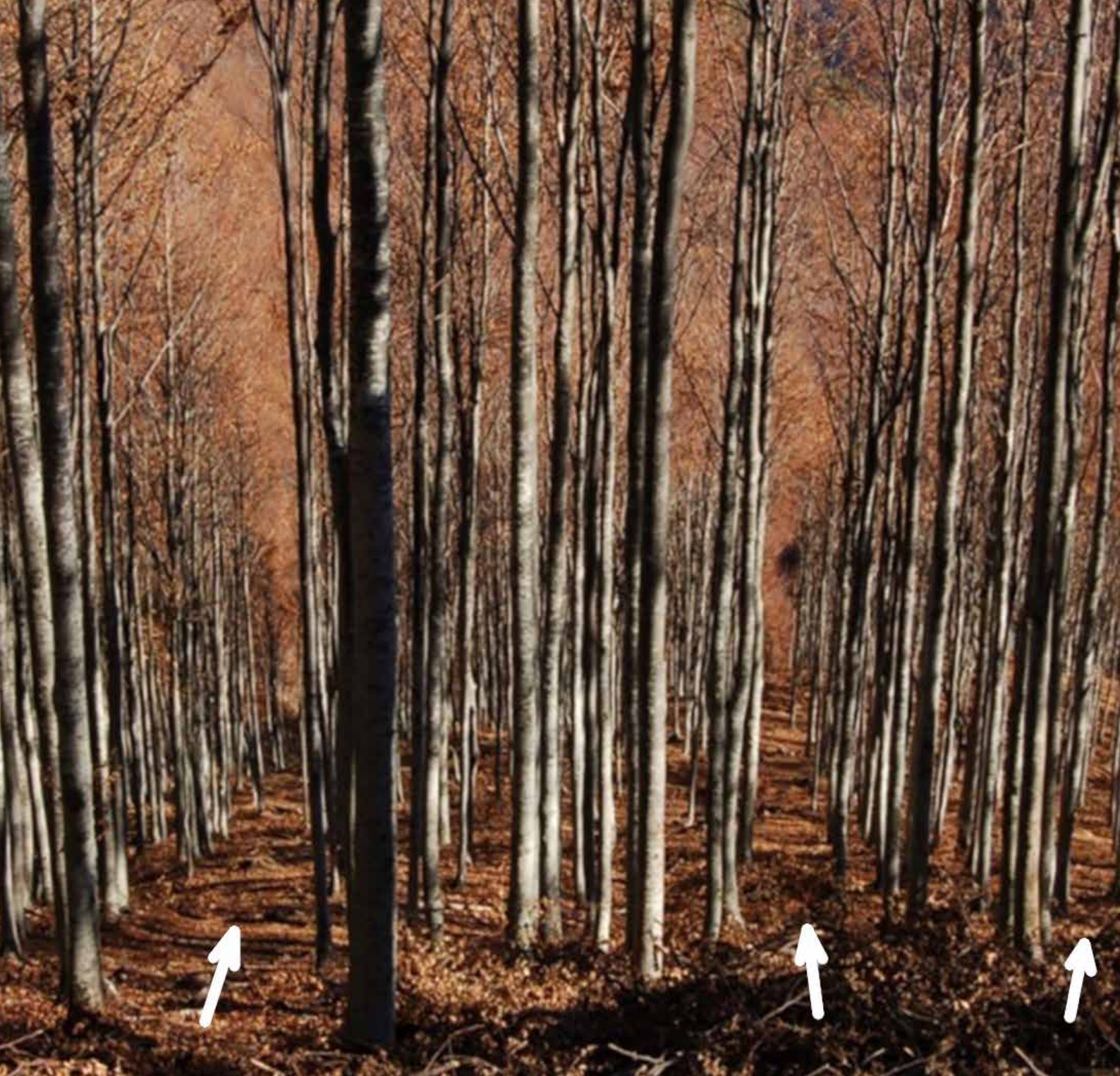
La productividad y coste final de esta operación fueron parecidas a las descritas anteriormente, a pesar de que las condiciones de trabajo en una clara sean más difíciles que en la corta a hecho. Esto seguramente es debido a la profesionalidad y experiencia del personal operario. Sin embargo, el aspecto más relevante es la capacidad de minimizar el impacto medioambiental y visual del aprovechamiento. En la *Fotografía 13* se pueden observar dos de las vías de desbosque

de esta misma operación 4 meses después. Su impacto resulta mínimo y pasaría desapercibido de no ser por las ramas amontonadas al pie de la carretera.

La capacidad de trabajar en bosques de fuertes pendientes, difícilmente accesibles a otros sistemas de saca, es seguramente la razón clave de la difusión de los cables aéreos en Italia. Sin embargo, el hecho de trabajar con un mínimo impacto medioambiental hace que la técnica del cable aéreo sea muy interesante en bosques de tipo protector ya sea por sus grandes pendientes o por motivos de biodiversidad.







**Fotografía 13.** Vías de saca en forma de abanico para el desembosque con cable aéreo en un hayedo de la Toscana.

## Potencial del cable aéreo en Catalunya. Conclusiones

La experiencia italiana del cable grúa es interesante porque abarca la zona de buenos bosques alpinos y las zonas de montañas intermedias mediterráneas. También es cierto que estas zonas mediterráneas cuentan con un mayor potencial de crecimiento y pluviometrías más elevadas.

En cualquier caso, la acumulación de madera gruesa y relieve difícil de Catalunya se concentra mayoritariamente en el Alt Pirineu y la Val d'Aran. La superficie con buenas existencias de esta veguería y sin accesibilidad la podemos estimar en 100.000 ha con crecimientos anuales de más de 200.000 t (Codina y Koua, 2015 y Pla d'Ordenació dels Recursos Forestals de l'Alt Pirineu, 2017 –no publicado-).

También se deben tener en cuenta más de 150.000 ha de superficie forestal en el resto de

Catalunya con cantidad suficiente de existencias y sin accesibilidad que complementarí­a el trabajo hibernal de los cables teleféricos en Pirineos.

Algunas de las conclusiones que extraemos de la experiencia italiana en este tema son:

- Existe un espacio reservado para la utilización de esta interesante herramienta en Catalunya que no pueden cubrir las empresas con los actuales medios.
- Las empresas que utilizan el cable grúa tienen una mayor especialización en producto de dimensiones y mejores rendimientos, en general superiores a las empresas tradicionales. Acostumbra a utilizar personal altamente cualificado y motivado.
- El uso del cable reduce enormemente la necesidad de pistas forestales, pero exige que las utilizadas estén en inmejorables condiciones para el paso de camiones de mayor tamaño.
- En nuestras condiciones, especialmente en el Pirineo que las pistas discurren por el fondo de valle, es más versátil la utilización de un tricable que permita bajar los troncos, además de subirlos cuando las pistas se sitúan en la parte superior de la ladera.
- No se precisan cables de mucha longitud, 500 metros son suficientes para cubrir un amplio abanico de situaciones, y suponen un coste económico más bajo y menores tiempos de instalación.
- La utilización de una oruga giratoria, con cabezal prensor y procesador de bajo caudal hidráulico, en la zona de acopio del cable es un magnífico complemento del cable grúa. Permite distribuir a lo largo de la pista todo el producto clasificado para la óptima carga de los camiones y también mejora considerablemente la productividad del cable y la óptima utilización del tiempo del personal situado en la torre.

La experiencia que inicia el Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya (CTFC) con un conjunto de tricable grúa de 500 m y giratoria con brazo procesador trabajando en los bosques catalanes, es única en el panorama estatal y supone una oportunidad para demostrar la efectividad y necesidad de estas herramientas

en nuestros bosques, como ya lo son en el resto de Centroeuropa.

Se pretende así facilitar el camino a las empresas emprendedoras y altamente cualificadas que quieran complementar su maquinaria y ámbito de trabajo en las zonas de mejor calidad de madera del país. La disponibilidad de extensas superficies capitalizadas en Catalunya sin accesibilidad para los sistemas convencionales permite la existencia de varias herramientas como la experimentada por el CTFC.

## Referencias

- Codina, M., Koua, O. 2015. Disponibilitat de fusta i biomassa a Catalunya. *Catalunya Forestal*, 124: 16-18.
- Proto, A.R., Zimbalatti, G. 2016. Firewood cable extraction in the southern Mediterranean area of Italy. *Forest Sci. Technol.* 12(1): 16–23. doi:10.1080/21580103.2015.1018961.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Facchinetti, D. 2013. Logging companies in the European mountains: an example from the Italian Alps. *Int. J. For. Eng.* 24(2): 109.120.
- Visser, R., NZ School of Forestry. 2016. Timber Harvesting in New Zealand: A guide for Small Scale Forest Landowners. *Tree Grower*. ([www.nzffa.org.nz](http://www.nzffa.org.nz)).





# 8

JORNADA 8





# Cambio de especie: el caso de castaños con decaimiento y la reconversión en plantaciones de coníferas de valor

Josep M. Tusell i Armengol. Ingeniero de Montes, cooperativa Serveis Forestals.

Diego Almenar Subirats. Ingeniero de Montes, cooperativa Serveis Forestals.

Jordi Galofré Gras. Ingeniero de Montes, cooperativa Serveis Forestals.

Xavier Llosa Cufí. Ingeniero de Montes, cooperativa Serveis Forestals.

Cita bibliográfica: Tusell, J. M., Almenar, D., Galofré, J., Llosa, X. 2021. Cambio de especie: el caso de castaños con decaimiento y la reconversión en plantaciones de coníferas de valor. En: Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (eds). XXXVIII Jornadas Técnicas Silvícolas Emili Garolera. Pp: 98-111. ISBN: 978-84-09-31651-9

**Resumen** \_ El castaño es una especie forestal de la cual se hicieron extensas plantaciones desde el siglo XVIII hasta bien entrado el siglo XX, sobre todo en el sector de las Guillerries, además de otros lugares como el Montseny, el Montnegre, las Alberes o las Gavarres. Se sacó una gran rentabilidad económica hasta finales del siglo XX, cuando la expansión del chancro (*Criphonectria parasitica*), y la tinta (*Phytophthora cinnamomi*) en menor medida, devastaron la mayoría de las castañeras del país. Una alternativa es sustituir el castaño por coníferas para aprovechar las excelentes estaciones forestales donde la especie vive. La sustitución se enfrenta a varios problemas: la elevada inversión que requiere, la posibilidad de fracaso y pérdida de la inversión o la exigencia de evaluación de impacto ambiental dentro de los espacios del PEIN.

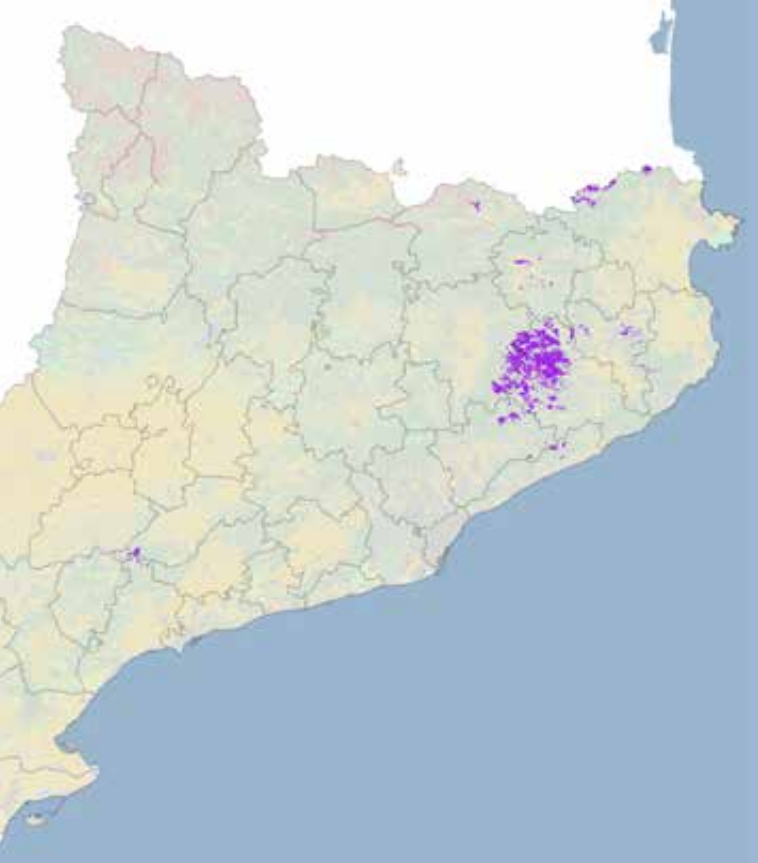
## ¿Por qué nos vemos en la obligación de sustituir el castaño?

### Las plantaciones de castaño: revisión histórica

El castaño (*Castanea sativa*) se incluye dentro del género *Castanea*, de la familia de las fagáceas, que comprende trece especies de la

zona templada de Eurasia y norte América. La distribución general del castaño es la región mediterránea septentrional, con extensiones hacia Centroeuropa, norte de África y la región del Cáucaso. En Catalunya se puede encontrar principalmente en la comarca de la Selva, más localizado en Osona, Vallès Oriental y Alt Empordà y con representaciones muy puntuales en el Gironès, la Garrotxa, el Baix Empordà, el Maresme y en las montañas de Prades (Figura 1).





**Figura 1.** Localización del castaño en Catalunya según el Mapa Forestal de España 1:25.000 (2016).

Cultivado desde la antigüedad, ha sido plantado extensivamente por su fruto y madera, y se ha naturalizado en varias regiones del oeste, centro y norte de Europa. Favorecido por la acción humana desde tiempos antiguos por los productos que se obtenían, hoy en día es difícil precisar el área de distribución primitiva de la especie. Algunos estudios sostienen que es una especie de origen oriental (zona de los Balcanes, Asia Menor y Cáucaso) y otros lo concretan más y lo sitúan en Anatolia (Boada y Gómez, 2012). Al parecer los romanos extendieron su cultivo por varias zonas del imperio.

La primera referencia de presencia de castaño en las tierras catalanas se remonta a los estudios sobre el asentamiento ibérico de la Isla de Reixac, en la zona de Ullastret (siglos VII-III a. C.), donde parece que en la llanura predominaban los bosques de robles y algunos castaños (Boada, 2003). Los trabajos de historia de la cubierta vegetal que cubren periodos anteriores no mencionan esta especie entre las que formaban parte de las masas forestales catalanas. Lo que puede ser debido a la carencia de estudios palinológicos. Posteriormente se menciona a las castañas en un documento del siglo XV por la importancia que tenían en la alimentación de la población; recordemos que antes de la llegada y expansión de las especies vegetales americanas (patata, tomate, pimiento, maíz), la castaña era un recurso alimentario importantísimo para la

población europea, especialmente a las zonas de montaña. El castaño vuelve a aparecer en un documento del año 1600 del jesuita Pere Gil, que lo menciona entre las especies que distan del mar entre ocho y doce leguas, cuando dice que "en algunas zonas hay castaño y avellano", sin duda por la importancia que debía tener para la construcción de barcos (Boada, 2003).

A partir de mediados del siglo XVIII el desarrollo del comercio ultramarino favorece la expansión del castaño en las zonas umbrías de las Guilleries, el Montseny, la Selva y la Garrotxa. Estos castaños ya no se cultivan por el fruto, sino para la construcción de toneles y aros de madera, recipientes esenciales para poder comerciar con todo tipo de productos. La nueva demanda de castaño favorece su introducción en lugares donde era desconocido, generalmente a costa del roble albar del roble albar (Boada, 2003). Desde entonces hasta finales del siglo XX el castaño ha representado una fuente económica muy importante para el sector primario (Rovira y Tusell, 2006).

Desde comienzos del siglo XIX el castaño se ha plantado especialmente en tierras que habían servido de cultivo en zonas montañosas (artigas), y se utilizaba su fruto para uso ganadero y doméstico (Rovira y Tusell, 2006). La época dorada del castaño. Hay que situarla entre finales del siglo XIX hasta muy entrado el siglo XX (Rovira y Tusell, 2006; Vericat *et al.*, 2012). El castaño se planta en zonas de sombra, a veces sustituyendo bosques de encina, roble o haya y en otras ocasiones sobre artigas abandonadas (Vericat *et al.*, 2012). Hacia los años 1940-1950 vuelve a haber un fuerte incremento de la superficie de castaño por repoblación, a consecuencia de la fuerte demanda de madera para duelas (se hacían barricas para transportar olivas y productos líquidos), aros de madera (para hacer las duelas) y cajas de sardinas en salmuera (Rovira y Tusell, 2006). Es en esta época dorada cuando se tienen que situar las grandes plantaciones de castaño que ocuparon buena parte de las umbrías húmedas de nuestras montañas. Durante estos años la madera de castaño da rentabilidades extraordinarias, por lo que se introdujeron en localizaciones fuera del óptimo y muy poco propicias para la especie (Gavarres, Empordà, Gironès, zonas rocosas y solanas de la Selva...).

Finalmente, a finales del siglo XX y comienzos del XXI el castaño ha sufrido un acusado descenso por diferentes causas, entre las que





**Fotografía 1.** Piquetas de castaño para fabricar tutores de viña. Foto de: Xavier Llosa Cufí.

destaca el ataque del chancro (*Criphonectria parasitica*). Actualmente las aplicaciones maderables se centran en estacas o tutores para hortalizas, puntales de uso agrícola (utilizados, por ejemplo, para la viña) o mobiliario urbano como mesas, bancos o papeleras que interesan que tengan un aspecto rústico (Rovira y Tusell, 2006). Han surgido iniciativas recientes para intentar revitalizar el aprovechamiento de las castañas en el Macizo del Montseny.

De acuerdo con los datos de la *Tabla 1*, la superficie de castaño en Catalunya se situaría

alrededor de las 12.000-13.000 hectáreas desde los años 1970.

## Gestión del castañar

Del castaño se pueden obtener gran cantidad de productos de diversa índole, desde taninos hasta castaña para alimentación humana o animal, pasando por una amplísima gama de productos maderables, incluso el aprovechamiento de las tierras de castaño, consideradas

**Tabla 1.** Superficies de castaño estimadas según diversas fuentes.

Fuente de datos	Año de referencia	Superficie estimada (ha)
Primer Inventario Forestal Nacional	1970	12.193
1er Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya	1993	12.238
Mapa Forestal de España 1:50.000	2001	13.153
3er Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya	2005	12.272
4rt Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya	2009	12.314
Mapa Forestal de España 1:25.000	2016	13.468





**Fotografía 2.** Castañar aclareado donde se han obtenido barras. Se observa que se ha dejado uno o dos pies por tocón y que los árboles cortados no llegaban a 15 cm de diámetro. Foto de: Albert Bosch i Puig

excelentes para jardinería. Las leñas de castaño, sin embargo, no han sido nunca muy apreciadas (Vericat *et al.*, 2012).

Los tres productos principales que hasta hace poco se extraían del castaño eran los bastones, las barras y las pértigas, con una gestión diferenciada para cada uno de ellos.

En caso de querer bastones, el objetivo era un producto de entre 2 y 6 metros de largo y de 3 a 10 cm de diámetro que se usaban para la fabricación de aros de madera (botas y cajas para sardinas en salmuera), cajas de madera, sillas de verano y bastones para andar.

- Se cortaba a hecho cada 3-4 años; a los 1-2 años de la corta se hacía una selección de pies de rebrote y se dejaban unos 10 pies por cepa.
- Actualmente el aprovechamiento exclusivo para bastones es muy residual. Para ahorrar costes ya no se hace la selección de pies de rebrote y se corta a hecho cada 3-4 años

para sacar bastones para andar, cucharas de madera y puntales. La producción varía entre 60.000 y 100.000 bastones/ha cada cuatro años (Rovira y Tusell, 2006).

En caso de querer barras, el objetivo son troncos de diámetro como mínimo 6 cm en punta delgada y entre 14-20 cm en punta gruesa y de longitud variable, pero siempre superiores a 1,5 m. Las barras se pueden destinar a estacas (agricultura, vallas...) o rollo torneado. El turno se situaba alrededor de los 15-20 años de edad.

En caso de buscar pértigas, el objetivo eran diámetros de al menos 16 cm, que en las estaciones óptimas, y antes de la expansión del chancro, se conseguía con 18-22 años. En este caso se hacía una selección de pies de rebrote a los 3 años para dejar de 3 a 5 pies/cepa y a los 10 años se hacía una intervención para eliminar el rebrote, que salía muy vigoroso después de la apertura del dosel en la primera intervención.

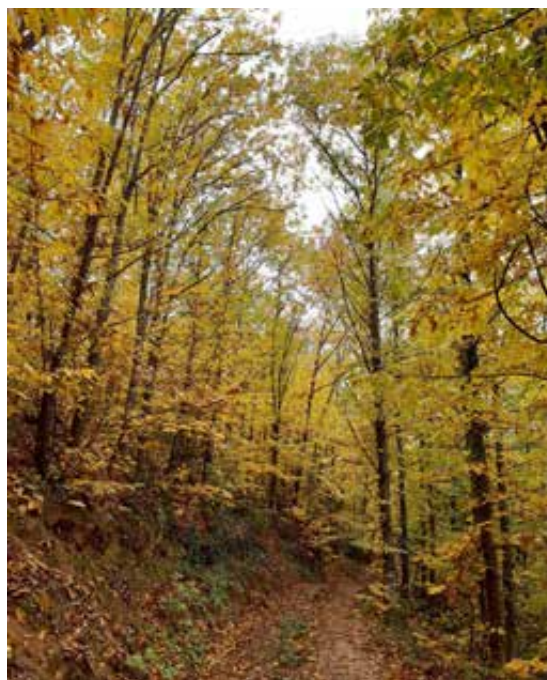


Últimamente, debido a la incidencia del chancro, que redujo considerablemente el crecimiento de las masas de castaño, se contempló la posibilidad de alargar el turno, buscando diámetros más grandes para madera de sierra y obtener los tres productos a lo largo del turno:

- A los tres años se hace una selección de rebrotes en que se obtienen bastones y se deja de dos a cuatro pies por tocón.
- A los 15-20 años se hace una clara en el cual se cortan barras y se dejan 1-2 pies por tocón.
- A los 25-30 años se hace la corta final, en la que se extraerán pies de 25 cm de diámetro para madera de sierra.

## Enfermedades, plagas y defectos del castaño

El castaño puede ser atacado por varios agentes biológicos que deprecian el producto, tanto la madera como el fruto. En este artículo no nos ocuparemos de los insectos que reducen la producción de la castaña, dado que las plantaciones para fruto son muy minoritarias en Catalunya. Las principales patologías de la madera de castaño son el atabacado, el acebollado, la tinta (*Phytophthora cinnamomi*), el chancro (*Cryphonectria parasitica*) y la avispiña (*Dryocosmus kuriphilus*).



**Fotografía 3.** Massa de castaño antes de hacer la corta final. Foto de: Xavier Llosa Cufí

**El atabacado** es una afección que produce una mancha en la parte interna del árbol. No está muy clara la causa de este defecto, pero todo indica que es debido al estrés del árbol o el envejecimiento de la madera por la avanzada edad del tronco del árbol. Parece claro también que aparece con más frecuencia en las zonas divisorias, por el que se recomienda no alargar el turno en estas condiciones (Rovira y Tusell, 2006).



**Fotografía 4.** Acebollado del castaño. Foto de: Albert Bosch i Puig

El acebollado aparece cuando la crecida de un año se separa de la del año anterior, rompiéndose la homogeneidad de la madera y devaluándose notablemente. Las causas son diversas:

- Frío o calor extremos o fuera de tiempo.
- Sequías.
- Envejecimiento de los troncos.
- Terrenos pobres.
- Tratamientos silvícolas inadecuados.

Se ha observado que los pies más afectados por el acebollado son los situados cerca de masas de agua grandes y cerradas, donde se acumula el aire frío.

**La tinta del castaño** es debida a un hongo (*Phytophthora cinnamomi*) detectado por primera vez en España en 1726; a finales del siglo XIX se había extendido por toda España y en 1940 ya se encontraba por toda Europa. Puede vivir en el suelo hasta que contacta con las raíces del huésped, momento en que infecta los tejidos subcorticales y se extiende en todas direcciones, dejando las zonas afectadas con aspecto gomoso. Generalmente entra por las raíces, aunque también lo puede hacer por el cuello de la raíz o el tallo (Rovira y Tusell, 2006).

El hongo provoca el secado de la punta de las hojas y reduce su tamaño, caen prematuramente y se pudren las raíces. En general, el aspecto del árbol parece como si sufriera una sequía. Actualmente la tinta no provoca grandes afectaciones en Catalunya, pero a mediados del siglo XX sí que provocó grandes pérdidas. En Galicia aún representa un problema de importancia.

**Chancro del castaño** es debido a un hongo (*Cryphonectria parasitica*) y es la razón principal para la sustitución del castaño en Catalunya. Se detectó por primera vez en Europa en 1938 en Italia y en 1967 ya se había extendido por casi todo el continente. Se piensa que la entrada fue anterior a 1938, pero posiblemente pasó por alto porque la atención estaba centrada en la tinta.

El origen del hongo se sitúa en Japón, donde parasita las especies de castaño de allí sin que llegue al nivel de plaga que provoca aquí. Fue descubierto como hongo virulento por primera vez en Nueva York en 1904; en pocos años se extendió por Norteamérica y hacia 1940 había destruido prácticamente todos los castaños americanos, antes muy abundantes en la mitad este del país. En Europa su introducción se atribuye a la importación de castaños orientales

(*Castanea crenata*) para obtener híbridos resistentes a la tinta, junto con el transporte de Norteamérica a Italia de castaño norteamericano (*Castanea dentata*) infectado por esta enfermedad.

Ya en 1993 el Consorci Forestal de Catalunya advertía del potencial destructor del chancro sobre nuestros latizales e incluso del riesgo de desaparición de la castaña. La especie no ha desaparecido, pero el perjuicio económico ha resultado devastador y actualmente hay muchas zonas de castaño donde todos los pies están muertos. Hoy en día el castaño solo sobrevivirá en unas pocas localizaciones de las mejores estaciones, donde el ataque del chancro no es tan intenso como en las estaciones subóptimas.

El ataque se produce cuando el inóculo entra por alguna herida. El hongo puede resistir sobre la corteza hasta que se abra una vía de entrada. Una vez dentro, el micelio se extiende por el cámbium y la conducción del xilema se interrumpe. Cuando el hongo infecta todos los tejidos del xilema, que rodean el tronco, muere la parte distal del árbol, que habitualmente rebrota por debajo del chancro. Cuando estos rebrotes logran cierto tamaño vuelven a ser infectados por el hongo, por lo que se establece una dinámica en la que nunca se llegan a formar castaños adultos.

La difusión del hongo puede ser mediante diferentes vectores: insectos, aves, mamíferos, caracoles e incluso la lluvia lo pueden extender; también se puede diseminar por el viento. El factor humano también tiene su importancia al transportar plantas de castaño y madera contaminada.

**La avispa del castaño** (*Dryocosmus kuriphilus*) es un himenóptero de origen chino que ya provocó importantes daños en el Japón en los años sesenta. En Europa fue detectado inicialmente en Italia en 2002 y en Catalunya en 2012. El insecto produce unas agallas que impiden que las hojas se desarrollen con normalidad, lo que puede provocar una importante defoliación y una reducción o pérdida de la fructificación del árbol.





**Fotografía 5.** Massa de castanyó donde se ha hecho una selección de pies tardía. Se pueden apreciar algunos pies afectados por el chancro, por ejemplo aquel sobre el que apoyan los bastones y barras o el castaño del centro de la imagen, con un chancro a 1-2 metros de altura. Foto de: Albert Bosch i Puig

## Razones para la substitución

¿Cómo es posible que se recomiende la sustitución de una especie que ha dado un rendimiento económico tan extraordinario como es el castaño? Pues bien, la razón principal se encuentra en la devastación provocada por el chancro. Con el resto de las patologías los silvicultores habían conseguido convivir, lógicamente asumiendo algunas pérdidas, como con el atabacado o el acebollado; o bien no habían atacado con una intensidad fuerte, como pasó con la tinta. Ahora bien, la extensión del chancro ha resultado nefasta para la gran mayoría de las plantaciones de castaño.

Desde mediados del siglo XIX el castaño se ha plantado abundantemente por las comarcas del nordeste de Catalunya, muchas veces en terrenos que a duras penas llegaban a los requerimientos mínimos de la especie, que son:

- Precipitación de invierno mínima de 180 mm.
- Precipitación de verano mínima de 40 mm.
- Precipitación anual de al menos 780 mm.
- Duración del periodo seco como máximo de 3,5 meses.
- Permeabilidad del suelo que no sea elevada (hay que evitar suelos arenosos).

En algunas de las zonas donde se ha plantado castaño alguno de los parámetros anteriores no se cumplía, lo que hacía que la especie sobreviviera muy justa, con muchas dificultades. Estas zonas subóptimas, más las estaciones desfavorables dentro del óptimo de la especie, como pueden ser las orientaciones sur o las zonas muy pedregosas, es donde el chancro se ha ensañado con el castaño.

Mantener hoy en día latizales atacados por el chancro significa desaprovechar estaciones buenas o muy buenas desde el punto de vista forestal, que pueden ser ocupadas por otras especies interesantes desde el punto de vista



económico. Particularmente en el caso del Macizo de las Guilleries el pino radiata puede ser introducido en altitudes por debajo de los 700 msnm y el abeto Douglas por encima de esta cota.

## Fases de la sustitución

### Preparación del terreno

La preparación del suelo es una fase determinante en el éxito de la plantación. En 2018 se celebró una Jornada Técnica Silvícola específica sobre este tema. En su artículo (Tusell, 2018) se detallan los criterios y puntos clave de las tareas a realizar, que en general son de aplicación en la preparación y ejecución de una plantación para la sustitución de castaño. En este caso hay que tener en cuenta la presencia de los tocones de castaño.

El objetivo principal de la preparación del terreno es poner a disposición de las nuevas plantas un volumen generoso de tierra descompactada, disgregada y aireada. Así, las plantas podrán satisfacer sus necesidades de suelo libre de raíces de otras especies ya instaladas, que en los primeros años de plantación competirán con ventaja por los nutrientes y por los recursos hídricos ante las nuevas plantas introducidas, especialmente en el caso de los tocones vivos de castaño.

En función de las condiciones del terreno (básicamente de la pendiente, la densidad, la distribución de troncos y restos de ramaje de la anterior masa forestal) se puede realizar una preparación del terreno de forma localizada en los puntos o líneas donde irán las nuevas plantas o bien una preparación total de la zona de plantación. Remover mecánicamente volúmenes de 0,5 >m<sup>3</sup> de suelo es suficiente para favorecer el desarrollo de las nuevas plantas.

En este sentido, el sistema tradicional de hoyo manual se ha visto ampliamente superado por los resultados de los hoyos mecanizados hechos con pala de retroexcavadora que remueve el volumen de suelo del agujero y lo vuelve a tapar con la misma tierra. En zonas con fuertes pendientes, se emplea la maquinaria adaptada, como la retroaraña, que puede trabajar en pendientes superiores al 50%.

Los costes unitarios estimados para diferentes métodos de preparación del suelo de manera mecanizada varían entre 0,40 €/hoyo en un subulado lineal en zona plana hasta 1,43 €/hoyo con el uso de retroaraña en pendientes elevadas. El coste de la barrena manual, apta en todo tipo de pendientes, se sitúa en 1,60 €/hoyo, con el añadido de la dificultad de remover un volumen de tierra equivalente al de la máquina. Hay que tener presente que estos datos se extrapolan de diferentes experiencias ejecutadas en la comarca de la Selva y Vallès Oriental, en base al coste total de la reforestación y el número total de agujeros preparados.

### Calidad de la planta y realización de la plantación

Una vez tenemos preparado el terreno pasamos a hacer la plantación. Hay que seguir en todo momento la regulación sobre el material forestal de reproducción (semillas, piñas, partes de plantas y plantas enteras). El MFR se clasifica según la técnica de obtención en material **identificado (etiqueta amarilla)**, **seleccionado (etiqueta verde)**, **calificado (etiqueta rosa)** y **controlado (etiqueta azul)**, de menos a más intensidad en la preparación y en el control de las características de este material vegetal. Además, hay que tener presente los diferentes tipos de planta que producen los viveros, que pueden ser **plantas a raíz desnuda**, **cepellón** o **en contenedor**. Cada sistema de producción y comercialización de planta aporta factores positivos o ciertos inconvenientes a la hora de hacer una plantación para la sustitución de castaño, por lo que hay que analizar las opciones y valorar la efectividad final.

El coste final de la planta, incluyendo el precio del plantón, su distribución y la plantación en el terreno, se tiene que valorar respecto a la eficiencia en la plantación (éxito a corto plazo) y también respecto a la productividad global esperada (resultado a largo plazo).

La calidad de la planta es un aspecto muy importante para determinar si el material vegetal escogido es apto o no para la reforestación. Hay que tener en cuenta aspectos cuantitativos y cualitativos, como por ejemplo la edad (máximo 2 años, con buena capacidad de generar sistemas radiculares) el tamaño en altura y diámetro del cuello de la raíz (siempre es preferible



utilizar las plantas más vigorosas con mayor capacidad de escapar de la vegetación competitiva, de diferenciarse mejor en las tareas de mantenimiento y, en general, para tener más productividad) y el estado físico de las raíces (tienen que ser abundantes, bien formadas y concentradas en el cuello en vez de raíces pivotantes de grandes dimensiones) y de la parte aérea (que sean plantas equilibradas entre parte aérea y radical).

La importancia de la parte aérea radica en la futura conformación del tronco del árbol. El tallo tiene que ser recto, sin bifurcaciones, sin heridas ni necrosis y tiene que presentar una lignificación correcta con una guía terminal en buen estado que garantice un buen crecimiento futuro.

Una vez ejecutada la plantación hay que prever la instalación de protectores para evitar los daños por animales (domésticos o salvajes). Es un hecho que la introducción de planta tierna en una zona recientemente abierta por la corta del castaño atrae exageradamente la fauna salvaje que produce daños que pueden hipotecar el éxito de la plantación.

Actualmente hay una gama de tubos protectores muy amplia que muchas veces hace difícil elegir el modelo óptimo para proteger la planta y que a la vez no afecte su desarrollo equilibrado (parte aérea y parte subterránea). La principal diferencia es la cantidad de luz que deja pasar y la capacidad de provocar en mayor o menor medida lo que se conoce como "efecto invernadero". Los protectores con mejores resultados son los **tubos de malla plástica de grandes agujeros** (para frondosas y coníferas adultas), los **tubos de malla plástica de pequeños agujeros** (se pueden utilizar en todas las especies) y los **tubos invernadero** (se puede utilizar en frondosas con fuerte dominancia apical).

## Mantenimiento de las plantaciones

Una vez hecha la plantación de la nueva especie en sustitución del castaño, que representa un coste muy elevado para la propiedad, es esencial actuar periódicamente para garantizar que la especie introducida se implante con éxito en el terreno. A pesar de estar afectado por el chancro, el castaño conserva toda la capacidad de rebrote, puesto que los chirpiales que salen

por debajo de la zona herida no están afectados por el chancro mientras son jóvenes. Por lo tanto, el año siguiente a la corta y a la plantación podemos encontrarnos con rebrotadas de castaño de hasta dos metros de altura que cubren totalmente los plantones de coníferas y amenazan su supervivencia. La inversión hecha en la plantación, muy elevada como se ha dicho antes, puede irse a pique fácilmente si no se hacen los trabajos de mantenimiento.

Una vez hecha la plantación hay dos opciones para evitar que sea dominada por el castaño:

- a Cortar los rebrotes del castaño con mucha frecuencia. Se tendrá que cortar al menos una vez al año los primeros años después de la plantación. En el caso del pino radiata, con cinco o seis años de edad ya puede haber superado en altura a los rebrotes de castaño y por tanto se puede considerar que la plantación se ha "escapado". En caso de que se hayan plantado abetos Douglas, en ocho o diez años estos habrán superado los rebrotes de castaño y por tanto se podrán dejar de hacer desbroces. En algunas fincas se han hecho labores de mantenimiento de plantaciones de ocho años, en que se han podido aprovechar los rebrotes de castaño para bastones. Probablemente la plantación hubiera sobrevivido igualmente sin esta actuación de mantenimiento.
- b Aplicar glifosato en los tocones de castaño para inhibir el rebrote, y así evitar las cortas de mantenimiento anuales posteriores a la plantación. Hay quién defiende que la mejor época de aplicación es en otoño, y otros en cambio sostienen que conviene aplicarlo a comienzos de la primavera para que sea absorbido por el tronco con más eficacia.

## Problemática de la sustitución

La sustitución del castaño por cualquier otra especie está sometida a una serie de riesgos y trabas. Algunos de estos inconvenientes son la baja rentabilidad y el posible fracaso de la sustitución, como también otros obstáculos derivados de la normativa ambiental.



## La baja rentabilidad

Veamos a continuación una simulación de rentabilidad con y sin aplicación de glifosato.

### Balance económico sin aplicar glifosato

Supongamos que tenemos una hectárea de pino radiata a punto de cortar y al lado una hectárea de castaño que se quiere transformar a pino radiata. Una masa de pino radiata desarrollada puede tener las siguientes características:

- Edad alrededor de 35 años.
- Densidad de unos 250-300 pies/ha.
- Diámetro alrededor de 40 cm.
- Volumen de madera alrededor de 300 m<sup>3</sup>/ha.
- Densidad de la madera estimada en 1 t/m<sup>3</sup>.
- Volumen de aprovechamiento 300 t/ha.

En estas condiciones, los gastos de corta y transporte y los ingresos de la madera de pino radiata serían los de la *Tabla 2*, y el balance económico de la corta de una hectárea de pino radiata a final de turno sería de unos 7.440 €/ha (ingresos – gastos). En este balance, sin embargo, no se han considerado gastos de desbroce previo ni tampoco de arreglo de caminos.

Por otro lado, calcularemos los gastos de plantación y mantenimiento de una hectárea de castaño situada junto a la hectárea de pino radiata, con las siguientes características:

- Marco de plantación de 3x4 metros.
- Con protectores contra la fauna silvestre.
- Se ponen tres cañas por cada plantón.
- Se cuenta con un 20% de marras de los plantones los dos primeros años.
- Corta anual del rebrote de castaño hasta el cuarto año y corte bianual hasta el octavo.

En estas condiciones los gastos de plantación y mantenimiento de la hectárea de pino radiata serían los de la *Tabla 3*. Se considera que no hay gasto para la tala del castaño puesto que el precio de venta de la madera de trituración compensa el coste de la corta.

Se considera que hay un 20% de marras y que se hacen dos reposiciones en los primeros años después de la plantación. Se considera también que se cortan los rebrotes del castaño anualmente en los primeros cuatro años y cada dos años hasta el octavo año, por lo que hay seis repeticiones de la corta del rebrote de castaño.

Los gastos totales de la sustitución del castaño serían de unos 7.901 €/ha.

Considerando que el beneficio para la propiedad por la corta de radiata es de 7.440 €/ha y los gastos de 7.901 €/ha, resulta que la inversión para sustituir una hectárea de castaño se llevaría el 105% del beneficio de cortar una hectárea de pino radiata. Es decir, que se tendría que añadir dinero para hacer la sustitución del castaño por pino radiata. También ha que decir que la alternativa si no se hace la sustitución puede ser todavía peor, puesto que entonces tendríamos permanentemente un terreno sin ninguna productividad.

### Balance económico en caso de aplicar glifosato en la sustitución

En este caso tendríamos los mismos gastos de plantación y reposición de marras (1.917 € + 668 €), pero variaría el gasto de mantenimiento, que se detalla a la *Tabla 4*.

En este caso la inversión para sustituir el castaño sería de 4.375,5 euros y el beneficio de cortar una hectárea de pino radiata de 7.740 €/ha, por

**Tabla 2.** Gastos de corta y transporte e ingresos por la venta de madera de una hectárea de pino radiata.

Conceptos		Precio (€/t)	Cantidad (t/ha)	TOTAL (€/ha)
<b>Gastos</b>				
Corta y desembosque a cargador		17	300	5.100
Transporte a serrería		13	300	3.900
<b>Total Gastos</b>		<b>30</b>	<b>300</b>	<b>9.000</b>
<b>Ingresos</b>				
Madera de trituración	20%	34	60	2.040
Madera para palets	80%	60	240	14.400
<b>Total Ingresos</b>	<b>100%</b>		<b>300</b>	<b>16.440</b>
<b>Balance</b>				<b>7.440</b>



**Tabla 3.** Gastos de plantación de una hectárea de pino radiata en sustitución de castaño.

Concepto	Cantidad	Precio	TOTAL (€/ha)		
<b>Plantación de pino radiata</b>					
Abrir hoyos y poner los plantones	10 jornales/ha	125 €/jornal	1250		
Coste de la planta	833 plantones/ha	0,50 €/plantón	416		
Coste de las cañas (tres cañas por plantón)	2500 cañas/ha	0,06 €/caña	150		
Coste del protector contra la fauna	833 protectores/ha	0,2 €/protector	167		
Total Plantación			<b>1.983</b>		
<b>Mantenimiento posterior</b>		<b>Repeticiones</b>			
Reposición de marras	Planta	2	167 plantones/ha	0,50 €/plantón	168
	Mano de obra	2	2 jornales/ha	125 €/jornal	500
Mantenimiento de plantaciones	6	7 jornal/ha	125 €/jornal	5.250	
Total Mantenimiento				<b>5.918</b>	
<b>Total Despeses</b>				<b>7.901</b>	

**Tabla 4.** Gastos de sustitución del castaño en caso de utilizar glifosato.

Concepto	Precio	Cantidad	Repeticiones	TOTAL (€/ha)	
Plantación de coníferas	1.917 €/ha		1	1917 €/ha	
Reposición de marras	334 €/ha		2	668 €/ha	
Mantenimiento de plantación	Coste del glifosato	35 €/ha	1	35 €/ha	
	Aplicación del glifosato	125 €/jornal	1,5 jornales/ha	1	187,50 €/ha
	Desbroce de matorral	125 €/jornal	6 jornales/ha	2	1.500 €/ha
<b>Total Gastos</b>				<b>4.373,50 €/ha</b>	

el que la sustitución supondría el 56% del beneficio. Es evidente la ventaja económica que esto supone respecto de la alternativa sin glifosato. Hay que remarcar que la aplicación del glifosato hay que hacerla de manera responsable, con todas las precauciones necesarias y por personal con formación específica y experiencia en el manejo de productos tóxicos.

## Fracaso en la sustitución

Ya se ha dicho anteriormente en este artículo que el castaño rebrota con fuerza después de la corta, incluso los afectados por el chancro (si no están muertos), con rebrotes que pueden llegar a 1,5-2 metros de altura. Por lo tanto, hasta que las coníferas no hayan superado esta altura existe el riesgo que sean ahogadas por los rebrotes de castaño.



**Fotografía 7.** Ejemplo de fracaso en la sustitución del castaño. Entre los castaños todavía se pueden observar los protectores que se usaron en la plantación.



De la importancia del mantenimiento de las plantaciones es un buen ejemplo una finca de Osor (*Fotografía 1*), donde en algunas zonas la falta de actuaciones posteriores a la plantación ha echado por tierra la inversión hecha. Se pueden encontrar zonas donde se plantaron que actualmente vuelven a ser masas de castaño donde solo quedan los protectores como testigo de la plantación. Así mismo hay otras zonas donde no se castigó bastante al castaño y la masa es una mezcla, con rodales donde dominan las coníferas y otras donde el castaño finalmente se ha impuesto.

## Obstáculos de otra índole

### La exigencia de la evaluación de impacto ambiental dentro de espacios del PEIN

Recientemente se ha dado el caso de que en el momento de aprobar un plan de gestión forestal dentro de un Espacio de Interés Natural incluido en la Red Natura 2000, como por ejemplo el de las Guillerías, la Subdirección General de Biodiversidad y Medio natural pone una serie de condicionantes de gestión.

En este espacio es de aplicación el instrumento de gestión de las zonas especiales de conservación de la región biogeográfica correspondiente, que en el caso de las Guillerías considera los castañares como elementos claves del espacio. Según indica la Subdirección, las Directrices de gestión de los espacios Natura 2000 correspondientes a los espacios de montaña interior consideran incompatibles las plantaciones con especies forestales alóctonas en espacios de la Red Natura 2000 cuando estas supongan la desaparición de hábitats forestales de interés comunitario. Fruto de estas consideraciones, la Subdirección concluye que se tienen que someter al procedimiento de evaluación de impacto ambiental la transformación de las formaciones forestales de castaño a plantación de abeto de Douglas (*Fotografía 2*).

**Fotografía 8.** Castañar de las Guillerías donde se exige el procedimiento de evaluación de impacto ambiental favorable previo a la sustitución por abeto Douglas. El estado fitosanitario de la masa es lamentable, con gran cantidad de pies muertos a causa del chancro





## ¿Una posible alternativa?

Finalmente, en algunas fincas donde el castaño se encuentra en su óptimo y no está muy afectado por el chancro, como en El Mataró de Arbúcies y Espinelves, se ha optado por un modelo de gestión flexible que deje libertad para cortar el castaño de acuerdo con las necesidades del mercado, de forma que el itinerario silvícola, basado en las ORGEST, sería:

- a A los cuatro años de edad se puede hacer una selección de pies, rebrotes de tocón, para vender como bastones si el mercado así lo pide y dejar entre tres y cuatro rebrotes por cepa.
- b A los 25-26 años de edad, cuando el castaño ha llegado al menos a 14 cm de diámetro, se puede hacer bien una clara y dejar uno o dos pies por cepa, o bien una corta a hecho, dependiendo de la necesidad de barras del mercado.
- c Si se ha hecho una clara a los 25 años, entonces se deja crecer algo más y a los 35 años se hace la corta final, cuando el castaño tiene 25 cm de diámetro y se puede destinar a madera de sierra, muy apreciada por la industria.

## Conclusiones

- El castaño es una especie de gran tradición forestal en nuestro país y de la que se ha sacado un gran provecho económico desde el siglo XVIII hasta finales del XX.
- Las plantaciones extensivas de castaño por nuestras montañas empiezan a principios del siglo XVIII y se intensifican especialmente entre mediados del siglo XIX y mediados del XX.
- A finales del siglo XX se extiende la plaga del chancro, que devasta la gran mayoría de las plantaciones de castaño y obliga a sustituirlo por otras especies.
- La sustitución presenta un gran problema: la gran inversión necesaria hasta conseguir el éxito, además de otros como: trabas de varios tipos relacionados con la percepción

conservacionista por parte de la opinión pública respecto de los bosques.

## Agradecimientos

Queremos agradecer la colaboración en este artículo a los amigos Xavier Vila Roura, gestor de las fincas de Joan Garolera, y Albert Bosch Puig, gestor de varias fincas forestales, así como a los propietarios que han aportado información fundamental: Jordi Boix Llinàs, Jordi Puigdevall Miralpeix, Eduard de Ribot Porta, Josep Mataró Clopès y Carles Corominas Soler.

## Referencias

- Boada, M. 2003. Boscos de Catalunya. Història i actualitat del món forestal. Brau Edicions. Consorci Forestal de Catalunya. 188 p.
- Boada, M., Gómez, F. 2012. Boscos de Catalunya. Editorial Planeta. 259 p.
- Rovira, N., Tusell, JM. 2006. La situació actual del castanyer (*Castanea sativa*) a Catalunya. Consorci Forestal de Catalunya. 154 p.
- Tusell, JM. 2018. Diferents mètodes de preparació del sòl en les reforestacions. Passos a seguir per a l'èxit. A: Tusell, JM., Beltrán, M. (eds). XXXV Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Consorci Forestal de Catalunya. Pp: 16-25.
- Vericat, P., Navarro, P., Correal, E., Castaño, C., Piqué, M., Beltrán, M., Obón, B., Rodríguez, J., Colinas, C., García, M., Argemí, JM., Rovira, J. 2012. El castanyer a Catalunya. Manual de gestió, conservació i valorització. Diputació de Barcelona i Obra Social "la Caixa". 143 p.



**Organiza:**



**Colaboran:**



Col·legi Oficial d'Enginyers  
de Forests a Catalunya



**Patrocinen:**

 Generalitat de Catalunya  
Departament d'Acció Climàtica,  
Alimentació i Agenda Rural

 Centre de la Propietat  
Forestal

 Diputació de Lleida

PLA ANUAL 2021  
DE TRANSFERÈNCIA TECNOLÒGICA



FUSTES JANÉ, SL  
www.fustesjane.com



 **PALETS J. MARTORELL, S.A.**  
CTRA. DE GIRONA, KM 10 - APARAT DE CORREUS 30  
17420 SANTA COLOMA DE PARTERS (GIRONA)

