

# MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS FORESTALES EN ESPACIOS FLUVIALES

Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny



Jordi Vayreda  
Luis Comas  
Daniel Guinart  
Sonia Solórzano  
Jordina Grau

## Índice

1. Introducción .....	5
1.1. Alcance del manual .....	6
1.2. Zonificación legal del espacio fluvial .....	8
1.3. Bases normativas de buenas prácticas forestales.....	9
1.4. Objetivo general y específicos.....	10
2. Los Bosques en el ámbito de ribera del Montseny .....	12
2.1. Los hábitats de ribera.....	12
2.2. Otros hábitats del ámbito de ribera.....	18
2.3. Plantaciones de especies exóticas .....	18
2.4. Elementos estructurales característicos de bosques bien conservados.....	19
3. Buenas prácticas de gestión forestal en bosques del ámbito de ribera del Montseny .....	27
3.1. Principios de buenas prácticas .....	27
3.2. Buenas prácticas de gestión forestal.....	35
3.3. Buenas prácticas para mejorar la conservación de los elementos clave.....	46
3.4. Malas prácticas forestales vinculadas a la conservación del patrimonio natural .	58
4. Referencias.....	64

## Summary

The Montseny Biosphere Reserve and Natural Park is a space of the Natura 2000 Network and, therefore, there is a legal commitment to maintain Habitats of Community Interest (HIC) that includes a Favourable Conservation Status (FCS) among which riparian forests are included. This manual of good practices is part of the need to improve the state of conservation of the entire fluvial area of the Montseny Biosphere Reserve and Natural Park. The good practices described in this manual are addressed to any native wooded habitat and, especially, to the Natural Park, i.e., it includes other types of native forest that border the riverside habitat and which, due to their proximity, may have a direct or indirect influence in fluvial dynamics. The manual influences the definition of good forest management practices by proposing reference thresholds for the indicators from which they are considered to contribute to the FCS. The good management practices described in this manual exclusively include actions of a silvicultural nature that make it possible to modify the structure and composition of the forest with the main objective of making it more mature and, therefore, more resilient to climate change, improving diversity (biological, functional and structural), stability against disturbances (erosion, floods, wind...), regeneration, etc. Good practices essentially consist of preserving and improving the key elements of pre-existing old-growthness in order to recover the processes and functions of forests, proposing low-intensity intervention. The good practices described may be totally or partially incompatible with productive, cultural or recreational objectives. The manual is addressed to forest and environmental managers and technicians, forest rangers, but also to public and private property. It is divided into different sections. The first one includes the description of the riparian forest from the geomorphological and hydrological point of view, which in turn determines its ecological functioning, and a description of the other forest habitats in the riparian area and the key elements for the maintenance of an FCS. The second block is dedicated to the description of the general and specific principles of good practices for the improvement of the ECF for any habitat. In the third block good silvicultural practices in riverside forests and other habitats in the Montseny riverside area are described. Finally, a non-exhaustive compilation of bad forestry practices that commonly occur in the Montseny area causing damage to the natural heritage is described.

## Resumen

El Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny es un espacio de la Red Natura 2000 y, por tanto, existe el compromiso legal de mantener los Hábitats de Interés Comunitario (HIC) que incluye un Estado de Conservación Favorable (ECF) entre los cuales se incluyen los bosques de ribera. Este manual de buenas prácticas se enmarca en la necesidad de mejorar el estado de conservación de todo el espacio fluvial del Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny. Las buenas prácticas que se describen en este manual van dirigidas a cualquier hábitat arbolado autóctono y, especialmente, a del Parque Natural, es decir, que incluye otros tipos de bosque autóctono que limitan con el hábitat ribereño y que por proximidad pueden tener una influencia más o menos directa en la dinámica fluvial. El manual incide en la definición de buenas prácticas de gestión forestal proponiendo unos umbrales de referencia para los indicadores a partir de los cuales se considera que contribuyen al ECF. Las buenas prácticas de gestión descritas en este manual incluyen exclusivamente actuaciones de carácter silvícola que permiten modificar la estructura y composición del bosque con el objetivo principal de hacerlo más maduro y, por tanto, más resiliente al cambio climático mejorando la diversidad (biológica, funcional y estructural), la estabilidad frente a perturbaciones (erosión, riadas, viento...), la regeneración, etc. Las buenas prácticas consisten esencialmente en preservar y mejorar los elementos claves de madurez preexistentes para recuperar los procesos y funciones propios de los bosques proponiendo actuaciones de poca intensidad. Las buenas prácticas que se describen pueden ser total o parcialmente incompatibles con objetivos productivos, culturales o recreativos. El manual va dirigido a gestores y técnicos forestales y del medio ambiente, guardas forestales, pero también a la propiedad pública y privada. Está dividido en distintos apartados. El primero incluye la descripción del bosque de ribera desde el punto de vista geomorfológico e hidrológico, que a su vez determina su funcionamiento ecológico, y una descripción de los otros hábitats forestales del ámbito de ribera y de los elementos clave para el mantenimiento de un ECF. El segundo bloque está dedicado a la descripción de los principios generales y específicos de buenas prácticas para la mejora del ECF para cualquier hábitat. La tercera parte se describen las buenas prácticas selvícolas en bosques de ribera y de los demás hábitats en el ámbito de ribera del Montseny. Por último, se hace una recopilación no exhaustiva de malas prácticas forestales que comúnmente se dan en el ámbito del Montseny causando daños al patrimonio natural.

## 1. Introducción

Este manual de buenas prácticas se enmarca en la necesidad de preservar y mejorar el estado de conservación de todo el espacio fluvial del Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny incidiendo en la definición de buenas prácticas de gestión forestal en el bosque de ribera en un sentido amplio, es decir, incluyendo también buenas prácticas en los bosques que le rodean. Mejorar el estado de conservación de todo el espacio significa mejorar los procesos y funciones ecológicas de la ribera, las vertientes cercanas a la ribera, pero también el curso del río y, por tanto, las propiedades físico-químicas y biológicas del agua que circula por ella.

Aunque el ámbito de actuación de este manual es estrictamente el de la vegetación, sobre todo los bosques y no de todo el sistema, es importante tener en cuenta que no es posible recuperar la vegetación de ribera si el medio abiótico sobre el que se asienta está sustancialmente alterado. Por tanto, en determinadas circunstancias no se podrán llevar a cabo actuaciones de mejora que no incluyan intervenciones previas sobre otros elementos del espacio fluvial. Sin embargo, esta guía no incluye buenas prácticas de restauración en casos de fuerte alteración de la vegetación ni en casos que sea necesaria la restauración del medio abiótico.

En definitiva, este manual describe unas directrices de gestión que puedan llevarse a cabo para modificar la estructura y composición de la vegetación y, especialmente, el estado arbóreo. Las actuaciones que se proponen son las mínimas posibles para lograr la mejora y mantenimiento de un buen estado de conservación y de cumplir con las exigencias de la Directiva Hábitats y Red Natura 2000, la Directiva Marco del Agua, la Directiva de Inundaciones y del resto de normativas aplicable al Montseny (véase el apartado de Bases normativas de buenas prácticas forestales).

El Parque Natural y Reserva de la Biosfera del Montseny es un espacio de la Red Natura 2000 y, por tanto, existe el compromiso legal de mantener los Hábitats de Interés Comunitario (HIC) que incluye un Estado de Conservación Favorable (ECF) entre los cuales se incluyen los bosques de ribera. El ECF de un HIC se considerará favorable si la superficie se mantiene o aumenta, que la estructura y funciones ecológicas se mantengan en el futuro y que las especies típicas tengan un estado de conservación favorable. Mantener un ECF implica que debe cumplirse que por cada hábitat haya, en algún lugar u otro de su área de distribución, una representación de rodales en etapas maduras, es decir, de los estadios más avanzados de la sucesión ecológica, porque éstas acogen la situación de mayor diversidad del hábitat tanto en especies como en funciones y procesos ecológicos y una representación de las especies típicas y características del hábitat. Estos rodales más maduros deben estar integrados en un mosaico en el que existan también rodales con menor grado de madurez, para asegurar la resiliencia temporal y la heterogeneidad a escala de paisaje.

La Directiva Hábitats determina que en la Red Natura 2000 se deberá promover un tipo de gestión forestal integrada y sostenible que sea compatible con este ECF. La aplicación de estas medidas debe permitir mantener la productividad y favorecer la calidad del bosque como comunidad vegetal y como hábitat para numerosas especies de flora, invertebrados y vertebrados.



Este manual va dirigido a gestores y técnicos forestales y del medio ambiente, guardas forestales, pero también a la propiedad pública y privada. Aunque este manual está adaptado a los hábitats del Montseny y su estado de conservación actual, no significa que no pueda ser aplicado a otros espacios naturales de protección especial, espacios de la Red Natura 2000 o incluso fuera de espacios sin figura de protección. En muy buena medida, también es de aplicación en cualquier ámbito forestal fuera de los 100 m alrededor de los cursos de agua.

Las buenas prácticas de gestión descritas en este manual incluyen exclusivamente actuaciones de carácter silvícola que permiten modificar la estructura y composición del bosque con el objetivo principal de hacerlo más maduro y, por tanto, más resiliente al cambio climático mejorando la diversidad (biológica, funcional y estructural), la estabilidad frente a perturbaciones (erosión, riadas, viento...), la regeneración, etc. Las buenas prácticas consisten esencialmente en preservar y mejorar los elementos claves de madurez preexistentes (véase el apartado 2.4 “Elementos estructurales característicos de bosques bien conservados”) para recuperar los procesos y funciones propios de los bosques llevando a cabo, en su caso, actuaciones de poca intensidad.

La apuesta de este manual es de máximos en tanto que orienta la gestión para mejorar la madurez del bosque, que a su vez permite una mejora de buena parte de los servicios ecosistémicos de regulación (prevención de la erosión, avenidas de agua, biodiversidad...) y, por tanto, según los casos, las buenas prácticas que se describen pueden ser total o parcialmente incompatibles con objetivos productivos (obtención de leña, madera, corcho...) o con servicios culturales y recreativos. Sin embargo, dado que la mayor parte de los bosques incluidos en el ámbito geográfico de este manual son de propiedad privada, es indiscutible que habrá que buscar, caso por caso, un equilibrio que permita compatibilizarlos. Este manual tampoco incluye directrices de cómo restaurar el ecosistema ante un desastre natural (incendio, deslizamientos, vendavales...) y queda claro que, en estos casos, hará falta hacer las actuaciones pertinentes para recuperar el ecosistema lo más rápidamente posible.

Aparte de este capítulo introductorio, este manual incluye algunas definiciones básicas, los **objetivos** y una descripción muy resumida de las **normativas medioambientales** europeas, estatales y su transposición en el ámbito de la Reserva de la Biosfera del Montseny. El resto del manual está dividido en 2 grandes bloques.

El primero incluye la **descripción del bosque de ribera** desde el punto de vista geomorfológico e hidrológico que a su vez determinan la ecología y, por tanto, la estructura y composición de la vegetación. También incluye una **descripción de los otros hábitats forestales del ámbito de ribera y de los elementos clave** relacionados con el mantenimiento de un buen estado de conservación y el porqué del interés de su mantenimiento para la mejora de la madurez y la biodiversidad asociada.

El segundo bloque está dedicado a la descripción de los **principios generales y específicos de buenas prácticas** para la mejora del estado de conservación independientemente del hábitat, principios relacionados con la madurez, la diversidad estructural y de rasgos funcionales. A continuación, se describen las **buenas prácticas selvícolas en bosques de ribera y de los demás hábitats en el ámbito de ribera del Montseny**. En estas buenas prácticas también se tratan

casuísticas de conversión de bosques regulares a bosques con estructura heterogénea, conversión de bosques monoespecíficos a mixtos con directrices de mejora de su diversidad funcional y estructural. Este bloque también incluye **buenas prácticas selvícolas de conservación de los elementos clave**, es decir, las buenas prácticas de gestión comunes a cualquiera de los hábitats tratados en este manual. Por último, se hace una recopilación no exhaustiva de **malas prácticas forestales** que comúnmente se dan u ocurren en el ámbito del Montseny y que dañan el patrimonio natural.

Alternando entre los diferentes capítulos se intercalan recuadros que profundizan en algunos aspectos que no están tratados en el cuerpo principal del manual, aportan información complementaria que se considera de interés y aportan argumentos a las propuestas de este manual.

## 1.2. Zonificación legal del espacio fluvial

La definición de la zonificación legal del espacio fluvial es la establecida en el Real Decreto 9/2008. Para entender esta zonificación es recomendable ver la Figura 2.

El **espacio fluvial** es la zona ocupada por el cauce público y los terrenos de titularidad privada o pública que le rodean y que integran el corredor biológico asociado al río, la vegetación de ribera y la zona inundable.

El **dominio público hidráulico** es el terreno integrado por las aguas continentales, tanto superficiales como subterráneas renovables; los cauces de los ríos, de los lagos, de las lagunas y de los embalses superficiales en cauces públicos; los acuíferos subterráneos; y las aguas procedentes de la desalación del agua de mar. Los terrenos de dominio público hidráulico son propiedad y responsabilidad de la Administración pública y, por tanto, cualquier actuación está sometida a una autorización expresa.

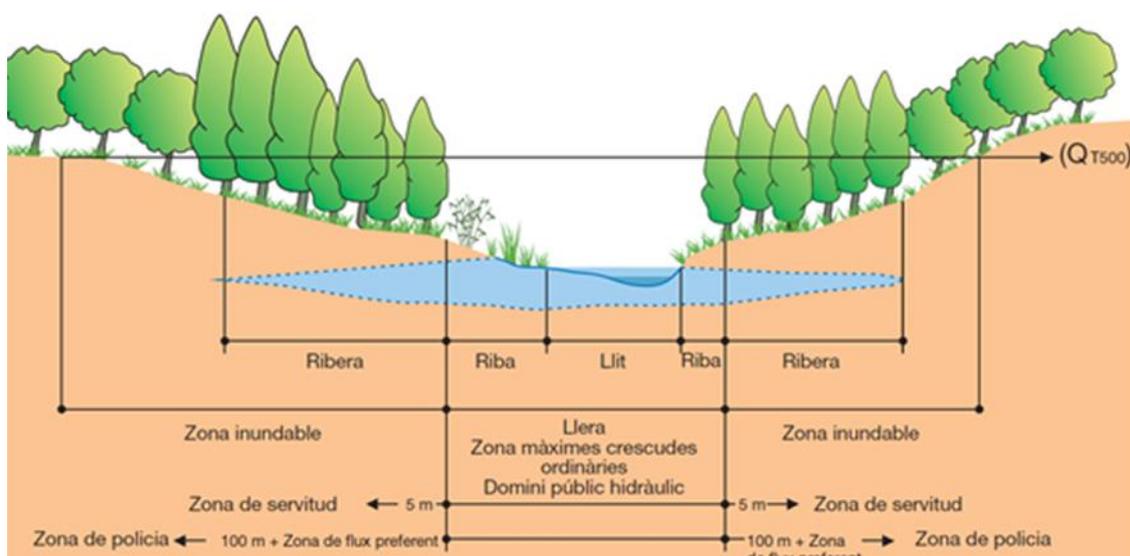


Figura 2. Zonificación del espacio fluvial según la legislación estatal de aguas vigente (figura modificada de Agencia Catalana del Agua, 2006).

El **cauce** es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias. El caudal de la máxima crecida ordinaria es la media de los caudales máximos anuales en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos que sean representativos del comportamiento hidráulico del curso fluvial. Los terrenos que forman parte del cauce son de dominio público. El cauce está constituido por el cauce del río, por donde circula el agua habitualmente, y la **orilla**, que es el espacio a ambos lados del cauce ocupado en las crecidas máximas ordinarias. La orilla puede estar fácilmente ocupada por vegetación herbácea y leñosa oportunista y pionera y muy resiliente en las crecidas recurrentes y en la inmersión temporal o en el enterramiento con limos.

La **ribera** corresponde a las zonas laterales en el lecho, fuera de la orilla, donde el nivel freático del curso fluvial permite la presencia de una vegetación propia de zonas húmedas que se extiende por la terraza baja y las llanuras aluviales inmediatas. En este espacio es donde se asienta, habitualmente, el bosque de ribera.

La **zona de servidumbre** la forman los terrenos de cada margen, de uso público, de 5 metros de ancho desde el límite del cauce, que deben permanecer libres de ocupación para asegurar las siguientes funciones: proteger el ecosistema fluvial y el dominio público hidráulico, permitiendo el paso público de peatones y de los servicios de vigilancia y conservación.

La **zona de policía** la forman los terrenos de cada margen de 100 metros de ancho desde el límite del cauce donde los usos del suelo y las actividades que se llevan a cabo están condicionados. Esta franja puede ampliarse para incluir la zona o zonas donde se concentre preferentemente el flujo de agua.

La **zona inundable** la forman los terrenos delimitados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas durante las avenidas con un período de retorno de 500 años atendiendo a los estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como las series de avenidas históricas y los documentos o evidencias históricas de las avenidas. Estos terrenos pueden ser tanto de dominio público como privado.

### 1.3. Bases normativas de buenas prácticas forestales

La base normativa de las buenas prácticas expuestas está desarrollada en el informe de la acción E12 del LIFE Tritó Montseny (Vayreda et al., 2021), básicamente vinculadas a la Directiva Hábitats (92/43/CEE), la Directiva Marco del Agua (2000/60/CEE), Directiva relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (2007/60/CE), texto refundido de la Ley de aguas (RDL 1/2001), y a su transposición a la normativa estatal y catalana. Las buenas prácticas también tienen la base normativa sectorial vinculada a las actividades silvícolas y al patrimonio natural y la biodiversidad (expuesto en Comella G., Espinalt M., 2020).

Hay que tener presente que la conservación del tritón del Montseny está vinculada directamente a la gestión del Parque Natural del Montseny, cuyo objetivo es la protección, conservación y mejora del patrimonio natural y cultural, y el impulso del desarrollo rural y el uso público de acuerdo con el principio del uso sostenible de los recursos naturales (D.

127/2021, art.3.1). De forma específica, relacionado con el tritón del Montseny y su hábitat, el Parque Natural establece que las rieras y torrentes, tanto permanentes como discontinuos, son considerados elementos de protección especial (D. 127/2021, art.4.11a); y que el tritón del Montseny (*Calotriton arnoldi*), goza de protección estricta, así como su hábitat y los ecosistemas, comunidades y elementos biológicos asociados y, por tanto, se prohíbe cualquier uso o aprovechamiento que pueda tener un efecto negativo (D. 127/2021, art.4.12b).

#### 1.4. Objetivo general y específicos

El objetivo general de este manual es dar directrices de buenas prácticas y establecer criterios técnicos de gestión para dar cumplimiento a lo que establece en la Directiva Hábitats, que consiste esencialmente en asegurar el mantenimiento y mejora del estado de conservación favorable (ECF) de los hábitats de bosques de ribera en particular y del resto de hábitats forestales presentes en su entorno (zona policía y más allá según los casos).

Las directrices que se exponen en este manual contribuyen al objetivo general expuesto, pero van dirigidas a objetivos específicos de conservación del medio natural y que son:

- Mejorar y asegurar el papel de conectividad ecológica de los bosques de ribera.
- Promover el mantenimiento de caudales ecológicos mediante una correcta gestión del agua (agua verde *versus* agua azul).
- Promover el buen estado de conservación de las especies que constituyen el hábitat de ribera respetando sus procesos ecológicos.
- Promover el buen estado de conservación de las comunidades de especies, la estructura y las funciones del hábitat de ribera.
- Prevenir procesos de erosión y evitar la pérdida de suelo y la biodiversidad edáfica asociada.

Estos objetivos específicos y la aplicación de las directrices asociadas, contribuirán a otros objetivos de conservación, aunque no son la finalidad concreta del Manual. Estos otros objetivos son:

- Contribuir a la mejora de la madurez y el Estado de Conservación Favorable (ECF) de los hábitats forestales, riparios e indirectamente a los acuáticos.
- Incrementar la resiliencia de los bosques frente al cambio climático (Recuadro 1).
- Mejorar la estabilidad estructural y funcional de los ecosistemas y mitigar los efectos de posibles plagas.
- Reducir o eliminar la presencia de especies exóticas y de especies invasoras.
- Involucrar a los actores del territorio (propietarios, administraciones locales, entidades, educadores, visitantes...) en la aplicación de las buenas prácticas propuestas en este manual.

Aplicar buenas prácticas forestales para lograr el objetivo de mejorar la madurez de un bosque tiene muchos beneficios ambientales y contribuyen de forma significativa en la conservación y mejora de un espacio natural y su bosque de ribera (Recuadro 2).

**Recuadro 1. Adaptación al cambio climático y madurez del bosque, dos conceptos inseparables**

Que el cambio climático pueda tener efectos positivos o negativos sobre los bosques maduros dependerá de múltiples factores que todavía se están debatiendo (Gardiner et al. 2016). Por ejemplo, dependerá de la intensidad a escala local del evento climático, del efecto real en el conjunto de bosque en cuanto a crecimiento, debilitamiento y mortalidad, del efecto diferencial sobre las diferentes especies y tamaño de los pies y, finalmente, de la interacción con otros factores que puedan contrarrestar o actuar de forma sinérgica (Keeton 2018). Si la frecuencia e intensidad de estos fenómenos climáticos extremos aumenta, no habrá tiempo suficiente para el desarrollo de estructuras propias de bosques maduros, por lo que a gran escala puede verse reducida la superficie de estos bosques (Seidl et al. 2014, Thom y Seidl 2016). En algunos casos, como apuntan varios estudios (Bennett et al. 2015, Allen et al. 2015, Lutz et al. 2018), un episodio extremo, como un vendaval o una nevada tardía, puede afectar a los árboles más grandes del rodal y especialmente a los árboles senescentes con signos previos de debilitamiento y físicamente más expuestos (Bennett et al. 2015, Lutz et al. 2018). Por otra parte, mayor frecuencia de perturbaciones puede acelerar la desaparición de determinadas especies (especialmente aquellas que se encuentren al límite de su área de distribución), dando lugar a nuevas asociaciones de especies (Thom et al. 2017).

Sin embargo, aunque la incertidumbre de los efectos del cambio climático sobre los bosques maduros es elevada, está bastante aceptado que la diversidad estructural puede ser una vía de adaptación, debido a que una mayor complejidad se traduce en una mayor resistencia a perturbaciones. (Pretzsch et al. 2018, Dănescu et al. 2018, Gustafsson et al. 2019). Por otro lado, que un bosque maduro albergue especies más adaptadas a condiciones de mayor temperatura y sequía es una condición que, a la vez que beneficia a la biodiversidad, incrementa su resiliencia al cambio global (Bauhus et al. 2017, Gustafsson et al. 2019). Además, a mayor diversidad de especies arbóreas menor riesgo de colapso de bosque por posibles perturbaciones debidas a plagas y patógenos (Gross et al. 2014).

Los rasgos funcionales para la adaptación al Cambio Climático y para hacer frente a las perturbaciones (sequía, incendios, viento, etc.) incluyen la altura, la densidad y estructura de la madera, el área específica foliar, la habilidad para rebrotar, la profundidad de las raíces (Aubin et al. 2016). Aquellas comunidades que mezclen la mayor diversidad de rasgos funcionales tendrán más capacidad para adaptarse a factores de estrés conocidos, lo que se conoce como diversidad funcional (o de respuesta). Si la comunidad además tiene una mayor redundancia de rasgos tendrá mayor capacidad para adaptarse a factores de estrés aún desconocidos, lo que se conoce como redundancia funcional (Messier et al. 2019). En este caso existe una mayor resistencia en tanto que tiene más capacidad para transitar hacia otra comunidad mejor adaptada (Yachi y Loreau 1999; Laughlin et al. 2017, Messier et al. 2019).

En resumen, un bosque resiliente debe estar compuesto de especies arbóreas con varios rasgos funcionales que puedan resistir o adaptarse al espectro de estrés más amplio posible, pero además, para completar esta capacidad, varias especies deben compartir los mismos rasgos funcionales para poder mantener la misma diversidad de rasgos en caso de que alguna de las especies se pierda (Messier et al 2019). En todo esto hay que tener en cuenta la interacción entre especies, es decir, una especie puede responder mejor al estrés de una determinada perturbación si está mezclada con otras especies o, en cambio, responder mejor estando sola (Bauhus et al. 2017).

## 2. Los Bosques en el ámbito de ribera del Montseny

### 2.1. Los hábitats de ribera

Las riberas son el espacio fluvial y la vegetación que se asienta (Figura 2). Estos hábitats están ligados a la disponibilidad de agua freática ya factores geomorfológicos e hidrológicos vinculados a la dinámica fluvial que a su vez determinan la estructura y composición de la vegetación. Como consecuencia, el tipo de actuación y las buenas prácticas de gestión forestal a realizar difieren parcialmente de las recomendaciones en bosques fuera del ámbito fluvial. La composición, estructura y funcionamiento de los bosques de ribera es diferente en función del curso de agua y desde este punto de vista se pueden diferenciar en tres tramos o zonas:

- **Tramo alto.** Se localiza en las cabeceras de los ríos donde el cauce lleva caudales de agua pequeños y muy a menudo intermitentes. Es un tramo donde el río está encajonado y donde el cauce puede estar formado por grandes bloques o losas. Debido a las fuertes pendientes el agua tiene una elevada capacidad erosiva pero la cantidad de sedimentos transportables es relativamente baja. En este tramo el bosque de ribera, cuando aparece, se mezcla a manchas o pie a pie con otras especies arbóreas que cambian en función de la altitud (haya, castaño, roble, encina...). Un rasgo diferencial en relación al resto de tramos del río es la continuidad de las copas de los árboles adyacentes al cauce.
- **Tramo medio.** Se localiza en las zonas medias del curso del río donde ya hay presencia estable de bosque de ribera de poca anchura en tramos medio-alto y de mayor anchura en tramos medio-bajo. Ocasionalmente, en sus márgenes, hay presencia de plantaciones lineales. Suele presentar pendientes acusadas en los márgenes y el cauce del río es menos ancho si lo comparamos con los tramos río abajo. En este tramo el río tiene todavía fuerte capacidad erosiva y por tanto capacidad de transporte de sedimentos y de sedimentación bastante relevante. El bosque de ribera está más o menos bien conservado y las plantaciones pueden ser más frecuentes, encontrando lineales en la ribera del río y algunas localizadas en zonas llanas adyacentes.
- **Tramo bajo.** Se localiza en las zonas más bajas del curso del río donde todavía, en condiciones naturales, estaría presente el bosque de ribera. Pero es justamente en este tramo donde la actividad antrópica ha sido más fuerte y ha provocado que el bosque de ribera pueda estar más alterado y, en según qué tramos, completamente ausente. La pendiente de los márgenes es más baja y la anchura del cauce lo suficientemente ancha como para que las copas no puedan cubrir el cauce. El río, en este tramo, se caracteriza por tener sobre todo capacidad de sedimentación, aunque, en función del caudal, pueda mantener capacidad de erosión y transporte de sedimentos. En este tramo se pueden encontrar llanuras aluviales relativamente anchas con presencia frecuente de plantaciones de chopos y plátanos.

De acuerdo con el Manual de los Hábitats de Cataluña (Volum VI. Boscos, 2015) la mayoría de hábitats de ribera formarían parte del grupo de bosques y bosques de ribera de lugares muy húmedos (código 44). Cada uno de los hábitats descritos en este manual de hábitats tiene una

ficha que da información sobre el grado de interés por su conservación y flora principal, así como la correspondencia con los hábitats de interés comunitario. Los hábitats de bosque de ribera que se incluyen en este capítulo son las alisedas, las fresnedas de fresno común y de hoja estrecha, alamedas y otros bosques de ribera mediterráneos y comunidades dominadas por especies del género *Salix*. No se incluyen las plantaciones de chopo (típicas de las llanuras aluviales de las partes bajas de ríos y rieras) o plátano (especie exótica también típica del curso bajo de los ríos que también se pueden encontrar en algunos tramos altos de torrentes y rieras del Montseny) que serán tratados en el capítulo 2.3 “Plantaciones de especies exóticas”.

Las especies arbóreas típicamente de ribera en el ámbito del Montseny son: los alisos, varias especies de sauces, fresnos, álamos, chopos, tejos, olmos, avellano, sauco o espino blanco, propios de torrentes, arroyos y rieras con aguas intermitentes y rieras y ríos con agua permanente. Esta vegetación puede estar formada prácticamente por una única hilera de árboles que recorren el torrente, a veces sin continuidad, es decir, interrumpida por árboles de otras especies, hasta los bosques en galería a ambos lados (típicamente alisedas con muchos árboles de especies freatófilas acompañantes) de ancho variable dependiendo de las características morfológicas de la orilla. De los bosques de ribera de este apartado, se excluyen los bosques formados por árboles de otras especies (encina, haya, roble, castaño...) aunque por las características morfológicas del torrente o arroyo lleguen hasta el mismo cauce, que es frecuente en los tramos altos de los torrentes del Montseny.

Las riberas presentan una gran diversidad tanto estructural como de composición de especies vegetales. Esto se debe a la gran heterogeneidad de este medio: la interfase agua-tierra hace que se establezcan unos gradientes (de humedad, de textura del suelo, etc.) transversales al curso de agua y más o menos extensos, a consecuencia de los cuales la vegetación se ordena en bandas paralelas al curso del agua. Como consecuencia se suceden distintas formaciones, en forma de bandas de vegetación, de requerimientos ecológicos bien diferenciados; las especies se sitúan más o menos lejos del agua según la capacidad de soportar avenidas (como diferentes especies del género *Salix*), la necesidad de disponer de aguas freáticas cercanas a la superficie (típicamente álamos o alisos) y la menor o mayor tolerancia al encharcamiento. La dinámica a la que están sometidas las riberas (crecidas, fenómenos de erosión, deposición de materiales) da lugar a que su estructura y composición vaya cambiando para adaptarse a las nuevas condiciones. Por eso la longevidad de las especies de esta comunidad es, en general, mucho menor que el de la mayoría de especies arbóreas. Y aún más cuanto más cerca del cauce se encuentre. Las particularidades de este hábitat hacen que en un período relativamente corto de tiempo (50 años) se puedan encontrar comunidades con estructuras bastante maduras. De vez en cuando, una crecida violenta que puede darse con relativa frecuencia puede dar lugar a una destrucción casi completa de la vegetación y un reinicio de la sucesión desde las comunidades pioneras hasta la reinstauración de un bosque de ribera completamente funcional y estructurado.

*Recuadro 2. Interés de conservación de los hábitats de ribera.*

Muchas de las comunidades de ribera, especialmente de bosques, se consideran hábitats de interés comunitario; en el Montseny las alisedas y otros bosques de ribera afines (Alno-Padion, 91E0) están catalogadas como prioritarias, a la vez que las saucedas, alamedas, olmedas y fresnedas mediterráneas (92A0) también se consideran hábitats de interés comunitario pero no son prioritarias.

**Las comunidades de ribera** que se organizan a ambos lados del curso de agua, aunque ocupan un porcentaje pequeño (2,7%, según el mapa de hábitats del Montseny 1:10.000) de la superficie arbolada del Montseny, cuando están bien conservados tienen un papel primordial en diferentes procesos ecológicos, entre los que destacan:

- Su incidencia sobre el ciclo hidrológico contribuyendo a reducir el impacto de las crecidas e inundaciones.
- Mejoran la calidad del agua actuando como filtro natural.
- Fijan sedimentos y capturan nutrientes, materia orgánica y contaminantes.
- Aportan hojarasca y ramitas y madera muerta a los cursos de agua favoreciendo la creación de microhábitats acuáticos, y favorecen la formación de charcos y balsas.
- La sombra que proporcionan permite el mantenimiento de la temperatura del agua.
- Juegan un papel muy destacable sobre la conectividad ecológica y, por tanto, en la conservación de la biodiversidad. A menudo, la vegetación de ribera es el único corredor viable que queda por una conexión funcional entre diferentes espacios naturales.

### 2.1.1. Especies arbóreas de los hábitats de ribera

Las principales especies del bosque de ribera, y sus requerimientos ecológicos, que deberían respetarse y potenciarse en una buena gestión ambiental del bosque de ribera, son:

- **Aliso** (*Alnus glutinosa*). Es la especie arbórea más característica de estos hábitats, es capaz de crecer rápidamente, gracias en parte por su asociación simbiótica con la bacteria *Frankia alni* fijadora del nitrógeno atmosférico en los nódulos radicales. Esta capacidad hace que el aliso sea un elemento clave sobre todo en las riberas donde hay déficit de nitrógeno. Esto hace que pueda crecer en suelos pobres y sea una especie pionera capaz de colonizar lugares perturbados y lo hace particularmente eficaz para estabilizar las orillas de los ríos y reducir la erosión. El entramado de raíces a ras de agua proporciona refugio para anfibios y peces pequeños. El aliso es relativamente resistente a la herbivoría en comparación con otras frondosas.

No es especialmente exigente en lo que se refiere a las condiciones edáficas. La textura del suelo no es un factor particularmente importante puesto que se encuentra en condiciones muy contrastadas (desde suelos arenosos hasta arcillosos). También puede crecer en suelos de amplio rango de pH (pH 4 – 8) pero no crece bien en sustrato calcáreo.

Su presencia está básicamente limitada a la disponibilidad de agua, ya que tiene poco control estomático. Normalmente vive en lugares donde las raíces tienen acceso al agua del freático y elevada humedad ambiental. Tolerancia el encharcamiento, especialmente si el grado de eutrofización es bajo (Blanco et en 1997). Se considera una especie menos adaptada a fuertes riadas sobre todo si se compara con las especies del género *Salix*.

- **Fresno de hoja estrecha** (*Fraxinus angustifolia*). Prefiere suelos ricos en nutrientes, relativamente profundos (entre 40 y 100 cm) y aireados o sólo moderadamente compactos,

de tipo arcillo-arenoso. Prefiere suelos entre ácidos y neutros, pobres en carbonatos, con un pH entre 5 y 8. Crece en las zonas de ribera que se pueden inundar durante cortos períodos de tiempo. No crece bien cuando el encharcamiento se hace permanente, encontrándose habitualmente en lugares más alejados del curso del río donde la capa freática se encuentra próxima a la superficie durante la época de lluvias y avenidas, pero que baja en verano. Es una especie poco frecuente en el Montseny.

- **Fresno común** (*Fraxinus excelsior*). Es una especie que requiere suelos fértiles, con pH neutro o ligeramente básicos, a partir de 5,5, profundos, húmedos, bien drenados y con una capa de humus bien desarrollada. Tiene preferencia por suelos arcillo-arenosos, aunque donde crece mejor es en suelos con alto contenido de limos y arcillas, alto contenido de nitrógeno y ricos en bases. Suelos limosos, en depósitos aluviales o coluviales profundos ricos en nitrógeno, son condiciones que se consideran óptimas. No tolera los suelos muy compactados. Tolerancia períodos cortos de inundación por el río, pero no el agua estancada por la falta de oxígeno. Se consideran buenos aquellos lugares en los que el nivel freático está entre los 40 y los 100 cm de profundidad. No es un freatófito obligado. El crecimiento se reduce mucho en condiciones secas.
- **Álamo** (*Populus alba*). Crece en zonas templadas con buena disponibilidad de agua. Tolerancia desde el encharcamiento hasta cierta sequía y desde suelos ácidos hasta alcalinos. Sin embargo, las condiciones óptimas para su crecimiento se dan allí donde hay mucha luz, buena disponibilidad de agua, suelos profundos y bien drenados con textura entre limosa y arena-limosa y un pH entre neutro y alcalino. Puede llegar a vivir sobre suelos muy arenosos. Tolerancia inundaciones periódicas, así como ciertos episodios de poca precipitación, pero por lo general crece mejor en suelos húmedos, pero no saturados. Tolerancia bastante bien la salinidad, aunque el crecimiento se reduce si es elevada.
- **Chopo** (*Populus nigra*). Es una especie pionera, oportunista, capaz de colonizar lugares que han sufrido una perturbación, pero en terrenos estables porque los vástagos tienen poca capacidad de anclaje y pueden ser arrancados fácilmente por la fuerza del agua. La inmersión de los árboles adultos y los daños mecánicos durante las avenidas facilitan la reproducción vegetativa del chopo estimulando el rebrote de raíz. Los vástagos de chopo son muy sensibles al estrés hídrico durante los primeros meses debido al lento crecimiento de sus raíces. Después, son más resistentes y pueden morir si existen inundaciones prolongadas o una pérdida de contacto con el agua del freático. Tiene una tolerancia alta a la inundación pero una alta mortalidad si están sometidas a largos períodos de inundación por falta de oxígeno en las raíces. Puede vivir en un rango amplio de condiciones edáficas, desde suelos pedregosos y pobres hasta suelos arcillosos, pero no tolerancia la sombra ni la sequía. Donde crece mejor es en suelos profundos, fértiles, de textura intermedia y con pH entre 5,5 y 7,5. En suelos de textura arenosa, las raíces tienden a ser más profundas por lo que son más resistentes a avenidas de agua.
- **Laurocerazo** (*Prunus lusitanica*). Es una especie vinculada a ambientes húmedos y de lluvias o nieblas frecuentes, con preferencia por lugares montanos y relieve accidentado. La especie se encuentra siempre ligada a cursos de agua, manantiales, gargantas sombrías de montaña o pequeñas cascadas, que proporcionen al enclave un microclima de humedad ambiental

elevada, ya sea de tipo atmosférico o edáfico. En el Montseny lo encontramos en hondonadas y barrancos húmedos, entre los 590-950 m, en zonas de influencia marítima más fuerte del Montseny oriental. Es una especie escasa con poco más de mil ejemplares en el Montseny, repartidos en una decena de núcleos poblacionales (Sáez et al. 2017). A pesar de no ser una especie frecuente en el bosque de ribera del Montseny y que podemos considerar rara, es una especie macaronésico-mediterránea y por tanto es un elemento de significación biogeográfica muy notable, pues en el Montseny es donde se encuentran la mayor parte de las poblaciones del noreste ibérico (Sáez et al. 2017).

### Recuadro 3. Otras especies arbóreas de ribera acompañantes, en el Montseny

**Avellano** (*Corylus avellana*). Es un árbol de porte bajo que en el Montseny suele encontrarse cerca de los cursos de agua porque necesita mantener cierto grado de humedad, pero no la inundación, que le permite superar condiciones de sequía prolongada. Sin ser muy exigente, el avellano requiere un terreno profundo, fresco y de naturaleza arcillosa pero con un subsuelo permeable que permita el drenaje, con pH entre 5,5 y 7,8, y preferentemente calcáreo.

**Salguero** (*Salix alba*). Es un árbol de ribera que típicamente vive cerca del agua y que tolera toda la variedad de texturas de suelo posibles mientras tenga acceso al agua, aunque prefiere suelos arenosos o limosos. En cambio, es una especie que necesita mucha luz y que no tolera la sombra. Tiene una tolerancia a la inundación muy alta.

**Sauce cenizo** (*Salix atrocinerea*). Es un árbol de porte bajo que generalmente crece siguiendo los cursos de agua, en lugares con luz, aunque puede tolerar la sombra. Crece sobre arenas y gravas de las orillas de los ríos siempre que tenga cierta humedad. Es una especie bastante resistente a todo tipo de terreno, aunque prefiere suelos ácidos, nitrificados o no, pero pobres en bases. Tiene una tolerancia muy alta a la inundación gracias a la producción de raíces adventicias que le permiten captar oxígeno. Es una especie pionera que puede colonizar rápidamente áreas perturbadas.

**Sauce cabruno** (*Salix caprea*). Es una especie pionera y de rápido crecimiento que tolera un amplio abanico de condiciones edáficas, sobre todo zonas calcáreas, tanto si son relativamente secas como húmedas, pero donde a menudo se le encuentra es en zonas méxicas. Crece en suelos bien drenados, a menudo en márgenes de bosque, prados, márgenes de carreteras, etc., por lo general en lugares húmedos, pero evitando los suelos saturados de agua. Es algo más sensible a inundaciones continuas que otras especies de sauces; en estas condiciones pierde capacidad fotosintética, a pesar de producir lenticelas, no puede producir raíces adventicias como otras especies.

**Sarga** (*Salix eleagnos*). Es un arbusto que crece generalmente en orillas de ríos y torrentes que se inundan periódicamente y en depresiones y fondos de valles frescos. A menudo sobre gravas y terrenos aluviales. Puede vivir desde los tramos bajos del río hasta los torrentes de montaña hasta los 1.500 m, ocasionalmente, hasta los 2.000 m de altitud. Es muy tolerante a la inundación pero es capaz de tolerar la sequía. Muy adecuado para plantarlo en zonas perturbadas porque tiene una alta capacidad de anclaje y las avenidas no lo desarraigan fácilmente. Dado que las raíces crecen bien en arenas y gravas, es una especie que consolida rápidamente el sustrato en el que se establece. Además, el rápido crecimiento de los tallos lleva a la rápida creación de un hábitat nuevo. Prefiere los terrenos calcáreos ricos en bases.

**Sauce colorado** (*Salix purpurea*). Es un arbusto pionero que se encuentra en suelos húmedos, en orillas de los ríos y torrentes, márgenes de bosque y humedales. Prefiere suelos neutros o alcalinos a los ácidos y pobres en bases; pH por debajo de 7 hace bajar considerablemente el crecimiento. Tiene una tolerancia alta a la inundación aunque su crecimiento desciende considerablemente. Sin embargo, muestra una alta capacidad de recuperación de su crecimiento cuando mejoran las condiciones.

**Sauco común** (*Sambucus nigra*). Es un árbol de porte bajo que crece cerca de ríos y arroyos y se adapta muy bien en zonas de bosque húmedo. Es una especie heliófila y pionera y se la encuentra fácilmente en espacios abiertos cerca de las rieras. Es poco exigente en cuanto a suelos, tolera los suelos ligeramente ácidos, no soporta suelos mal drenados y prefiere suelos ricos en nutrientes de los que es una buena indicadora. Su rusticidad le permite adaptarse a los suelos calcáreos, pedregosos, en taludes, ruinas, escombros e incluso en las grietas de los muros.

**Tilo de hoja pequeña** (*Tilia cordata*) y **tilo de hoja ancha** (*Tilia platyphyllos*). Los tilos son árboles que no están restringidos a ambientes de ribera. Aunque necesitan cierta humedad, toleran cierta sequía. Son especies poco tolerantes a la inundación, menor para el tilo de hoja ancha y algo más alta por el de hoja pequeña. Por lo general viven en los valles, pies de ladera o de riscos, en montaña media o baja acompañado de otros caducifolios mesófilos. Prefieren lugares con bastante sombra, aunque pueden tolerar la exposición al sol. El tilo de hoja pequeña es algo menos tolerante a la luz que el de hoja ancha. Por lo general prefieren suelos francos, moderadamente húmedos, mesotróficos o mesoeutróficos sobre sustrato calcáreo y con pH neutro o alcalino. Sin embargo, también se le puede encontrar en suelos pobres e, incluso, con una alta proporción de cantos rodados, piedras o bloques.

**Olmo** (*Ulmus minor*). Es una especie bastante pionera, de rápido crecimiento y que necesita mucha luz. Crece en llanuras de inundación, pero en las partes menos frecuentemente inundadas, las más alejadas del curso del agua y con el freático profundo, ya en contacto con la vegetación zonal. Las olmedas son los hábitats de ribera menos exigentes en lo que se refiere a la humedad freática y es tolerante a la sequía. Prefiere los suelos de textura fina, profundos, fértiles y ricos en carbonatos.

## 2.2. Otros hábitats del ámbito de ribera

En los tramos altos de los cursos fluviales de los ríos y torrentes del Montseny también se encuentran bosques dominados por otras especies de árboles no asociados directamente a la presencia del agua. Estos se pueden encontrar justo detrás del bosque de ribera en galería, a pocos metros, o directamente junto al curso. Son bosques principalmente dominados por la encina (*Quercus ilex*), el haya (*Fagus sylvatica*), el castaño (*Castanea sativa*) y el alcornoque (*Quercus suber*).

El encinar es el bosque más extendido en el Montseny. Ocupa muchas vertientes empinadas hasta los 1.200 metros en las solanas, localmente puede ascender más arriba, y es menos frecuente en las umbrías. En muchos lugares las solanas las ocupan los encinares y las umbrías robleales, castañares o hayedos. Actualmente el encinar es una masa continua muy extensa que en numerosos lugares ocupa las vertientes más inclinadas y con suelos más delgados, formando bosques de rebrote de cepas viejas y una composición florística muy pobre, pero no tanto en las zonas más húmedas donde aparecen otras especies acompañantes. Buena parte de la estructura y composición actual es el resultado de la explotación intensa para hacer carbón que tuvo lugar hasta la mitad del siglo XX.

En las vertientes más umbrías hay castañares formando latizales, mayoritariamente plantados para el aprovechamiento de madera y más ocasionalmente, castañeras para producción de fruto. El producto obtenido determina la estructura forestal actual o bien de cepas de rebrote o de grandes árboles viejos en dehesas más o menos abandonadas.

El hayedo es un bosque extenso en el Montseny gracias a la humedad ambiental de las vertientes de mayor altitud. Es un hábitat muy en contacto con la encina con la que a menudo forman masas mixtas distribuidas de forma muy irregular según la topografía. En los peñascos se establece una comunidad mixta, donde el haya no siempre es dominante.

El alcornocal es un bosque que ocupa las partes más bajas del Montseny. Es un hábitat históricamente muy gestionado para obtener el corcho y en buena medida repoblado en antiguos cultivos de vid afectados por la filoxera hasta principios del siglo XX.

## 2.3. Plantaciones de especies exóticas

Las especies exóticas plantadas, en mayor o menor extensión, que se pueden encontrar en el ámbito de distribución del tritón del Montseny, son:

- Plantaciones de plátanos (*Platanus orientalis* var. *acerifolia*) y otras frondosas de suelos húmedos.
- Plantaciones de chopos (*Populus* spp).
- Plantaciones y formaciones subespontáneas de falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*).
- Plantaciones de abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) y cedros (*Cedrus* spp) y otras pináceas no europeas.

- Plantaciones de pino insigne (*Pinus radiata*), pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) y de otros pinos no europeos.

#### 2.4. Elementos estructurales característicos de bosques bien conservados

Los rodales mejor conservados son aquellos que presentan características asociadas a la madurez forestal. Estos elementos son el resultado de la dinámica natural que se desarrolla con los procesos que se suceden a lo largo del tiempo. La presencia de estos elementos es clave y son los que con la gestión es necesario potenciar de forma prioritaria para mejorar la madurez y la biodiversidad asociada. En las siguientes secciones se describen estos elementos y el interés de su conservación.

*Recuadro 4. Bosque maduro: una definición sencilla (para una definición completa, consultar Aauri et al. 2019 y EUROPARC-España, 2018)*

Las definiciones simples basadas en un único criterio son raras en ecología, especialmente si lo que se quiere definir es un bosque maduro (“old-growth forest” en inglés) porque es un sistema dinámico complejo resultado de transiciones graduales que implican varios procesos, incluidas las perturbaciones. Actualmente, la mayoría de definiciones utilizan múltiples criterios (Spies et al. 1988; Hunter 1989; Wells et al. 1998; Messier y Kneeshaw 1999; Kimmins 2003) que se pueden dividir en tres grupos: el primer grupo pone el énfasis en las características estructurales y de composición; el segundo destaca la dinámica sucesional que ha llevado y mantiene el bosque en las etapas más maduras; y por último el tercer grupo resume los criterios relacionados con los procesos biogeoquímicos. La mayor parte de las definiciones existentes se basan en criterios estructurales (Wirth, 2009).

Desde un punto de vista estructural, generalmente, los bosques maduros, se pueden identificar por la presencia de dos o más especies con algunos ejemplares de tamaños excepcionales en el límite de su longevidad, con una ocupación del espacio formado por árboles de todas las alturas, presencia de regeneración en pequeños manchas fruto de la apertura de claros por la caída de árboles y abundante madera muerta de grandes dimensiones, tanto en pie como en el suelo, y en todos los estados de descomposición (Franklin & Spies, 1991).

Un bosque maduro es un bosque con pocas alteraciones antrópicas y por definición en buen estado de conservación porque están presentes todos los procesos y funciones propias de la dinámica natural.



*Bosque de ribera con indicios de madurez (foto: D. Guinart).*

#### 2.4.1. Árboles vivos de tamaño excepcional independientemente de su vitalidad

- Se consideran árboles de tamaño excepcional aquellos que presentan un diámetro normal (DN) superior a un determinado umbral y que varía significativamente en función de la especie. En la Tabla 1 (Cap. 3.3) se dan los umbrales mínimos por este atributo y para cada especie.
- Los árboles de tamaño excepcional son los que han alcanzado su altura máxima posible según calidad de estación y son los que más aportan a la estructura de bosque maduro. En la gestión hacia la madurez son los que al irse haciendo mayores acaban muriendo de forma natural, proporcionando primero hábitats propios de madera muerta en pie y, al caer, hábitats de madera muerta en el suelo.
- Al morir los árboles grandes, generan un claro de grandes dimensiones que permite la entrada de luz hasta el suelo y la regeneración natural.
- Los árboles de gran tamaño son elementos que pueden estar dispersos por todo el rodal o en grupos como bosquetes de reserva, ambas opciones son igualmente válidas.
- Su presencia actual es a menudo el resultado de la supervivencia de usos silvopastorales antiguos o de ejemplares sobremaduros de gestión forestales previas y que se han mantenido por distintas razones.
- Estos ejemplares tienen un valor singular para la biodiversidad, puesto que con el tiempo desarrollan microhábitats únicos para determinadas especies (ver punto siguiente).
- La presencia de especies longevas, como la encina, hacen que las características de madurez puedan estar presentes en el rodal durante más tiempo.
- La cantidad de árboles excepcionales a mantener dependerá de si existen otros objetivos, pero la presencia de pocos árboles con estas características es ya un valor añadido muy relevante en relación a la madurez.

#### 2.4.2. Árboles vivos de gran tamaño portadores de microhábitats para la fauna y flora

- Los árboles con microhábitats suelen ser árboles viejos de gran tamaño, aunque no tienen por qué tener un tamaño excepcional. Desde el punto de vista de la madurez, son clave como fuente actual y futura de biodiversidad.
- Se consideran árboles de gran tamaño portadores de microhábitats aquellos que presentan un DN (diámetro normal, diámetro del tronco a 1,30 m de la base) superior a un determinado umbral que varía en función de la especie (Tabla del Cap. 3.3).
- Este tipo de árboles generan diferentes microhábitats que incrementan significativamente la biodiversidad de multitud de grupos taxonómicos (en especial de invertebrados) y, por tanto, favorecen los procesos ecológicos de los bosques y el equilibrio natural del hábitat.
- Los tipos de microhábitats posibles en un árbol es diversa: árboles con cavidades, árboles bifurcados adecuados para madrigueras de fauna, con ramajes adecuados para nidos de rapaces, árboles con malformaciones, árboles tortuosos, árboles con especies epífitas (plantas, líquenes, hongos), etc. (Recuadro 5). Aquellos microhábitats más raros son los que pueden mantener las especies más amenazadas y escasas. El hecho de que determinados

microhábitats sean escasos es porque hace falta mucho más tiempo para que puedan generarse.

*Recuadro 5. Principales microhábitats y especies saproxílicas asociadas (Larrieu et al. 2018)*

Los microhábitats relacionados con los árboles, que dependen de la edad del árbol más que de su tamaño, porque hace falta tiempo para que aparezca un microhábitat concreto, han sido ampliamente reconocidos como sustrato de un gran número de especies, llamadas saproxílicas, de las que dependen. Larrieu et al (2018) han publicado un artículo con una clasificación y definición de las diferentes tipologías que se pueden encontrar en árboles vivos y muertos en bosques templados y mediterráneos europeos. Las diferentes tipologías se pueden clasificar en 7 formas básicas atendiendo a características morfológicas asociadas a diferentes grupos de especies saproxílicas:

- 1) Cavidades sensu lato (incluye: cavidades de pídidos, cavidades con materia orgánica, orificios y galerías de insectos, concavidades).
- 2) Heridas en árboles y madera expuesta y que incluye: madera expuesta (sólo albura), madera expuesta (albura y duramen).
- 3) Madera muerta en las copas, ya sean ramas o partes del tronco.
- 4) Excrecencias (incluye: acumulación de brotes o ramas, deformaciones o chancros).
- 5) Cuerpos fructíferos de hongos y mixomicetos (incluye: cuerpos fructíferos de hongos perennes, cuerpos fructíferos de hongos anuales y mixomicetos).
- 6) Estructuras epifíticas, epixílicas o parásitas (incluye: plantas y líquenes epifíticos o parásitos, nidos, microsuelos)
- 7) Exudados (incluye: flujo de sabia o de resina).

Estas 7 tipologías básicas se subdividen en 15 subtipologías y 47 tipos de microhábitats. En el artículo original (Larrieu et al. 2018) se puede consultar una tabla con los detalles de la clasificación jerárquica con ilustraciones de las diferentes tipologías de microhábitats. También existe una guía de campo (Bütler et al. 2020) donde se describe cada uno de los microhábitats, acompañadas de ilustraciones y fotografías y, a grandes rasgos, el conjunto de especies saproxílicas asociadas.

Especie saproxílica: especie que depende de los árboles senescentes, de la madera en descomposición o de otras especies saproxílicas durante al menos una parte de su ciclo vital (de las palabras griegas “sapos” = podrido, y “xylon” = madera).



*Roble y tejo de tamaños excepcionales y con microhábitats (foto: D. Guinart).*

### 2.4.3. Madera muerta de grandes dimensiones en pie o en el suelo

- La madera muerta es un tipo de microhábitat esencial para una gran variedad de flora y fauna, llamada saproxílica. Por tanto, existe toda una biodiversidad exclusiva de la que depende. Cuanta más cantidad de madera muerta, cuanto mayor sea la diversidad de especies arbóreas, cuanto mayor sea su tamaño y cuanto mayor sea la diversidad de grados de descomposición, más abundante y rica será la comunidad saproxílica asociada.
- La madera muerta tiene importantes funciones ecológicas. Su lenta incorporación durante el proceso de descomposición garantiza la retención y reciclaje continuo de nutrientes. La materia orgánica que se va incorporando al suelo mejora sus propiedades físico-químicas, mejora la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura y aumenta la capacidad de retención de agua.
- La madera muerta, tanto en pie como en el suelo, es la base de toda una gran y compleja cadena trófica que permite la sucesión de procesos ecológicos del hábitat y su equilibrio natural y resiliencia frente a episodios catastróficos o de cambio global del medio.
- La madera muerta, en entornos naturales protegidos y/o que se quieren conservar, es un valor ecológico que debe promoverse, mediante la no intervención (dejar a dinámica libre) o haciendo gestión activa (Recuadro 11). Contrariamente a lo que en general se piensa, mantener una cantidad moderada de madera muerta de coníferas en el bosque no tiene porqué convertirse en un foco de plagas de escolítidos (Recuadro 6).

- La madera muerta en el suelo al margen y dentro del cauce del río o arroyo juega un papel muy importante en cuanto a la mejora de su funcionamiento natural y de sus procesos ecológicos. Estabiliza los sedimentos, permite el mantenimiento de balsas y es fuente de alimento y refugio de muchos organismos acuáticos (Recuadro 7).

*Recuadro 6. Madera muerta y riesgo de plagas de escolítidos en coníferas autóctonas (EUROPARC-España, 2018).*

En el mundo forestal, las plagas son un concepto asociado a la pérdida de rendimiento económico en bosques productivos. Se considera plaga cualquier explosión demográfica de ciertas especies de insectos, como los escolítidos, que atacan a árboles vivos o recientemente fallecidos excavando galerías bajo la corteza provocando su muerte. Las causas de estas explosiones demográficas suelen ser multifactoriales y se producen de forma natural y cíclica en los ecosistemas, diferentes factores bióticos y abióticos regulan su ciclo (depredadores y parasitoides principalmente). Los escolítidos autóctonos son especies oportunistas, es decir, que suelen atacar únicamente a las coníferas debilitadas o muertas recientemente. Por tanto, una plaga se puede producir por una acumulación de factores tales como mantener en el bosque grandes cantidades de madera cortada durante los meses de máxima actividad de estos insectos o por la presencia de gran cantidad de pinos vulnerables y debilitados por sequías prolongadas, incendios forestales, etc.

### *Recuadro 7. Funciones ecológicas de la madera muerta en el bosque de ribera*

Esta madera muerta tiene muchas funciones ecológicas importantes:

- Ayuda a regular la energía del agua corriente disminuyendo la velocidad y ayudando a aumentar el almacenamiento en charcos y balsas.
- Ayuda a mantener la forma y la estabilidad del cauce. Las presas que se van formando por acumulación de material se extienden a través del arroyo y crean un perfil escalonado ofreciendo una mayor estabilidad a largo plazo porque atrapan las partículas orgánicas más pequeñas y móviles y los sedimentos. Atrapan y retienen la materia orgánica, proporcionando así más alimento para invertebrados, peces y anfibios.
- Ayuda a aumentar la oxigenación y la calidad del agua y mantener la temperatura.
- Es refugio de peces y anfibios: los árboles caídos y los restos de ramas en los arroyos desvían y obstruyen el flujo de agua lo que contribuye a crear pequeñas presas y una mayor diversidad de balsas y depósitos de sedimentos que son importantes zonas de puesta y cría de peces y anfibios. La creación de balsas profundas ofrece protección contra los depredadores, especialmente de aves y mamíferos durante los períodos de bajo caudal.
- La retirada de madera muerta de grandes dimensiones de los ríos es perjudicial porque se pierde durante muchos años la capacidad para recuperar su diversidad y estabilidad.

En la ribera

- La dinámica natural del bosque de ribera puede ayudar a mantener y generar una cantidad de madera muerta de forma constante, aunque las condiciones ambientales de elevada humedad hacen que la tasa de descomposición pueda ser más elevada que en zonas alejadas de la orilla, manteniendo volúmenes de madera muerta más bien bajos.
- Por tanto, es esencial mantener la continuidad temporal y espacial del bosque de ribera porque es y será la fuente natural principal de suministro de madera muerta en la ribera y en el río. Se debe evitar la extracción de árboles cerca del cauce del río porque reduciría el suministro de esta madera muerta.
- Los árboles caídos desarraigados o muertos y que se mantienen en pie deben mantenerse. Los árboles desarraigados pueden ser un refugio ideal para muchas especies de fauna y la vegetación que vaya creciendo a través de la copa tumbada conforma espacios protegidos. Las ramas y piezas de madera más gruesas acumuladas en el margen del río se pueden colocar estratégicamente para proporcionar lugares de nidificación y refugio.

Dentro del curso de agua

- Como norma general, es necesario mantener, en la medida de lo posible, la madera muerta dentro del curso de agua, porque retirarla es claramente perjudicial para el funcionamiento natural del río y sus procesos ecológicos.
- A menudo existe una percepción negativa de esta madera muerta dentro del curso de agua y hay una tendencia a eliminarla. Su eliminación parcial o total sólo debe tenerse en cuenta cuando, por ejemplo, comporte riesgos importantes de inundación, de seguridad o cuando, por ejemplo, pueden obstruir un paso diseñado bajo una carretera para la fauna. La eliminación debe limitarse a una parte restringida del curso de agua y al menos mantenerla en la misma ribera, lejos de la corriente fluvial.
- En algunos casos puede resultar conveniente introducir cantidades adicionales cuando no haya aportación suficiente, pues ayuda a crear discontinuidades físicas, balsas temporales y microambientes diversos para favorecer la biodiversidad. En actuaciones forestales en rodales cercanos a los torrentes o rieras, se puede aprovechar una parte de parte de la madera cortada que no tiene valor comercial para ubicarla dentro del curso de agua. Las piezas deberían tener una longitud de al menos la anchura del canal y un diámetro mínimo de 10 cm y como mucho del 5% de la anchura del canal. Las piezas deben colocarse en el lecho del río garantizando que no se moverán, encajadas en una constricción del canal, reforzado con cantos rodados, o apoyadas en árboles de ribera.
- Hay que evitar aportaciones excesivas de restos vegetales en momentos puntuales procedentes de tratamientos forestales porque pueden provocar un sellado excesivo de las presas formadas de forma natural convirtiéndolas en una barrera al movimiento de los peces.

#### 2.4.4. Especie arbóreas acompañantes

- Se consideran especies acompañantes aquéllas que son minoritarias en el rodal pero que aportan diversidad arbórea al bosque. Son de especial interés aquellas que son

productoras de frutos y/o tienen rasgos funcionales diferentes a la especie o especies dominantes del rodal.

- Las especies típicamente acompañantes son aquellas que nunca o casi nunca llegan a ser dominantes, como lo son: serval común (*Sorbus domestica*), sorbo silvestre (*Sorbus torminalis*), mostajo (*Sorbus aria*), arce menor (*Acer campestre*), cerezo (*Prunus avium*), fresno de hoja estrecha (*Fraxinus angustifolia*), acebo (*Ilex aquifolium*), avellano (*Corylus avellana*), tejo (*Taxus baccata*), entre otros, es decir, en general cualquier especie arbórea autóctona que esté en una frecuencia baja puede considerarse una especie acompañante.
- Estas especies, casi nunca pioneras, a menudo tolerantes a la sombra y de crecimiento lento, van apareciendo en el bosque y en los bosques de ribera (Recuadro 3) incorporándose lentamente en el dosel a medida que va madurando. Son árboles que por sus diferentes características aportan diversidad estructural, funcional y de composición en el bosque.

#### 2.4.5. Regenerado avanzado

- Se considera regenerado avanzado un bosquete formado por varios pies, de semilla o de rebrote, de al menos 2-3 m de altura.
- Que haya un bosquete de regeneración en un bosque cerrado da idea de que existe una cierta complejidad estructural que hay que potenciar para mejorar su heterogeneidad y dar lugar al relevo generacional para dar continuidad temporal al bosque.
- En condiciones naturales, un regenerado avanzado tiene futuro si en un momento dado se acaba abriendo un claro. El claro se puede abrir fruto de la caída de un árbol o más árboles y dependiendo de su tamaño pueden entrar especies más o menos tolerante a la sombra.
- En un bosque cerrado, cuanto más tolerante a la sombra sea una especie más oportunidades tendrá de incorporarse al dosel. Durante este proceso, la heterogeneidad vertical irá aumentando. Dentro de este grupo de especies, las acompañantes tolerantes a la sombra pueden tener un papel muy destacado.

#### 2.4.6. Sotobosque

- El sotobosque, entendido como el formado por especies de porte arbustivo (incluyendo los árboles de porte bajo), en los ecosistemas mediterráneos suele ser muy abundante y diverso y es parte inherente a este tipo de hábitat.
- Por lo general, si el dosel del bosque es cerrado, el sotobosque es menos abundante y formado por especies tolerantes a la sombra. Es sobre todo cuando el bosque está abierto que el sotobosque, formado por especies más heliófilas, puede llegar a estar muy desarrollado hecho que supone un mayor peligro en relación a los incendios forestales.
- A menudo se considera que el sotobosque es una parte de vegetación no deseada y con frecuencia se pretende eliminar. Actualmente, y cada vez más, se reconoce su valor en cuanto a las diferentes funciones complementarias que ofrece: evitar la erosión sobre todo

en espacios abiertos, fuente de biodiversidad, de alimento (flores y frutos) y refugio para la fauna, etc.

- En el caso del bosque de ribera los árboles de porte bajo, especies de sauce (*Salix* sp.) o el avellano (*Corylus avellana*), y los arbustos como el cornejo (*Cornus sanguinea*) o la hiedra (*Hedera helix*), tienen un papel clave en la estabilización de la ribera y la orilla frenando la erosión, especialmente en los torrentes y laderas con fuerte pendiente. Las especies de sauce tienen aparatos radiculares muy desarrollados que les permite fijar las orillas y los sedimentos y reducir la fuerza erosiva del agua.
- En algunos casos las zarzas (*Rubus ulmifolius*, *Rubus caesius*...), que proliferan fácilmente en espacios abiertos en medio del bosque, aunque pueden retrasar o incluso impedir la regeneración de especies arbóreas, pueden ser un elemento indispensable para frenar la erosión de un suelo desnudo, sin olvidar que son productores de flores y frutos carnosos, fuente de alimentación de muchos pájaros y mamíferos forestales.



Cobertura del suelo con zarzas (que han evitado la erosión), un año después de la corta de un rodal de abeto de Douglas, con regeneración natural principalmente de castaño (Foto: J. Grau).

## 3. Buenas prácticas de gestión forestal en bosques del ámbito de ribera del Montseny

### 3.1. Principios de buenas prácticas

Para mejorar el estado de conservación de los hábitats en el ámbito de la ribera del Montseny, de sus especies (dominantes y acompañantes) y de los elementos estructurales y de composición claves para la biodiversidad y los procesos ecológicos, se proponen una serie de prácticas de gestión forestal sostenible basadas en los principios descritos en los siguientes apartados.

#### 3.1.1. Principios generales de buenas prácticas

Se consideran principios generales de buenas prácticas:

- **Desarrollar cualquier actuación que responda** a los objetivos principales de este manual (capítulo 1.4) y en particular, a los objetivos de mantenimiento o mejora del estado de conservación del hábitat y de su madurez (Recuadro 4, 5, 6), y especialmente a los que directamente permiten el mantenimiento de las funciones y procesos ecológicos propios de los bosques naturales y autóctonos.
- **Mejorar sus características de madurez supone una mejora de la capacidad de adaptación al cambio climático.** Cuando se realiza una actuación forestal, sea cual sea el objetivo principal, no se puede dejar de lado la gestión de los bosques para la adaptación al Cambio Climático. A priori, porque se busca una estructura heterogénea y una mayor diversidad de especies arbóreas con rasgos funcionales distintos (Recuadro 1).
- **Definir y describir los objetivos principales y secundarios del plan** antes de llevar a cabo las actuaciones a realizar incluyendo los procesos y funciones que se pretenden mejorar y listar los hábitats y taxones raros y amenazados y/o protegidos que se pretende favorecer. Las actuaciones propuestas en el plan tendrán que justificarse de acuerdo con conocimiento técnico previo (citar los informes técnicos que lo sustentan) y tendrán que estar vinculadas a los objetivos planteados.
- **Considerar la no intervención, dejándolo a dinámica natural, como un tipo de gestión** en rodales con un elevado grado de madurez y en buen estado de conservación (Recuadro 11) o de cualquier bosque si está a menos de 100 m de río o arroyo. La razón principal es que su dinámica es tan rápida que las actuaciones que puedan realizarse tengan efectos poco evidentes y desaparezcan a muy corto plazo, haciendo inútil o muy poco efectiva la intervención. En particular, evitar cualquier actuación que pueda desestabilizar el suelo e incrementar el riesgo de erosión con el consiguiente aporte de sedimentos al río, es decir, apertura de caminos, uso de maquinaria, arrastre de troncos, etc.

- **Plantear la gestión proactiva sólo cuando sea estrictamente necesaria** y cuando sea necesaria para mejorar el estado de conservación del hábitat de ribera o reducir o eliminar una amenaza. Los umbrales a alcanzar y las directrices de gestión que la acompañan variarán en función del grado de madurez del rodal, de la calidad de estación, del grado de amenaza y de la huella humana. Es recomendable que nunca se rebaje la cubierta arbórea por debajo del 70%, con el objetivo de proteger el suelo, conservar la estructura y el microclima forestal.
- **Asegurar un seguimiento técnico sobre la correcta ejecución y evaluación de las actuaciones** planificadas, por ejemplo, haciendo un marcaje pie a pie de los elementos de interés a conservar o los de los pies a cortar o anillar para generar madera muerta. Realizar un seguimiento periódico a pie de obra de la actuación forestal.
- **Realizar actuaciones de baja intensidad pero más continuas en el tiempo** (5-8 años entre actuación y actuación) para mantener una cubierta arbórea continua en el espacio y en el tiempo que permita que las condiciones de luz y humedad en su interior se mantengan lo más inalteradas posibles y evitar la entrada de especies heliófilas. Si la cubierta de vegetación (arbórea y arbustiva) está por debajo del 70% es recomendable no realizar ninguna actuación o, como mucho, actuaciones muy puntuales y consideradas imprescindibles (p.e. eliminación de exóticas). Esta situación sólo puede garantizarse con una gestión que mantenga la heterogeneidad tanto vertical como horizontal favoreciendo la diversidad de tamaños y edades de los árboles. Este proceso no excluye simular pequeñas perturbaciones como generar claros de reducido tamaño permitiendo el relevo generacional.
- **Realizar una gestión adaptativa**, es decir, programar de nuevo actuaciones futuras en base a los resultados obtenidos cuando éstos difieren respecto a los esperados y en base al seguimiento continuo y a largo plazo de las actuaciones realizadas.
- **Implicar en la gestión a todos los agentes en la promoción de las buenas prácticas**, ya sea el personal del parque, asociaciones de propietarios forestales, propietarios privados y empresas del sector (con formación e incorporando sus aportaciones técnicas).
- **Concienciar a propietarios forestales**, exponiendo los beneficios con ejemplos prácticos en fincas públicas, y al público en general, divulgando las actuaciones ejecutadas y sus resultados.

### 3.1.2. Principios específicos de buenas prácticas

Las actuaciones concretas a aplicar en la gestión forestal de acuerdo con los principios generales propuestos son los siguientes:

- **Mantener las condiciones idóneas del hábitat acuático y la estabilidad ante perturbaciones** (sobre todo riadas). La gestión para la mejora y mantenimiento de los bosques de ribera y las buenas prácticas asociadas son esenciales porque son las que afectan

más directamente a las propiedades físicas, químicas y biológicas de los hábitats de agua dulce, por lo que cualquier práctica debe consistir en mantener estas condiciones.

- **Tener una visión global del ecosistema fluvial y del ámbito de actuación, es decir, tener en cuenta especialmente la orilla y el cauce.** También hay que tener presente la ribera, la llanura fluvial y sus efectos sobre el curso del agua que circula por ella y la cuenca entera, sobre todo cuando se trata de las cabeceras de los torrentes. Cualquier actuación estará afectada por lo que pase aguas arriba y afectará aguas abajo. Por tanto, toda intervención deberá tener en cuenta criterios geomorfológicos, hidrológicos, de ecología fluvial y de biología.
- **Mantener y fomentar la conectividad.** Los bosques de ribera, sobre todo en los tramos bajos, están altamente alterados y fragmentados, distribuidos en pequeñas manchas poco o nada conectadas. Restaurar la conexión entre estas manchas aisladas remanentes facilita el movimiento de fauna y flora, sobre todo en zonas donde esta vegetación es la única que puede actuar como corredor conectando espacios naturales alejados.
- **Mantener y fomentar los elementos estructurales clave propios del bosque maduro y de un buen estado de conservación.** La mejora del estado de conservación de un bosque pasa por la realización de actuaciones selvícolas que favorezcan los elementos estructurales propios de los bosques maduros. Una mayor diversidad de tamaños y edades junto con el mantenimiento de los árboles de mayor tamaño y vigor (y de semilla en caso de que sean especies rebrotadoras) es uno de los elementos que puede contribuir a tener una mayor resistencia a los fenómenos climáticos extremos. A menudo la realización de estas actuaciones, que se basan en cortar o anillar pies (práctica que permite que los árboles se mueran en pie), favorece no sólo a un elemento sino a una combinación de éstos. Entre ellos destacan:
  - **Mantener o favorecer árboles de gran tamaño y viejos.** Estos árboles, con el tiempo, se convertirán en árboles de tamaño excepcional si no tienen limitaciones de crecimiento y cuando mueran generarán madera muerta de grandes dimensiones, a la vez que pequeños claros que dejarán pasar luz hacia el sotobosque. Si las condiciones de crecimiento no son tan buenas, el impacto de perturbaciones de baja intensidad hará aumentar la probabilidad de aparición de nuevos dendromicrohábitats que pueden ser escasos e indispensables para las especies de fauna y flora saxícolas forestales de gran valor, raras y amenazadas.
  - **Generar madera muerta de grandes dimensiones en pie y en el suelo** (sin trocear) de diferentes especies (si es posible, combinar madera de coníferas y frondosas), siempre que no sea una especie acompañante, escasa y/o de interés faunístico.
- **Respetar y favorecer la diversidad de árboles, arbustos y lianas autóctonos.** Potenciar la combinación de especies con rasgos funcionales diferentes puede ser determinante para adaptar el bosque a factores de estrés climático (Recuadro 1). Aquellas comunidades que mezclen la mayor diversidad de rasgos funcionales tendrán mayor

capacidad para adaptarse a factores de estrés climático conocidos, es lo que se conoce como diversidad funcional (o de respuesta). Si la comunidad además tiene una mayor redundancia de rasgos tendrá mayor capacidad para adaptarse a factores de estrés aún desconocidos, lo que se conoce como redundancia funcional. Estos rasgos incluyen, entre otros, la altura, la densidad y estructura de la madera, el área específica foliar, la habilidad para rebrotar, el grosor de la corteza y la profundidad de las raíces. Para la fauna vertebrada son especialmente importantes las especies que producen frutos carnosos.

- **Fomentar la regeneración avanzada de especies arbóreas, por rebrote y especialmente por semilla**, para garantizar la continuidad de la masa realizando puntualmente actuaciones de mayor intensidad y en pequeños claros. El claro debería generarse en lugares de poca pendiente y preferentemente donde ya haya un regenerado avanzado (árboles de al menos 2-3 m de altura) para evitar al máximo la erosión del suelo. Evitar la apertura de claros de gran tamaño. Se pueden realizar aperturas de diámetro máximo 1,5 veces la altura dominante para simular la caída de un árbol viejo de gran tamaño, cortando un grupo de árboles.
- **Evitar los desbroces del sotobosque**, a menos que coincida con una franja de prevención de incendios, porque es la protección más cercana al suelo y por tanto la vegetación más efectiva para evitar la erosión del terreno.
- **Mantener y mejorar la naturalidad**. Cuanto menos alterado esté mayor biodiversidad y mejor funcionamiento. Un historial antiguo o reciente de aprovechamientos, pastos, etc., tiene efectos directos en la estructura y funcionamiento del bosque de ribera. La presencia de especies exóticas, sobre todo si son invasoras, alteran el funcionamiento y conducen a una pérdida de la biodiversidad. Recuperar condiciones de naturalidad, eliminando estas especies exóticas o limitando su expansión, debe ser un objetivo prioritario (Recuadro 8 y 9).
- **Evitar el uso de productos fitosanitarios** salvo excepciones puntuales y autorizadas y que tengan algún objetivo específico muy concreto como por ejemplo control y eliminación de especies invasoras.
- **Aplicar medidas de bioseguridad en todos los trabajos vinculados a los medios acuáticos** (torrentes, balsas, humedales, rieras, fuentes, etc.) para evitar la entrada de enfermedades emergentes e infecciosas para el fauna y flora autóctona (Recuadro 10).



*Hábitat de ribera con buen estado de conservación a preservar sin intervenciones antrópicas (foto izquierda: D. Guinart; foto derecha: I. Relanzón).*

### Recuadro 8. Erradicación de frondosas invasoras

Las riberas son un medio especialmente propicio a la presencia de flora exótica arbórea o arbustiva (aunque también herbácea) porque es poco estable y sometido a menudo a perturbaciones continuadas: grandes avenidas que remueven el suelo y arrastran parte de la vegetación aguas abajo, a la vez que aportan sedimentos de otras partes de la cuenca, formando nuevos depósitos muy aptos para la instalación de estas especies. Que puedan llegar a ser dominantes suele producirse cuando existe una elevada frecuencia de perturbaciones. Por tanto, en una ribera fuertemente perturbada, estas especies pueden tener una fuerte presencia y una tendencia invasiva. Son ejemplos claros la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*), la caña (*Arundo donax*) y el ailanto (*Ailanthus altissima*).

Toda especie exótica que tenga un comportamiento invasivo puede convertirse en un grave problema porque puede desplazar a la flora autóctona y desestabilizar la biota. En estos casos es cuando es necesario dedicar esfuerzos de gestión para controlar las poblaciones. Es muy conveniente tomar las medidas necesarias en las fases iniciales de colonización cuando el esfuerzo a realizar es pequeño, técnica y, sobre todo, económicamente viable.

- La eliminación, de árboles de especies exóticas instaladas entre la vegetación de ribera, debería ser uno de los objetivos prioritarios de gestión.
- Una buena parte de las especies arbóreas invasoras tienen una elevada capacidad de rebrote de cepa o raíz (falsa acacia, ailanto) de ahí que su eliminación sea complicada, lenta y a menudo imposible. Por tanto, es muy probable que para eliminarla de manera permanente sea necesario realizar varias actuaciones volviendo a cortar cada uno o dos años todos los rebrotes y conseguir que agote las reservas y se vaya debilitando. De esta forma también se evita que tengan tiempo de producir semilla. Desgraciadamente, no hay conocimiento preciso del número de veces que es necesario intervenir ya que depende de la especie y de las condiciones del entorno.
- Siempre que sea posible la eliminación de la exótica debe asegurar la liberación de la vegetación arbórea de ribera, de forma que pueda ir ocupando lo más rápidamente posible con la copa el espacio aéreo liberado y, aunque más difícil, también el subterráneo. En este sentido, se recomienda actuar sobre todo en aquellas situaciones en las que las especies arbóreas o arbustivas autóctonas puedan generar sombra suficiente como para dificultar una rebrotada vigorosa.
- Si la cantidad de exóticas es muy elevada es necesario intervenir en varias fases. Abrir demasiado el dosel puede tener los efectos contrarios a los pretendidos. También, dependiendo de la tipología de la orilla, puede favorecer la entrada de especies arbóreas no de ribera, lo que no es contraproducente.
- Si son individuos jóvenes recién instalados el mejor método es el mecánico, empezando por arrancar manualmente las plántulas lo antes posible, preferentemente cuando el suelo está húmedo para facilitar la extracción de toda la raíz.
- Arrancar los pies de raíz cuando son adultos no es un método eficaz porque siempre quedan fragmentos de raíz con capacidad de rebrotar.
- Si no es posible arrancarla por procedimientos mecánicos, puede cortarse dejando una cepa alta de 50 -100 cm de altura. Cortar a ras de suelo no da buen resultado porque estimula el rebrote de cepa y raíz.
- No se recomienda actuar con fitocidas para eliminarlas salvo en situaciones donde el grado de invasión comprometa la pervivencia de la vegetación autóctona. En estos casos se recomienda consultar los protocolos y guías oficiales publicadas y otras fuentes bibliográficas para saber el producto más adecuado, cómo aplicarlo y cuál es el momento más adecuado. En todos los casos, deben ser aplicados por personal experimentado y especializado.
- Anillar el árbol es un buen método para proporcionar madera muerta en pie y conseguir una entrada de luz lo más progresiva posible en el medio acuático. El anillado puede ser recomendable cuando hay poco sotobosque y la pendiente es muy pronunciada. Sin embargo, experiencias de anillamiento llevadas a cabo en frondosas invasoras no ha resultado ser un método eficaz para erradicarla, sobre todo para aquellas que tienen capacidad de rebrotar de raíz como la falsa acacia o el ailanto. En estas especies el anillamiento puede hacer que aumente la densidad de rebrotes de raíz haciendo que la situación empeore.
- Más allá de estas buenas prácticas se recomienda consultar guías publicadas, algunas de las cuales pueden descargarse de internet para conocer cuál podría ser la mejor técnica a utilizar en cada situación. Se ha realizado una elección que se puede encontrar en el apartado de referencias.

#### Recuadro 9. Sustitución de las plantaciones de especies exóticas

Históricamente, en el Montseny se han llevado a cabo plantaciones de chopos (*Populus x canadensis*, híbrido de *nigra* y *deltoides*), plátanos (*Platanus hybrida*) y de coníferas exóticas (*Pinus radiata*, *Pseudotsuga menziesii*, *Cedrus* spp...) con finalidades comerciales. En algunos casos están plantados hasta la misma orilla de los tramos altos y medios de los cursos de agua. En los tramos altos y medios de estas cuencas hay manchas extensas de plantaciones de coníferas mientras en las partes bajas y ocupando las llanuras fluviales a menudo están ocupadas por plantaciones de chopos o plátanos. En algunos tramos del curso de agua llegan hasta prácticamente el cauce y sustituyen o al menos compiten fuertemente con la vegetación autóctona de ribera. El fuerte sombreado que algunas de estas especies, sobre todo de coníferas como el abeto de Douglas, producen junto a la gran cantidad de agua y nutrientes que consumen, reducen la biodiversidad y la productividad de los cursos de agua alterando toda su red trófica. Adicionalmente, la presencia a proximidad de los cursos de agua de estas coníferas también puede provocar un incremento de la acidificación de las aguas. Las hojas de los plátanos también pueden ser muy perjudiciales cuando se acumulan en el fondo de balsas porque generan procesos de anoxia que pueden ser muy perjudiciales para peces y anfibios como el tritón del Montseny.

Por tanto, aunque no se considera que ninguna de estas especies tenga carácter invasor, una buena práctica es sustituirlas por vegetación autóctona. No es el caso del chopo (*Populus nigra*), que es una especie autóctona típicamente de ribera que debería mantenerse cuando se trata de algunos pies mezclados con otras especies autóctonas.

Por tanto:

- A corto plazo, eliminar a cualquier individuo de estas especies de al menos una distancia del curso de agua equivalente al doble de su altura. A medio plazo, las plantaciones de coníferas deben irse eliminando, como mínimo, de los 100 m más cercanos al curso de agua; a largo plazo, deberían ir sustituyéndose en todas partes.
- En el caso de los plátanos sólo deben mantenerse siempre que estén ocupando estrictamente la llanura fluvial.
- La corta a hecho de una plantación sin sotobosque no es recomendable en ningún caso por muchos motivos, de ahí que deba realizarse en diferentes fases. Por un lado, por el fuerte riesgo de erosión inmediato, sobre todo cuando no existe ningún sotobosque desarrollado, lo cual es bastante común. Por otro, por la fuerte entrada de luz que alteraría claramente las condiciones de la ribera con la proliferación de zarzas, ortigas o especies exóticas dificultando la transición hacia un bosque de ribera autóctono. Y, por último, porque la fuerte insolación altera también la temperatura del agua y las condiciones de la flora y fauna que vive allí. Esto puede ser especialmente negativo en condiciones extremas de sequía típicas de los meses de verano.
- Para evitar estos efectos es necesario realizar diferentes aclareos planificados e ir generando una apertura parcial del dosel para dejar que la vegetación autóctona pueda ir recuperando el espacio. Una opción, no excluyente, es anillar a algunos de los árboles para conseguir una muerte más lenta y una entrada de luz aún más gradual. Si la plantación afecta a las dos orillas o a un tramo largo del curso de agua también es conveniente plantear ejecuciones en diferentes fases que ahora afecten a una orilla y después la otra o bien que primero se lleven a la parte alta y después a la baja.
- La proliferación de especies oportunistas como la zarza no es negativo porque a corto plazo evita la erosión mientras las demás especies se van incorporando. Si hay un exceso que impide la regeneración se pueden realizar desbrozadas selectivas, que se pueden ir repitiendo. Posteriormente, el sombreado que generarán a medida que van creciendo irá reduciendo su presencia.
- Si el bosque de ribera ha sobrevivido el tiempo que se ha mantenido la plantación, es probable que se recupere de forma natural. Si en la zona de actuación todavía existe un bosque de ribera remanente, proporcionará una fuente de semillas que puede permitir una rápida regeneración natural. Sin embargo, si no hay suficientes semillas autóctonas y la regeneración natural no se produce, puede ser necesario plantarlas. En este caso, es importante utilizar especies autóctonas de origen local. Muchas especies de ribera, como sauces, alisos, etc. se reproducen bien por estaca. Sin embargo, es probable que sea necesario realizar actuaciones adicionales para evitar la proliferación de especies no deseadas y proteger y mejorar las condiciones de crecimiento de las deseadas.

*Recuadro 10. Normas de bioseguridad en el ámbito de las actuaciones realizadas en el PN-RB Montseny*

Dada la detección de enfermedades infecciosas, en el ámbito de la Red de Parques, que afectan mortalmente a las poblaciones de anfibios autóctonos de Cataluña, es imprescindible que todas las actividades vinculadas al medio acuático (de ocio, deportivas, de explotación de recursos naturales, de mantenimiento de infraestructuras, u otros) sigan el [protocolo de desinfección](#), definido por técnicos de la administración catalana con expertos vinculados al LIFE Tritó Montseny; medidas establecidas por la Dirección General de Políticas Ambientales y Medio Natural de la Generalitat de Cataluña.

Aplicando medidas de bioseguridad evitaremos la expansión de estas enfermedades y protegeremos a las poblaciones de anfibios autóctonas, teniendo presente que algunas de ellas ya se encuentran en grave peligro de extinción, como es el caso del tritón del Montseny.

Como resumen del protocolo de medidas de bioseguridad, se establece que es obligatorio:

1. **Limpiar** todo el material de materia orgánica, barro y restos de plantas (herramientas, equipamiento personal, ruedas de vehículos, cadenas de maquinaria, etc.) antes de llegar a la zona de intervención.
2. **Enjuagar** todo el material con agua limpia procedente de la red pública (agua clorada) antes de llegar a la zona de intervención.
3. **Desinfectar** todo el material que tendrá contacto con el agua (herramientas, equipamiento personal, ruedas de vehículos, cadenas de maquinaria, salabres, cañas de pesca...). La desinfección debe realizarse lejos del río y en un lugar sin vegetación, rociando el material con productos desinfectantes (Virkon® S o Etanol al 70%, durante 1 minuto). La desinfección con este producto se aconseja realizarla con un pulverizador, con una concentración recomendada de 5 g para cada litro de agua (0,5%).
4. Para preparar la disolución del Virkon® S -normalmente suministrado en formato polvo o pastillas- deben usarse guantes de nitrilo y mascarilla, ya que este producto en estado sólido es irritante de las vías respiratorias. Una vez diluido el producto con el agua ya no lo es, pero es necesario protegerse la piel con guantes. El Virkon® S diluido se biodegrada pasados 10 días.
5. Después de la jornada de trabajo o de la actividad lúdica, se volverá a desinfectar todo el material y se recomienda dejarlo secar al sol. Se volverá a realizar la limpieza cada vez que se llegue a un nuevo lugar.
6. **Transportar** el material individualizado en bolsas de plástico cerradas.
7. **No manipular** la fauna acuática que pueda encontrarse. En caso de que sea imprescindible retirar algún animal hallado, habrá que cogerlo con guantes de nitrilo sin polvo y de un solo uso.
8. El calzado aconsejado para trabajar en los ambientes acuáticos son las botas de goma de caña alta (llamadas también vadeadores), ya que éstas ofrecen una superficie lisa y evitan que los pantalones se mojen; de la misma forma facilita una desinfección eficiente de toda la superficie de la bota.



*Desinfección de material personal y herramientas antes de trabajos científicos e intervenciones dentro de torrentes (foto: D. Guinart).*

### 3.2. Buenas prácticas de gestión forestal

Con carácter general, son buenas prácticas de gestión forestal en los bosques del ámbito de la ribera:

- **No realizar actuaciones silvícolas**, o que sean muy moderadas en casos necesarios, en el ámbito del curso fluvial del río (a menos de 25 m), especialmente cerca de torrentes y arroyos intermitentes, y en las laderas de más pendiente (> 100%). Las torrenteras y arroyos son, por sus características, bastante inaccesibles y, por tanto, lugares favorables como áreas de refugio. Sin embargo, dado que la calidad de estación aumenta cuanto más en el fondo de valle se esté, también la respuesta será más rápida después de una actuación. Además, en estas condiciones, también es más fácil encontrar árboles de grandes dimensiones, especies propias de ribera como fresnos y alisos, frondosas más exigentes como cerezos y servales, por lo que puede ser una buena oportunidad para liberarlas de competencia.
- **Alargar el turno de tala hasta el límite de su longevidad** para mantener una la proporción de árboles de gran tamaño y viejos cuando la gestión que se propone es su compatibilidad con el aprovechamiento sostenible.
- **Abrir pequeños claros en bosques muy cerrados, cortando todos los rebrotes de cepa o seleccionando rebrotes** para dar oportunidades de entrada de nuevos individuos favoreciendo la irregularidad y asegurando su persistencia a largo plazo. Hay que tener cuidado en garantizar que los rebrotes de cepa no ahoguen la regeneración por semilla.
- **Hacer resalveo para diversificar la estructura de tamaños y edades y para mejorar la entrada de luz** en los estratos inferiores si el bosque de riera es muy homogéneo y todos los rebrotes son de igual tamaño y edad. Es una buena opción alternar entre los diferentes métodos, pie a pie o por bosquetes, eligiendo entre resalveo, dejando un único pie, dejando dos resalvos o cortándolos todos.
- **Seleccionar pies que permitan la liberación de otras especies acompañantes, más escasas, cuando se realizan actuaciones de corta o anillamiento.** Es especialmente relevante en el

caso de latizales de castaño, que normalmente son formaciones muy densas, y en hayedos y encinares que tienden a ser muy monoespecíficos.

- **Eliminar mecánicamente (cortando o anillando) especies invasoras**, especialmente en bosques de ribera. Si son muy abundantes y forman grupos de varios individuos es necesario programar su eliminación en diferentes etapas (Recuadro 8).
- **Eliminar progresivamente las plantaciones de especies forestales exóticas** o fuera de su área de distribución natural (Recuadro 9).



*Eliminación de rodal de acacia con productos químicos inyectados (foto: Aprèn).*



*Corta a hecho de una plantación de abeto de Douglas dentro del espacio fluvial de un torrente (foto: I. Relanzón).*



*Abeto de Douglas cortado, que se encontraba dentro del cauce del torrente (foto: T. Álvarez).*

### 3.2.1. Buenas prácticas específicas en bosques de ribera

Son buenas prácticas específicas de gestión forestal en los bosques de ribera:

- **Eliminar las causas de degradación del hábitat antes de hacer frente propiamente a la gestión** del bosque de ribera. Si existe un riesgo de desestabilización del ecosistema es necesario que la intervención la priorice. Son ejemplos, recuperar caudales ecológicos, eliminar obras hidráulicas, captaciones de agua aguas arriba, contaminación por purines...
- **Realizar intervenciones puntuales y quirúrgicas que pueden consistir en cortar o anillar de manera puntual algunos árboles.** Éstas serán suficientes si la ribera mantiene una base de flora autóctona y las especies exóticas invasoras no son abundantes. Se considera que si existe al menos un 15% de cubierta de vegetación autóctona leñosa de ribera ya es suficiente para asegurar una estabilidad temporal, a medio plazo, del ecosistema. Se considera suficiente si no existen factores de cambio externos que puedan alterar su funcionamiento (p.e. presencia de vegetación invasora, contaminación de las aguas, captación de agua...). Estas intervenciones se pueden ir repitiendo cada 10-15 años o menos si rebrotan con mucho vigor para evitar su estancamiento y para mantener las condiciones de luz y sombra más idóneas en cada caso.
- **Mantener y proteger la vegetación de los márgenes de los cursos de agua y redes de drenaje naturales** procurando su expansión en los márgenes donde todavía no existe vegetación de ribera establecida pero que, por las condiciones geomorfológicas y de humedad, se puedan establecer.
- **Evitar al máximo que se acumule temporalmente una cantidad elevada de restos de copa** (hojas, ramas) en el curso de agua cuando se realizan actuaciones en la orilla, ya que pueden causar problemas allí mismo y aguas abajo. Esto es especialmente importante cuando la especie no es típica de ribera y todavía más si se trata de acículas de una conífera exótica o de hojas de plátano que tienen tasas de descomposición lentas de forma que si se acumulan en cantidades excesivas producen efectos como anoxia o bajada del pH, reduciendo la

productividad del ecosistema acuático, la riqueza de invertebrados y, en definitiva, la alteración de toda la red trófica. Al contrario, si los restos de hojarasca de especies típicas de ribera que se estabilizan en un curso de agua permiten mejorarlo, aportando nutrientes, ayudando a la creación de charcos y zonas de refugio para anfibios y peces.

- **Mantener la sombra en verano sobre las balsas y pozas dentro de los cursos fluviales** cuando las temperaturas son altas y los caudales de agua son bajos. En este caso, mantener árboles altos y una estructura heterogénea en la orilla sur del curso de agua es idóneo para conseguir ese efecto.
- **Evitar todos los procesos erosivos y de aporte de sedimentos al curso fluvial, los movimientos de maquinaria y los métodos de extracción de troncos y acumulación de madera.** En todos los casos, estos procesos deben ser lo menos perjudiciales posibles para el suelo, la fauna edáfica y la biodiversidad asociada, que es bastante elevada y de muy alto interés.
- **Crear pasos elevados** (con planchas temporales, con piezas de madera elevadas o puentes permanentes en bóveda), que siempre respeten el lecho natural del curso fluvial, cuando se requiera atravesar un curso fluvial en trabajos de desembosque, de mantenimiento o de explotación de una finca forestal.
- **Promover la dinámica natural para conseguir un bosque maduro y en buen estado de conservación,** asegurando una gestión pasiva (que sería la no intervención) o realizando una gestión activa para generar madera muerta, promoviendo grandes diámetros y favorecer una mayor diversidad estructural y biológica.

### Recuadro 11. Buenas prácticas de gestión de la madera muerta

**No intervención (dinámica natural, dinámica libre o gestión pasiva):** esta gestión implica dejar que la naturaleza siga su curso conformando las estructuras propias de bosque natural. Si bien la dinámica libre implica que no existe intervención humana, esto no significa "no hacer nada"; decidir dejar de actuar en un rodal es una decisión argumentada y por lo tanto es un tipo de gestión.

- No intervenir cuando existen árboles muertos en pie, o árboles enteros o troncos tumbados en el suelo, a excepción de que estén cerca de caminos o senderos y puedan suponer un peligro para las personas.
- Después de episodios catastróficos naturales que causen una elevada mortalidad (vendavales, incendios, plagas, riadas...), es necesario dejar a los árboles muertos (en pie o tumbados) en el medio natural, una vez retirados los ejemplares que puedan causar accidentes o estropear patrimonio humano o natural o colapsar las rieras.

**Gestión activa - Anillamiento:** el objetivo de anillar árboles es para que mueran y se mantengan en pie el máximo tiempo posible y facilitar su uso por las especies saproxílicas. También tiene la finalidad de emular la sucesión natural de las masas forestales, de modo que determinados árboles se mueran y se mantengan en pie el máximo tiempo posible, para facilitar su ocupación por especies descomponedoras (como hongos saproxílicos), como refugio y alimento para invertebrados y vertebrados.

- El efecto del anillamiento no es inmediato, pueden pasar varios años antes de que muera.
- El anillamiento se realizará a no menos de 50 cm del suelo, y si es posible a mayor altura siempre permita una posición cómoda de trabajo para el operario. Es recomendable realizar los anillamientos a más de 1 m, para que si se rompe por la zona de anillamiento quede una estaca en pie que siga teniendo interés para la fauna saproxílica.
- Para coníferas, un anillado superficial puede ser suficiente pero debe asegurarse que se elimine completamente la corteza y el cambium pero a su vez eliminar el mínimo espesor posible de xilema para evitar que se rompa prematuramente. Para las frondosas un anillado más profundo tiene más garantías de éxito.
- Los árboles a anillar deben quedar protegidos por los árboles vecinos para que se puedan mantener en pie el máximo tiempo posible.
- Según la especie y diámetro normal (DN) se recomiendan diferentes tipos de anillamiento:
  - Anillamiento de 10 cm de ancho es suficiente para coníferas.
  - Anillamiento de 30 cm de ancho para frondosas para evitar que pueda volver a conectar fácilmente. Se puede practicar una incisión anular algo más profunda (algún centímetro de profundidad) para garantizar que no reconecte.
- Reanillamiento. Dada la facilidad con la que algunas especies de frondosas pueden recuperar la conexión, se recomienda volver a reanillar al cabo de uno o dos años si se observan nuevos canales de conexión.

**Gestión activa - Tala:** el objetivo de cortar árboles de gran tamaño para abandonarlos en el bosque es generar madera muerta de diferentes diámetros y en condiciones diversas de humedad y por tanto de descomposición, para incrementar la biodiversidad de descomponedores y favorecer la red trófica y el equilibrio de los procesos ecológicos en el bosque.

- En el caso de una conífera (autóctona o no) la corta debe realizarse a una altura superior a 50 cm y si es posible superior a 1 metro dejando una cepa alta para generar una cantidad extra de madera muerta en pie. En el caso de una frondosa con elevada capacidad de rebrote (encina, alcornoque, fresno, castaño...) se recomienda cortarla a ras de suelo. Para el resto de frondosas (haya, roble...) es conveniente dejar una cepa alta de al menos 50 cm.
- En algunos pies se puede hacer un corte oblicuo o hacer incisiones verticales en medio de la cepa para aumentar la velocidad de descomposición.
- En principio, si no interfieren en caminos o senderos, los árboles cortados se dejarán enteros, ni se trocearán ni se desramarán, para simular una caída natural del árbol. Esto permitirá distintas tasas de descomposición de la madera, ya que dependerá del grosor del tronco y de si está en contacto con el suelo o suspendido en el aire.
- Si un árbol queda apoyado sobre otro se quedará tal y como está.
- Si se quiere forzar aún más distintos ritmos de descomposición se pueden trocear algunas piezas para conseguir mayor diversidad de condiciones para la descomposición.
- No se anillarán árboles cerca de los caminos, pistas o senderos, sino que se cortarán. De esta forma se controla la caída y si es necesario se retirarán los restos que puedan haber caído sobre el camino.
- También será necesario cortar los árboles competidores cuando se trata de liberar a alguna especie acompañante, para acelerar el proceso de reducción de competencia y evitar una caída descontrolada del árbol anillado.
- Es recomendable que todos los árboles cortados sin interés comercial permanezcan en el rodal.



*Haya anillada para generar madera muerta en pie y posteriormente tumbada por acción del viento (foto: D. Guinart).*



*Apertura de un claro dentro de un hayedo, generando cepas altas y madera muerta, en el suelo y en pie, para promover la regeneración y la biodiversidad (foto: D. Guinart).*

### 3.2.2. Buenas prácticas en otros bosques del ámbito de ribera

Son buenas prácticas de gestión forestal en hábitats del ámbito de la ribera dominado por otras especies, las prácticas específicas en bosques de ribera (3.2.1) pero, en concreto, para cada tipo de hábitat, son las siguientes:

#### Encinares

- **Convertir progresivamente el monte bajo (de rebrote) a monte alto (de semilla) y convertirlo en un bosque mixto e irregular** favoreciendo cualquier otra especie tolerante a la sombra y haciendo la selección de los pies de rebrotes a cortar de forma heterogénea en el espacio para favorecer la regeneración por semilla. Los pies seleccionados para cortar o anillar deben permitir aumentar la diversidad de estratos verticales y horizontales del bosque, estimulando en algunos lugares el crecimiento de los árboles más grandes y abriendo más fuertemente el dosel arbóreo en bosquetes donde ya haya un regenerado avanzado.
- **Realizar cortas de selección moderadas (entre 15-30% del área basal) y no bajar por debajo del 70%** de cobertura arbórea que pueda causar el efecto contrario al deseado, cambiando las condiciones microclimáticas, favoreciendo un fuerte rebrote de encina y de un sotobosque heliófilo con especies como el brezo blanco (*Erica arborea*) o los jarales. Una actuación moderada también protegerá de la erosión del suelo. Con un corta de selección moderada (hasta el 30% del área basal), la competencia de los pies reservados sobre los nuevos rebrotes es intensa y esto favorece una mayor diferenciación de pies por tamaños. Con un corta de selección muy moderada (15-20% del área basal) la competencia sobre los nuevos rebrotes es aún más intensa y puede llegar a debilitarla de forma que puede acabar teniendo un carácter de corta de mejora. Idealmente deberían distribuirse las cortas moderadas y las muy moderadas en manchas dentro del rodal.

#### Castañares

- **Convertir progresivamente el latizal regular de estructura homogénea a un bosque irregular por bosquetes con estructura heterogénea sustituyendo al castaño por otras especies más adaptadas al cambio climático.** Las actuaciones deben buscar una reducción significativa de la presencia de castaño mejorando las condiciones de crecimiento de otras especies de frondosas presentes en pies individuales o en pequeñas manchas de regeneración. La sustitución debe ser gradual para evitar la erosión y nuevos rebrotes del castaño. A la larga se busca un cambio de dominancia debido a la reducción del castaño, pero, en la transición, intentando mantener una cierta presencia de los mejores ejemplares evitando un nuevo rebrote de cepa. La coexistencia de árboles de diferentes especies y de diferentes estadios de desarrollo se logra con una distribución de pies por bosquetes sin un patrón espacial. Los rebrotes de castaño seleccionados para cortar o anillar deben permitir aumentar la diversidad de estratos verticales y horizontales del bosque, definiendo aperturas para la instalación de pequeños bosquetes de encina o

ejemplares de roble, haya o fresno o cualquier otra especie acompañando como cerezo, serbales o tejos.

- **Realizar actuaciones entre moderadas y muy moderadas dejando una cobertura arbórea superior al 70%** sobre todo teniendo en cuenta que normalmente el sotobosque es prácticamente inexistente y que las pendientes son elevadas. Una actuación excesiva podría generar una fuerte erosión del suelo. Con el tiempo, a medida que mejora la heterogeneidad vertical, en buena medida debido a la presencia de otras especies de porte más bajo como la encina, el suelo queda más protegido de la erosión.
- **Mantener y promocionar los pies de rebrote más altos y dominantes** (alrededor de 50 pies/ha) intentando combinar los más vigorosos, con otros no tan dominantes y que muestran signos de declive (p.e. parte de la copa muerta) pero que a medio plazo puedan mantenerse vivos de manera que puedan ir generando microhábitats. Las grandes cepas viejas de castaño que irán muriendo permitirán sostener durante cierto tiempo a una comunidad rica de especies saproxílicas (Recuadro 5, 11, 12).



*Castano centenario con grandes diversidad y abundancia de microhábitats (foto: D. Guinart).*

*Recuadro 12. Buenas prácticas de gestión de castaños de tamaño excepcional*

Un único castaño centenario de tamaño excepcional puede ser una magnífica pasarela (un tipo de conector que en inglés se conoce como *steeping stone*) si está aislado, o puede ser una magnífica fuente y mantenimiento de poblaciones de saproxílicos si se consigue estabilizar y alargar al máximo su vida. Incluso, las viejas cepas de los latizales que han sido gestionadas desde siempre como bosque regular con corta a hecho, rebrote y resalveo y ahora abandonada, pueden ser refugio y fuente de especies saproxílicas.

- Localizar geográficamente y con precisión todos estos castaños vivos excepcionales.
- La gestión es siempre a nivel de árbol individual, tanto si se trata de un único árbol aislado en medio de un bosque como si es un conjunto de árboles excepcionales de fruto en un mismo rodal. Los pies excepcionales, aislados o no, deben liberarse cuando la competencia de los vecinos pueda poner en peligro su supervivencia. Antes de actuar sobre un árbol concreto es necesario observar su vitalidad como respuesta a podas pretéritas o a otras situaciones como heridas, roturas de ramas, etc. Un castaño que está respondiendo rebrotando con fuerza es un árbol con elevada capacidad de respuesta y no es necesario liberarlo.
- En el caso de encontrar un castañar de fruto, muy probablemente estará abandonada y con mayor o menor medida reocupada por un regenerado más o menos desarrollado de otras especies. En estas condiciones, se aconseja liberar al menos una parte de los castaños excepcionales, entre 10 y 20 pies/ha. Estos ejemplares, debido a su origen, suelen ser árboles de copa ancha y bajos, por lo que fácilmente los vecinos los superan en altura haciéndoles sombra.
- La cantidad de luz que llega al árbol excepcional es importante. Dado que el castaño es bastante tolerante a la sombra, la estructura de la vegetación circundante no debe dar sombras excesivas ni conducir a una luz excesiva que podría provocar una demanda evaporativa que podría llegar a una desecación extrema al no poder ser satisfecha por un sistema radicular suficientemente desarrollado en las nuevas condiciones. Si las condiciones en las que estaba creciendo eran de mucha sombra no se puede liberar de repente y lo más conveniente es darle luz gradualmente anillando sólo uno de los árboles cercanos. Una exposición excesiva puede perjudicar a los organismos que viven encima: epífitas, invertebrados y hongos. La apertura puede ser aún más perjudicial si los árboles que lo rodeaban eran vecinos de altura igual o superior y de copa muy densa.
- Para conseguir que la liberación sea progresiva, puede hacerse en varias etapas (p.e. hacer una liberación cada 5 años) y hacerla de fuera hacia adentro. También puede resultar muy conveniente realizar anillamientos de los árboles vecinos, sobre todo de los que están situados al sur del árbol a liberar.

### Hayedos

- **Convertir en varias intervenciones, el monte regular o semiregular, de estructura homogénea, a un monte irregular por bosquetes con estructura heterogénea.** Una distribución en el espacio de pequeños rodales con árboles viejos de copa más abierta favorece la entrada de luz que puede ser aprovechada por las especies acompañantes, tolerantes a la sombra, y que suelen aparecer en los estadios más avanzados de madurez.
- **Hacer claras selectivas con selección de los árboles grandes y vitales a la hora de mantener y fomentar sin excepción todas las demás especies arbóreas presentes,** con la excepción del castaño, para conseguir una estructura irregular por bosquetes y cada vez más madura. La coexistencia de árboles de diferentes estadios de desarrollo se consigue con una distribución de pies por manchas sin un patrón espacial. Los pies seleccionados para cortar o anillar deben permitir aumentar la diversidad de estratos verticales y horizontales del bosque, definiendo aberturas para la instalación de un nuevo regenerado, o mejor aún, para liberar un pequeño bosquete de regenerado viable a la espera.
- **Incrementar la densidad de árboles de gran tamaño,** si el hayedo ya tiene una estructura irregular, mientras que en los hayedos regulares lo que interesa es una buena distribución en bosquetes de pies maduros alternados con zonas de estadios jóvenes de regeneración.
- **Convertir el hayedo en un monte mixto** liberando espacio para favorecer a otras especies como el roble, el abeto o la encina. La mezcla de haya con estas otras especies es beneficiosa porque lo protege de las heladas tardías en cotas altas y porque mejora su crecimiento por el efecto facilitador (complementariedad) de las otras especies. En combinación con el abeto es conveniente favorecerlo especialmente porque el haya es mejor competidor que el abeto. No es el caso del castaño que en los hayedos es perjudicial porque compite fuertemente por el agua y, en el contexto del cambio climático, la situación puede empeorar.
- **Realizar actuaciones entre moderadas y muy moderadas (entre 15-30% del área basal) dejando una cobertura arbórea superior al 70%** sobre todo teniendo en cuenta que normalmente el sotobosque es prácticamente inexistente y que las pendientes suelen ser elevadas. Con el tiempo, a medida que mejora la heterogeneidad vertical, en parte por la presencia de especies arbóreas acompañantes, el suelo queda más protegido de la erosión.

### Alcornocales

- **Convertir progresivamente el alcornocal más o menos dominante en bosque mixto irregular por bosquetes con estructura heterogénea.** Muy a largo plazo esto supone la sustitución de los alcornocales que no puede competir con ninguna otra especie. Dada la gran diversidad de temperamentos de las posibles especies acompañantes, se recomienda realizar unas claras selectivas por bosquetes; fomentar la madurez manteniendo los alcornocales vivos de gran tamaño, viejos y senescentes porque son fuente con una gran diversidad de microhábitats.

- **Fomentar la diversidad estructural asegurando la presencia de diferentes clases de edad y estratos** de vegetación aprovechando la diversidad de especies presentes. Los pies seleccionados para cortar o anillar deben permitir aumentar la diversidad de estratos verticales y horizontales del bosque, estimulando en algunos lugares el crecimiento de los árboles más grandes y abriendo más fuertemente el dosel arbóreo en pequeños claros donde ya haya un regenerado avanzado o especies acompañantes que quieran favorecerse.
- **Favorecer la diversidad de especies arbóreas** mejorando las condiciones de crecimiento del resto de especies autóctonas ya presentes como la encina, el roble, el haya y otras frondosas productoras de fruto como el madroño y el cerezo. La única excepción es el castaño, que se recomienda ir eliminándolo.
- **Realizar actuaciones entre moderadas y muy moderadas** (entre 15-20% del área basal) dejando una cobertura arbórea superior al 80% que puedan fomentar el desarrollo excesivo de un sotobosque heliófilo con especies como el brezo blanco o las jaras ya de por sí difíciles de controlar dado que la copa del alcornoque es muy abierta. Además, mantener un sotobosque diverso con arbustos productores de flores o frutos tiene beneficios directos para la diversidad siempre que no suponga un riesgo excesivo de incendios.

### 3.3. Buenas prácticas para mejorar la conservación de los elementos clave

En el apartado 2.4 “Elementos estructurales característicos de bosques bien conservados” del manual, se describen cuáles son los elementos clave y por qué son importantes desde el punto de vista del estado de conservación del hábitat. En este apartado, se describen algunas buenas prácticas para mejorar los árboles vivos de tamaño excepcional, los de gran tamaño con microhábitats, la madera muerta de grandes dimensiones en pie o en el suelo, las especies arbóreas acompañantes, el regenerado y el sotobosque. Antes, se concreta por tipos de hábitat, los valores de los umbrales estructurales (diámetro, número y volumen por ha.) mínimos de cada elemento clave, para alcanzar un buen estado de conservación (Tabla 1).

Tabla 1. Umbrales para los indicadores dendrométricos y dasométricos relacionados con los elementos estructurales clave de los hábitats del ámbito de ribera del Montseny.

Elemento estructural clave	Indicador	Encinar	Castañar	Hayedo	Alcornocal	Aliseda, Sauceda, Olmeda	Alameda	Robledal	Pinar
Árboles vivos de tamaño excepcional	Diámetro normal mínimo (cm)	35	50	60	45	45	70	40	50
	Número mínimo/ha	20	20	20	20	20	20	20	20
Árboles vivos de gran tamaño con microhábitats	Diámetro normal mínimo (cm)	20	40	50	35	25	30	25	25
	Número mínimo/ha	50	50	50	50	50	50	50	50
Árboles muertos (en pie o en el suelo)	Diámetro normal mínimo (cm)	20	30	30	30	30	30	25	30
	Número mínimo en el suelo/ha	30	25	10	25	20	10	10	10
	Número mínimo en pie/ha	30	25	10	25	20	10	10	10
	Volumen mínimo de madera muerta (m <sup>3</sup> /ha)	10	20	20	10	20	20	15	20

### 3.3.1. Árboles vivos de tamaño excepcional

- **Respetar y no cortar árboles excepcionales**, independientemente del objetivo de gestión forestal del rodal. Todos los pies vivos de tamaño excepcional (véanse los umbrales por hábitat en la Tabla 1) deben mantenerse, favoreciendo en su caso, independientemente de su vigor. La liberación se puede realizar cortando o anillando 1 o 2 árboles vecinos (preferentemente codominantes). El número de pies sobre los que se actuará dependerá de su tamaño y de la distancia al árbol a liberar, puesto que se trata de conseguir una liberación efectiva que permita una fuerte respuesta en cuanto a crecimiento y vigor. En ningún caso se considera la opción de cortar árboles dominados o suprimidos porque su efecto sobre el árbol a liberar será nulo o casi nulo.
- **Respetar parte de los árboles que llegarían a ser de tamaño excepcional en la próxima década** (ver Tabla 1) para los umbrales correspondientes según la especie, considerando diámetros entre 5 y 10 cm menores a los indicados en la tabla.
- **Distribuir de forma lo más homogénea posible por el rodal los pies excepcionales liberados**, para conseguir una mejor disposición de los nichos ecológicos y de los recursos forestales que ofrecen. Asimismo, también se pueden aprovechar concentraciones naturales de pies, especialmente si se encuentran en los lugares más inaccesibles de los fondos de valle y torrenteras.
- **Mantener estos árboles vivos el mayor tiempo posible** por la excepcional cantidad y diversidad de microhábitats que abastecen (cavidades, hendiduras, partes de la copa muerta con ramas, rebrotes de cepas viejas...) para la fauna y flora saproxílica de la que dependen. La gestión de castaños excepcionales es particular y merece unas prácticas más precisas (Recuadro 12).
- **Cuidar las particularidades de la gestión de los árboles excepcionales en hábitats de ribera** debido a la dinámica forestal más rápida comparada con el resto de hábitats forestales (Recuadro 13).

*Recuadro 13. Buenas prácticas de gestión de árboles de ribera de tamaño excepcional*

- Los árboles vivos de ribera (alisos, fresnos, etc.) de grandes dimensiones tienen un valor por sí mismos y deben identificarse e intentar gestionarlos adecuadamente para mantenerlos vivos y físicamente estables el mayor tiempo posible. Si es necesario liberarlos de competencia preferentemente se hará eliminando 1 o 2 árboles vecinos que no sean de ribera (encina, haya). Si la morfología de la ribera es cerrada y de fondo de valle, la eliminación estratégica de un único pie vecino de la vertiente adecuada puede liberar mucha competencia por la luz.
- En la selección del árbol vecino a eliminar es necesario observar la geomorfología de la orilla donde se asienta el árbol para que al eliminarlo no lo desestabilice provocando la movilización de sedimentos dentro del cauce alterando, aunque sea temporalmente, el funcionamiento hidrogeomorfológico del sistema fluvial. Esto es especialmente importante en los torrentes situados en las cabeceras, donde la complejidad de la orografía hace que pueda ser más inestable porque los procesos erosivos son más agresivos.
- Anillar al competidor en vez de cortarlo (sobre todo si es una conífera exótica) puede ser una buena opción cuando lo que se pretende es una liberación y una entrada de luz más progresiva. Si se actúa sobre más de un vecino, se pueden combinar las dos opciones: cortar y anillar.
- Si son pies de rebrote, típicamente alisos, se puede hacer resalveo eliminando todos los rebrotes más pequeños y dejando el resalvo más alto y vigoroso.



*Imágenes de un encinar que se debe dejar a dinámica natural y practicar la gestión pasiva (fotos: D. Guinart).*

### 3.3.2. Árboles vivos de gran tamaño con microhábitats

- **Mantener todos los árboles vivos con microhábitats** (Recuadro 5) para los que superan el umbral de tamaño establecido (véase Tabla 1) debe ser la práctica habitual. De los árboles con microhábitats a liberar hay que seleccionar los que permitan mantener la máxima diversidad posible de microhábitats, especialmente los más escasos (árboles con nidos de pícidos, árboles con el tronco vacío, árboles con una herida larga y profunda hasta el suelo...). Otros microhábitats que se pueden encontrar en árboles suficientemente viejos o grandes son: árboles bifurcados adecuados para madrigueras de fauna, con ramajes adecuados para nidos de rapaces, árboles con malformaciones, árboles tortuosos, árboles con epífitas (plantas, líquenes, hongos), etc.
- **Bajar el umbral del diámetro a tamaños más pequeños si los árboles vivos portadores de microhábitats son escasos.** También se pueden seleccionar y liberar algunos árboles que puedan llegar a desarrollar microhábitats a corto plazo, por ejemplo, árboles con ramas gruesas y copas grandes y desequilibradas que puedan romperse parcial y fácilmente.
- **Mantener los árboles viejos de rebrote con cepas grandes, y que pueden haber perdido el vigor para rebrotar con éxito.** Estos árboles son hábitat de muchos líquenes y briófitos. El avellano, el fresno y el olmo acogen a menudo una flora de líquenes y briófitos particularmente rica que podría ser dañada si se hace resalveo (i.e. selección de rebrotes).
- **Tener especial cuidado en no dañar los árboles viejos con agujeros y otros microhábitats.** Estos árboles pueden ser el soporte de muchas especies de líquenes y briófitos raros de crecimiento lento que no colonizan fácilmente nuevos hábitats. Las grietas o los agujeros de los árboles son lugares de refugio esenciales de murciélagos y otras especies. Excepcionalmente, se pueden cortar algunos pies con microhábitats siempre que sea una tipología de microhábitat abundante en el rodal, por ejemplo, árboles con hiedra siempre que ésta no esté muy desarrollada. En el caso de los alcornoques, su abandono desde el último descorche hace que tengan copas anchas con algunas ramas gruesas muertas, panas que se van agrietando y desprendiendo generando grietas profundas, exponiendo la madera, generando pequeñas aberturas laterales o inferiores en forma de bolsillo.



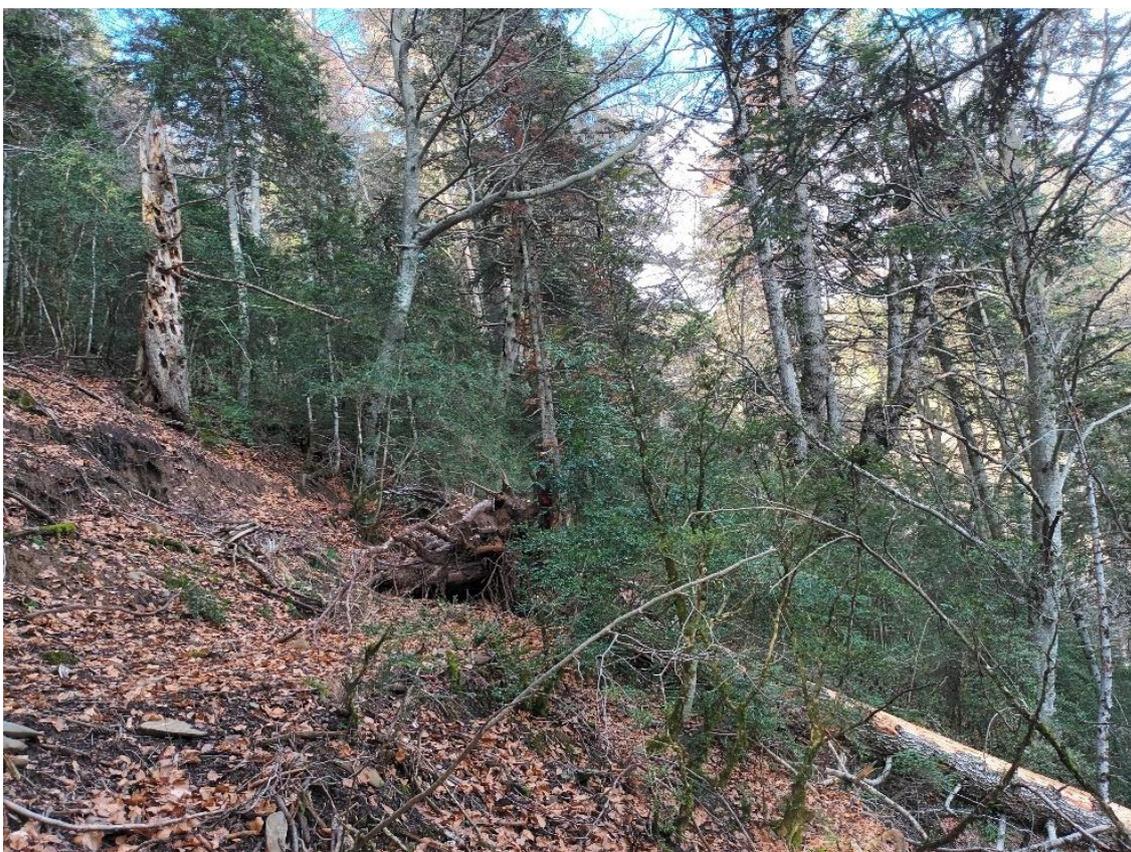
Árboles viejos con microhábitats que deben respetarse y liberarse en algunos casos (foto: D. Guinart).

### 3.3.3. Madera muerta de grandes dimensiones en pie o en el suelo

- **Mantener toda la madera muerta presente** en el suelo y en pie de cualquier tamaño, estado de descomposición y especie.
- **Cortar o anillar árboles vivos del mismo rodal para generar madera muerta.** Éstos no deberían ser ninguno de los árboles vivos identificados como elementos clave, que serían árboles viejos, especie acompañante, con microhábitats, con signos de declive (Recuadro 5). El número y especies de árboles a cortar y anillar dependerá de su abundancia y distribución antes de la intervención (ver los umbrales por hábitat en la Tabla 1). También se debe valorar que la madera muerta de grandes dimensiones ya presente no esté en estados descomposición avanzados, lo que indicaría que es necesario volver a generar madera muerta procurando distribuirla equitativamente entre madera en pie y en el suelo.
- **Combinar el anillamiento y corta de pies de especies** de coníferas, dependiendo de su abundancia local, para aumentar la diversidad de nichos disponibles. Si son de coníferas exóticas mejor.
- **Seleccionar preferentemente pies codominantes y evitar cortar pies dominantes** (excepcionalmente se pueden seleccionar algunos siempre que haya cierta cantidad). Es necesario generar madera muerta de diferentes diámetros (aunque siempre por encima del umbral establecido por la especie, véase Tabla 1) a fin de que se vaya descomponiendo a diferentes velocidades y conseguir en una única intervención madera en diferentes estadios

de descomposición que permita la presencia de especies con distintos requerimientos de hábitat.

- **Distribuir la madera muerta generada por todo el rodal, y no concentrada en pocos puntos**, porque algunas de las especies saproxílicas que dependen de ella tienen poca capacidad de dispersión.
- **Practicar anillos más profundos si se anillan encinas o robles**, puesto que tienen una madera muy dura y resistente, para asegurar su muerte sin comprometer su estabilidad. En cualquier caso, es casi inevitable que aparezcan rebrotes por debajo de la zona de anillamiento.
- **Combinar**, en la medida de lo posible, la generación de madera muerta entre zonas soleadas y zonas a la sombra.
- **Dejar los árboles caídos sin trocear dentro y fuera del cauce del río** excepto cuando puede haber riesgo de inundaciones y en zonas cercanas a vivienda o infraestructuras, a fin de mejorar el funcionamiento del río y la biodiversidad. Algunos de los restos vegetales más gruesos pueden disponerse convenientemente en el cauce del río para mejorar los hábitats acuáticos (Recuadro 7).



*Procesos naturales de generación de madera muerta; por acción del viento se pueden tumbar árboles de cepa o bien se rompe el tronco dejando estacas en pie que se van descomponiendo por acción de los saproxílicos (foto: D. Guinart).*



*Haya rota por el viento, en fase de descomposición y presencia de epífitas (líquenes, musgos y hongos saprofitos (foto: D. Guinart).*



*Diferentes tipos de anillamiento de árboles vivos para generar madera muerta en pie (foto: D. Guinart).*

### 3.3.4. Especies arbóreas acompañantes

- **Liberar pies de las especies acompañantes** si se compromete su crecimiento apical. La liberación debe llevarse a cabo cortando algún pie que con su copa esté interceptando demasiada luz o que esté ejerciendo una presión mecánica sobre el pie a liberar. Según el tamaño del espacio liberado puede permitirse incluso que se favorezca la regeneración de la especie acompañante.
- **Liberar el árbol sólo cuando es suficientemente vigoroso y tiene un tamaño suficiente** como para que la actuación produzca un efecto claro e inmediato en su crecimiento. Esto significa que no se actuará para liberar un pie en fase de regenerado (orientativamente, de menos de 3 m de altura) o que no tenga un buen porte (torcido, copa parcialmente rota, demasiado delgado y alto, etc.). No será necesario actuar si hay un claro en la vertical o en la orientación por donde llega la luz solar.
- **Evitar generar una apertura demasiado grande que permita la entrada de demasiada luz** para evitar efectos contrarios a los deseados. Se pueden realizar aperturas de máximo 1,5 veces la altura dominante (entre 100 y 200 m<sup>2</sup>) y que puede ser inferior en orientaciones sur y algo superior en orientaciones norte.
- **Evitar la opción de anillar el árbol dominante** porque podría acabar cayendo sobre la especie acompañante. Cortar el árbol permite controlar la dirección de caída y evitar algún daño no deseado.
- **Liberar en latizales de castaño cualquier otra especie tolerante a la sombra (encina, haya, fresno...)** ya que se considera especie acompañante pero también, obviamente, cualquier especie típicamente acompañante como, por ejemplo, los servales y el cerezo. El objetivo es avanzar en su transformación a bosque mixto para terminar sustituirlo a largo plazo. En el caso del roble, y en general, cualquier especie menos tolerante a la sombra, también se aconseja favorecer para incrementar la biodiversidad de los castañares y acelerar la transición hacia bosque mixto. En este caso, mejor que la liberación se lleve a cabo cuando el pie ya es codominante y debe ser lo suficientemente intenso como para favorecer una buena insolación de la copa.
- **Incrementar la diversidad de rasgos funcional en hayedos dado que su grado de vulnerabilidad al cambio climático es elevado.** Éste es un objetivo prioritario de cara a su adaptación (Recuadro 1). En este sentido, el concepto de especie arbórea acompañante se extiende a cualquier otra especie autóctona presente dada la tendencia dominante del haya con la intención de favorecer bosques mixtos y con la excepción del castaño, que conviene eliminar porque es un gran competidor. Las especies que se incluyen son especies tolerantes a la sombra como el abeto, el tejo y la encina, pero también las especies típicamente acompañantes como los servales y el cerezo (productoras de fruto). Los robles, aunque puedan ser menos tolerantes a la sombra, también pueden favorecerse para incrementar la biodiversidad de los hayedos.
- **Liberar, en alcornoques, cualquier otra especie arbórea (se considera acompañante), dado que lo que se pretende es acelerar la transición a un alcornocal mixto.** Cuando se trate de árboles bien desarrollados (con alturas iguales o superiores a los alcornoques) de especies poco o nada tolerantes a la sombra (como el pino piñonero, el pino marítimo, el madroño o el roble), la liberación se hará, si es posible, aprovechando pequeños bosquetes de la misma

especie. En el caso de especies más tolerantes, como la encina, el haya o el cerezo la liberación puede hacerse pie a pie.

- **Cualquier especie de ribera se tratará como acompañante** y por tanto debe mantenerse y liberarse si es necesario aplicando las buenas prácticas descritas en esta sección. En el Recuadro 14 se amplía con algunos detalles específicos.

*Recuadro 14. Buenas prácticas para favorecer a las especies acompañantes en bosque de ribera*

- En bosques de ribera cualquier especie típica arbórea de ribera se considera especie acompañante (aliso, avellano, fresno, álamo...) y por tanto deben mantenerse y, eventualmente, liberarlos de competencia.
- Se siguen considerando especies acompañantes las que no son de ribera pero son igualmente poco comunes (tejo, acebo, Cerezo, álamo temblón...) y por tanto se deben mantener y liberar aunque estén en la ribera o en su margen.
- No se liberarán especies arbóreas, ni arbóreas de porte bajo, que se consideren pioneras a menos que se considere que pueden tener un papel ecológico relevante en el funcionamiento del río (p.e. sauces situados en las orillas que fijan sedimentos y ayudan a la creación de balsas).
- La liberación de estas especies sólo debe considerarse cuando se trata de una especie poco común en el tramo de río donde se actúa. Sólo se liberará cuando tenga un porte recto (> 3 m de altura) y copa desarrollada.
- La liberación debe generar una abertura del dosel suficiente como para permitir suficiente entrada de luz, que dependerá del temperamento de la especie. Es preferible liberarla cortando alguna especie no de ribera (encina, haya, castaño...), sobre todo si está en la ribera o dentro del cauce) orientada a sur respecto al pie liberar.



*Corta de haya para favorecer el crecimiento de tejos (*Taxus baccata*), (foto: Aprèn).*



*Apertura de claros en un hayedo homogéneo, para favorecer el regenerado de especies acompañantes (Foto: Aprèn).*

### 3.3.5. Regenerado avanzado

- **Anillar o cortar varios pies alrededor del regenerado y que estén generando demasiada sombra.** Se actuará dependiendo del espacio ocupado por el regenerado y sólo si existe algún bosque de regenerado vigoroso y avanzado de la especie dominante o de otras especies tolerantes a la sombra (especies acompañantes). Con la apertura se debe conseguir abrir un espacio lo suficientemente grande como permitir que pueda ser aprovechado inmediatamente por el regenerado reocupando la apertura rápidamente sin permitir la aparición de especies heliófilas. Con esta actuación se aumenta la heterogeneidad vertical y horizontal del dosel y se favorece la entrada de nuevas cohortes fomentando la irregularidad y diversidad de clases diamétricas y asegurando la continuidad temporal del bosque.
- **Actuar para abrir un claro** algo mayor para acelerar el desarrollo del regenerado avanzado (pies de 2-3 m de altura) de especies típicamente de ribera en tramos relativamente abiertos con entrada de luz. La apertura debe ser moderada para evitar demasiada entrada de luz que favorezca especies pioneras (típicamente la zarza) o de especies exóticas e invasoras.
- **Actuar, de forma preferente, eliminando especies que no sean de ribera.** Hay que prever la evolución del regenerado si existen especies exóticas instaladas, cortándolas para liberar el regenerado autóctono, pero evitando su expansión involuntaria. Hay que mejorar las condiciones ambientales para que se mantengan las especies típicas de ribera y por tanto conservar las condiciones abióticas del ámbito fluvial.
- **Liberar, en latizales de castaño, cualquier regenerado avanzado de otras especies que se encuentren en medio del castañar.** Se recomienda hacer un claro a su alrededor combinando cortadas con anillamientos de pies de castaño que estén generando demasiada sombra. Se recomiendan aberturas de 10 a 30 m de radio o entre una y dos veces y media la altura dominante del arbolado.
- **Hacer una gestión, en hayedos, de bosque irregular por bosquetes liberando cualquier regenerado avanzado que forme un bosque con pies de al menos 2-3 m de altura de hayas vigorosas.** Se recomienda hacer alguna clara alrededor combinando cortadas con anillamientos de los pies que estén generando demasiada sombra. Se recomiendan aberturas de 10 a 30 m de radio o entre una y dos veces y media la altura dominante del arbolado. Si las especies que regeneran son otras especies como el abeto o el roble todavía será más prioritario favorecer su liberación. En las cotas bajas, donde el haya sufre más por sequía y se mezcla con la encina, se puede actuar también favoreciendo la encina haciendo resalveo y liberando algunos pies.

### 3.3.6. Sotobosque

- **Evitar los desbroces para la prevención de incendios si la situación de partida es un bosque que lleva mucho tiempo con fracciones de cabida cubierta elevadas,** donde el sotobosque será poco abundante y estará formado principalmente por especies tolerantes a la sombra y poco inflamables. El sotobosque se puede mantener bastante bien controlado si después de cualquier actuación la cobertura arbórea se mantiene por encima del 70%.

- **Evitar el desbroce en un bosque abierto (un pinar, un alcornocal) donde es probable que el sotobosque esté bastante desarrollado y formado por especies de espacios abiertos.** En este caso se desaconseja el desbroce porque el rebrote es rápido y vigoroso, haciendo inútil y contraproducente la actuación.
- **Evitar el desbroce del sotobosque en torrentes y laderas de fuerte pendiente** ya que desempeñan un papel clave en la prevención de la erosión, aunque sea con el pretexto de la prevención de incendios.
- **Evitar cualquier tratamiento que dañe el sotobosque especialmente si es productor de flores o frutos.** Además, el matorral puede ofrecer una función protectora de los vástagos en los primeros estadios de desarrollo, ya que los protege de posibles depredadores y garantiza un microclima favorable durante los primeros años, clave en rodales situados en zonas muy expuestas a vientos fuertes o fuerte insolación.
- **Hacer pequeñas intervenciones, en hayedos y castañares, para favorecer el acebo (*Ilex aquifolium*) o el tejo (*Taxus baccata*), especies protegidas,** o bien liberándolos de competencia cortando algún pie vecino o haciendo selección de rebrotes del mismo individuo para favorecer al o a los más vigorosos.
- **Mantener un matorral lo más diverso posible en alcornocales** dada la dificultad de poderlo controlar con la escasa sombra que generan las copas de los alcornocales. Más a largo plazo, a medida que vayan entrando especies de copa más espesa se podrá mantener un sotobosque medianamente controlado y formado por especies menos inflamables. Si se parte de un alcornocal típico con copas abiertas el sotobosque estará formado principalmente por especies heliófilas y muy inflamables como la aulaga (*Ulex parviflorus*), los brezos (*Erica* spp) o las jaras (*Cistus* spp). Aunque esté claro que el riesgo de propagación de incendios en estas condiciones es muy alto también es cierto que este matorral, sobre todo si es diverso, ayuda a controlar la humedad evitando la evaporación directa del agua retenida en el suelo. En este sentido, cuanto mayor sea la heterogeneidad vertical de la vegetación (incluyendo el matorral y el estrato herbáceo) más eficaz será la conservación de la humedad ambiental.

### 3.4. Malas prácticas forestales vinculadas a la conservación del patrimonio natural

Las prácticas más frecuentes a evitar, identificadas en el ámbito del Montseny, son las citadas a continuación, y que deben sustituirse por las medidas descritas como buenas prácticas en los apartados anteriores.

- **Ignorar las causas de la degradación del hábitat ripario.** Por ejemplo, si la causa es una bajada del nivel piezométrico por una captación de agua más arriba, no se puede recuperar una aliseda aguas abajo si antes no se recupera el acuífero.
- **Ignorar la orografía y/o el medio abiótico** en actuaciones de restauración del bosque del ámbito de ribera. Si el medio abiótico está alterado difícilmente podremos restaurar la vegetación de ribera. Un ejemplo típico es una plantación que no prospera porque el talud

en el que se quiere instalar es demasiado vertical. En un caso como éste, si es posible, es necesario reperfilear el talud antes de realizar la plantación.

- **Recuperar la cobertura arbórea de forma rápida** no siempre puede resultar beneficioso. No siempre es necesario realizar una plantación con árboles de ribera para recuperar rápidamente la cubierta porque podría ir en detrimento de otro conjunto de especies arbustivas y herbáceas que también tienen sus funciones en el hábitat.
- **Beneficiar o facilitar el establecimiento de especies exóticas y/o invasoras** en una actuación.
- **Eliminar de forma sistemática la madera muerta** que de forma natural va cayendo dentro del cauce. Retirla es claramente perjudicial para el funcionamiento natural del río.
- **Verter los restos forestales dentro del cauce del torrente.** Nunca deberá ser el lugar en el que se viertan los restos forestales, tengan o no interés comercial.
- **Emplazar cargadores de madera en zonas cercanas a torrentes.** No emplazar cargadores de madera en zonas cercanas a torrentes (a menos de 50 m o incluso 100 m en función de la orografía y del tipo de suelo).
- **Convertir en una vía de comunicación** para la maquinaria el cauce y la orilla de una riera o un torrente.
- **Utilizar el cauce y orilla de un torrente como canales de transporte** de troncos o maderas, o como cargadores (lugares de almacenamiento temporal de troncos para el futuro transporte a industria).
- **Llenar con suelos, piedras y/o troncos la cama de torrente o arroyos,** por el paso de vehículos y maquinaria.
- **Desestabilizar el terreno y promover procesos de erosión,** sobre todo en zonas de fuerte pendiente y/o con suelos arenosos que los hace especialmente vulnerables a la erosión. Si, en una actuación silvícola, se quiere aprovechar toda o parte de la madera generada hay que evitar aquellas prácticas que desestabilicen el terreno.
- **Ejecutar operaciones forestales en los bordes de los cursos de agua** (a menos de 25 m a cada lado o incluso 50 m en función de la orografía) a menos que las operaciones tengan por objetivo principal la mejora del ecosistema fluvial, en cuyo caso hay que evitar procesos de erosión y aportación de sedimentos al torrente.
- **Trabajar con maquinaria pesada cuando el terreno es húmedo** para evitar la compactación del terreno que provoca.
- **Intervenir y modificar taludes y resaltes naturales.** Se procurará que se mantengan intactas, ya que son zonas de nidificación de algunas especies de aves asociadas a los cauces.
- **Aplicar** el uso de productos fitosanitarios y fertilizantes de forma injustificada y sin objetivos claros de conservación de la biodiversidad. Su uso debe justificarse razonadamente, a la vista de todas las soluciones técnicas alternativas.

- **No respetar los árboles vivos de tamaño excepcional** (ver Tabla 1 para los umbrales de tamaño según la especie).
- **Cortar sistemáticamente todos los árboles que llegarían a ser de tamaño excepcional en la próxima década** (ver Tabla 1 para los umbrales correspondientes según la especie considerando diámetros entre 5 y 10 cm menores a los indicados en la tabla).
- **Cortar buena parte de los árboles vivos de gran tamaño** portadores de microhábitats (véase Tabla 1) por las indicaciones de los tamaños correspondientes según la especie), con el objetivo de incrementar la rentabilidad económica de la actuación forestal.
- **Cortas a hecho de castaños** que impiden el mantenimiento de una cubierta arbórea continua, sobre todo en aquellos casos de orillas de torrentes y rieras en las que el sotobosque está totalmente ausente, para evitar que la erosión del terreno aporte sedimentos al curso de agua.
- **Abrir el dosel arbóreo reduciendo mucho la densidad en alcornoques** (eliminando cualquier otra especie) dada la dificultad que supone conseguir la germinación y establecimiento de alcornoques de semilla, y que puede provocar problemas severos de erosión del terreno.



*Eliminación del bosque de ribera para construir una pista de saca de madera (foto: D. Guinart).*



*Plaza de acopio de leña dentro del cauce de un torrente (foto: D. Guinart).*



*Nueva plantación de abeto de Douglas en un espacio abierto de antiguos cultivos (foto: D. Guinart).*



*Resalveo de un encinar eliminando todo el sotobosque y retirando todas las encinas de grandes dimensiones (foto: D. Guinart).*



*Corta a hecho de un bosque de ribera (foto: J. Colomer).*



*Torrente totalmente alterado por la construcción de una pista forestal de saca de madera (foto: D. Guinart).*

## 4. Referencias

- Agència Catalana de l'Aigua. 2006. Guia tècnica. Directrius de planificació i gestió de l'espai fluvial. Documents Tècnics 3. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Allen C.D., Breshears D.D., McDowell N.G. 2015. On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere*, 6, art129– art155.
- Atauri J. 2020. Manual 14. Bosques maduros mediterráneos: características y criterios de gestión en áreas protegidas. EUROPARC-España. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid.
- Aubin I., Munson A.D., Cardou F., Burton P.J. et al. 2016. Traits to stay, traits to move: a review of functional traits to assess sensitivity and adaptive capacity of temperate and boreal trees to climate change. *Environ Rev* 24: 164–186.
- Bauhus J., Forrester D.I., Gardiner B., Jactel H., Vallejo R., Pretzsch H. 2017. Ecological stability of mixed-species forests. In: Pretzsch H, Forrester DI, Bauhus J (eds) *Mixed-species forests - ecology and management*. Springer Verlag Germany, Heidelberg, pp 337–382
- Beltrán M., Pallarés M., Piqué M. 2020. Gestió de referència per a les masses forestals més vulnerables al canvi climàtic a la Reserva de la Biosfera del Montseny. 33 pp.
- Bennett A.C., McDowell N. G., Allen C.D., & Anderson-Teixeira K.J. 2015. Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. *Nature Plants*, 1, 15139.
- Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., Larrieu L., 2020. Field Guide to Tree-related Microhabitats. Descriptions and size limits for their inventory. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL. 59 p.
- Calleja J.A. 2009. 91B0 Fresnedas Mediterráneas ibéricas de *Fraxinus angustifolia* y *Fraxinus ornus*. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 70 p.
- Calleja J.A., 2009. 91E0 Bosques aluviales arbóreos y arborescentes de cursos generalmente altos y medios, dominados o codominados por alisos (*Alnus glutinosa*), fresnos de montaña (*Fraxinus excelsior*), abedules (*Betula alba* o *B. pendula*), avellanos (*Corylus avellana*) o álamos negros (*Populus nigra*) (\*). En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 88 p.
- Calleja J.A., 2009. 92A0 Alamedas, olmedas y saucedas de las regiones Atlántica, Alpina, Mediterránea y Macaronésica. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 101 p.

Camprodon J. 2019. Arbres i arbusts de ribera Notes sobre les preferències en les condicions hídriques i edàfiques i consells sobre tècniques de plantació. 27 pp. Life-Alnus.

Carreras J., Ferré A., Vigo J. 2015. Manual dels hàbitats de Catalunya. Volum VI Boscos.

Comella G., Espinalt M. 2020. Manual de bones pràctiques ambientals en les activitats silvícoles, sobre infraestructures i ús del sòl dins la Xarxa de Parcs de la Diputació de Barcelona – FASE 1. Coord. Miño A. Santaella J.

Dănescu A., U. Kohnle J. Bauhus J. Sohn, Albrecht A.T. 2018. Stability of tree increment in relation to episodic drought in uneven-structured, mixed stands in southwestern Germany. *Forest Ecology and Management*, 415–416: 148–159.

DG Environment. 2017. Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013-2018. Brussels. Pp 187.  
[http://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats\\_art17](http://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats_art17)

Díaz M., Pulido F. J., Pausas J. D., 2009. 9330 Alcornocales de *Quercus Suber*. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 58 p.

Dimitrov M., Iliev N., Lissev N., Dermendzhiev P., Kamburov I. Burdarov D. Penchev. P. 2018. WWF – GUIDELINES for restoration and management of riparian forest habitats in Bulgaria. 45 pp. WWF.

EUROPARC-España. 2018. Bosques maduros. preguntas y respuestas para entenderlos y conservarlos mejor. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid.

García E., Gutiérrez C. 2009. La gestió i recuperació de la vegetació de ribera. Guia tècnica per a actuacions en riberes. Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya. 176 pp.

Gardiner B., P. Berry, Moulia B. 2016. Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Science* 245: 94–118.

Godé L.X., García E., Gutierrez C. 2008. La gestió i recuperació de la vegetació de ribera. Guia tècnica per a actuacions en riberes. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge. 176 pp.

Gracia M. Ordoñez J.L. 2013. Les fagedes. Manual de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona i Obra Social "la Caixa". 161 pp.

Gracia M. Ordoñez J.L. 2017. Els alzinars. Manual de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona i Obra Social "la Caixa". 181 pp.

Gross A., Holdenrieder O., Pautasso M., Queloz V., Sieber T.N. 2014. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology* 15: 5–21.

Guinart D., Solorzano S., Vicens N. 2014. Pla de conservació del Parc Natural del Montseny. Reserva de la Biosfera. Diputació de Barcelona. 560 pp.

- Guinart D., Vila M., Valbuena E., Pons D., Carrera D., Ludevi A., Loire R., Solorzano S. 2020. Principis bàsics de bones pràctiques ambientals en les activitats forestals dins de la Xarxa de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona i Diputació de Girona. Comissió de Conservació de la Xarxa de Parcs Naturals (Diputació de Barcelona).
- Guirado M. 2017. Protocols de gestió de la flora exòtica invasora. Obra Social “La Caixa”. Diputació de Girona. 12 pp.
- Gustafsson L., Bauhus J., Asbeck T., Augustynczyk et al. 2019. Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. *Ambio*.
- Hunter M.L. 1989. What constitutes an old-growth stand? *J For* 87: 33–35.
- Keeton W.S. 2018. Source or Sink? Carbon Dynamics in Eastern Old-Growth Forests and Their Role in Climate Change Mitigation. In: Andrew M., Barton and W.S. Keeton (Eds.), *Ecology and Recovery of Eastern Old-Growth Forests*.
- Kilroy B., Windell K. 1999. *Tree Girdling Tools*. USDA Forest Service. Missoula, Montana.
- Kimmins J.P. 2003. Old-growth forest: an ancient and stable sylvan equilibrium, or a relatively transitory ecosystem condition that offers people a visual and emotional feast? Answer – it depends. *For. Chron.*, 79: 429–440.
- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Bütler R., Kraus D. et al. 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*, 84, 194–207.
- Laughlin D.C., Strahan R.T., Huffman D.W., Sánchez Meador A.J. 2017. Using trait-based ecology to restore resilient ecosystems: historical conditions and the future of montane forests in western North America. *Restor Ecol* 25. S135–S146.
- Life fluvial. Protocolo de eliminación de especies invasoras y alóctonas - <http://www.lifefluvial.eu/wp-content/uploads/2020/06/ProtocoloEliminacionInvasoras.pdf>
- Life Riparia Ter. Oportunidades y experiencias de gestión para el control del ailanto (*Ailanthus altissima*) y de la robínia (*Robinia pseudoacacia*) en bosques de ribera. LIFE 08 NAT/E/000072.
- Lutz J.A., Furniss T.J., Johnson D.J., Davies S.J. et al. 2018. Global importance of large-diameter trees. *Global Ecol. Biogeogr.* 27: 849-864.
- Messier C., Kneeshaw D.D. 1999. Thinking and acting differently for sustainable management of the boreal forest. *Forestry Chronicle*, 75: 929–938.
- Messier C., Bauhus J., Doyon F., Maure F. et al. 2019. The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes. *Forest Ecosystems*, 6:21.
- MITECO. Bases para el manejo y control de *Arundo donax* L. (Caña común) - [https://www.miteco.gob.es/va/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/red-parques-nacionales/Bases%20para%20el%20manejo%20y%20control%20de%20Arundo%20donax\\_tcm\\_39-169319.pdf](https://www.miteco.gob.es/va/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/red-parques-nacionales/Bases%20para%20el%20manejo%20y%20control%20de%20Arundo%20donax_tcm_39-169319.pdf)

MITECO. Buenas prácticas en actuaciones de conservación, mantenimiento y mejora de cauces - [https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/guia-buenas-practicas-en-actuaciones-conservacion-mantenimiento-mejora-cauces\\_tcm30-503733.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/guia-buenas-practicas-en-actuaciones-conservacion-mantenimiento-mejora-cauces_tcm30-503733.pdf)

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*. Projecte Life+ Suber. CFC-CPF-CTFC-Forestal Catalana, SA, Amorim Florestal, SA. Santa Coloma de Farners.

Naturalea. Canya a la canya [https://www.naturalea.eu/Ntr/wp-content/uploads/2018/05/canya\\_a\\_la\\_canya\\_ca.pdf](https://www.naturalea.eu/Ntr/wp-content/uploads/2018/05/canya_a_la_canya_ca.pdf)

Olano J.M., Peralta de Andrés J., 2009. 9120 Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de Ilex y a veces de Taxus (*Quercion robori-petraeae* o *Ilici-Fagenion*). En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 71 p.

Palone R.S., Todd A.H. (editors.) 1997. Chesapeake Bay riparian handbook: a guide for establishing and maintaining riparian forest buffers. USDA Forest Service. NA-TP-02-97. Radnor, PA.

Parrott J., MacKenzie N. 2000. Restoring and Managing Riparian Woodlands. St James's Palace. Scottish Native Woods. 36 pp.

Prats N., Puértolas L., Rieradevall M. 2008. Els espais fluvials. Manual de diagnosi ambiental. Diputació de Barcelona i Obra Social "la Caixa". 117 pp.

Pretzsch H. Schütze G., Biber P. 2018. Drought can favour the growth of small in relation to tall trees in mature stands of Norway spruce and European beech. *Forest Ecosystems* 5: 20.

Read H. 2000. Veteran Trees: A Guide to Good Management. *English Nature*, 155 pp.

Rodà F., Vayreda J., Ninyerola M., 2009. 9340 Encinares de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 94 p.

Rubio A., 2009. 9260 Bosques de *Castanea sativa*. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 64 p.

Sáez Ll., Pié G., Carnicero P. 2017. Catàleg de la flora vascular del massís del Montseny, tres segles d'investigació botànica (1716 – 2016). Diputació de Barcelona.

Seidl R., Schelhaas M. J., Rammer W., Verkerk. P. J. 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4: 806–810.

SEPA. 2009. Engineering in the Water Environment Good Practice Guide Riparian Vegetation Management. Scottish Environment Protection Agency. 47 pp.

Spies T.A., Franklin J.F., Thomas T.B. 1988. Coarse woody debris in Douglas-fir forests of western Oregon and Washington. *Ecology* 69: 1689–1702.

Thom D., Seidl R. 2016. Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews* 91: 760–781.

Thom D., Rammer W., Seidl R. 2017. Disturbances catalyze the adaptation of forest ecosystems to changing climate conditions. *Global Change Biology* 23: 269–282.

Tusell J.M., Carbonell H. 2007. Gestió silvícola dels boscos de ribera. Manual didàctic. Consorci Forestal de Catalunya. 30 pp.

Vericat P, Navarro P., Correal E., Castaño C., Piqué M. Beltrán M, et al. 2012. El castanyer a Catalunya. Manual de gestió, conservació i valorització. Diputació de Barcelona i Obra Social “la Caixa”. 143 pp.

Vayreda J., Comas L., Guinart D., Santaella J., Anglada J., Argemí J., Sanitjas A., Pasqual G., Vicens N., Solórzano S. 2021 Good Environmental Practices Manual. Manual of good forestry practices in riparian forests. LIFE Tritó Montseny.

Wells R.W., Lertzman K.P., Saunders S.C. 1998. Old-growth definitions for the forests of British Columbia, Canada. *Nat Areas J* 18: 279–292.

Wirth C., Gleixner G., Heimann M. (Eds.). 2009. Old-Growth Forests: Function, Fate and Value. Springer-Verlag. Berlin. Ecological Studies, Vol. 207.

Yachi S, Loreau M. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proc Natl Acad Sci*. 96: 1463–1468.