



2022
Lleida

27 · 1
junio · juny
juliol · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales



Organiza

Modelos selvícolas de referencia basados en principios de silvicultura naturalística para la planificación forestal operativa en montes mediterráneos

BELTRÁN BARBA, M.¹, PALLARÉS PASCUAL, M.¹, MIRANDA ESTRAMPES, C.², BUQUERAS CARBONELL, X.³, TRULLOLS SÁNCHEZ, E.³ y PIQUÉ NICOLAU, M.¹

¹ Programa de Gestió Forestal Multifuncional. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).

² Secció de Boscos i Recursos Forestals a Tarragona, Generalitat de Catalunya.

³ Paratge Natural d'Interès Nacional de Poblet, Generalitat de Catalunya.

Resumen

Los MUP “Poblet” y “Comellàs”, de unas 2.400 ha en total, acogen una amplia diversidad de formaciones forestales mediterráneas, siendo un espacio protegido de alto valor ecológico y cultural, tanto por la biodiversidad como por el historial de usos y funciones. En el contexto de una nueva ordenación se han definido unos modelos selvícolas basados en los principios de la silvicultura naturalística e integrando las Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Cataluña (ORGEST) y otras referencias de gestión forestal de espacios naturales para la conservación de la biodiversidad, la adaptación al cambio climático y la mejora de la resiliencia. Para cada tipo de bosque y teniendo en cuenta las características generales de la masa, se definen las líneas de gestión con el objetivo de fomentar una heterogeneidad estructural y espacial que mejore el estado de conservación de la biodiversidad, facilite la evolución hacia etapas más avanzadas del ciclo silvogenético, mejore la adaptación al cambio climático, reduzca la vulnerabilidad a riesgos abióticos y mejore la resiliencia ante las perturbaciones. Las próximas actuaciones se diseñan en base a estos modelos selvícolas, atendiendo a las características de cada rodal y priorizando según la vulnerabilidad a diferentes riesgos abióticos agravados por el cambio climático.

Palabras clave

Adaptación, resiliencia, dinámica, procesos naturales, multifuncionalidad, conservación.

1. Introducción

Los Montes de Utilidad Pública “Poblet” y “Comellàs” se encuentran dentro del Espacio de Interés Natural (EIN) Muntanyes de Prades, en la comarca tarraconense de la Conca de Barberà (Figura 1). Se consideran ZEC y ZEPA por la Red Natura 2000, se incluyen en un Paraje Natural de Interés Nacional y dos Reservas Naturales Parciales, acogen 13 tipos de hábitats de interés comunitario, dos de ellos prioritarios, 5 especies de flora amenazada, decenas de especies de fauna protegida y una parte de la única comunidad de roble rebollo de Catalunya. Además, varias especies tienen un interés especial por ser endemismos o por encontrarse en el límite de su distribución.



Figura 1. Localización de los montes de Poblet, en color lila, y Comellàs, en color naranja, en la Conca de Barberà, Tarragona. Base topográfica ICGC.

Los montes se sitúan en la vertiente norte del macizo de las Montañas de Prades, dentro de la Cordillera Prelitoral, con un gradiente altitudinal que va desde los 1.200 m en el Tossal de la Baltasana hasta los 400 m al inicio de la vega del río Francolí. Biogeográficamente, los montes representan la montaña media mediterránea, con barrancos orientados a norte y con su clima típico asociado.

Se trata de dos montes singulares por el amplio historial de usos y servicios demandados ya en el pasado, siempre basados en la multifuncionalidad del monte y, también, por el origen histórico de los bosques. Asimismo, las comunidades vegetales presentes suponen una amplia representación de la flora mediterránea de la cordillera prelitoral catalana.

La explotación de productos del bosque fue racional hasta mediados del siglo XIX, cuando las necesidades llevaron a unos aprovechamientos irracionales que lo dejaron prácticamente deforestado. La División Hidrológico-forestal llevó a cabo grandes trabajos de restauración y repoblación hasta 1924. Durante la guerra civil española volvieron a producirse aprovechamientos abusivos debido a la pobreza que se sufrió.

Sin embargo, en 1946 la División Hidrológico-forestal, que ya había hecho un inventario del monte en 1924, realizó el primer proyecto de ordenación del Bosque de Poblet. En 1967 se realizó una revisión de la citada ordenación con un nuevo inventario, una nueva división dasocrática e, incluso, con una nueva visión de la gestión necesaria. Estas ordenaciones guiaron la gestión en Poblet aunque su aplicación no fue muy extensa ni continuada. También en la década de 1960 se realizaron extensos trabajos de repoblación y reposiciones, especialmente en Comellàs. Por último, en 1997 se elaboró un documento técnico para actualizar las directrices de gestión, con una nueva evaluación de los recursos y una nueva ordenación espacial.

Es interesante destacar la propuesta de gestión de la ordenación de 1946 en Poblet. Reconociendo las particularidades del lugar, se decidió que los pinares de pino laricio y pino albar se gestionaran como masas irregulares, por cortas de entresaca. Es muy significativa una de las razones que da el ingeniero redactor Fernando Jaime Fanlo para justificar esta excepción: *“siendo el tratamiento de las masas mezcladas muy delicado, puede exigir una atención profunda que permita favorecer el desarrollo de las especies más convenientes según las características locales de cada rodal, nada mejor para facilitar esta misión que el tratamiento por entresaca”*. Esta visión de la estructura adecuada para el desarrollo del bosque puede entenderse como compatible con los principios de la selvicultura naturalística.

En este contexto, durante 2020 se ha elaborado un nuevo proyecto de ordenación para abordar de manera decidida los retos de gestión a los que se enfrentan estos montes en el contexto actual y futuro. En esta nueva planificación se ha dado un papel relevante a la selvicultura naturalística como base para la consecución de los objetivos de gestión.

2. Objetivos

Más allá de la obtención de productos comercializables, en muchos casos gestionar un bosque es necesario para prevenir incendios catastróficos o para aumentar la resistencia de las masas forestales en períodos de sequía más largos y perturbaciones más frecuentes, o para que se puedan recuperar en mejores condiciones. Una gestión que integra diferentes objetivos debe potenciar el buen funcionamiento de los bosques para que aporten aquellos beneficios —los llamados servicios ecosistémicos forestales— de mayor valor para cada territorio, entre los que hay aspectos tan primordiales como el abastecimiento de bienes, secuestro de carbono, biodiversidad forestal o abastecimiento de agua de calidad y control de la erosión del suelo.

Por todo ello, para la implementación de instrumentos de planificación forestal es necesario contar con orientaciones de gestión o modelos selvícolas de referencia plenamente adaptados y alineados con los retos que se deben afrontar. En el contexto actual de los ecosistemas forestales mediterráneos, con una multifuncionalidad efectiva de múltiples variables, el acervo de referencias selvícolas originarias o extensamente practicadas en otros ecosistemas puede requerir de una adaptación considerable antes de poder ser aplicado para el diseño de actuaciones forestales.

En este trabajo se presentan los modelos selvícolas de referencia desarrollados durante la elaboración del proyecto de ordenación de los montes de Poblet y Comellàs, que se basan en la aplicación de los principios de la selvicultura naturalística (ProSilva Europe, 2012) en un contexto mediterráneo. Estos modelos permiten la definición de la planificación operativa de una manera precisa atendiendo a la multifuncionalidad demandada en este espacio natural protegido.

3. Metodología

3.1. Formaciones forestales consideradas

Se han desarrollado modelos selvícolas de referencia para las principales formaciones forestales presentes en Poblet y Comellàs, que son representativas de diferentes espacios forestales mediterráneos, donde se encuentran distintos tipos de vegetación en función principalmente de la orientación, la altitud, la disponibilidad de agua, el tipo de suelo y el uso histórico del territorio. Las formaciones forestales consideradas en este trabajo, determinadas por la composición específica y la especie dominante según Piqué et al (2014), son:

- Encinar de montaña y bosques mixtos dominados por encina (1.325 ha). En el dosel arbóreo aparecen roble pubescente, pino albar, madroño, arces, serbales y, en zonas con mejor calidad de estación, acebo. Los encinares suelen ser de monte bajo, densos

y de altura variable, que se mantienen en el tiempo, resultado del aprovechamiento tradicional para la obtención de leñas y carbón vegetal y de su posterior abandono. Las mezclas con pinos suelen ser masas heterogéneas pie a pie.

- Bosques de pino albar o de pino laricio del ámbito meridional y bosques mixtos dominados por pino albar o por pino laricio (702 ha). La encina suele ser la segunda especie arbórea más representada, junto con roble pubescente y, en menor medida, arces, roble rebollo, acebo, tejo y serbales. Presenta generalmente una estructura regularizada. En etapas adultas se puede producir una evolución hacia masas mixtas con planifolios, sobre todo en localizaciones con baja calidad de estación donde el pino albar ya presenta una mortalidad elevada debido a ataques de escolítidos y sequías. Las masas mixtas con quercíneas suelen ser estructuras heterogéneas con mezcla pie a pie o pequeños bosquetes.
- Plantaciones de pinaster y masas mixtas dominadas por pinaster (295 ha). Aunque la procedencia es variada, suele predominar la subespecie *mesogeensis*. Pueden ir acompañadas de un subvuelo de encina y madroño, con presencia de robles marcescentes, pino albar y laricio, arces, tejo, acebo y ciprés. Por lo general, cabe esperar una evolución hacia masas mixtas con frondosas a largo plazo, ya que las sequías intensas perjudican al pinaster, que ya presenta bastante mortalidad en zonas donde hay densidades elevadas.
- Robledales y bosques mixtos dominados por robles marcescentes (46 ha). Se acompañan de encina, pino albar, pino laricio, madroño, acebo y serbales. Suelen ser estructuras heterogéneas con mezcla por golpes, en función de la densidad de las frondosas y la adecuación de la estación para las coníferas.

Otras formaciones forestales presentes en Poblet y Comellàs no fueron incluidas en la propuesta de actuaciones selvícolas, por lo que no requirieron la elaboración de modelos selvícolas de referencia.

3.2. Selvicultura de referencia

La base principal para la definición de la selvicultura de referencia son las Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Cataluña (ORGEST) (Piqué *et al.*, 2017); en concreto los diferentes modelos de gestión para las formaciones forestales consideradas y todos los criterios expuestos en los manuales ORGEST respecto los condicionantes técnicos de aplicación, especialmente los referentes a la conservación y mejora de la biodiversidad. Complementariamente se integran otras referencias de gestión forestal de espacios naturales para la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático, como los manuales EUROPARC, las publicaciones de proyectos LIFE relacionados (Life+Pinassa, Life+Taxus y otros) y otras publicaciones temáticas.

Los diferentes modelos selvícolas ofrecidos por las ORGEST ya incorporan, de una manera más o menos difusa, determinados preceptos de la selvicultura adaptativa y naturalística. Con todo, se hace necesario avanzar en el desarrollo de los principios de la selvicultura naturalística en el contexto mediterráneo. Esta manera de gestionar busca aprovechar las inercias y las dinámicas naturales favorables a los objetivos de la gestión para reducir su coste, con una aplicación detallada que permite la integración de multitud de criterios en favor de la multifuncionalidad.

Beltrán *et al* (2020) consideran esta selvicultura como “un resultado, todavía inacabado, de un largo proceso de descubrimiento sobre cómo gestionar los bosques de una manera eficaz, cuidadosa y detallista”. De manera general y siguiendo los principios de ProSilva Europe (2012), el primer paso para la aplicación de la selvicultura próxima a la naturaleza es la definición de itinerarios selvícolas que mantengan en todo momento un “microambiente forestal”, oscuro y húmedo, que permita a la vez: i) limitar el desarrollo del sotobosque y por tanto mantener la

discontinuidad del combustible y abaratar o eliminar futuros desbroces; ii) reducir la transpiración causada por la insolación directa y el efecto desecador del viento; iii) facilitar la conformación y poda natural. Este principio general es compatible con la apertura, en puntos concretos de la masa, de claros o espacios para promover la instalación o desarrollo de una nueva cohorte, si se dan las condiciones adecuadas y siempre que los árboles a cortar no tengan más valor (actual o futuro, como bien directo o indirecto) si se mantienen en el monte.

La gestión forestal tiene una gran influencia en la biodiversidad de los montes. Las estrategias de gestión utilizadas deben basarse en promover la diversidad y la heterogeneidad en diferentes niveles (HÖLTERMANN, 2020). En este sentido, las actuaciones que reducen competencia y permiten un mayor crecimiento de los árboles, propiciando la presencia de madera muerta grande y la existencia de microhábitats, ambos elementos esenciales en un bosque maduro, son esenciales para potenciar la capacidad de acogida de biodiversidad de un rodal. Además, una silvicultura de árbol individual que beneficie a las especies esporádicas y aumente la diversidad estructural y funcional de la masa eleva también la biodiversidad potencial del monte.

3.3. Definición de objetivos

El objetivo global a largo plazo para los montes de Poblet y Comellàs es la conservación de los valores biológicos, geológicos, paisajísticos y culturales que han motivado la protección especial de estos espacios naturales y la inclusión en la Red Natura 2000.

Las características biogeográficas de estos montes les confieren unos valores ecológicos y paisajísticos únicos, y son estos valores, junto con los servicios ecosistémicos, los componentes de protección y la producción de bienes intangibles que de ellos se derivan los que definen la principal demanda de la sociedad.

Las mayores amenazas a las que se enfrentan son el cambio climático y los incendios forestales, dos problemáticas que, además, se retroalimentan. El efecto más previsible del cambio en el régimen de precipitaciones y temperaturas es el aumento del estrés hídrico debido a la sequía, que puede llegar a comportar, según la severidad, cambios importantes en la distribución de las especies forestales y las dinámicas que se dan en las distintas formaciones.

Visto el estado actual de la estructura forestal, con amplias zonas de monte bajo donde el crecimiento está estancado, zonas de elevada densidad de arbolado con un estrés hídrico importante y masas uniformes con cierta inestabilidad, se considera necesaria la realización de actuaciones silvícolas de carácter selectivo para conducir las dinámicas naturales hacia el objetivo global, puesto que se trata de un bosque con una modulación humana mantenida en el tiempo e incluso en su origen.

En este contexto, se considera necesario desarrollar e implementar una gestión dirigida a aumentar la heterogeneidad de la cubierta forestal, es decir, maximizar la diversidad de estructuras y especies presentes en el bosque. Una elevada heterogeneidad es adecuada para asegurar las funciones del bosque ligadas a la conservación de la biodiversidad y el aumento de resistencia y resiliencia frente a las perturbaciones bióticas y abióticas ligadas al cambio climático.

La aplicación de los modelos silvícolas de referencia en el diseño de las próximas actuaciones se realiza a través de la definición jerarquizada de los objetivos generales, específicos y operativos, siguiendo las directrices de EUROPARC-ESPAÑA (2013). De esta manera, estos objetivos son una extensión práctica de la información contenida en la planificación general que incluyen las particularidades de las funciones principales del bosque de los que se derivan.

Se define un objetivo general para responder a cada una de las funciones principales que se deben atender con la gestión forestal (productivas, ambientales, sociales, culturales y paisajísticas). Este objetivo define un escenario genérico a largo plazo hacia el que dirigir el bosque con los sucesivos instrumentos de ordenación. A partir de este marco, se definen uno o varios objetivos específicos para concretar las líneas generales de la gestión de las diferentes formaciones forestales presentes y su potencial. Por último, los objetivos operativos son la definición práctica y la cuantificación de los específicos atendiendo a las características actuales de las masas a gestionar. Para la concreción de los objetivos específicos y operativos es necesario primero disponer de los modelos selvícolas de referencia.

Los objetivos generales utilizados para iniciar la definición de los específicos y operativos en los montes de Poblet y Comellàs, y ampliar así las indicaciones de los modelos selvícolas, son:

- Conservación de los valores de biodiversidad. Se considera la función principal en áreas donde destacan procesos ecológicos singulares, árboles con elevados signos de madurez en comparación con el entorno y en rodales que tienen una composición específica con elementos destacados, como presencia abundante de tejo, aliso o roble rebollo.
- Mantenimiento de las funciones ecosistémicas. Zonas cuya función principal es la regulación de los ciclos de agua, carbono y nutrientes, la reserva de la biodiversidad y los valores de existencia y legado y donde, además, la estabilidad del suelo está asegurada. La provisión de bienes comercializables se puede incluir en este objetivo si el contexto del espacio gestionado es adecuado.
- Protección del suelo y prevención de la erosión. Son áreas en las que el suelo presenta signos de inestabilidad, con pendiente elevada y abundantes afloramientos rocosos.
- Prevención de incendios. Son rodales determinados en la planificación estratégica de prevención de incendios forestales a escala de macizo.
- Uso público recreativo y terapéutico. Se considera la función principal en zonas en las que la afluencia de visitantes y la demanda de usos recreativos o terapéuticos del bosque es elevada.

4. Resultados

Se presenta a continuación la descripción del modelo selvícola de referencia para la gestión forestal en Poblet y Comellàs, según las diferentes formaciones forestales presentes clasificadas por la especie dominante, incluyendo masas mixtas. En concreto, se han desarrollado referencias de gestión para los bosques dominados por encina, pino albar, pino laricio, pinaster, robles marcescentes y bosques de ribera.

Además, se presenta el detalle de los objetivos generales, específicos y operativos utilizados para la definición de las actuaciones, entendiendo que forman parte de la definición de la gestión de referencia en tanto que aportan información para la concreción de actuaciones a escala de rodal de manera coordinada y jerarquizada, integrando a los modelos selvícolas las particularidades de las funciones principales.

4.1. Orientaciones de gestión por formaciones forestales

Encinar de montaña y bosques mixtos dominados por encina

La gestión de los encinares y las masas mixtas dominadas por la encina, con robles, madroño, pino albar, pino laricio y otras frondosas, tiene por objetivo la adaptación al cambio climático con la

reducción de competencia y mejor conformación de los pies con la reducción de densidad intracepa. El escenario a largo plazo serían masas con individuos con más reservas y recursos disponibles, una mayor proporción de pies de semilla y una diversificación de especies con la promoción de las frondosas presentes de forma puntual (todas excepto el madroño o el aladierno de hoja ancha).

De base se utilizan los modelos ORGEST para la encina (Vericat *et al.*, 2011) con objetivos de prevención de incendios y producción a largo plazo según sea la calidad de estación alta, media o baja (Qii03, Qii06 y Qii07). Estos modelos se basan en estructuras regularizadas con turnos largos y tratamientos de mejora para regular la densidad (resalveos y claras por lo bajo) manteniendo el AB orientativamente entre 20 y 30 m²/ha. Para los bosques mixtos, se siguen las opciones de mantener la masa mixta en todos los casos.

Sobre esto se introducen las siguientes adaptaciones:

- De forma general se descarta llegar a las fases de regeneración de todo el rodal según se describen en los modelos. A largo plazo se apuesta por una cubierta continua, no fijar turnos y renovar la masa, en su caso, por bosquetes y a pequeña escala. Esta posible renovación, de ser necesaria en un plazo corto, se abordaría con aberturas desde un solo árbol hasta el diámetro equivalente al doble de la altura dominante y como máximo de 1.000 m² (<35 m de diámetro), siempre adaptándose a las condiciones locales de la masa y del rodal.
- Durante las actuaciones, los pies de semilla se valoran individualmente como elementos a mantener en la masa, por encima de la conformación de la estructura forestal.
- La regulación de la competencia se evalúa en primer lugar a nivel de cepa cuando la masa se conforma por matas de varios pies, hasta que se generalice una cierta monopodia mediante las actuaciones sucesivas.
- Se aplica una gestión adaptativa en función de la evolución de la estructura. Se espera conseguir a largo plazo una cierta heterogeneidad que podrá pasarse a gestionar con modelos de gestión irregular.

Este tipo de gestión, dirigida a la adaptación de encinares al cambio climático, ha sido puesta en práctica de manera experimental y demostrativa en el monte de Poblet, en el barranco de la Teula, por parte del PNIN de Poblet y el CPF (Palero *et al.*, 2019).

Las tareas de apeo y saca deben ser lo más respetuosas posibles con la fragilidad del suelo que frecuentemente se detecta en estos rodales, por las elevadas pendientes, pedregosidad y afloramientos rocosos. Hay que evitar la circulación de maquinaria por el interior del bosque y fuera de las trochas.

Bosques de pino albar o de pino laricio del ámbito meridional y bosques mixtos dominados por pino albar o por pino laricio

La gestión de los pinares de pino albar y pino laricio y sus masas mixtas entre ellos o con encina, robles marcescentes y otros pinos y frondosas tiene por objetivo la conservación y mejora de los elementos de biodiversidad, la adaptación al cambio climático y el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque, a través de generar y mantener estructuras heterogéneas en cuanto al tamaño de los árboles y especies presentes. Forma parte del objetivo evitar las dinámicas de capitalización excesiva y de conformación de una estructura con un dosel regularizado y dominante de pinos y un subvuelo denso de frondosas que no llegan a desarrollarse. Este tipo de estructuras presentan una elevada vulnerabilidad a los daños por viento y nevadas, así como otras desventajas en las funciones de conservación de la biodiversidad.

Se proponen de referencia los modelos ORGEST para los pinares de pino albar (Piqué *et al.*, 2011) y pino laricio (Beltrán *et al.*, 2012) que aplican principios de gestión naturalística a través de actuaciones suaves y frecuentes de marcado carácter selectivo, como son los modelos de pino albar: Ps08 y Ps13 para las calidades de estación media y baja; y pino laricio: Pn01, Pn06 y Pn09 para las calidades de estación alta, media y baja. Estos modelos se basan en estructuras regularizadas con turnos largos y un régimen de claras selectivas con selección de árboles de futuro. Para los bosques mixtos, se siguen las opciones de mantener la masa mixta en todos los casos.

Aunque el objetivo es conseguir estructuras heterogéneas en los pinares, no se fijan de referencia los modelos de gestión basados en estructuras irregulares por no otorgar una relevancia destacada a ninguna distribución de pies por tamaño predefinido y, sobre todo, por no tener que fijar ningún diámetro máximo. Para el objetivo determinado se considera mejor marco de gestión el régimen de claras selectivas de los modelos seleccionados, siempre con la introducción de las siguientes modificaciones derivadas de los principios de la silvicultura naturalística:

- Mantenimiento de cubierta permanente (no llevar rodales completos a fases de regeneración). La regeneración de los pinos será consecuencia de las actuaciones de regulación de la competencia y mediante la consiguiente heterogeneización de la estructura, y siempre se evaluará de forma conjunta con el resto de especies presentes.
- Consideración individualizada de los árboles y pequeños grupos según su papel en el bosque y de su potencial de futuro.
- Consecución de regeneración y selección natural mediante una estructura que combine la existencia de árboles de todos los tamaños y funciones.
- Heterogeneidad de la estructura y la composición como resultado de la gestión individualizada para la mejor adaptación a las microestaciones.
- Reducción al mínimo de la intensidad de las actuaciones silvícolas, haciéndolas más detalladas y de mejor calidad, con la reducción de costes y la eficiencia económica como principal criterio.

Este tipo de gestión aumenta la complejidad a la hora de la ejecución, pues se ajusta a las condiciones de microescala. Requiere, en cualquier caso, un marcado completo e individualizado de cada rodal de actuación. Sin embargo, según las condiciones generales de la masa y su evolución se puede definir la gestión tipo necesaria para la etapa de transición hacia la estructura final objetivo, según se especifica en la Tabla 1, resultado de la síntesis de las líneas generales de gestión naturalística en pinares desarrollada por Beltrán *et al.* (2020).

Tabla 1. Gestión tipo necesaria para avanzar hacia la heterogeneidad estructural de la silvicultura naturalística según la fase de desarrollo del bosque.

Características generales de la masa	Gestión centrada en:
Estructura homogénea joven	Potenciar el crecimiento libre de los mejores árboles.
Estructura homogénea adulta	Potenciar la diferenciación natural y fomentar el inicio de la regeneración continua sin patrón espacial definido.
Estructura homogénea madura	Potenciar la regeneración gradual de forma heterogénea, según las oportunidades a microescala. Como referencia, se puede seguir la definición de pequeños bosquetes desde un solo pie hasta el doble de la altura dominante con un máximo de 1.000 m ² (<35 m de diámetro) para los pinares dominados por pino laricio y de 3.000 m ² (< 60 m de diámetro) por las

	dominadas por pino albar, pero siempre adaptándose a las condiciones locales de la masa y el rodal.
Estructura heterogénea descapitalizada	Potenciar la educación de los mejores pies y regular la regeneración continua según el patrón existente en el rodal.
Estructura heterogénea capitalizada	Regular la regeneración continua y potenciar el crecimiento de los mejores árboles, según los patrones existentes en el rodal.

Los rodales más prioritarios para realizar actuaciones son aquellos con gran cantidad de volumen de madera acumulado en los fustes de árboles dominantes ($>300 \text{ m}^3/\text{ha}$ en total) porque la estructura forestal que alberga este volumen presenta un riesgo elevado de sufrir daños por viento y nevadas. En estos rodales es necesario actuar para reducir la vulnerabilidad actual con intervenciones suaves que no desestabilicen la masa.

Las tareas de apeo y saca deben realizarse con un bajo impacto en el suelo y la vegetación remanente, especialmente en caso de tener golpes de regenerado y presencia de especies acompañantes poco abundantes. El carácter selectivo de las actuaciones hace que la extracción de los productos no sea homogénea dentro del rodal, por lo que es necesario ajustar correctamente el método a aplicar.

Plantaciones de pinaster y masas mixtas dominadas por pinaster

La gestión de los pinares de pinaster y las masas mixtas con encina y otras frondosas tiene por objetivo la reactivación de las dinámicas naturales, especialmente la regeneración, para avanzar en la diversificación de estos bosques con mayor presencia de otras especies más adaptadas a la estación y a las condiciones ambientales. Se reduce la dominancia del pinaster en la cubierta forestal para dar paso, siempre que sea posible, a la encina y robles como especies principales, con acompañamiento de otras frondosas. En cualquier caso, no es objetivo eliminar el pinaster completamente.

Las primeras actuaciones hacia este objetivo requieren generalmente una elevada intensidad para favorecer la instalación y la promoción de las frondosas, más bien por bosquetes para evitar grandes superficies con estructuras multiestratificadas con elevada continuidad vertical del combustible en caso de incendio. En cualquier caso, es necesario incluir específicamente la gestión del estrato de matorral y contemplar la estructura forestal unitariamente.

Se propone de referencia el modelo ORGEST para el pinaster (Vericat *et al.*, 2014) Ppr_AI01, tanto por masas puras como mixtas. Este modelo se dirige a plantaciones existentes donde se quiere promocionar una diversificación y sustitución del pinaster por encina (u otras quercíneas) a partir de una regeneración gradual natural, en cualquier calidad de estación.

Este modelo se basa en un régimen de claras mixtas con aberturas puntuales o por golpes para promocionar pies o grupos de otras especies con capacidad de desarrollarse hasta el dosel dominante. Son claras que extraen hasta el 30% del AB inicial centradas sobre el dosel de pinos y combinadas en su caso con resalveos o claras por lo bajo sobre el estrato de quercíneas, cuando la masa en conjunto presenta una AB sobre $30 \text{ m}^2/\text{ha}$. Gradualmente el pino pierde la dominancia y las nuevas condiciones de composición y estructura requieren otros modelos de gestión de referencia.

Las tareas de apeo y saca deben realizarse con un bajo impacto en la vegetación remanente, especialmente en caso de tener golpes de regenerado y presencia de especies acompañantes poco

abundantes. Por otra parte, en rodales con un dosel denso de pinaster y una gran acumulación de pinocha en el suelo, es recomendable que el desembosque genere una cierta remoción del suelo, siempre que no haya riesgo de erosión.

Robledales y bosques mixtos dominados por robles marcescentes

La gestión de los robledales puros y mixtos con encina, pino laricio, pino albar y otras frondosas tiene por objetivo asegurar la diversidad de especies en el bosque, generando y manteniendo las estructuras más adecuadas al objetivo específico de cada rodal.

Se propone de referencia el modelo ORGEST para el roble pubescente con objetivo de prevención de incendios y producción a largo plazo para la calidad baja, Qh05. Este modelo se basa en una estructura regularizada con turno largo y tratamientos de mejora para regular la densidad, manteniendo el AB orientativamente entre 20 y 30 m²/ha. Se utiliza este rango de AB como referencia para realizar actuaciones que deben generar masas heterogéneas en especies y estructuras que mantengan activo el proceso natural de la regeneración continua. Para los bosques mixtos, se siguen las opciones de mantener la masa mixta en todos los casos.

La gestión propuesta es en realidad una visión intermedia entre la gestión de encinares y la de los bosques de pino albar y pino laricio. Por ello, en el modelo hay que introducir las siguientes premisas:

- No se llega a fases de regeneración de todo el rodal. A largo plazo se apuesta por una cubierta continua, sin turnos, y llevar la estructura hacia la heterogeneidad propia de la silvicultura naturalística donde la regeneración es puntual pero continua.
- Durante las actuaciones, los pies de semilla de frondosas se valoran individualmente como elementos a mantener en la masa, por encima de la conformación de la estructura forestal.
- La regulación de la competencia se evalúa en primer lugar a nivel de cepa cuando la masa se conforma por matas de varios pies, hasta que se generalice una cierta monopodía mediante las actuaciones sucesivas.
- Se aplica una gestión adaptativa en función de la evolución de la estructura, tendiendo hacia actuaciones selectivas sobre un conjunto de árboles de futuro según se avanza hacia estructuras más heterogéneas.

De este modo, en los robledales se aplicarán resalveos, claras por lo bajo, mixtas o selectivas en función de la estructura de cada rodal, siempre con el objetivo de potenciar el desarrollo de los mejores pies de roble y de las demás especies de frondosas presentes.

Las tareas de apeo y saca deben ser lo más respetuosas posibles con el suelo y la vegetación remanente. Se debe evitar la circulación de maquinaria por dentro de los rodales.

4.2. Objetivos específicos y operativos

Siguiendo la jerarquía de objetivos propuesta por EUROPARC-ESPAÑA (2013), la Tabla 2 muestra los objetivos establecidos para el diseño de las actuaciones en cada rodal. Los objetivos operativos actúan de enlace entre los modelos selvícolas que guían la gestión y las próximas actuaciones a realizar en cada rodal, introduciendo las necesidades derivadas de las funciones principales y su compatibilización. Se completa así la descripción de la gestión de referencia a implementar con las actuaciones.

Tabla 2. Correspondencia de objetivos generales, específicos y operativos para la planificación de actuaciones.

Objetivo general	Objetivos específicos	Objetivos operativos
Conservación de los valores de biodiversidad	Mantener los elementos de valor para la biodiversidad	Incluir en las actuaciones selvícolas la identificación de los elementos de valor (madera muerta, árboles portadores de microhábitats, pequeños espacios abiertos, afloramientos de agua o rocas...) y su conservación
	Aumentar la heterogeneidad estructural en cuanto a tamaños y especies presentes	Realizar actuaciones selvícolas de regulación selectiva de la competencia sobre un conjunto de árboles de futuro (a definir para cada rodal) y sin un patrón espacial definido
	Aumentar la resistencia ante riesgos naturales	Realizar actuaciones selectivas y suaves sobre el dosel arbóreo dominante para heterogeneizar la estructura forestal en los rodales más expuestos a los riesgos abióticos
Mantenimiento de las funciones ecosistémicas	Mejorar la adaptación de los bosques al cambio climático	Realizar actuaciones selvícolas de regulación de la competencia entre árboles y con el matorral
		Realizar actuaciones selvícolas de regulación de la competencia entre pies de la misma cepa
	Aumentar la resiliencia de los bosques frente a perturbaciones naturales	Fomentar los pies de semilla de especies frondosas
		Promocionar las quercíneas en el dosel arbóreo en rodales dominados por pinaster
	Aumentar la diversidad de especies	Favorecer las especies acompañantes
Protección del suelo y prevención de la erosión	Asegurar la persistencia de la cubierta forestal	Sin actuaciones selvícolas durante el período de planificación
Prevención de incendios forestales	Generar y mantener estructuras menos vulnerables a los fuegos de copas	Actuaciones de mejora de la estructura en los rodales determinados por la planificación estratégica de prevención de incendios forestales
Compatibilización del uso público recreativo y terapéutico	Mejorar la estructura forestal de los rodales con concentración de personas	Actuaciones de mejora de la estructura en los rodales con puntos de concentración de personas

Como resultado final, el proyecto de ordenación de los montes de Poblet y Comellàs prevé actuar en 142 rodales y 883 ha en los próximos 15 años, con una movilización estimada de unos 35.000 m³ de madera y leña, con la consiguiente cadena de valor asociada caracterizada por la sostenibilidad de la producción y el circuito económico arraigado en el territorio.

5. Discusión

Teniendo en cuenta el contexto socioeconómico y normativo actual, todas las actuaciones de gestión forestal que se realicen en los montes de Poblet y Comellàs deben garantizar la mejora y la conservación del espacio. Es por ello que los modelos selvícolas de referencia desarrollados son un marco adecuado para la planificación, ya que las actuaciones definidas mejoran la estabilidad y

vitalidad colectiva e individual de la masa y, al mismo tiempo, dinamizan la regeneración para generar y mantener estructuras heterogéneas más equilibradas y con mayor diversidad estructural y de composición específica.

Esta visión de la gestión se dirige particularmente a los objetivos generales de Conservación de los valores de biodiversidad y Mantenimiento de las funciones ecosistémicas. Sin embargo, pueden existir situaciones puntuales de rodales con estos objetivos que requieran una gestión basada en generar y mantener estructuras más regularizadas, como en el caso de compatibilización con objetivos de Prevención de incendios forestales o de Uso público recreativo. Por último, para el objetivo de Protección del suelo y prevención de la erosión, la visión de gestión se centra en evitar la alteración de los elementos que le dan estabilidad proponiendo la no intervención si no existen otros riesgos más elevados que requieran realizar actuaciones.

Este enfoque se ha demostrado adecuado para la planificación forestal en espacios naturales protegidos, aunque la efectiva multifuncionalidad de la silvicultura propuesta debe permitir su aplicación en otros entornos donde los objetivos de gestión pueden tener una componente más explícita de obtención de bienes comercializables.

Respecto a la composición específica, factor determinante en la adaptación al cambio climático, se espera que la dinámica natural regule la presencia y proporción de especies en función de las perturbaciones tanto naturales como de las posibles actuaciones selvícolas. Además, aunque las especies principales sigan siendo dominantes en el dosel arbóreo, es deseable una elevada diversidad de especies, por lo que las actuaciones selvícolas deben respetar y, si es posible, fomentar la diversidad. En el caso de tener hábitats forestales de interés comunitario prioritario, como los bosques de pino laricio o los caducifolios mixtos de laderas abruptas o barrancos del Tilio-acerion presentes en Poblet y Comellàs, hay que poner atención para mantenerlos en condiciones adecuadas de composición y estructura.

Cuando se observa una clara dominancia de pies de rebrote en las frondosas presentes, como es de esperar en bosques mediterráneos con larga tradición de gestión forestal para la obtención de leñas, carboneo y otros combustibles, una de las estrategias de adaptación al cambio climático pasa por el fomento de los pies de semilla, especialmente en masas conformadas como matas de quercíneas con gran cantidad de pies por cepa. En estos casos, el objetivo es fomentar estructuras más diversas y heterogéneas con una correcta dosificación de la competencia sin forzar intencionadamente la conversión de rebrote a semilla.

Una vez realizada la planificación operativa, es importante concretar una serie de indicadores que permitan valorar los resultados de las actuaciones ejecutadas, así como evaluar en qué grado se han alcanzado los objetivos operativos y específicos establecidos. El seguimiento de estos parámetros es primordial en la gestión adaptativa, puesto que la evolución determinará las modificaciones necesarias a introducir en las siguientes planificaciones para avanzar hacia los objetivos generales, en los diferentes niveles de definición de la silvicultura y en los modelos selvícolas de referencia.

6. Conclusiones

En el proceso de desarrollo de modelos selvícolas basados en la silvicultura naturalística para establecer la gestión forestal de este espacio natural protegido en el contexto mediterráneo, con objetivos explícitos de conservación de la biodiversidad y adaptación al cambio climático, ha quedado patente la necesidad de atender específicamente a los retos particulares del monte mediterráneo (propios y de contexto) a la hora de aplicar y concretar los Principios de la Silvicultura Naturalística. Sin duda, esta corriente de gestión forestal goza de muchas más experiencias y

lecciones aprendidas en otros ecosistemas forestales, como los alpino-pirenaicos o los centroeuropeos, por lo que se hace necesario implementar diferentes casos de estudio en entornos mediterráneos.

La divulgación de las diferentes experiencias, desde las escalas estratégicas a las operativas y al seguimiento de la respuesta del bosque, incluyendo también aquellos casos con resultados diferentes a los deseados, contribuirá al desarrollo de esta disciplina en el monte mediterráneo. Esto permitirá maximizar sus virtudes en la gestión forestal multifuncional, incluso en espacios protegidos o con demandas diferentes de las meramente productivas.

Los modelos selvícolas expuestos en este trabajo pueden servir de referencia para la gestión en otros montes mediterráneos con una adecuada contextualización a las condiciones propias, las formaciones forestales presentes y las funciones demandadas.

7. Agradecimientos

Agradecemos el trabajo de campo realizado por Eduard Busquets, Sònia Navarro, Mauro Iacono, Matheus Soares, Serena Buscarini y Marta Codina durante las tareas de elaboración del proyecto de ordenación de Poblet y Comellàs. Agradecemos las discusiones sobre silvicultura naturalística en el contexto mediterráneo mantenidas con diferentes personas interesadas en este campo, especialmente Francisco Cano, Jesús Garitacelaya, Lluís Coll y Pau Vericat.

8. Bibliografía

BELTRÁN, M.; CANO, F.; GARITACELAYA, J.; PIQUÉ, M.; 2020. Manual de gestión naturalística de los bosques de coníferas de Pirineos. Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya. 112 p. Solsona.

BELTRÁN, M.; VERICAT, P.; PIQUÉ, M.; CERVERA, T.; 2012. Models de gestió per als boscos de pinassa (*Pinus nigra* Arn.): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 152 p.

EUROPARC-ESPAÑA; 2013. Proyectos de ordenación de montes: Herramientas para la conservación en los espacios protegidos. Ed. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales. 80 p. Madrid.

HÖLTERMANN, A.; 2020. Forests under a changing climate: increasing adaptability and resilience through more diversity and heterogeneity. En: KRUMM, F.; SCHUCK, A.; RIGLING, A. (eds), 2020: How to balance forestry and biodiversity conservation – A view across Europe. European Forest Institute (EFI); Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). 644 p. Birmendorf.

PALERO, N., BUQUERAS, X., SABATER, A., BELLOT, J.; 2019. Silvicultura adaptativa de l'alzinar al barranc monitoritzat de la Teula i ús del desembosc per canals. A: Tusell, JM., Beltrán, M. (eds.). XXXVI Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Consorci Forestal de Catalunya. Pp: 14-22.

PIQUÉ, M.; BELTRÁN, M.; VERICAT, P.; CERVERA, T.; FARRIOL, R.; BAIGES, T.; 2011. Models de gestió per als boscos de pi roig (*Pinus sylvestris* L.): Producció de fusta i prevenció d'incendis forestals. Sèrie: Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 186 p.

PIQUÉ, M.; VERICAT, P.; BELTRÁN, M.; 2017. Resource communication. ORGEST: Regional guidelines and silvicultural models for sustainable forest management. Forest Systems, 26 (2).

PRO SILVA EUROPE; 2012. Pro Silva Principles. Association of European foresters practising management which follows natural processes. 67 p. France.

VERICAT, P., PIQUÉ, M., BELTRÁN, M., CERVERA, T. ; 2011. Models de gestió per als boscos d'alzina (*Quercus ilex* subsp. *ilex*) i carrasca (*Quercus ilex* subsp. *ballota*): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. Barcelona. 166 p.

VERICAT, P.; PIQUÉ, M.; BELTRÁN, M.; CERVERA, T.; 2012. Models de gestió per als boscos de roure de fulla petita (*Quercus faginea*) i roure martinenc (*Quercus humilis*): Producció de fusta i prevenció d'incendis forestals. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 181 p.

VERICAT, P.; PIQUÉ, M.; BELTRÁN, M.; CERVERA, T.; 2014. Models de gestió per a les plantacions de coníferes: producció de fusta. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 45 p.