



XXXVIII JORNADAS TÉCNICAS SILVICOLAS

EMILI GAROLERA

16 de abril - 4 de junio
de 2021



CONSORCI FORESTAL
DE CATALUNYA

DANDO VALOR
AL BOSQUE



Edita: Consorci Forestal de Catalunya

Coordinación de las jornadas y del libro:

Josep M. Tusell - Ingeniero de Montes, CFC

Mario Beltrán - Ingeniero de Montes, CTFC

Adrián Monserrate - Ingeniero de Montes, CFC

Diseño y maquetación: MHÀ, estudi gràfic

ISBN: 978-84-09-31651-9

DL: GI 852-2021

Edición: mayo 2021

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

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

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



6

JORNADA 6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Introducción: el proyecto LIFE MixForChange y las áreas de trabajo

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

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

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

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

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



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



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

Descripción general de la silvicultura MixForChange

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

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

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

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



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

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

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



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

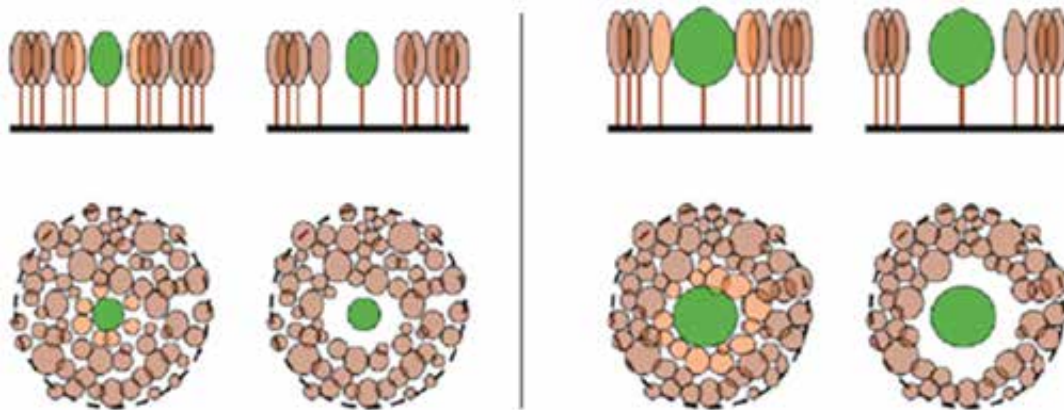


Figura 1. Esquema de apertura progresiva del espacio de crecimiento de un árbol seleccionado, como ejemplo de la silvicultura de árbol individual. Figura de Mori y Pelleri, 2014

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

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

Caracterización de las intervenciones silvícolas MixForChange

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

Balance económico de las intervenciones respecto a la silvicultura tradicional

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

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

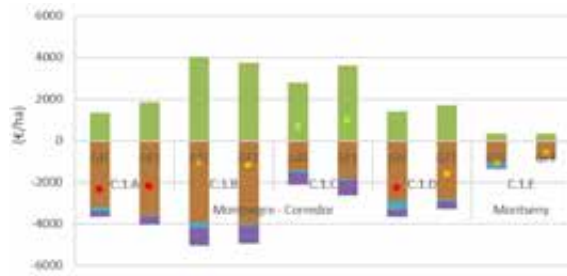
Formación	Tipos de masa	Modelo ORGEST	Tratamientos específicos, además de los generales*	Cifras de la intervención	
				Densidad (pies/ha)	AB (m ² /ha)
Encinar	Mixto, irregular, muy capitalizado (AB 30-40 m ² /ha)	Qii04, QiiPL3	Cortas de selección en encina (CD20-30), eliminando pies de gran copa, pero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

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

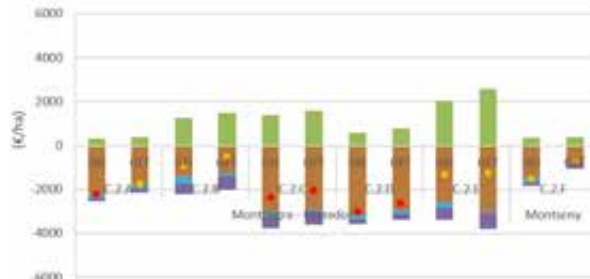
- A nivel global, ni la GFI ni la GFT no son económicamente sostenibles. Ambos tipos de gestión dan lugar a balances negativos, con valores medios de entre 600 y 1.800 €/ha según la zona de estudio y tipología de bosque. La GFI da lugar a resultados económicos parecidos a los de GFT en los rodales más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

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

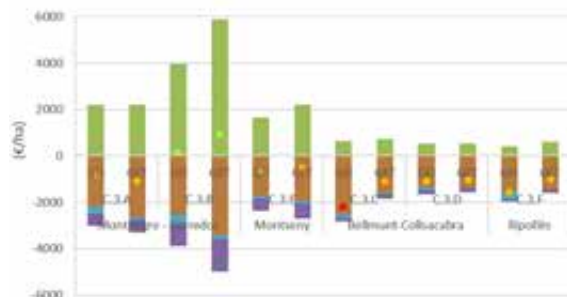
Encinares



Castañar



Robledales



Pinares

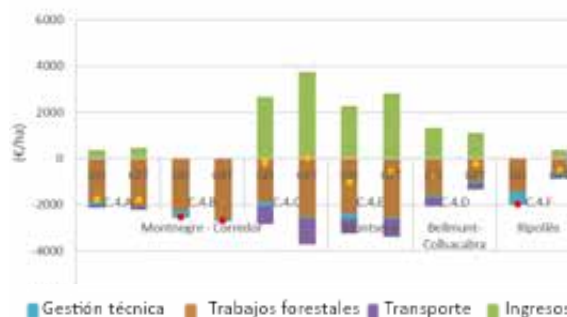


Figura 2. Balance económico de la aplicación de una gestión forestal tradicional (GFT) e innovadora (GFI) en diferentes tipos de rodales, por tipología de bosque, en rodales representativos del Montnegre-Corredor. Los puntos dentro de cada columna indican el balance económico de la intervención: positivo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

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

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

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

Retos para la adopción de esta silvicultura

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

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

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

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

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

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



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

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

Conclusiones

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

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

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

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

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

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

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

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

Agradecimientos



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

PRODUCTOS DISPONIBLES DEL PROYECTO LIFE MIXFORCHANGE

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

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

Está previsto, además, editar durante 2021 dos guías:

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

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

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

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

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

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

Piqué, M., Castellnou, M., Valor, T., Pagés, J., Larrañaga, A., Miralles, M., Cervera, T. 2011. Integració del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades. Sèrie: Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya (OR-GEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 130 pp.

Referencias

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

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

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



Organiza:



Colaboran:



Col·legi Oficial d'Enginyers
de Forests a Catalunya



Patrocinen:

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

 Centre de la Propietat
Forestal

 Diputació de Lleida

PLA ANUAL 2021
DE TRANSFERÈNCIA TECNOLÒGICA



FUSTES JANÉ, SL
www.fustesjane.com



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

