



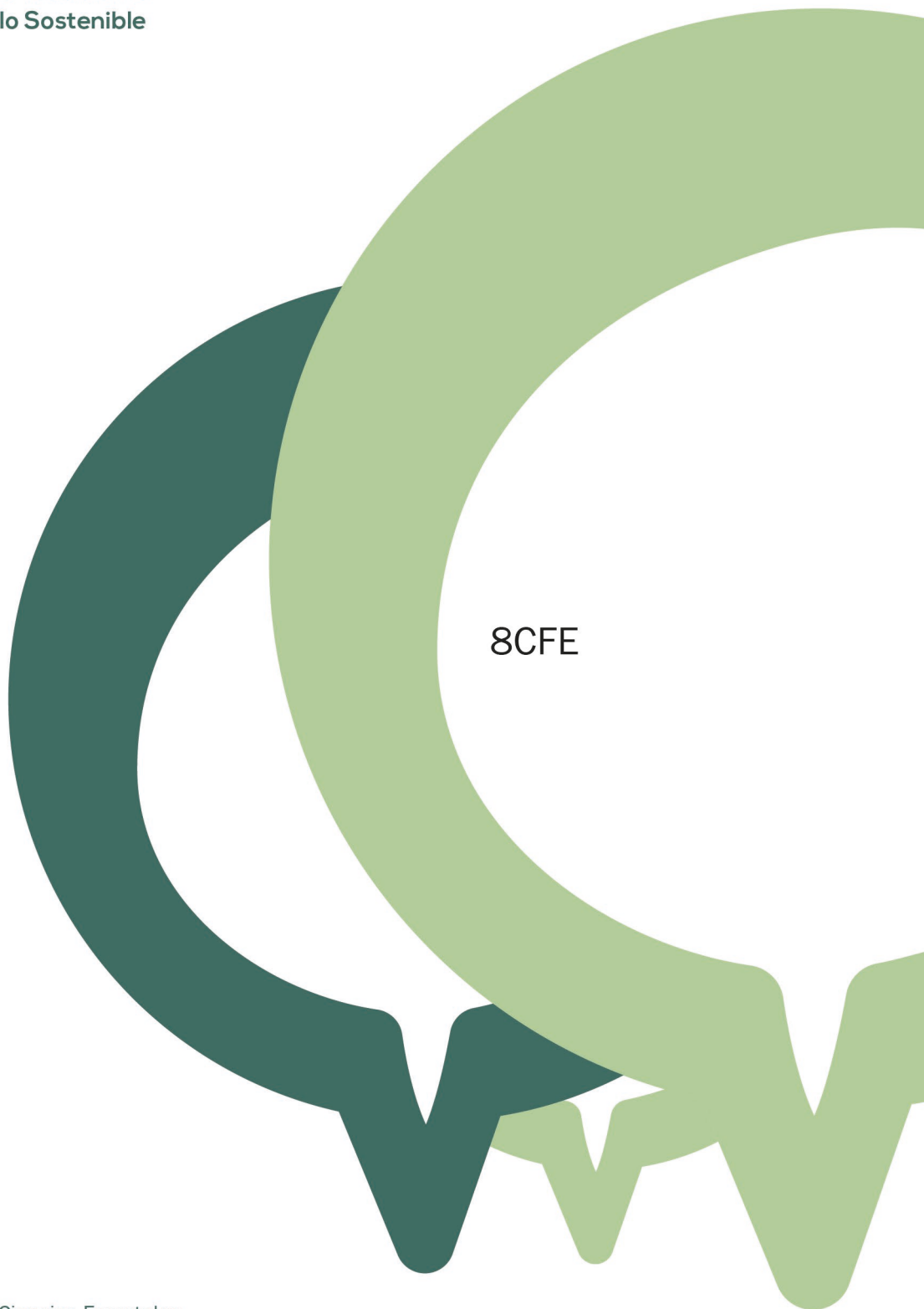
2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · 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



Evaluación económica de la silvicultura adaptativa al cambio climático en bosques mediterráneos subhúmedos catalanes

GUITART, L.¹, ROSELL, M.¹, COELLO, J.², PIQUÉ, M.², PALERO, N.³, VIGUÉ, J.⁴.

¹ Associació de Propietaris Forestals del Montnegre i el Corredor (APMC).

² Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).

³ Centre de la Propietat Forestal (CPF).

⁴ Associació de Propietaris Forestals de Serra de Bellmunt-Collsabra (APFSBE).

Resumen

El bosque mediterráneo subhúmedo catalán presenta una alta productividad, pero frecuentemente también limitaciones (baja estabilidad, vitalidad y rentabilidad), que pueden verse empeoradas por el cambio climático. El proyecto LIFE MixForChange pretende mejorar la adaptación de estas masas al cambio climático mediante la implementación de una gestión forestal innovadora (GFI) que promueve la complejidad en especies y estructuras incorporando principios de silvicultura naturalística. Este trabajo evalúa económicamente una primera aplicación de GFI comparada con una intervención de gestión forestal tradicional (GFT) en 34 rodales mixtos (161 ha) de encinar, castañar, robledal y pinar, en cuatro macizos catalanes. Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de ambos tipos de silvicultura no es sostenible económicamente, especialmente en castañares y pinares con productos de bajo valor (-1.500 a -2.100 €/ha). En masas capitalizadas ($AB > 32 \text{ m}^2/\text{ha}$ y $Dg > 20 \text{ cm}$), los balances son menos negativos (-400 a -780 €/ha), siendo similares en ambas gestiones, incluso favorables a la GFI. En la GFI, la mayor diversidad de productos y el menor coste de los tratamientos compensan el menor volumen obtenido y el mayor esfuerzo de marcaje/formación. Se espera que la aplicación continuada de GFI permita incrementar la producción de piezas de alto valor y mejorar la rentabilidad.

Palabras clave

Silvicultura árbol individual, diversificación productos, frondosas de alto valor, bosques mixtos, economía, rentabilidad.

1. Introducción

Los bosques mixtos mediterráneos subhúmedos (BMMS) son un ecosistema de gran singularidad e importancia. Las condiciones climáticas en las que se encuentran (temperaturas suaves y precipitaciones relativamente elevadas) permiten la presencia de una gran diversidad de especies, especialmente de frondosas. Este tipo de bosque se localiza en las zonas de montaña litorales y prelitorales desde el NE de la Península Ibérica, extendiéndose hasta el SE de la costa adriática de los Balcanes.

Pese a su diversidad y productividad, muchos de estos bosques presentan una estructura y composición específica muy simplificadas, derivadas de la gestión forestal predominante desarrollada las últimas décadas, que ha tendido a centrarse en productos de bajo valor añadido de una única especie: especialmente, leña de encina y roble o piezas de castaño de pequeñas dimensiones.

Además, muchas de estas masas presentan una densidad excesiva debido a una falta de gestión forestal ligada a la baja rentabilidad económica de estos bosques. Como resultado, las masas actuales se suelen caracterizar por problemas de vitalidad y estabilidad, siendo muy vulnerables a perturbaciones. Asimismo, muchos de estos bosques se localizan en zonas

periurbanas donde el riesgo de incendios forestales se ve incrementado, estando además sujetos a fuertes presiones sociales (frecuentación) y demandas (agua, paisaje, biodiversidad, etc.).

Las previsiones climáticas para las próximas décadas pronostican un incremento de las temperaturas y también de la frecuencia e intensidad de episodios de sequía y tormentas. En este contexto, las problemáticas mencionadas de los BMMS pueden verse agravadas, con un fuerte impacto sobre sus valores y funciones. No obstante, estos bosques mixtos (con mezcla de diferentes especies forestales) o incipientemente mixtos, representan una oportunidad para avanzar hacia un mayor grado de diversidad del bosque y de adaptación a los impactos del cambio climático. Para ello, es necesario desarrollar una silvicultura que fomente la vitalidad, la complejidad estructural y la diversidad de especies, lo que permitiría aumentar la resistencia y resiliencia a perturbaciones además de incrementar la variedad de productos del bosque, muchos de ellos de alto valor añadido como los planifolios de alto valor.

El proyecto LIFE MixForChange (LIFE15 CCA/ES/000060; 2016-2022) pretende fomentar la adaptación de los BMMS al cambio climático promoviendo su conservación y manteniendo sus funciones productivas, ambientales y sociales. Para ello, una de sus acciones principales ha sido la implementación de una gestión forestal innovadora (GFI) en 39 rodales (197 ha) de BMMS dominados por encina (*Quercus ilex subsp ilex*), castaño (*Castanea sativa*), robles (*Quercus pubescens*, *Q. canariensis*, *Q. petraea*), y el pino (*Pinus sylvestris*, *P. pinea*), en cuatro macizos catalanes distintos (Montnegre-Corredor, Montseny, montes del Ripollès y Bellmunt-Collsabra), evaluando su impacto a nivel ecológico y económico.

Este trabajo se centra en la evaluación del impacto económico de GFI, comparándola con una intervención de gestión forestal tradicional (GFT) en términos de ejecución de las actuaciones y generación de productos.

2. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es evaluar el impacto económico, en términos de costes de ejecución de las actuaciones e ingresos por la generación de productos, de una primera aplicación de GFI en 34 rodales de BMMS dominados por encina, castaño, roble y pino ubicados en cuatro macizos catalanes, comparándola con una aplicación hipotética de GFT en estos mismos rodales.

3. Metodología

3.1. Descripción de los modelos selvícolas comparados

3.1.1. La gestión forestal innovadora (GFI)

La GFI se basa en los principios de "*continuous cover system*" (cubierta forestal continua) y "*close-to-nature silviculture*" (silvicultura cercana a la naturaleza o naturalística) donde se realizan intervenciones de baja intensidad buscando promover las estructuras multiestratificadas y el aumento de la presencia de especies esporádicas (ej. cerezo, serbal, mostajo, fresno, arce, orón, etc.). La gestión a nivel de masa se basa en generar o mantener una estructura irregular o semirregular, según el caso, que permita aumentar la complejidad del bosque disminuyendo la densidad de forma moderada, regulando el estrés hídrico y seleccionando los pies más vigorosos y vitales que puedan ser más resistentes a patógenos y a la sequía. En este tratamiento de masa se incorporan criterios de silvicultura orientada al árbol individual ("*single-tree oriented silviculture*") buscando favorecer los pies más interesantes a nivel de productividad o de biodiversidad. Una vez identificados los árboles de alto interés (a promover), se actúa eliminando progresivamente sus competidores a nivel de copa (generalmente árboles codominantes), manteniendo en pie aquellos

árboles del estrato inferior o de servicio, los cuales ayudan a guiar el tronco del árbol objetivo y lo protegen de la insolación. En resumen, los tratamientos que definen la GFI son:

- Estrato arbóreo: entresaca o clara selectiva a nivel de masa incorporando criterios de selvicultura de árbol. Resalveo de frondosas con varios rebrotes por cepa.
- Estrato arbustivo: desbroce selectivo con el objetivo de favorecer especies de alto valor para la biodiversidad y modificar la estructura del combustible (rotura de la continuidad vertical) para reducir la vulnerabilidad ante incendios y sequía. Resalveo de brezo y madroño de porte arbóreo.
- Plantaciones de enriquecimiento en zonas de escasa cobertura arbórea y condiciones adversas. Las plantaciones incluyen una gran diversidad de especies y grupos funcionales (coníferas y frondosas).

Se dan más detalles sobre la gestión innovadora aplicada y las zonas de estudio en otras comunicaciones presentadas en este Congreso: “Selvicultura adaptativa con criterios de árbol individual: resultados de aplicación y protocolo de clasificación visual de la calidad de la madera en pie de frondosas de alto valor” (Coello et al, 2021) y “Gestión adaptativa y naturalística en bosques mixtos mediterráneos subhúmedos de Cataluña: caracterización de los tratamientos y evaluación selvícola” (Collado et al, 2021).

3.1.2. La gestión forestal tradicional (GFT)

La GFT se define como aquella aplicada habitualmente en cada zona de estudio y tipología forestal. La GFT consiste normalmente en cortas de mayor intensidad que la GFI, centradas en la obtención de un solo producto (generalmente leñas, biomasa o sierra para embalajes). Los tratamientos se realizan a nivel de masa con el objetivo de reducir la competencia existente, seleccionando y/o aprovechando los pies más productivos. No se aplican criterios de selvicultura de árbol individual y tampoco se fomenta la presencia de frondosas esporádicas. La promoción de un solo producto da lugar a masas más simplificadas (a nivel de estructura y de especies) donde predominan individuos de rebrote. En resumen, los tratamientos que definen la GFT son:

- Estrato arbóreo: entresaca o clara selectiva de intensidad moderada o intensa. En el caso de los castañares que han llegado a final de turno, se realizan cortas a matarrasa (Ej. Montseny). En los pinares de Bellmunt y Ripollès se plantea un aprovechamiento de los mejores pinos (huroneo).
- Estrato arbustivo: desbroce sistemático. Se actúa sobre el 100% de las especies arbustivas dejando algunos pies puntuales de arbustos menos pirófitos o de interés productivo como el madroño. En casos ya transitables y/o rodales de baja productividad, no se realiza desbroce (ej. encinares del Montseny y pinares de Bellmunt-Collsabra y Ripollès).
- Plantaciones en zonas de escasa cobertura arbórea de una o dos especies generalmente coníferas y/o quercíneas en zonas donde se ha realizado un desbroce sistemático.

3.2. Evaluación económica: indicadores considerados

En la Tabla 1 se recoge la superficie y la cantidad de rodales ejecutados evaluados en este trabajo (34 de los 39 rodales totales) según la formación forestal y los macizos implicados. La implementación de la GFI se ha realizado a través de marcaje y seguimiento de las actuaciones por parte del equipo técnico del proyecto. En general, en todos los macizos se procedió a un marcaje total excepto en el Montnegre-Corredor donde se realizó el marcaje en una zona representativa (debido a problemas de transitabilidad) y se concentraron los esfuerzos en la formación de los trabajadores.

Tabla 1. Distribución de la superficie de los rodales GFI ejecutados según macizo y formación forestal (entre paréntesis número de rodales).

| Macizos | Encinares | Castañares | Robledales | Pinares | Total |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Montnegre-Corredor | 25.1 (5) | 21.2 (12) | 10.5 (4) | 20.1 (4) | 77.0 (25) |
| Montseny | 6.5 (1) | 6.9 (1) | 4.8 (1) | 8.8 (1) | 27.0 (4) |
| Ripollès | - | - | 8.3 (1) | 1.2 (1) | 9.5 (2) |
| Bellmunt-Collsabra | - | - | 32.3 (2) | 15.4 (1) | 96.6 (3) |
| TOTAL | 31.6 (6) | 28.1 (13) | 55.9 (8) | 45.5 (7) | 161.1 (34) |

Las actuaciones se desarrollaron durante las paradas vegetativas de 2017-2018 y 2018-19 excepto las plantaciones de enriquecimiento realizadas en dos rodales de pinares del Montnegre-Corredor la primavera del 2019. La aplicación de la GFI afectó a 18 propiedades forestales situadas en 11 municipios distintos e implicó a un total de 12 empresas de trabajos forestales, 3 entidades encargadas del seguimiento técnico, 9 empresas de transporte y 26 industrias forestales, cada una de ellas conocedoras de la zona de estudio dónde se encuentran. A nivel de ejecución de trabajos, intervinieron 84 trabajadores forestales y 9 técnicos de seguimiento.

La evaluación del impacto económico se realiza a través de una serie de indicadores a los que se asocian datos extraídos de los resultados de la implementación de la GFI en 34 demostrativos, así como los resultados de una hipotética implementación de la GFI en los mismos rodales (Tabla 2). Además de la evaluación del impacto económico se realiza una evaluación de las características selvícolas y del trabajo ejecutado en ambos tipos de tratamientos, así como una valoración de la aplicabilidad práctica de la GFI desde el punto de vista de las cuadrillas de trabajadores forestales.

La toma de datos se desarrolla a través de encuestas y fichas estándar y replicables, cumplimentadas durante la ejecución de las intervenciones y al finalizar las mismas a partir de información proporcionada por la totalidad empresas ejecutoras de los trabajos forestales (12), y los técnicos de seguimiento y gestión (9).

Tabla 2. Indicadores socioeconómicos para la evaluación del impacto derivado del producto.

| Indicador | Datos |
|--|--|
| Evaluación técnica | |
| Trabajo ejecutado | Rendimientos de las cuadrillas forestales (jornales/ha) Rendimientos de los técnicos de seguimiento (jornales/ha) |
| Resultados técnicos | Variables dasométricas (AB, densidad y Dm) Aplicabilidad de las actuaciones |
| Evaluación el impacto económico | |
| Costes | Coste de los trabajos forestales por tipología (€/ha) Coste de la gestión técnica por tipología (€/ha) Coste del transporte (€/ha) |
| Ingresos | Tipología de productos Precio del producto (€/tn) |
| Movilización de producto | Tipología de productos Cantidad de producto extraído (tn/ha) Distancia a la industria de destino |

El impacto económico se analiza desde el punto de vista de: la ejecución de actuaciones, considerando tanto los costes como las características del desarrollo de las actuaciones; y generación de producto, incluyendo movilización y comercialización. No se tiene en cuenta el valor económico derivado del impacto de los servicios ecosistémicos proporcionados por del desarrollo de las actuaciones.

3.2.1. Análisis de costes y desarrollo de las actuaciones realizadas

En primer lugar, los costes de las actuaciones realizadas se calculan en base al coste de ejecución (mano de obra, maquinaria, otros costes) y de planteamiento y seguimiento (señalamiento, replanteo y control de obra). Esta información se basa en los siguientes datos:

- Rendimientos de las cuadrillas forestales (jornales/ha): se cuantifican los jornales destinados según el tipo de actuación (apilar, cortar, desbrozar, desemboscar, clasificar producto, plantación o marcaje) y la categoría del trabajador (motoserrista, peón, tractor/tractorista o autocargador) asignando a cada uno un precio (€/jornal). A partir de estos rendimientos se obtiene el coste de los trabajos forestales (€/ha).
- Rendimientos de los técnicos de seguimiento (jornales/ha): se cuantifican los jornales destinados según el tipo de actuación (acciones previas - replanteo, visitas con las empresas etc. -, marcaje, seguimiento de las actuaciones) y según la categoría del trabajador (técnico o ingeniero), asignando a cada uno un precio (€/jornal). A partir de estos rendimientos se obtiene el coste de gestión técnica (€/ha).
- Número máximo de trabajadores implicados: a nivel de cuadrillas y de técnicos.

No se tiene en cuenta el coste de los trabajos auxiliares como la mejora de los accesos, ya que dependen principalmente de las características de cada rodal y no son relevantes para comparar GFI con GFT. Los precios unitarios de los rendimientos (jornales/ha) se han establecido a partir de un valor medio de los 4 macizos con el objetivo de poder comparar los resultados entre zonas de estudio.

En el caso de la GFI los datos se extraen de la información recopilada durante el desarrollo de las actuaciones, mientras que, para la GFT, al tratarse de actuaciones hipotéticas, esta información se extrae de encuestas realizadas las cuadrillas forestales ejecutoras de los trabajos al finalizar la actuación de cada rodal, así como la experiencia de los socios del proyecto encargados del seguimiento técnico, obteniendo unos valores por comparación a las actuaciones GFI realizadas.

Respecto al desarrollo de las actuaciones, este se evalúa a partir de los siguientes datos:

- Variables dasométricas: se obtiene el área basimétrica (AB m²/ha) y la densidad (pies/ha) final para cada una de las principales especies de cada rodal (>10% AB) a partir de inventarios periciales realizados de antes y después de las actuaciones GFI. Los valores hipotéticos de GFT se obtienen de la experiencia de los socios en actuaciones similares en cada macizo.
- Viabilidad de la aplicación práctica de la GFI: desde el punto de vista de las cuadrillas forestales recogida a través de encuestas al finalizar las actuaciones.

3.2.2. Ingresos y costes asociados a la movilización y comercialización de producto

El impacto económico de las intervenciones en la generación de los productos obtenidos se evalúa nivel cuantitativo (cantidad de producto), cualitativo (tipo de productos), y de movilización. Para ello, se recogen los siguientes datos de cada rodal:

- Tipo de producto: leñas, trituración y sierra para palet. Diferenciando entre especies si la industria hace esta distinción.
- Precio del producto (€/tn) según tipo de producto y especie. Se establecen unos precios comunes para las 4 zonas de estudio calculando un valor medio según tipo de producto y especie.
- Cantidad (tn) de cada tipo de producto.
- Industria de destino: nombre y municipio de la industria para conocer la distancia que ha recorrido este producto para su transformación.
- Coste de transporte: precio del transporte hasta la industria de destino estableciendo un valor medio según producto para el conjunto de zonas de estudio.

Los datos de la GFI se obtienen de la cuantificación, clasificación y movilización de los productos obtenidos de los rodales demostrativos, mientras que en el caso de la GFT se obtiene de encuestas a las empresas ejecutoras, y personal técnico al finalizar las actuaciones por comparación con los valores obtenidos de la GFI.

Para facilitar la comparación y disminuir el número de rodales existentes, se han agrupado los rodales con características similares. Así, cada agrupación (A, B, C, etc.) integra los resultados, ponderados por superficie, de entre uno y tres rodales con características similares entre sí.

4. Resultados

A continuación, se describen los resultados más relevantes obtenidos de la evaluación técnica y económica para cada uno de los indicadores de impacto descritos en la Tabla 1.

4.1. Evaluación técnica

Indicador 1: Trabajo ejecutado

La implementación de la GFI supuso una dedicación media de 13,1 jornales/ha en los trabajos forestales y 1,6 jornales/ha en el seguimiento técnico, mientras que con la aplicación de la GFT los rendimientos mejoran, reduciendo un 10% el tiempo dedicado a los trabajos forestales (11.9 jornales/ha) y un 60% el seguimiento técnico (0.5 jornales/ha). Sin embargo, estos valores difieren según la formación forestal y, sobre todo, según la zona de estudio debido a sus particularidades (ej. densidad y composición del sotobosque, orografía), especialmente en el caso de los trabajos forestales. Así, los macizos con rendimientos de trabajos forestales más dispares son el Montnegre-Corredor (18,4 jornales/ha) del Ripollès (9,7 jornales/ha).

Indicador 2: Resultados técnicos

Antes de las intervenciones, los rodales presentaban una estructura muy simplificada y centrada en clases diamétricas intermedias (20 cm), una fuerte continuidad horizontal y vertical de combustible y rebrotes poco vigorosos.

La GFI da lugar a masas más estratificadas, discontinuas horizontal y verticalmente, con una reducción del área basal generalmente de entre el 15 y el 30% y con una más alta proporción de frondosas esporádicas y de especies poco representadas. Además, se prevé que la generación de aperturas derivadas de la extracción de pies codominantes favorezca el desarrollo de frondosas y fomente la regeneración incipiente. En cuanto al estrato arbustivo se reduce desde un 40-100% inicial hasta un 15-50% final (en función de la composición y la transitabilidad) actuando especialmente sobre los matorrales de más de 1,3 m de altura de las especies pirófitas, abundantes y con bajo interés para la biodiversidad (no productoras de refugio o fruto).

La GFT, por el contrario, da lugar a una mayor reducción de área basimétrica (AB), generalmente entre 25-50%. En los castañares, donde en algunos rodales se aplica una corta a hecho, esta reducción puede llegar al 85%. La reducción de AB también suele ser más alta en los pinares, debido a la extracción de pinos de gran tamaño. Respecto a la proporción de frondosas esporádicas, con la aplicación de la GFT se ve disminuida ligeramente respecto a la situación inicial. En cuanto al estrato arbustivo, la aplicación de un desbroce sistemático reduciría la cobertura de sotobosque inicial del 40-100% al 10-15%, dejando en ocasiones especies interesantes a nivel productivo como el madroño, sin tener en cuenta el interés para la biodiversidad.

A pesar de estos rasgos generales, los resultados dasométricos de la aplicación de GFI y GFT son variables dependiendo del estado inicial del rodal, la formación forestal y zona de estudio. Así, por un lado, tanto en el Ripollès como Bellmunt-Collsabra, con rodales de baja AB inicial, las actuaciones de GFT son suaves, tomando valores similares a las de GFI. En el Montseny, en cambio,

las actuaciones tanto de GFI como GFT son más intensas, éstas últimas reduciendo el AB alrededor del 45-50%. Asimismo, cabe destacar la variabilidad de la presencia de frondosas esporádicas, más abundante y diversa en los castaños del Montnegre-Corredor y los robledales del Ripollès y Bellmunt-Collsabra.

A nivel de aplicabilidad, la mayoría de cuadrillas consideran que la GFI, generalmente novedosa para ellos, es aplicable una vez aprendidos los criterios de ejecución, especialmente en el caso de los encinares (100%) y castaños (92%). En los robledales y pinares, aproximadamente el 65% de las cuadrillas consideran que se trata de tratamientos aplicables, pero con algunas limitaciones. Entre ellas, muchas cuadrillas coinciden en que la aplicación de la GFI requiere una mayor concentración (23%), especialmente en las zonas no marcadas, donde la dificultad radica en la decisión de qué árbol cortar (36%), implicando, a menudo, un aumento de tiempo en la corta (12%). Cabe decir que un 38% consideran que la aplicabilidad depende más de las características iniciales del rodal (ej. vegetación arbustiva, pendiente, etc.) que del tipo de gestión aplicada.

4.2. Evaluación del impacto económico

Indicadores 3, 4, 5: Costes, Ingresos y Balance económico

A nivel global, el **balance económico** muestra que ni la GFI ni la GFT son económicamente sostenibles (Tabla 2). En general, la GFT es más favorable, siendo de media un 2% más barata en el Montnegre-Corredor, un 40% más barata en el Montseny, un 57% más barata en el Ripollès y un 39% más barata en Bellmunt-Collsabra. Por un lado, este hecho se debe a la reducción de costes de la GFT a causa de: la mayor rapidez (o no ejecución) del desbroce; la compensación, en algunos casos, del mayor tiempo de corta y desembosque (corta de mayor cantidad de árboles) por la rapidez de decisión en la selección y menor esfuerzo en clasificación de productos; y la no necesidad marcaje y formación de los trabajadores. Por otro lado, en la GFT se produce un incremento de ingresos derivado de la obtención de una mayor cantidad de producto, aunque de bajo valor.

Tabla 3. Balance medio ponderado (€/ha) de las actuaciones según la zona de estudio, la formación forestal y la aplicación de una gestión GFI o GFT.

| Formación forestal | GFI (€/ha) | GFT (€/ha) | Diferencia GFI - GFT (€/ha) |
|----------------------------|------------|------------|-----------------------------|
| Montnegre Corredor | | | |
| Encinares | -1.180 | -1.125 | -55 |
| Castaños | -2.084 | -1.909 | -175 |
| Robledales | -772 | -840 | +68 |
| Pinares | -1.833 | -1.856 | +23 |
| Montseny | | | |
| Encinares | -1.016 | -591 | -425 |
| Castaños | -1.520 | -693 | -827 |
| Robledales | -407 | -499 | +92 |
| Pinares | -1.015 | -584 | -431 |
| Ripollès | | | |
| Robledales | -1.559 | -1.006 | -553 |
| Pinares | -1.996 | -516 | -1480 |
| Bellmunt- Collsabra | | | |
| Robledales | -1.383 | -1.053 | -330 |
| Pinares | -748 | -241 | -507 |

En la Figura 1 se muestran los balances económicos de rodales tipo, que agrupan un o varios rodales de características similares, según formación forestal, macizo y tratamiento.

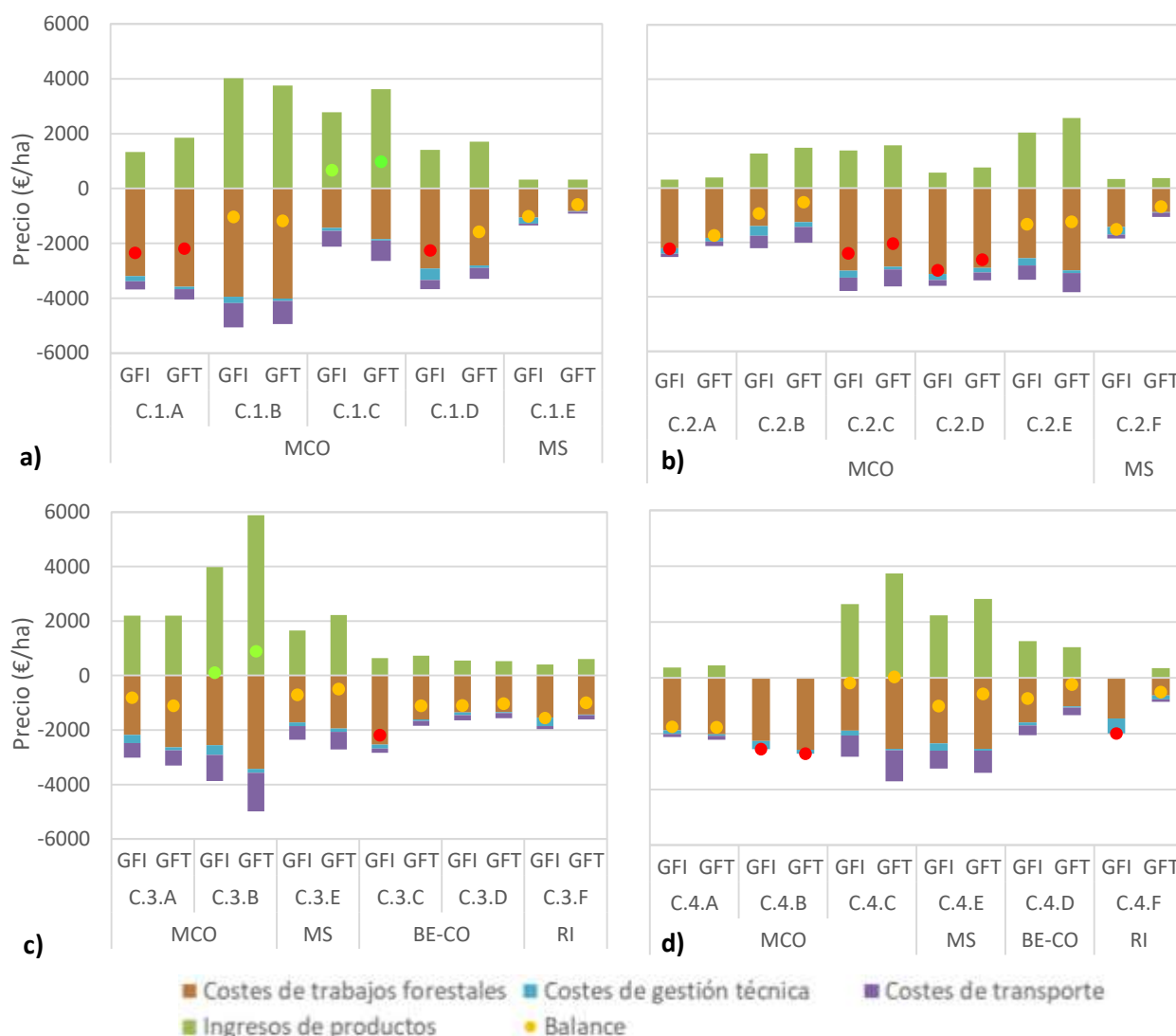


Figura 4. Costes e ingresos de la aplicación de GFI o GFT para cada formación forestal (a: encinares; b: castaños; c: robledales; d: pinares) y rodal tipo. El punto dentro de cada barra marca el balance: positivo (verde), negativo hasta -2000€/ha (amarillo) y negativo con más de -2000€/ha (rojo). MCO: Montnegre-Corredor, MS: Montseny, BE-CO: Bellmunt-Collsabara, RI: Ripollès.

Se advierte que, en general, para todas las zonas de estudio, los costes y los ingresos dependen más del estado inicial del rodal y del tipo de producto obtenido que del tipo de gestión aplicada. Así, en los rodales más desarrollados y capitalizados ($AB > 32 \text{ m}^2/\text{ha}$ y $D_g > 20 \text{ cm}$), los balances son más favorables (ej. C1C, C3B y C4C) pudiendo llegar a ser más favorable la GFI que la GFT (C3A). En estas masas es posible obtener un mayor volumen de producto, concentrado en la corta de pocos árboles más grandes, y en algunos casos, de mayor valor (ej. roble y cerezo para sierra de calidad). De esta manera, el incremento de los ingresos y el menor coste de los tratamientos (menor esfuerzo de corta) pueden llegar a compensar el coste de marcaje, formación, decisión y clasificación del producto.

En cambio, en los rodales más jóvenes o con bajas densidades, donde el volumen de producto extraído es inferior o de bajo valor, los balances son menos favorables (ej. C1A, C2D), siendo generalmente más favorable la GFT debido al menor coste de seguimiento técnico, y al mayor volumen de producto generado que produce unos mayores ingresos que la GFI. Por ejemplo,

los rodales de castaño presentan unos ingresos muy bajos debido al bajo valor del producto extraído, mayoritariamente utilizado para trituración. En el caso del rodal tipo C4B no hay ingresos al ser una zona de escasa cobertura arbórea en donde los trabajos ejecutados fueron un desbroce y una plantación de enriquecimiento. Tampoco los hay en el rodal C4F donde solo se cortaron algunos árboles muertos que se dejaron in situ.

En cuanto a los **ingresos** generados, la GFI generalmente da lugar a unos ingresos inferiores a los de la GFT (-4-33%) especialmente en los pinares del Montnegre-Corredor (-28%) o en los robledales del Ripollès (-33%) donde la cantidad de productos extraído ha sido baja y de escaso valor. En los encinares del Montnegre-Corredor y del Montseny y en los robledales de Bellmunt-Collsabra la diferencia de ingresos entre tratamientos ha sido mínima (0-4%) ya que en ambos tratamientos han extraído un volumen similar de producto, pero de dimensiones diferentes (ej. pocos codominantes en la GFI y muchos dominados en la GFT). Sólo en el caso del rodal de pino de Bellmunt-Collsabra (C.4.D) los ingresos de la GFI han sido mayores (+19%) a los de la GFT debido a que, mientras en la GFT sólo se han extraído pinos para embalaje, en la GFI se ha extraído también leñas, trituración y una pequeña parte para desenrollo.

A nivel de tipología de productos, los más abundantes en ambos tipos de gestión han sido: leñas en los encinares (90-100%) y robledales (60-70%), la sierra para palet en los pinares (40-50%) y la trituración en pinares (15-20%) y castañares (70-80%). Aunque en algunos rodales de roble (C.3.A) y de castaño (C.2.B, C.2.E) del Montnegre-Corredor se ha extraído algunos pies (generalmente de roble, castaño y cerezo) para sierra de calidad (16% del producto en robledales y 13% del producto en castañares), esta cantidad no ha sido suficiente para superar los ingresos obtenidos por la GFT en esos rodales.

Los valores de los ingresos se encuentran entre 325-3.020 €/ha para la GFI y entre 325-3.140 €/ha. Los encinares del Montnegre-Corredor, los robledales del Montnegre-Corredor y del Montseny, y los pinares del Montseny han sido las formaciones forestales que dan lugar a mayores ingresos (1.650-3.140 €/ha) debido a una mayor extracción de productos derivado del estado inicial de los rodales más capitalizados (ej. encinares C.1.B) y con productos de mayores dimensiones (ej. robledales C.3.B).

En cuanto a los **costes**, en global, la GFI da lugar a valores superiores que la GFT en todas las zonas de estudio (+14% en el Montseny, +37% en el Ripollès y +25% en Bellmunt-Collsabra) excepto el Montnegre-Corredor donde la GFI es un 6% más barata que la GFT. El valor de los costes totales se sitúa entre 1.850-4.200 €/ha en la GFI y 860-4.270 €/ha en la GFT. Los encinares, castañares y robledales del Montnegre-Corredor y los pinares del Montseny son las formaciones con mayores costes totales.

Los **costes de los trabajos forestales** son los que influyen en mayor medida a los costes totales (generalmente entre un 70-90% en ambos tipos de gestiones), especialmente los tratamientos sobre el estrato arbóreo (cortar + apilar + desemboscar) siguiendo una tendencia similar a los costes totales. Sin embargo, este hecho también depende de la formación y del estado inicial de los rodales tanto a nivel arbóreo como arbustivo. Así, los trabajos sobre el estrato arbóreo son más baratos en la GFI que en la GFT, tanto en los robledales y los pinares del Montnegre-Corredor (-25% y -18%) como del Montseny (-32% y -13%), debido a la reducción en el número de pies abatidos, que compensa los incrementos de costes de selección y clasificación de los árboles. Por el contrario, los costes de los trabajos sobre el estrato arbóreo son inferiores en la GFT en los castañares del Montseny (-38%), donde se realiza una corta a matarrasa (más rapidez de ejecución), y los robledales y pinares de Bellmunt-Collsabra (-4% y -18% respectivamente) donde en la GFT sólo se cortan los árboles de más interés comercial.

A nivel arbustivo, el desbroce selectivo de la GFI, en general, supone un coste más alto (+12% Montnegre-Corredor, +38% en el Montseny, +77% en el Ripollès y +26% en Bellmunt-Collscabra) que el desbroce total o inexistente de la GFT, ya que implica un mayor tiempo para la realización de la selección. Sólo en el caso de los pinares del Montnegre-Corredor, el desbroce de la GFI es más barato (-4%) debido a la gran abundancia de sotobosque y la mayor cantidad de restos que supondría un desbroce total. En el caso del Montseny, no se observan diferencias entre ambos tipos de gestión en los robledales y pinares debido a que el sotobosque es poco leñoso y la aplicación de la GFI es más rápida.

En resumen, los costes totales de los trabajos forestales son muy variables y, a menudo, dependen más del estado inicial del rodal que de la formación o el tratamiento, tomando valores de 1.050-3.330 €/ha en la GFI y 630-3.500 €/ha en la GFT). Los costes son mayores en la zona del Montnegre-Corredor debido principalmente a su complicada orografía (fuertes pendientes) y un sotobosque muy denso e intransitable que dificultan el paso de los trabajadores y empeora los rendimientos.

En cuanto a los **costes de gestión técnica**, la GFI es un 51-83% más cara que la GFT en el total de formaciones y zonas de estudio, si bien este coste supone tan solo el 5-26% de los costes totales en la GFI (105-540 €/ha) y el 1-16% en la GFT (25-145 €/t). Este hecho es debido a la necesidad de marcaje, seguimiento y formación de los trabajadores. Mientras que en los robledales del Montseny los costes de gestión de la GFI son sólo un 13% más altos, en los robledales del Ripollès y en los castañares del Montseny, con mayor cantidad de árboles de alto valor a liberar, es donde los incrementos son mayores (93 y 91% respectivamente).

Estos costes de gestión se encuentran repartidos entre el seguimiento de las actuaciones y el marcaje de manera muy variable. Así, mientras que en el Montnegre-Corredor, donde el marcaje sólo se realizó en una zona representativa, el seguimiento de las actuaciones supuso entre un 64-80% y el marcaje sólo un 5-28% del total; en los castañares del Montseny y los robledales del Ripollès, el marcaje supuso un 50 y un 33% del total.

Por último, los **costes de transporte** se encuentran ligados a la cantidad (t/ha) de producto extraído por cada zona y formación. De esta manera, los costes de la GFI son 3-32% más baratos que la GFT ya que las cantidades extraídas son más bajas. Los costes de transporte suponen un 5-23% de los costes totales tanto en la GFI (65-645 €/ha) como en la GFT (65-790 €/ha), dependiendo de la cantidad de producto extraído.

Indicador 6: Movilización del producto

La aplicación de la GFI ha generado una media de 21,9 tn/ha de madera mientras que la GFT genera una media de 26,2 tn/ha (+16%). Sin embargo, la extracción de producto es muy variable según el estado inicial de los rodales, formación forestal y zona de estudio. Así, en el Montnegre-Corredor, donde los rodales se encontraban más capitalizados la extracción de producto es de 37,4 t/ha en la GFI y 47,8 en la GFT, mientras en Bellmunt-Collscabra (20,0 t/ha en la GFI y 15,5 t/ha en la GFT) y en el Ripollès (4,0 t/ha en la GFI y 9,3 t/ha en la GFT) los valores extraídos son mucho más bajos, este último debido al estado inicial del rodal (bajas densidades de árboles jóvenes).

La mayor parte de industrias se encuentran a menos de 30 km de los rodales. Las más alejadas suelen ser las industrias de sierra para palet o trituración (45 - 100 km), mientras que las industrias de leñas (normalmente más abundantes) se suelen encontrar más cercanas a los rodales (menos de 20 km). Los productos derivados de la aplicación de la GFI como algunas las frondosas para sierra (90 km) o el desenrollo (70 km) también tienen destinos más alejados de los rodales. Sin embargo, en algunos casos como el Montnegre-Corredor, existen opciones de comercialización a pequeña escala en destinos cercanos (ej. artesanos, carpinteros, etc.). El Montnegre-Corredor y el

Ripollès son las zonas con industrias más cercanas (menos de 20 km), especialmente la de las leñas (5 km). En Bellmunt-Collsacabra, en cambio, la mayor parte de industrias se encuentran más alejadas del rodal, incluso las de leñas (30 km).

5. Discusión

El estudio realizado evalúa una primera aplicación de la GFI, de adaptación, en masas que no habían estado gestionadas previamente con esta selvicultura, y con cuadrillas de trabajadores que desconocían estos principios; y la GFT, que se ha estado aplicando en esas masas durante décadas, con cuadrillas que tienen sus criterios muy interiorizados. Así, la GFI se puede considerar una intervención de transición, dónde se mejora progresivamente la estructura de estas masas buscando incrementar su resiliencia y diversidad, así como una rentabilidad económica a medio plazo, no inmediata después de una primera intervención. La GFT, en cambio, está orientada a conseguir la mayor viabilidad económica posible a corto plazo sin poner en riesgo la estabilidad de la masa. De esta manera, se considera lógico que esta primera intervención de GFI no sea competitiva con la GFT.

A la larga, se espera que aplicaciones sucesivas de la GFI mejoren la rentabilidad progresivamente. De este modo, los costes de gestión técnica se verán reducidos debido, por un lado, a un menor esfuerzo de formación a los trabajadores, a medida que se interioricen los criterios de los tratamientos; y, por el otro, una mayor facilidad en el marcaje a medida que se diferencien los pies de mayor valor comercial, promovidos activamente por esta selvicultura. Este hecho también facilitará la decisión en la selección durante los trabajos forestales, en aquellos rodales donde no es posible el marcaje, mejorando los rendimientos de corta.

Otro factor que incide fuertemente en el balance económico es el desbroce, ya que se trata de un coste que no produce ingresos. El hecho de realizar un desbroce selectivo con una aplicación importante de resalveo, a la vez de la promoción de una selvicultura de cubierta continua, buscando minimizar el rebrote de las especies arbustivas, puede hacer disminuir los costes de desbroce en las próximas aplicaciones de la GFI debido a una posible disminución de la densidad del estrato arbustivo en comparación con la GFT.

En cuanto a los ingresos, durante la primera aplicación de la GFI, los árboles codominantes extraídos no presentaban grandes diámetros y muchos se encontraban mal conformados dando lugar a poco volumen de producto y de bajo valor añadido. Este hecho espera revertirse en la aplicación continuada de la GFI dónde los árboles codominantes a extraer aumentarán progresivamente su valor.

Respecto a la movilización de este producto generado, este depende de las vías de comercialización disponibles en cada zona de estudio, cuya cercanía o lejanía puede llegar a afectar a los costes de transporte (no considerado en este estudio). Un análisis exhaustivo de la logística de las actuaciones en BMMS y de la comercialización de producto en el ámbito del Montnegre-Corredor se detallan en la comunicación “Desarrollo de un sistema piloto de logística y comercialización de productos forestales de los bosques mixtos submediterráneos subhúmedos” (Guitart, et al, 2021), presentada en este mismo Congreso.

Por último, es importante tener en cuenta que la información proveniente para la determinación de los valores de la GFT proviene de la experiencia de los actores involucrados en las actuaciones forestales de cada zona de estudio, de manera que los resultados están sometidos a la subjetividad de cada uno de ellos. Para obtener datos más objetivos hubiese sido necesaria la realización de actuaciones GFT en zonas similares a los rodales más representativos de cada formación y zona de estudio.

6. Conclusiones

Las conclusiones derivadas del presente estudio son las siguientes:

- LA GFI promueve la presencia de frondosas esporádicas y la mejora de la biodiversidad a través de actuaciones generalmente más suaves que la GFT. Asimismo, se considera un tipo de gestión aplicable por la mayoría de cuadrillas forestales, especialmente si se realiza un marcaje previo o en masas con pocos pies de árboles de futuro a liberar.
- Actualmente, ni la GFI ni la GFT son económicamente sostenibles. El balance, en general, es más favorable en la GFT aunque la cifra final se ve más condicionada por el estado inicial de los rodales que por el tipo de gestión aplicada. Así, en las masas más capitalizadas, los balances son más favorables, llegando a ser incluso más favorables a la GFI si se obtienen productos de mayor valor añadido.
- El balance económico de la GFI se ve penalizado principalmente por el incremento del coste de desbroce (más selectivo) y de señalamiento, selección y clasificación de productos, y también por el menor volumen de madera extraído.

La GFI se puede considerar como una apuesta de gestión que busca mejorar los indicadores de adaptación al cambio climático (diversidad de especies y estructuras, incremento del vigor y la estabilidad individual y colectiva) a corto-medio plazo. Sin embargo, el objetivo de mejora de la sostenibilidad económica espera cumplirse a medio plazo, cuando la aplicación reiterada de esta selvicultura vaya generando masas estructuradas de manera cada vez más favorable a esta gestión, con la disponibilidad de pies de alto valor comercial que tengan un fuerte impacto en los ingresos generados por la gestión.

7. Agradecimientos

Este estudio ha sido posible gracias a la cofinanciación del programa LIFE (LIFE MixForChange (LIFE15 CCA/ES/000060)). Agradecemos la colaboración de las personas implicadas en la toma de datos y seguimiento de las actuaciones por parte del CTFC, CPF, APMC, APFSBE.

8. Bibliografía

CTFC, CPF, APMC, APSBE (2018). Pliego de condiciones técnicas de las intervenciones demostrativas a implementar en los rodales C1-C4. LIFE MixForChange. LIFE15 CCA/ES/000060. Disponible en: <https://mixforchange.es> (Último acceso: 3 de enero de 2022).

CTFC, CPF, APMC, APSBE (2019). Documento de descripción técnica de los modelos innovadores de gestión aplicados: caso de los encinares. LIFE MixForChange. LIFE15 CCA/ES/000060.

CTFC, CPF, APMC, APSBE (2019). Documento de descripción técnica de los modelos innovadores de gestión aplicados: caso de los castaños. LIFE MixForChange. LIFE15 CCA/ES/000060.

CTFC, CPF, APMC, APSBE (2019). Documento de descripción técnica de los modelos innovadores de gestión aplicados: caso de los robledales. LIFE MixForChange. LIFE15 CCA/ES/000060.

CTFC, CPF, APMC, APSBE (2019). Documento de descripción técnica de los modelos innovadores de gestión aplicados: caso de los pinares. LIFE MixForChange. LIFE15 CCA/ES/000060.