

# Silvicultura per a l'adaptació al canvi climàtic dels boscos mixtos mediterranis subhumits del Montnegre i el Corredor: avaluació tècnica i econòmica

LÍDIA GUITART XARPELL<sup>1</sup>, JAIME COELLO i MÍRIAM PIQUÉ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Associació de Propietaris del Montnegre i el Corredor

<sup>2</sup>Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya

## Resum

El projecte LIFE MixForChange té com a objectiu millorar l'adaptació al canvi climàtic dels boscos mixtos mediterranis subhumits a través d'una gestió forestal innovadora (GFI). Aquest treball presenta els objectius de les intervencions i els resultats tècnics i econòmics obtinguts amb l'aplicació de la GFI a 25 rodals (77 ha en total) al Montnegre i el Corredor, en masses dominades per alzina, castanyer, roure i pi pinyer. S'han comparat els trets dasomètrics abans i després de les actuacions i s'han avaluat econòmicament els tractaments en comparació amb l'aplicació d'una gestió forestal tradicional (GFT). Es conclou que la GFI millora els indicadors d'adaptació al canvi climàtic sense un augment dels costos de gestió, i alhora s'espera un increment potencial dels productes fustaners d'alt valor a llarg termini.

## Paraules clau

Canvi climàtic, masses mixtes, gestió d'arbre individual, frondoses d'alt valor

## Resumen

**Silvicultura para la adaptación al cambio climático de los bosques mixtos mediterráneos subhúmedos de El Montnegre i el Corredor: evaluación técnica y económica**

El proyecto LIFE MixForChange tiene como objetivo mejorar la adaptación al cambio climático de los bosques mixtos mediterráneos subhúmedos a través de una gestión forestal innovadora (GFI). Este trabajo presenta los objetivos de las intervenciones y los resultados técnicos y económicos obtenidos con la aplicación de GFI en 25 rodales (77 ha) en El Montnegre i el Corredor, en masas dominadas por encina, castaño, roble y pino piñonero. Se han comparado los datos dasométricos antes y después de las actuaciones y se han evaluado económicamente los tratamientos en comparación con la aplicación de una gestión forestal tradicional (GFT). Se concluye que la GFI mejora los indicadores de adaptación al cambio climático sin un aumento de los costes de gestión, a la vez que se espera un incremento de los productos madereros de alto valor a largo plazo.

## Palabras clave

Cambio climático, masas mixtas, gestión de árbol individual, frondosas de alto valor

## Abstract

**Forestry for Adaptation to Climate Change in the Mixed Sub-humid Mediterranean Forests of El Montnegre i el Corredor: Technical and Economic Evaluation**

The LIFE MixForChange project seeks to improve adaptation to climate change in mixed sub-humid Mediterranean forests through innovative forest management (IFM). This paper presents the objectives of the interventions and the technical and economic results obtained by using IFM in 25 stands (77 ha) in El Montnegre i el Corredor dominated by holm oak, chestnut, oak and stone pine. Dasometric data were compared for before and after the actions and the treatments were assessed in economic terms in comparison with using traditional forest management (TFM). It is concluded that IFM improves climate change adaptation indicators without increasing management costs, while a rise in high-value timber products is expected in the long term.

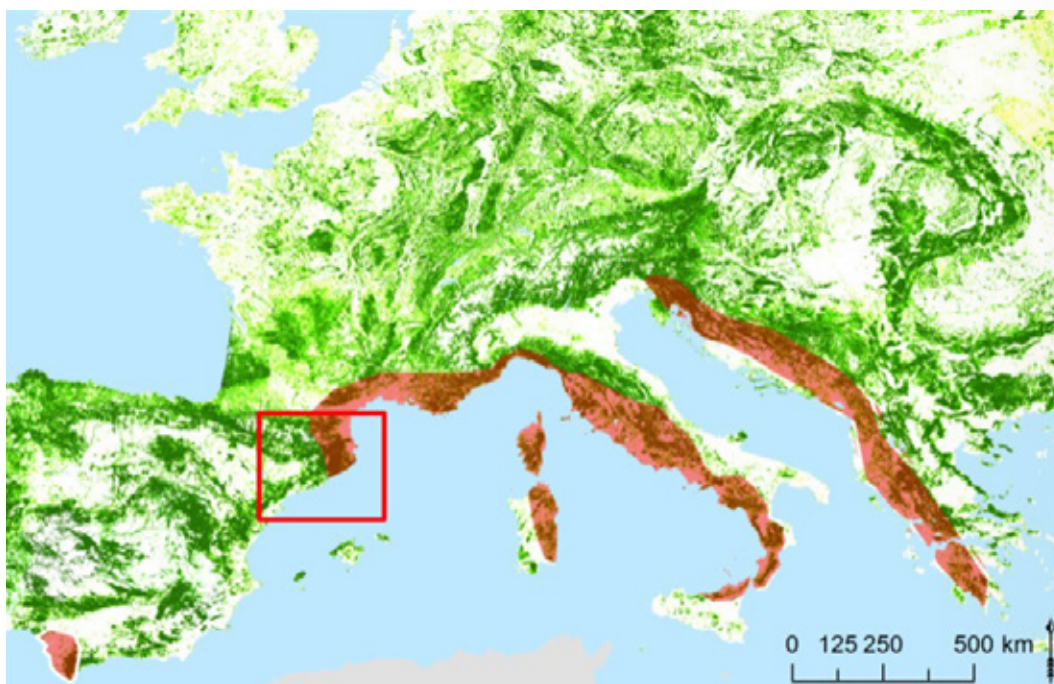
## Keywords

Climate change, mixed stands, individual tree management, high-value broadleaves

## Introducció

Els boscos mixtos mediterranis subhumits (BMSH) són un ecosistema de gran singularitat i importància. Les condicions climàtiques en les quals es troben es caracteritzen per unes temperatures suaus i unes precipitacions relativament elevades i es localitzen a les zones de muntanya litorals i prelitorals des del NE de la península Ibèrica fins al SE de la costa adriàtica dels Balcans (figura 1). Es tracta de boscos amb una forta presència de planifolis.

**Figura 1. Distribució dels boscos mediterranis subhumits**



A Catalunya aquest tipus de bosc ocupa unes 485.000 ha, moltes de les quals presenten les problemàtiques següents:

- Alta vulnerabilitat a la sequera, els incendis forestals i altres perturbacions.
- Densitat excessiva, baixa estabilitat i vitalitat: es tracta de boscos sovint simplificats tant en composició específica com en estructura i amb manca de gestió forestal.
- Baixa rendibilitat econòmica: gestió centrada en productes de baix valor afegit.

A més, molts d'aquests boscos es troben situats en zones periurbanes les quals, a més de suposar un increment del risc d'incendis forestals, presenten unes fortes pressions socials (freqüentació) i demandes (aigua, paisatge, biodiversitat, etc.).

D'altra banda, aquests boscos mixtos (amb barreja de diferents espècies forestals) o incipientment mixtos, representen una oportunitat per avançar cap a un grau més alt de diversitat del bosc i d'adaptació als impactes del canvi climàtic.

Les previsions climàtiques per a les properes dècades pronostiquen un increment de les temperatures i també de la freqüència i la intensitat d'episodis de sequera i tempestes. En aquest context, les problemàtiques esmentades dels BMSH es poden veure agreujades, amb un fort impacte sobre els seus valors i funcions. A fi de facilitar l'adaptació al canvi climàtic d'aquestes masses cal generar estructures que permetin augmentar la resistència (menys vulnerabilitat) i la resiliència (capacitat de recuperació espontània) a les perturbacions. Els principis generals de la silvicultura d'adaptació al canvi climàtic són el foment de la vitalitat, la complexitat estructural i la diversitat d'espècies, tot promovent estructures que permetin mantenir un microclima forestal humit. Aquest enfocament permet, a més, incrementar la biodiversitat i obtenir una varietat més gran de productes del bosc, molts dels quals poden tenir un alt valor afegit, com ara els planifolis d'alt valor.

El projecte LIFE MixForChange (LIFE15 CCA/ES/000060) pretén fomentar l'adaptació dels boscos mediterranis subhumits al canvi climàtic promovent-ne la conservació i mantenint-ne les funcions productives, ambientals i socials. Es tracta d'un projecte de cinc anys (2016-2021) integrat per quatre socis: Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (coordinador), Centre de la Propietat Forestal, Associació de Propietaris del Montnegre i el Corredor i Associació de Propietaris Serra de Bellmunt-Collscabra.

El projecte té els objectius específics següents:

- Desenvolupar, implementar i demostrar noves tècniques de gestió forestal (GFI) a 164 ha.
- Desenvolupar noves eines per integrar l'adaptació al canvi climàtic en la política i en el marc normatiu que afecta la gestió forestal.
- Desenvolupar eines per enfortir la bioeconomia forestal, que permetin augmentar la sostenibilitat econòmica a mitjà i llarg termini de la gestió forestal per a l'adaptació al canvi climàtic i revertir l'abandonament.
- Transferir i disseminar les tècniques implementades i els resultats obtinguts.

Aquest treball descriu i presenta els primers resultats tècnics i econòmics obtinguts de la implementació de la GFI al Montnegre i el Corredor en masses dominades per l'alzina, el castanyer, el roure i el pi pinyer.

## **La gestió forestal innovadora (GFI)**

La GFI desenvolupada en el marc del projecte LIFE MixForChange s'ha implementat en formacions forestals mixtes dominades per l'alzina, el castanyer, el roure i el pi (pi roig i pi pinyer) distribuïdes en quatre àmbits geogràfics: massís del Montnegre i el Corredor, massís del Montseny, serra de Bellmunt-Collscabra i valls del Ripollès.

La GFI es basa en la reducció de la competència i l'estrès hídric, l'augment de la complexitat del bosc (tant pel que fa a les espècies com a les estructures), la conservació de

la biodiversitat i la promoció del valor productiu dels boscos diversificant-ne productes i promovent aquells de més alt valor afegit. Aquesta gestió permet mantenir les importants funcions ambientals, sobretot a les zones altament poblades i urbanitzades.

La GFI pren els principis *continuous cover system* (coberta forestal contínua) i *close-to-nature silviculture* (silvicultura propera a la natura) amb què es promouen les estructures multiestratificades i l'augment de la presència de planifolis esporàdics (p. ex., cirerer, server, moixera de pastor, freixe, aurons, blada, etc.).

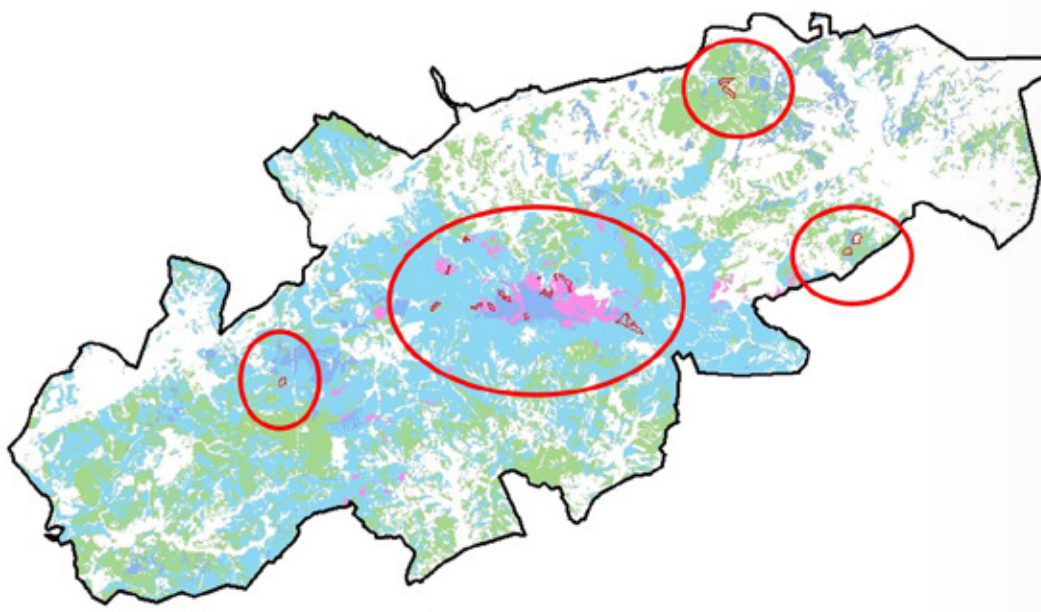
La GFI es descriu a partir de models ORGEST amb algunes millores i variacions a fi de potenciar i mantenir les masses mixtes. La gestió quant a la massa es basa en la generació o manteniment d'una estructura irregular o semiregular, segons el cas, que permeti augmentar la complexitat de la massa disminuint-ne la densitat, regulant-ne l'estrès hídric i seleccionant-ne els peus més vigorosos i vitals que puguin ser més resistents a patògens i a la sequera. En aquest tractament de massa s'incorporen criteris de silvicultura d'arbre individual (*single-tree oriented silviculture*) fomentant peus de planifolis esporàdics i d'altres espècies si poden tenir interès per a la producció de fusta de qualitat o bé des del punt de vista de la biodiversitat (peus llavorers d'espècies escasses, peus amb microhàbitats d'interès, etc.). Per tant, un cop identificats els arbres que cal promoure, s'actua progressivament sobre els seus competidors quant a la capçada (generalment, arbres codominants), tot mantenint aquells arbres d'un estrat inferior quan ajuden a guiar el tronc i el protegeixen de la insolació.

En resum, els tractaments que defineixen la GFI són:

- Estrat arbori: tallada selectiva o aclarida de millora pel que fa a la massa incorporant-hi criteris de silvicultura d'arbre per al foment d'arbres vigorosos i/o amb potencial per fer fusta de qualitat i/o amb interès per a la biodiversitat. Sobre aquelles espècies amb diversos rebrots per soca, fins i tot si no són inventariables (p. ex., alzina, castanyer, roure i també bruc i arboç), es fa una selecció de tanys deixant 1-2 tanys/soca segons la seva estabilitat.
- Estrat arbusti: estassada selectiva amb l'objectiu d'afavorir espècies d'alt valor per a la biodiversitat i modificar l'estructura del combustible (trencament de la continuïtat vertical) per reduir la vulnerabilitat davant d'incendis i la sequera.
- Plantacions d'enriquiment en cas d'escassa cobertura arbòria i condicions més adverses. Les plantacions inclouen una gran diversitat d'espècies i grups funcionals (coníferes i planifolis).

Al massís del Montnegre i el Corredor aquesta gestió s'ha dut a terme en 25 rodals demostratius distribuïts entre quatre municipis, amb un total de 77 ha: 25 ha en alzinars (*Quercus ilex* subsp. *ilex*) (5 rodals), 21 ha en castanyedes (*Castanea sativa*) (12 rodals), 11 ha en rouredes (*Quercus pubescens*, *Q. petraea*, *Q. canariensis*) (4 rodals) i 20 ha en pinedes de pi pinyer (*P. pinea*) (4 rodals) (figura 2).

**Figura 2. Distribució dels rodals en els límits de l'Associació de Propietaris del Montnegre i el Corredor segons la formació forestal: alzinars (blau clar), castanyedes (rosa), rouredes (blau fosc) i pinedes (verd)**



Els tractaments s'han realitzat a partir del marcatge d'una àrea demostrativa dins de cada rodal, per formar i acompanyar els treballadors forestals i garantir que havien assimilat els conceptes abans d'actuar al conjunt del rodal. Les indicacions als treballadors s'han basat en directrius simples transmeses gradualment i, quan ha estat possible, directament a la persona que s'encarrega de tallar. Ha calgut debatre diverses qüestions per arribar a un consens entre els tècnics que han dissenyat els tractaments i un important seguiment del treball, sobretot en els rodals menys densos.

## **Avaluació tècnica i econòmica de la silvicultura aplicada**

### **Avaluació tècnica**

L'avaluació tècnica de la implementació de la GFI es basa en la comparació de les variables dasomètriques abans i després de les actuacions. La [taula 1](#) mostra els resultats del conjunt de rodals del Montnegre i el Corredor agrupats per cada formació forestal, i la [figura 3](#) mostra imatges de les quatre formacions forestals abans i després de les actuacions.

**Taula 1. Característiques dasomètriques de les formacions forestals al Montnegre i el Corredor abans i després de l'aplicació de la GFI**

<b>Variabls dasomètriques</b>	<b>Abans de GFI</b>	<b>Després de GFI</b>
<b>Alzinars</b>		
Densitat (peus/ha)	1.000-1.450	700-850
Diàmetre mitjà (cm)	15-20	15-20
Àrea basal (m <sup>2</sup> /ha)	25-36	19-24 (reducció: 25-30 %)
Planifolis esporàdics (%)	3-12	5-17
Espècies esporàdiques	Cirerer i roure	
<b>Castanyedes</b>		
Densitat (peus/ha)	970-1.600	750-1.200
Diàmetre mitjà (cm)	15-20	15-20
Àrea basal (m <sup>2</sup> /ha)	23-34	18-26 (reducció: 15-30 %)
Planifolis esporàdics (%)	8-30	10-36
Espècies esporàdiques	Cirerer i roure	
<b>Rouredes</b>		
Densitat (peus/ha)	980-1.200	700-970
Diàmetre mitjà (cm)	20	20
Àrea basal (m <sup>2</sup> /ha)	23-42	18-32 (reducció: 20-25 %)
Planifolis esporàdics (%)	3-15	4-17
Espècies esporàdiques	Cirerer	
<b>Pinedes</b>		
Densitat (peus/ha)	1.000-1.100	725-950
Diàmetre mitjà (cm)	15-20	15-20
Àrea basal (m <sup>2</sup> /ha)	25	19-22 (reducció: 15-25 %)
Planifolis esporàdics (%)	7-8	9-11
Espècies esporàdiques	Roure	

**Figura 3. Imatges representatives de les quatre formacions abans i després de les actuacions**



Abans de les intervencions, els rodals presentaven una estructura molt simplificada i centrada en classes diametral intermèdies (20 cm), una forta continuïtat horitzontal i vertical de combustible, rebrots poc vigorosos i una presència de planifolis esporàdics generalment baixa.

La GFI dona lloc a masses més estratificades, discontinües horitzontalment i verticalment, amb una reducció de l'àrea basal d'entre el 15 i el 30 % i amb una més alta proporció de planifolis esporàdics i d'espècies poc representades. La generació d'obertures derivades de l'extracció de peus codominants afavorirà el desenvolupament dels planifolis esporàdics i fomentarà la regeneració incipient. L'estrat arbustiu es redueix des d'un 60-80 % inicial fins a un 25-45 % final i s'actua especialment sobre els matollars de més d'1,3 m d'alçada de les espècies més piròfites, abundants i amb baix interès per a la biodiversitat (productores de refugi o fruit).

En el cas de les castanyedes, abans de les actuacions presentaven un alt nombre de tanys per soca i de peus decrepits, que es veu reduït pels tractaments. Pel que fa a les pinedes, els tractaments se centren en la reducció del vol de pins, amb una intensitat més alta de l'estassada de l'estrat arbustiu.

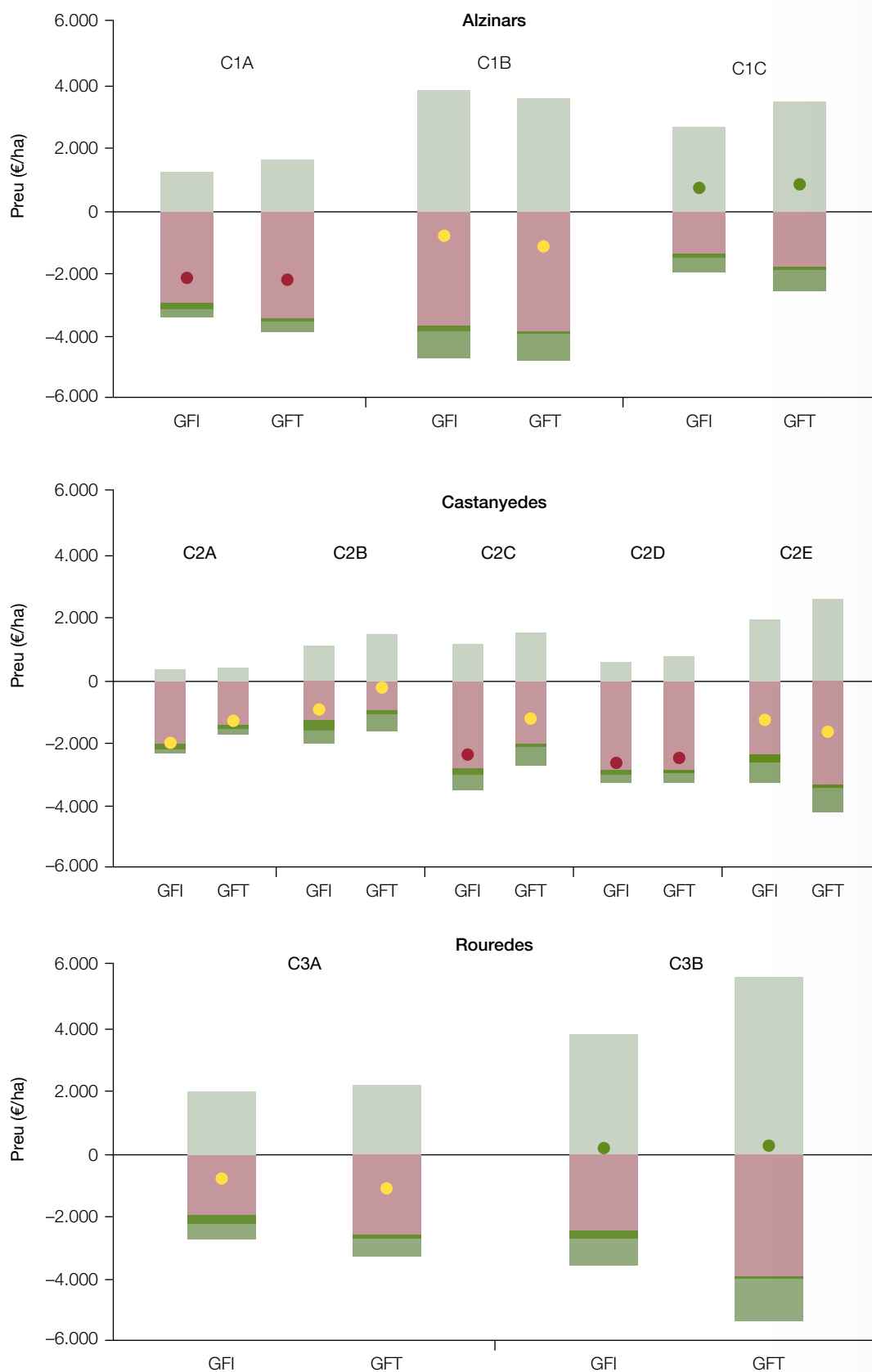
### **Avaluació econòmica**

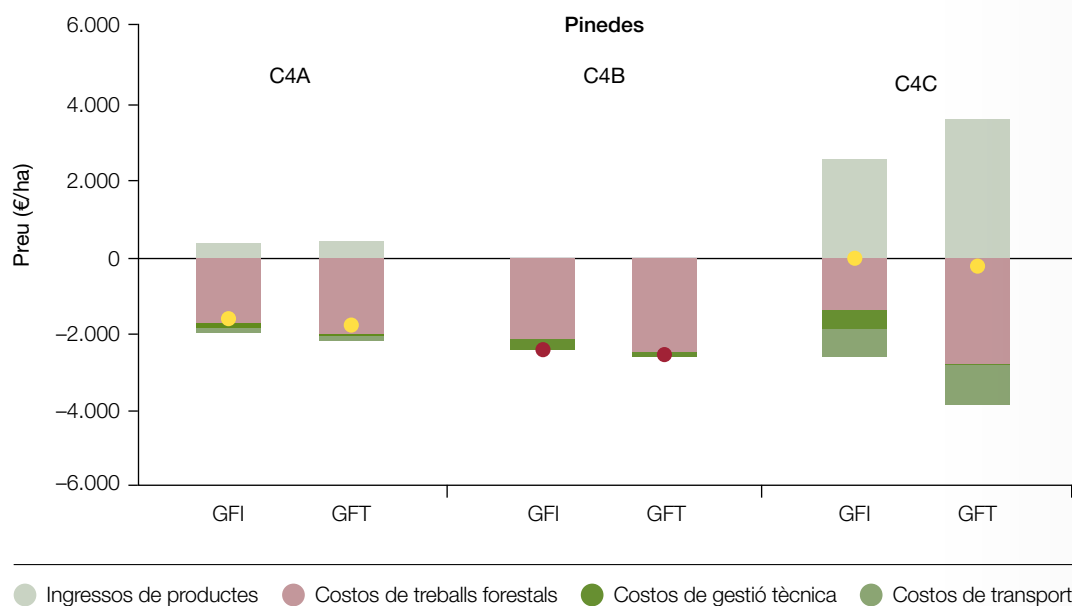
L'avaluació econòmica de la GFI s'ha realitzat comparant els costos i els ingressos amb els de la gestió tradicional (GFT) que s'aplicaria en aquests rodals. La gestió tradicional consisteix en tallades d'intensitat moderada a intensa centrades en un sol producte (llesnyes). Les dades de costos i ingressos s'han obtingut a partir d'enquestes realitzades a 43 treballadors i tècnics forestals implicats en la implementació dels tractaments, d'un total de sis empreses diferents.

Per a cada formació forestal, s'han agrupat els rodals amb característiques semblants per facilitar les comparacions dels dos tipus de gestió pel que fa a costos i ingressos ([gràfic 1](#)). Cada agrupació (A, B, C, etc.) integra els resultats, ponderats per superfície, d'entre un i tres rodals amb característiques similars entre ells. La [taula 2](#) resumeix les diferències entre els diferents tipus de gestió segons el tipus de costos i ingressos.



**Gràfic 1. Costos i ingressos de la gestió tradicional (GFT) i la innovadora (GFI) per a cada formació (alzinars, castanyedes, rouredes, pinedes) i rodal tipus**





El punt dins de cada barra marca el balanç: positiu (verd), negatiu fins a 2.000 €/ha (groc) i negatiu amb més de 2.000 €/ha (vermell).

**Taula 2. Principals diferències productives i econòmiques entre la gestió innovadora (GFI) i la tradicional (GFT)**

Tipus de costos i ingressos	GFI	GFT
Productes obtinguts	Productes diversos Volums baixos	Majoritàriament, producte de baix valor afegit Volums alts
Potencial de generació de productes d'alt valor en el futur	Alt	Baix
Costos de gestió tècnica	Alt (marcatge, formació a treballadors)	Baix
Costos de treballs forestals	Intermedi-baix (alt cost d'escollir i classificar)	Intermedi-alt (alt cost d'abatiment)
Costos d'estassada	Intermedi-alt (selectiva)	Intermedi-baix (sistemàtica, 100 % superfície)

Els costos i els ingressos depenen més de l'estat inicial del rodal i del tipus de producte obtingut que del tipus de gestió aplicada o de la formació. Així, en els rodals més desenvolupats i capitalitzats, amb forta presència d'arbres codominants, els balanços són més favorables (p. ex., C1C, C3B i C4C). En canvi, en els rodals més joves o amb baixes densitats, on el producte extret és inferior, els balanços són menys favorables (p. ex., C1A, C2D). Per exemple, els rodals de castanyer presenten uns ingressos molt baixos a causa del baix valor del producte extret, majoritàriament utilitzat per a biomassa o trituració. En el cas del rodal tipus C4B no hi ha ingressos perquè és una

zona d'escassa cobertura arbòria on els treballs executats van ser una estassada i una plantació d'enriquiment.

Globalment, ni la GFI ni la GFT no són econòmicament sostenibles. Ambdós tipus de gestió donen lloc a balanços negatius amb valors mitjans similars (1.375-1.400 €/ha), que són lleugerament més favorables en la GFI (3 % més barata) degut sobretot a la reducció del cost dels treballs. Aquests valors, però, varien molt segons la formació forestal on es realitzen les tasques (taula 3). Així, mentre que en el cas dels alzinars, rouredes i pinedes l'aplicació de la GFI presenta un balanç més favorable, en el cas de les castanyedes és al contrari. Aquest fet és degut al fet que, en general, a les castanyedes l'aplicació de la GFI suposa un increment de costos que no es veu compensat per la venda del producte (quantitats més petites i de més baix valor). En aquesta formació només en els rodals més capitalitzats (p. ex., els rodals tipus C2E), el balanç és més favorable a GFI degut sobretot a la reducció notable dels costos dels treballs en comparació amb la GFT.

**Taula 3. Balanç mitjà ponderat (€/ha) de les actuacions segons la formació forestal i l'aplicació d'una gestió innovadora (GFI) o tradicional (GFT)**

Formació forestal	GFI (€/ha)	GFT (€/ha)	Diferència GFI – GFT (€/ha)
Alzinars	-906	-1.086	+180
Castanyedes	-1.967	-1.553	-404
Rouredes	-708	-941	+233
Pinedes	-1.648	-1.812	+164

Pel que fa als ingressos generats pels dos tipus de gestió, la GFT permet obtenir una quantitat més gran de productes, els quals són de valor baix; la GFI, en canvi, dona lloc a una quantitat de productes més baixa, els quals són més diversos i alhora augmenten la disponibilitat de productes d'alt valor a llarg termini. Tot i així, en l'estat en què es troben els rodals en el moment de les actuacions, la diversitat de productes generats per l'aplicació de la GFI no és suficient per generar uns ingressos superiors als de la GFT. Així la GFT dona lloc a uns ingressos superiors als de la GFI (+12 %), especialment als rodals de pinedes (+28 %), on la diversitat de productes és inferior.

Pel que fa als costos, la partida principal (72-87 %) correspon als treballs forestals. Els treballs sobre l'estrat arborei són més barats (-11 %) en la GFI, sobretot a causa de la reducció en el nombre de peus abatuts, i que compensa amb escreix el cost més alt de tria i classificació dels arbres que es fa en la GFI. D'altra banda, l'estassada selectiva de la GFI suposa un cost més alt (+16 %) que l'estassada total de la GFT. Quant al seguiment tècnic, en la GFI és més car (+57 %) a causa de la necessitat de marcatge, seguiment i formació dels treballadors, en particular en aquesta fase en què la GFI era desconeguda per a les empreses forestals. En global, la GFI dona lloc a unes despeses el 8 % inferiors a les de la GFT.

## Conclusions

Les conclusions derivades d'aquest estudi són les següents:

- La gestió innovadora (GFI) millora els indicadors relacionats amb la capacitat d'adaptació al canvi climàtic: s'ha reduït la densitat sense perdre el microambient forestal; s'han promogut aquells peus més vigorosos potencialment més resistents als patògens i la sequera; s'han creat estructures multiestratificades i alhora amb una vulnerabilitat més baixa als incendis, i s'ha incrementat la presència de planifolis esporàdics, cosa que fa augmentar la biodiversitat i el valor productiu futur dels rodals actuats.
- Actualment, ni la GFI ni la GFT són econòmicament sostenibles. El balanç és lleugerament més favorable en la GFI (3 % menys costosa), tot i que la xifra final es veu més condicionada per l'estat inicial dels rodals que pel tipus de gestió aplicada. Així, als rodals amb un estat de desenvolupament més gran i amb forta presència d'arbres codominants els balanços són més favorables.
- La GFT aplicada a les masses actuals permet obtenir una quantitat més gran de producte, la qual tot i el seu baix valor dona més ingressos que la GFI (+12 %). La GFI dona una quantitat més baixa de productes més diversos, tot i que s'augmenta la disponibilitat futura de productes d'alt valor.
- Els costos de la GFI són més baixos (-8 %) que els de la GFT: l'increment de la despesa en personal tècnic i en classificació de productes es compensa amb escriure amb la reducció del cost d'execució dels treballs, sobretot pel que fa a la tallada d'arbres.

En conclusió, l'aplicació de la GFI permet millorar l'adaptació dels boscos al canvi climàtic i obtenir balanços econòmics similars (i sovint més favorables) als de la GFT. A més, s'espera que la sostenibilitat econòmica de la GFI es vegi incrementada a mesura que les colles de treballadors coneguin aquesta gestió i sobretot amb l'augment de la generació de productes fustaners d'alt valor afegit.