MIX forChange

LIFE15 CCA/ES/000060
2016-2022

www.mixforchange.eu

Gestió adaptativa i naturalística en boscos mixtos mediterranis subhumits: alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes

LIFE MIXFORCHANGE

Gestió adaptativa i naturalística en boscos mixtos mediterranis subhumits: alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes

LIFE MIXFORCHANGE

LIFE15 CCA/ES/000060
2016-2022

www.mixforchange.eu

Amb la col·laboració de:

Autoria: Jaime Coello[1], Míriam Piqué[1], Mario Beltrán[1], Lluís Coll[1], Noemí Palero[2], Lídia Guitart[3].

[1] Programa de Gestió Forestal Multifuncional. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC)
[2] Centre de la Propietat Forestal (CPF)
[3] Associació de Propietaris Forestals Montnegre-Corredor (APMC)

Participació tècnica: Eduardo Collado (CTFC), Mar Pallarés (CTFC), Teresa Baiges (CPF), Martí Rosell (APMC), Jordi Vigué (Associació de Propietaris Forestals Bellmunt-Collsacabra), Joan Rovira (Diputació de Barcelona)

Agraïments: un reconeixement molt especial al comitè assessor extern del projecte i a les persones i entitats propietàries dels rodals demostratius del projecte per la seva participació i interès en la gestió forestal sostenible i en avançar cap a boscos més sans i resilients als impactes del canvi climàtic. Finalment, a totes les persones i entitats que han participat en les accions del projecte i en la preparació d'aquest manual: personal tècnic dels socis, altres entitats col·laboradores i empreses de treballs forestals.

Edició:
Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya
Centre de la Propietat Forestal

Disseny i maquetació: Comunicació - CTFC

Fotografies: Arnau Soler, CTFC, CPF, APMC, APFSBE, Jaime Coello, Mario Beltrán, Jordi Camprodon, OTPAT-DiBa, Incafust

Revisió lingüística del català: Torsitrad

ISBN: 978-84-09-41648-6

Dipòsit Legal: L 463-2022

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.7564515

Cita recomanada: Coello J, Piqué M, Beltrán M, Coll L, Palero N, Guitart L. 2022. Gestió adaptativa i naturalística en boscos mixtos mediterranis subhumits: alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya, Solsona (Lleida); Centre de la Propietat Forestal, Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona). 104 p.

Llicència Creative Commons "Reconeixement" 4.0

Consulta la llicència completa en: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode

El projecte MixForChange (LIFE15 CCA/ES/000060) està inançat pel programa LIFE de la Unió Europea

Presentació

Aquesta publicació es basa en l'experiència i els coneixements adquirits en el marc del projecte LIFE MixForChange, que té com a objectiu augmentar la capacitat adaptativa al canvi climàtic dels boscos mixtos mediterranis subhumits a través del disseny, la implementació i la transferència d'una silvicultura innovadora que mantingui i promogui les funcions ecològiques i socioeconòmiques d'aquests boscos. El projecte s'ha implementat en formacions mixtes dominades per alzina, castanyer, roure i pi, i distribuïdes en quatre àmbits geogràfics de Catalunya —massís del Montnegre i el Corredor, massís del Montseny, serra de Bellmunt-Collsacabra i valls del Ripollès—, en 39 rodals demostratius en un total de 197 ha.

La silvicultura aplicada es basa en la reducció de la competència i la promoció dels peus més vitals, l'augment de la complexitat del bosc (tant pel que fa a espècies com a estructura), la conservació de la biodiversitat i la promoció del valor productiu dels boscos en la diversificació de productes. A més, l'aplicació d'aquesta silvicultura integra principis de gestió naturalística i orientada a l'arbre individual, i promou estructures multiestratificades, un alt nivell de detall en les intervencions, un augment de la presència de planifolis esporàdics, com ara cirerer, freixe, auró, servera, etc., i altres espècies que puguin 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.).

La publicació s'estructura en quatre blocs:

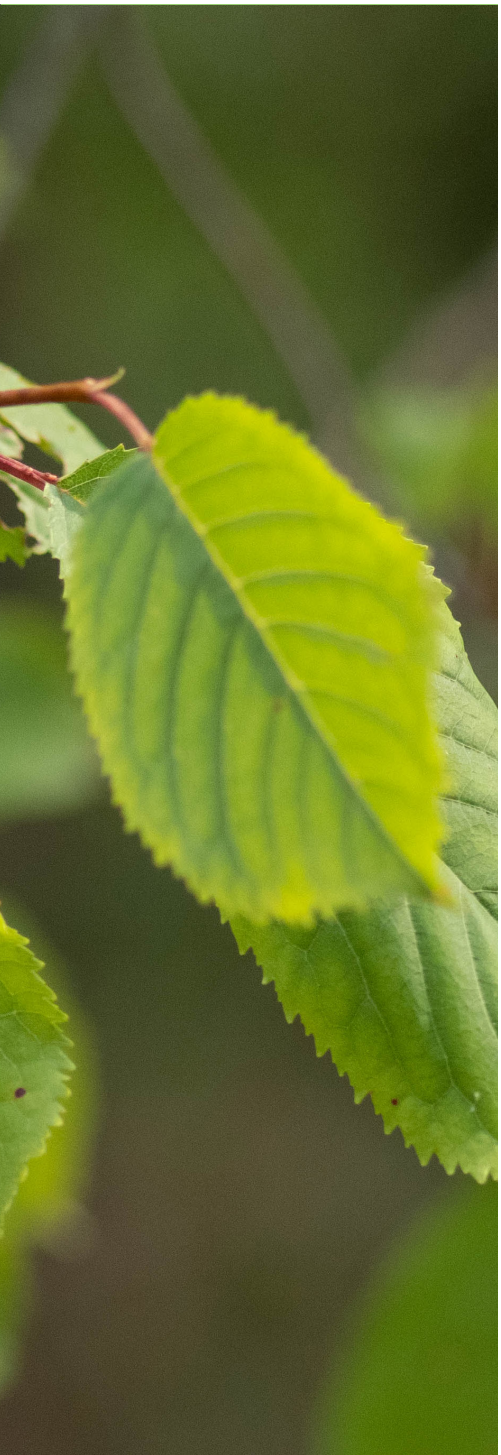
El bloc I presenta el context de la guia: boscos mediterranis, canvi climàtic i conceptes de silvicultura adaptativa, naturalística i de masses mixtes.

El bloc II descriu, a través de casos pràctics, com s'ha planificat i implementat aquesta silvicultura adaptativa i naturalística en gairebé 200 ha de bosc mediterrani subhumit, més concretament en formacions mixtes d'alzinar, castanyeda, roureda i pineda, així com les principals lliçons apreses durant la seva implementació.

El bloc III mostra els resultats de l'aplicació de la silvicultura descrita sobre serveis ecosistèmics destacats relacionats amb l'adaptació i la mitigació del canvi climàtic i amb la sostenibilitat econòmica.

Finalment, el bloc IV discuteix oportunitats i reptes per promoure l'aplicació d'una silvicultura adaptativa i naturalística en el context mediterrani.

Contingut



I. Introducció 7

1. El bosc mediterrani i el canvi climàtic 8

1.1. El bosc mediterrani: un ecosistema essencial 8

1.2. El canvi climàtic i els boscos 10

2. La silvicultura: una eina clau per a l'adaptació dels boscos al canvi climàtic 13

2.1. Mecanismes de defensa del bosc 13

2.2. Principis de la silvicultura adaptativa al canvi climàtic 14

2.3. Aplicació de la silvicultura adaptativa i integració amb altres corrents silvícoles 17

3. Gestió de boscos mixtos 19

II. La silvicultura MixForChange: gestió adaptativa i naturalística de boscos mixtos d'alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes 21

4. Principis generals de la silvicultura MixForChange 22

4.1. Àrea de treball 22

4.2. Criteris silvícoles generals 23

4.3. Aplicació sobre el terreny 25

5. Silvicultura aplicada en alzinars 28

5.1. Descripció de les actuacions 28

5.2. Resultat dels rodals demostratius 31

6. Silvicultura aplicada en castanyedes 36

6.1. Descripció de les actuacions 36

6.2. Resultat dels rodals demostratius 39

7. Silvicultura aplicada en rouredes 43

7.1. Descripció de les actuacions 43

7.2. Resultat dels rodals demostratius 46

8. Silvicultura aplicada en pinedes 51

8.1. Descripció de les actuacions 51

8.2. Resultat dels rodals demostratius 55

9. Lliçons pràctiques apreses durant la implementació de les actuacions 60

III. Valoració de la silvicultura aplicada 67

10. Efecte de la silvicultura MixForChange en indicadors d'adaptació i mitigació del canvi climàtic 68

10.1. Vitalitat de la massa: creixement 68

10.2. Indicadors de biodiversitat 70

10.3. Vulnerabilitat a incendis forestalss 76

10.4. Efecte sobre el balanç hídric 79

10.5. Balanç de carboni 81

11. Balanç econòmic de la silvicultura MixForChange 83

11.1. Metodologia d'estudi 83

11.2. Resultats del balanç econòmic 83

IV. Eines i reptes per promoure la gestió forestal adaptativa i naturalística en el context mediterrani 87

12. El paper clau de l'administració local i regional en la promoció de la gestió forestal 88

13. Oportunitats i reptes per a l'adopció de la gestió forestal adaptativa i naturalística al Mediterrani 92

13.1. Oportunitats d'aquesta silvicultura 92

13.2. Reptes per a l'adopció i la promoció d'aquesta silvicultura 93

V. Referències 99

I. Introducció

El primer bloc mostra el context de treball d'aquesta publicació: les particularitats del bosc mediterrani, l'amenaça que suposa el canvi climàtic per a aquest ecosistema i com la silvicultura és una eina clau per potenciar la seva capacitat d'adaptació. Per fer-ho, es presenten els principis generals que fonamenten la silvicultura adaptativa i com aquesta s'integra amb altres aproximacions, com la silvicultura naturalística i de masses mixtes.

1. El bosc mediterrani i el canvi climàtic

1.1. El bosc mediterrani: un ecosistema essencial

La regió bioclimàtica mediterrània es caracteritza per una llarga història d'interacció humana amb els ecosistemes i per un clima suau amb estius secs. Les condicions ecològiques en aquest àmbit són molt diverses a causa d'una orografia accidentada que dona lloc a múltiples bioclimes (definits per les diverses orientacions, pendents i rangs d'altitud; Figura 1); per la diversitat de sòls i per un major o menor grau d'influència d'altres bioclimes: oceànic a l'oest-nord-oest, continental al nord i àrid al sud i a l'est.

Aquesta diversitat de condicions edafoclimàtiques fan de la regió mediterrània la més biodiversa d'Europa, amb unes 25.000 espècies de plantes (Myers *et al.,* 2000), de les quals el 60% són endèmiques (Thompson, 2005). Els paisatges mediterranis, incloent-hi els boscos, han estat modificats durant mil·lennis per les diferents societats per satisfer les seves necessitats de matèries primeres i superfícies per a usos agrícoles i pastorals. La configuració i la composició actual del paisatge i dels boscos mediterranis són, per tant, conseqüència de la gran diversitat de condicions i d'usos passats i presents.

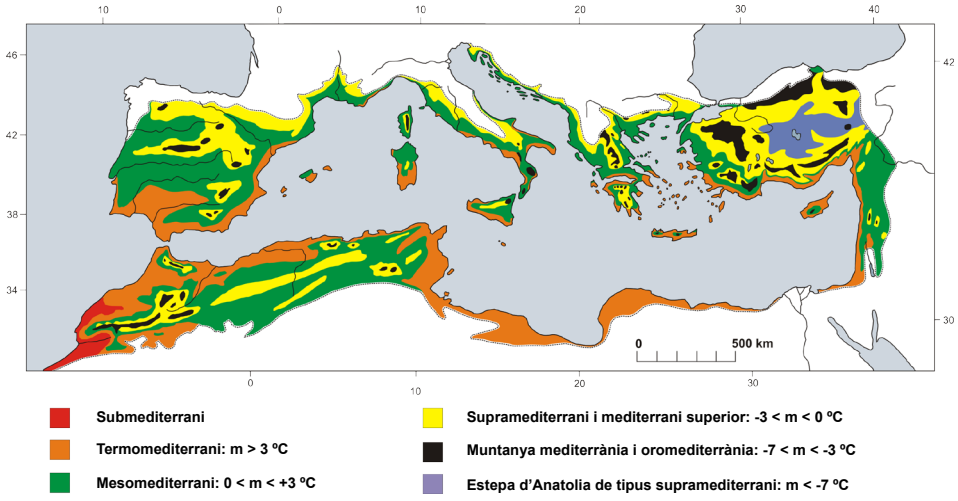


Figura 1. Distribució dels principals tipus de vegetació a la conca mediterrània segons criteris fitoecològics i bioclimàtics, en particular les temperatures mínimes mitjanes del mes més fred de l'any (m). Font: adaptat de Médail (2016).

Al Mediterrani occidental, una de les principals causes de l'actual configuració del paisatge i dels boscos va ser l'èxode rural i l'abandó de les activitats tradicionals principalment des de la segona meitat del XX, després de segles d'aprofitament intens.

Com a resultat, en les últimes dècades hi ha hagut una forta expansió i densificació dels ecosistemes forestals. A Espanya, la superfície forestal arbrada ha augmentat un 56% des del 1975 fins al 2015, mentre que les existències de fusta als boscos han augmentat un 133% (Bravo *et al.,* 2017). Aquest increment generalitzat de la massa arbòria suposa un repte per a la seva persistència: d'una banda, l'augment de la biomassa acumulada i de la competència per l'aigua, la llum i els nutrients porten a una reducció del vigor i a un augment de la mortalitat. Les masses resultants són més vulnerables a incendis d'alta intensitat, amb efectes devastadors pel que fa a vides humanes, danys en infraestructures, impactes sobre la biodiversitat i emissions de CO_2. D'altra banda, aquesta densitat excessiva redueix la quantitat d'aigua blava, és a dir, la que arriba als aqüífers i els rius per a ús humà. Finalment, l'expansió i l'homogeneïtzació de la superfície forestal causa la pèrdua d'un paisatge en mosaic i més diversitat estructural, la qual cosa posa en perill la biodiversitat associada a aquests hàbitats (Ameztegui *et al.,* 2022).

L'amenaça a la persistència d'aquests boscos també posa en risc les múltiples i creixents demandes de serveis ecosistèmics que ofereixen, entre els quals destaquen la regulació dels cicles d'aigua i nutrients, la prevenció de l'erosió, la conservació de la biodiversitat, l'ús recreatiu i paisatgístic i la generació d'una gran diversitat de matèries primeres (Figura 2), com ara fusta, llenya, bolets, suro, pinyó, pastures, resina, glans i plantes aromàtiques i medicinals, entre d'altres.

Figura 2. Fusta, suro, castanyes, resina, pinyons, romaní, fruites del bosc, olis essencials... són només alguns dels nombrosos productes forestals del bosc mediterrani.

En el context actual de canvi global, que previsiblement farà augmentar la vulnerabilitat hídrica de la conca mediterrània i accentuarà les principals amenaces a les quals s'enfronten els seus ecosistemes forestals (incendis, sequeres, plagues i malalties), és clau la gestió forestal per mantenir la vitalitat de les masses, fomentar-ne la capacitat d'adaptació, mantenir el seu paper com a embornals de carboni per mitigar els efectes del canvi climàtic i proveir de béns i serveis essencials.

1.2. El canvi climàtic i els boscos

El clima de la Terra viu una constant evolució, i hi ha un registre de fluctuacions al llarg de milions d'anys. No obstant això, actualment s'està en fase de variació a un ritme sense precedents en els últims 10.000 anys. Des del segle XIX, les activitats humanes han estat el principal motor del canvi climàtic a causa, principalment, de l'ús energètic de combustibles fòssils com el carbó, el petroli i el gas. Aquesta activitat genera emissions de gasos d'efecte d'hivernacle que dificulten la dissipació de la calor reflectida per la superfície terrestre, ha elevat les temperatures globals 1,1 °C de mitjana des del 1950 fins a l'actualitat (Figura 3) i ha alterat altres processos atmosfèrics que defineixen el clima.

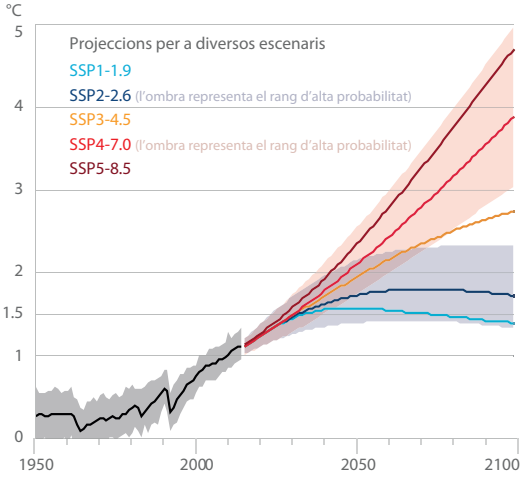


Figura 3. Evolució de la temperatura mitjana global en el període 1950-2020 (línia negra) i projeccions previstes fins al 2100 (línies d'altres colors). SSP: trajectòries socioeconòmiques compartides; SSP1: sostenibilitat; SSP2: situació intermèdia; SSP3: rivalitat regional; SSP4: desigualtat; SSP5: prolongar el desenvolupament basat en combustibles fòssils (IPCC, 2022).

La regió mediterrània és especialment sensible a l'efecte del canvi climàtic, i l'increment de la temperatura mitjana anual respecte al període preindustrial s'ha quantificat en 1,5 °C, a més de preveure-s'hi un increment en la freqüència i la intensitat de sequeres, tempestes, onades de calor i altres episodis extrems, i una reducció entre lleu i moderada de la precipitació (IPCC, 2022).

Com tots els ecosistemes, els boscos es veuen afectats pel canvi climàtic de manera directa (més estrès hídric, danys per tempestes i sequeres) i indirecta (proliferació de plagues i malalties associades al decaïment, incendis més virulents). Els principals impactes observats i projectats del canvi climàtic sobre els boscos, en general, i sobre els mediterranis, en particular, són els següents (Carnicer *et al.,* 2011; Vericat *et al.,* 2012; Hanewinkel *et al.,* 2013; Calama, 2017):

- **Pèrdua de vitalitat:** el factor més limitant per a la vegetació mediterrània és la disponibilitat hídrica. La seva reducció, resultat de l'increment de temperatures i de la freqüència i la intensitat de les sequeres, dona lloc a una disminució del creixement, més susceptibilitat a plagues i malalties i un augment de la mortalitat. A banda, l'increment de la proporció de vegetació estressada i seca es tradueix en més quantitat de combustible capaç de generar incendis d'alta intensitat.
- **Problemes de regeneració:** la quantitat i la qualitat de llavors i fruits és menor, i canvis en la fenologia i les condicions, cada vegada més limitadors per a la germinació i supervivència del regenerat, especialment durant els primers estius.
- **Exposició a pertorbacions noves i/o de més intensitat:** les estratègies d'adaptació al canvi climàtic d'insectes i fongs són molt més ràpides que les dels arbres. Com a conseqüència, els boscos poden quedar exposats a patògens contra els quals no disposen de defenses efectives. A més, s'ha observat una incidència creixent d'incendis en boscos poc adaptats a aquesta pertorbació, com ara els temperats centreeuropeus i els boreals, i fins i tot a la zona mediterrània, on la vegetació està adaptada a incendis i sequeres, la creixent severitat d'aquestes pertorbacions pot sobrepassar la capacitat de les masses de tolerar-les o de recuperar-se després espontàniament.
- **Canvis en la distribució d'espècies i extincions locals:** els tres impactes esmentats prèviament, juntament amb la modificació del règim termopluviomètric, fan que l'àrea de distribució de les espècies es vagi desplaçant. A mesura que s'incrementa la temperatura, les formacions forestals necessiten avançar progressivament cap a cotes i latituds més elevades. La velocitat de la migració depèn de l'espècie i del medi, i s'hi poden donar processos d'extinció local quan les condicions físiques (orografia, característiques del sòl) no permetin que determinades espècies continuïn avançant.

Aquests processos poden alterar significativament la capacitat dels ecosistemes forestals de proveir la societat de serveis ecosistèmics essencials: productes fusters i no fusters (bioeconomia), protecció de sòls i aigües, qualitat de l'aire, conservació de la biodiversitat i ús paisatgístic i d'esbarjo, així com la seva capacitat de mitigació del canvi climàtic (Peñuelas *et al.,* 2017; Morán-Ordóñez *et al.,* 2021). Com es pot observar, molts dels efectes del canvi climàtic als boscos es retroalimenten, motiu pel qual és fonamental reforçar els mecanismes de defensa dels boscos davant aquestes pertorbacions, com s'explica en l'apartat següent.

Bosc afectat per sequera

2. La silvicultura: una eina clau per a l'adaptació dels boscos al canvi climàtic

2.1. Mecanismes de defensa del bosc

Els boscos presenten una sèrie de mecanismes de defensa contra les pertorbacions amb les quals han evolucionat, incloent-hi els impactes del canvi climàtic descrits prèviament, que els confereixen, individualment i col·lectivament:

- **Resistència:** capacitat de tolerar una pertorbació.
- **Resiliència:** després d'una pertorbació, és la capacitat de recuperar les seves condicions prèvies (estructura i funcionalitat).

Els mecanismes de resistència i resiliència en les masses forestals són múltiples, i varien des d'adaptacions fisiològiques en l'àmbit cel·lular fins a dinàmiques de la massa forestal (Figura 4). Els mecanismes presents en un bosc concret són el resultat de l'adaptació a l'ambient en el qual han evolucionat les espècies que hi viuen; les mediterrànies estan especialment adaptades per tolerar la sequera i els incendis forestals (Valladares *et al.*, 2004; Pauses & Keeley, 2014) pel que fa a:

Figura 4. Alguns mecanismes de defensa destacats al bosc mediterrani.

2.2. Principis de la silvicultura adaptativa al canvi climàtic

La silvicultura adaptativa cerca promoure la resistència i la resiliència dels boscos als impactes actuals i esperats del canvi climàtic (Bravo *et al.,* 2008). Els mecanismes de defensa esmentats prèviament han de ser **reforçats de manera activa** per diversos motius, especialment:

- La rapidesa i la intensitat del canvi climàtic i els impactes associats, que superen la capacitat espontània d'adaptació dels ecosistemes forestals.
- Els paisatges forestals mediterranis estan fortament lligats a l'ús que n'han fet les poblacions humanes. Atès que no són fruit exclusiu d'una selecció natural, la varietat i la quantitat de mecanismes de defensa en queda limitada (Nocentini & Coll, 2013).
- El cost de no actuar, especialment davant una pertorbació com ara els incendis forestals, pot ser inabastable per a la societat en termes de vides humanes, danys en infraestructures i pèrdua de recursos econòmics i naturals durant dècades.

Tot seguit es mostra un resum del ventall de **mesures de silvicultura adaptativa** plantejades per a diversos tipus de boscos (Brang *et al.,* 2014; Tognetti *et al.,* 2022) i específiques del bosc mediterrani (Vericat *et al.,* 2012; Calama, 2017; Vilà-Cabrera *et al.,* 2018):

a) Manteniment i promoció de la diversitat d'espècies, edats i estructures

La diversitat d'espècies fa referència tant al nombre total de tàxons com a la seva diversitat funcional (gèneres, famílies i estratègies vitals diverses) i redundància funcional, és a dir, la presència de diverses espècies amb característiques similars (Sánchez-Pinillos *et al.,* 2016).

La diversitat d'edats i estructures es basa a comptar amb **múltiples estrats** de vegetació, amb arbres i arbustos en diferents fases vitals i alçàries, barrejats peu a peu i en grups i alternant amb petits claps. Aquesta estructura, diversa verticalment i horitzontalment, permet un aprofitament complementari dels recursos (llum, aigua, nutrients del sòl), la qual cosa redunda en més productivitat i vitalitat (Figura 5). Aquesta diversificació també inclou fomentar la **presència d'arbres morts** de diverses grandàries i estats de descomposició i d'individus amb microhàbitats d'interès per a la conservació de la biodiversitat (Bütler *et al.,* 2000).

L'eina bàsica per promoure la diversitat d'espècies, edats i estructures són les **intervencions de regulació de la competència** (aclarides, seleccions de tanys i estassades en el cas de l'estrat arbustiu), que han d'aplicar-se amb un clar component de selectivitat i amb intervencions que busquin induir la regeneració natural (Martín-Alcón *et al.,* 2014). En masses molt simplificades, pot ser necessari recórrer a plantacions d'enriquiment forestal i/o de migració assistida.

Figura 5. Estructura simplificada (monoespecífica, regularitzada, sense sotabosc) a l'esquerra, davant una estructura complexa (diversitat d'espècies, multiestratificada, amb sotabosc).

b) Manteniment de la vitalitat i l'estabilitat individual i col·lectiva

La vitalitat i l'estabilitat d'un bosc depenen de la que mostren els arbres que el conformen i de les interaccions entre ells, tant fisicoquímiques (relacions de competència o facilitació) com mecàniques (protecció i resistència col·lectiva). La vitalitat està relacionada amb l'adequació d'un arbre al medi, la qual cosa fa referència, principalment, a les condicions (micro)climàtiques i a l'entorn competitiu. Tots dos factors es poden regularitzar mitjançant les **intervencions de regulació de la competència** esmentades prèviament per promoure així els peus i les espècies més vitals i més ben adaptats a les condicions climàtiques actuals i futures.

Com també s'ha esmentat prèviament, la presència d'arbres morts, especialment si són de grans dimensions i presenten estats diversos de descomposició, és molt favorable per a la biodiversitat (Lassauce *et al.,* 2011). No obstant això, un excés d'individus morts i moribunds pot acabar sent un focus de proliferació de malalties i d'insectes xilòfags que, en cas d'explosió demogràfica, podrien atacar els arbres sans i causar greus pèrdues en l'ecosistema, com, per exemple, l'atac de *Matsucoccus*, on s'observa també afectació per *Tomicus* i *Ips*, i descrits a Catalunya per Torrell *et al.,* 2022. A més, els boscos amb una gran acumulació de fusta morta són més proclius a la generació i propagació de grans incendis forestals atesa la gran quantitat de combustible que hi queda disponible.

L'estabilitat està relacionada principalment amb la **conformació** dels arbres, i és recomanable evitar un predomini de peus extremadament esvelts, amb la capçada comprimida i/o desequilibrada, fruit d'una densitat molt elevada durant un temps excessiu. Col·lectivament, es recomana evitar masses extremadament capitalitzades per limitar la vulnerabilitat a caigudes massives pel vent, les sequeres i els incendis d'alta intensitat.

c) Promoció de la regeneració sexual

La regeneració sexual permet mantenir i incrementar la diversitat genètica i fenotípica, i poder comptar amb una cohort ja instal·lada que pugui ocupar progressivament els buits que es generin en la massa, com, per exemple, a causa de caigudes per vent o trencaments per neu. Així doncs, cal estar atents a la presència de **regeneració avançada** i contribuir a la seva consolidació, si les condicions locals són adequades. A més, en línia amb els punts anteriors, convé induir la regeneració natural de diverses espècies creant claps de diverses grandàries i disponibilitat de llum directa i indirecta.

d) Manteniment de la integritat estructural i protecció del sòl

La integritat estructural fa referència a aplicar **tractaments d'intensitat baixa o moderada**, plantejats sota els principis de reversibilitat i progressivitat. El manteniment d'una coberta contínua redueix l'impacte dessecant de la insolació i el vent (i del seu impacte mecànic) i garanteix les funcions de connectivitat ecològica. A més, aquest ambient fosc pot ajudar a limitar la proliferació excessiva del sotabosc, que té un efecte negatiu sobre la transitabilitat, la competència per l'aigua i la vulnerabilitat a incendis, si bé aquest efecte és menys marcat al Mediterrani que en ambients més freds on la llum és més limitant.

e) Reducció de la vulnerabilitat a incendis

Els incendis són un fenomen inherent als ecosistemes mediterranis, si bé els últims anys mostren una virulència inèdita i una presència creixent en altres bioregions més fredes. La silvicultura pot preparar les masses perquè el pas del foc causi els mínims danys possibles i per maximitzar-ne la capacitat de recuperació, motiu pel qual és essencial evitar que un foc de baixa intensitat (que es propaga per la superfície i per l'estrat arbustiu) es converteixi en un incendi de capçades, d'alta intensitat i amb efectes devastadors en grans superfícies i cal, doncs, **trencar la continuïtat vertical de combustible**, és a dir, limitar la presència de combustible d'escala, i reduir **el combustible total** mitjançant aclarides, estassades o tractaments de restes de tallada. A més, cal generar discontinuïtats horitzontals per frenar-ne la propagació mantenint o creant paisatges en mosaic i amb la presència d'espais oberts o de baixa acumulació de combustible.

2.3. Aplicació de la silvicultura adaptativa i integració amb altres corrents silvícoles

Com qualsevol altre plantejament, la silvicultura adaptativa ha de tenir en compte el context d'incertesa i complexitat propi dels sistemes forestals. A més, s'ha d'enquadrar en un concepte més ampli de **gestió forestal sostenible**, dissenyada i aplicada d'acord amb les característiques concretes de cada bosc i amb els objectius preferents i el seu context socioeconòmic: serveis ecosistèmics més rellevants, tipus de propietat, capacitat tècnica del personal gestor i executor dels treballs, marc normatiu, logística i comercialització dels productes obtinguts, i alhora considerar i promoure els fenòmens naturals favorables als objectius de gestió, i fer un seguiment periòdic per avaluar si s'estan aconseguint els resultats previstos.

La compatibilització d'algunes de les mesures proposades fins ara és un repte per a la planificació i la implementació de la gestió. Així, per exemple, pot ser complex trobar un equilibri entre mantenir una massa multiestratificada i una baixa vulnerabilitat a incendis o bé què cal fer amb espècies minoritàries amb greus problemes d'adaptació. No és possible aplicar tots els principis esmentats simultàniament en tota la superfície gestionada, sinó que s'han de prioritzar els uns sobre els altres en cada part de la massa i buscar que, de manera global, tots hi siguin contemplats. Es pot concloure que la silvicultura adaptativa ha de ser **flexible i detallada** des del diagnòstic del rodal, la planificació, la implementació i l'avaluació dels resultats. Per tant, la silvicultura adaptativa és especialment adequada en el marc d'una **gestió forestal per rodals** (González *et al.,* 2006) (Figura 6) i amb la integració dels principis de la **silvicultura naturalística**.

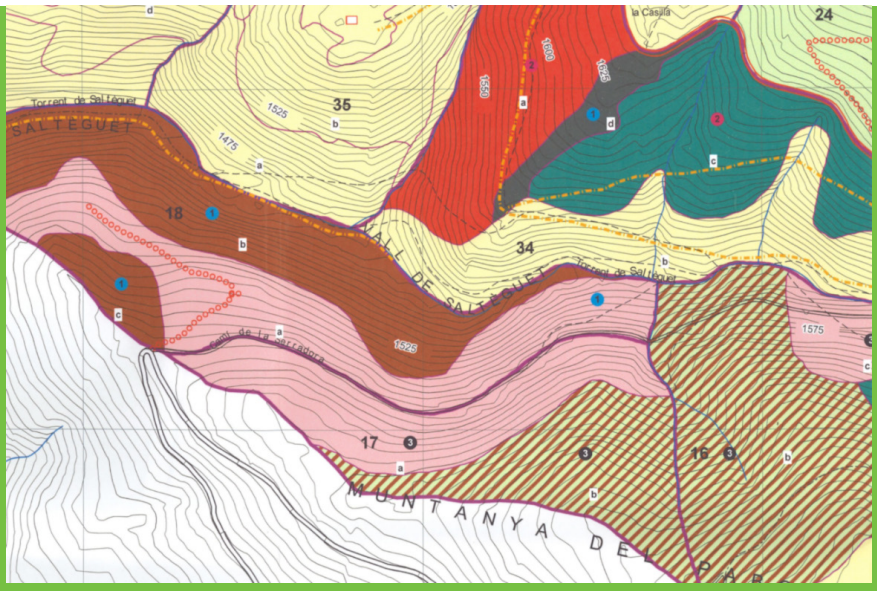


Figura 6. Detall de la planificació en una ordenació per rodals (Forest de Saltèguet i muntanya de Vilallobent, a la Cerdanya). Cada rodal té una gestió particularitzada.

Silvicultura adaptativa, naturalística, climàticament intel·ligent, (més) pròxima a la natura, sistèmica, de cobertura contínua, orientada a l'arbre individual...

Durant les últimes dècades s'han plantejat diferents corrents silvícoles basats en l'evolució dels principis silvícoles convencionals per donar resposta a les creixents demandes socials de serveis ecosistèmics, molts dels quals són compatibles entre si i poden ser considerats simultàniament, ja que es basen més en principis orientadors que en xifres objectiu dels indicadors silvodasomètrics (vegeu Puettmann *et al.,* 2015).

D'altra banda, molts d'aquests corrents neixen en contextos diferents del bosc mediterrani i, per tant, convé conèixer les problemàtiques i les oportunitats que els han inspirat. Més enllà del corrent o els corrents que s'han tingut en compte, la premissa bàsica de qualsevol mena de silvicultura és la seva adscripció a un esquema general de gestió forestal sostenible, és a dir, "*una gestió dinàmica i viva que busca mantenir i promoure els valors econòmics, socials i ambientals de tota mena de boscos en benefici de les generacions actuals i futures*" (FAO, 2022).

Al bloc II d'aquesta guia es presenta la silvicultura aplicada en el projecte LIFE MixForChange, que es basa en els models ORGEST-Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya (Piqué *et al.,* 2017) i incorpora aspectes de silvicultura adaptativa al canvi climàtic (principis mostrats a l'apartat 2.2), silvicultura naturalística (Bauhus *et al.,* 2013, Beltrán *et al.,* 2020), de masses mixtes (Bravo-Oviedo *et al.,* 2018) i d'arbre individual (Wilhelm & Rieger, 2017).

3. Gestió de boscos mixtos

De manera natural, els ecosistemes forestals tendeixen a estar conformats per diverses espècies, tot i que existeixen diferències biogeogràfiques importants lligades, entre altres factors, als règims de pertorbacions, l'heterogeneïtat d'hàbitats o el clima històric (Bauhus *et al.,* 2017a). A escala global, els boscos europeus se situen entre els sistemes forestals menys diversos: més del 80% de la superfície de bosc del continent (excloent-ne la Federació Russa) té menys de quatre espècies arbòries (Forest Europe, 2020). A les causes biogeogràfiques esmentades, s'uneixen factors antròpics, com la llarga tradició europea (i mediterrània) d'aprofitament dels recursos forestals, que ha contribuït a simplificar els boscos pel fet que han afavorit sistemàticament les espècies més apreciades per l'ésser humà (Nocentini & Coll, 2013). A més, els canvis socioeconòmics de la segona meitat del segle XX van comportar la conversió a bosc, espontània o intencionada, de grans extensions destinades prèviament al cultiu o al pasturatge. Els principals arbres implicats són espècies pioneres que van constituir, en general, boscos densos, monoespecífics i estructuralment poc complexos. En conseqüència, i malgrat la progressiva diversificació natural dels boscos dels últims anys (Coll *et al.,* 2022), predominen en el paisatge europeu i mediterrani masses forestals pures i amb nivells de diversitat molt inferiors al seu potencial.

En el context presentat en els apartats previs de creixent incertesa ambiental i de necessitat de comptar amb estratègies de gestió forestal adaptativa, el manteniment i la promoció de **masses mixtes** davant les pures es veu com una de les opcions de més interès per:

- Una productivitat i estabilitat més grans en el creixement de les masses mixtes quan estan formades per espècies amb diferents patrons estructurals (quant a la capçada i el sistema radical), funcionals i fenològics (Vilà *et al.,* 2013; Morin *et al.,* 2014; Del Río *et al.,* 2017).
- Més resistència i resiliència davant pertorbacions abiòtiques (incendis, vendavals, sequeres extremes) i biòtiques (plagues, malalties), sempre que estiguin compostes per espècies amb diferents trets funcionals (capacitat de rebrot, profunditat radical o gruix d'escorça —Puettmann, 2011; Sánchez-Pinillos *et al.,* 2016).
- Més multifuncionalitat i capacitat de provisió de béns i serveis de les formacions mixtes (Figura 7).

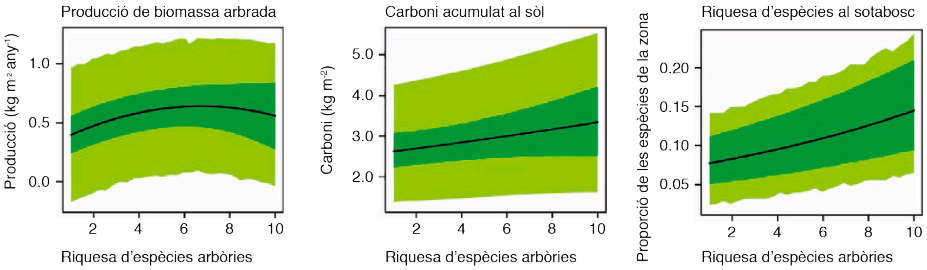


Figura 7. Relació entre la provisió de diversos serveis ecosistèmics i el nombre d'espècies de l'estrat arbori. La línia negra mostra la relació mitjana i les àrees verdes, els intervals de confiança i la variació dels residus. Adaptat de Gamfeldt et al. (2013).

Malgrat els evidents beneficis de les formacions mixtes, **hi ha pocs models de gestió** per a aquesta mena de formacions (Coll *et al.,* 2018). A més, les poques prescripcions silvícoles existents són, en general, poc concretes i de caràcter marcadament qualitatiu (Pretzsch *et al.,* 2021). L'escassetat de models silvícoles per a masses mixtes es deu principalment a:

- La complexitat associada a la definició de prescripcions silvícoles per a masses conformades per espècies amb diferents requeriments ambientals: lumínics, hídrics, etc.
- La gran diversitat de combinacions possibles d'espècies compatibles en una àrea, tant pel que fa a proporció entre elles com a configuració espacial. Així, per exemple, en el cas de Catalunya, Piqué *et al.* (2014) van definir 204 tipologies de bosc i van considerar 22 espècies o grups funcionals dominants.
- La poca evidència empírica disponible sobre l'execució de tractaments silvícoles en aquesta mena de masses (Bauhus *et al.,* 2017b).

El bloc II d'aquesta guia presenta els principis silvícoles aplicats per a la promoció i la gestió de formacions mixtes en el marc d'una silvicultura adaptativa i naturalística, en quatre tipologies forestals predominants al mediterrani subhumit: alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes. Amb això es vol contribuir a millorar el patrimoni tècnic de directrius per ajudar en la presa de decisions de cara a la planificació i la gestió d'aquestes formacions.

II. La silvicultura MixForChange: gestió adaptativa i naturalística de boscos mixtos d'alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes

Aquest bloc presenta com s'ha definit, planificat i aplicat una silvicultura amb criteris adaptatius i naturalístics en unes 200 ha demostratives de bosc mixt mediterrani subhumit en el marc del projecte LIFE MixForChange. A més del plantejament general, i pel que fa a formació forestal (alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes), s'hi inclouen fitxes detallades que descriuen la intervenció en rodals concrets, així com un resum de les lliçons pràctiques apreses durant aquest procés.

4. Principis generals de la silvicultura MixForChange

4.1. Àrea de treball

En el projecte LIFE MixForChange s'ha desenvolupat i aplicat una silvicultura de massa mixta basada en els models ORGEST (Piqué *et al.,* 2017) i s'hi ha incorporat criteris d'adaptació al canvi climàtic i de gestió naturalística, en línia amb els principis generals mostrats al bloc I. Aquestes intervencions s'han aplicat en 197 ha de bosc mixt dins el mediterrani subhumit català, en quatre àmbits geogràfics (Montnegre-Corredor, Montseny, Bellmunt-Collsacabra i valls del Ripollès sud) i en les quatre principals formacions forestals: alzinars, castanyedes, rouredes i pinedes (Figura 8).

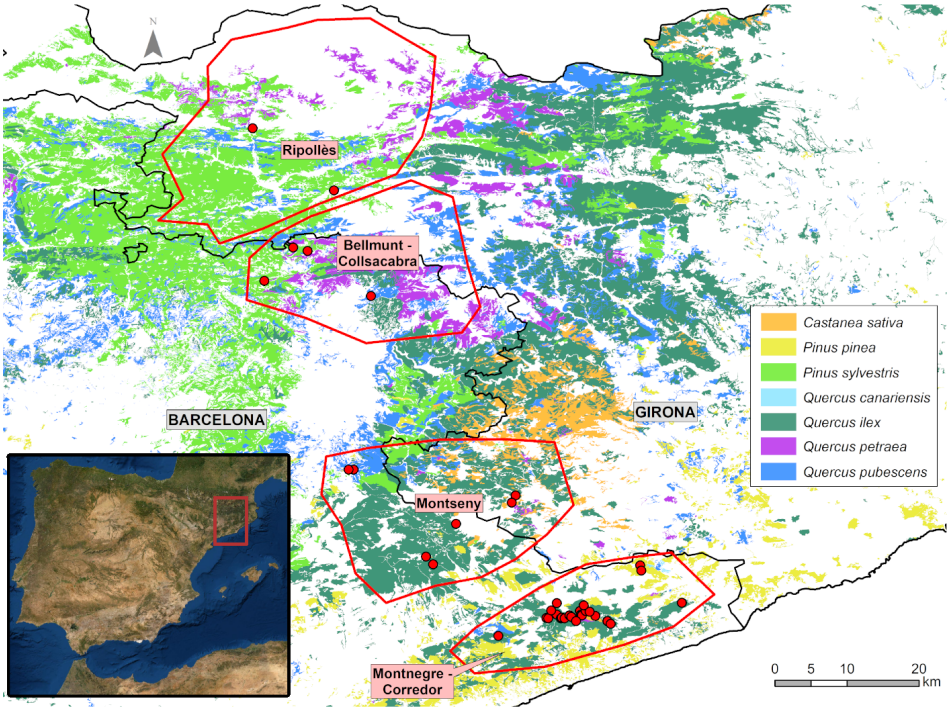


Figura 8. Ubicació dels massissos i rodals d'actuació del LIFE MixForChange, i espècies dominants.

Aquesta àrea de treball té les **característiques comunes** següents:

- Malgrat que les masses són, en general, mixtes i amb una determinada estratificació, la gestió prevalent les ha dut cap a una certa simplificació estructural i d'espècies. Els alzinars i les castanyedes mostren abundància de peus de rebrot que, en el cas del castanyer, tendeixen a un vigor baix. Les pinedes presenten sovint un procés avançat de senescència.
- Les principals amenaces que suposa el canvi climàtic en aquest context són l'increment d'intensitat de la sequera i dels incendis forestals. Moltes de les espècies presents, com, per exemple, freixes, aurons, castanyers i alguns roures) estan poc adaptades a aquestes pertorbacions i, per tant, són especialment vulnerables.
- Molts d'aquests boscos estan en estat d'abandó, sense cap intervenció silvícola durant les últimes dècades, després de llargues èpoques d'aprofitaments de certa intensitat.
- Aquests boscos se solen trobar en entorns periurbans, especialment en el cas del Montnegre-Corredor i Montseny, cosa que afegeix complexitat a la gestió.

4.2. Criteris silvícoles generals

L'objectiu general de les intervencions és promoure la **resistència i resiliència** de les masses davant els principals impactes del canvi climàtic, de manera compatible amb la **sostenibilitat econòmica i ecològica** a mitjà i llarg termini, motiu pel qual s'han considerat una sèrie de **principis generals** que orienten la silvicultura:

- Promoció dels arbres i dels grups d'arbres més **vitals**, de diferents espècies i grandàries, tenint en compte el seu **valor** (actual i potencial) econòmic i/o ecològic.
- Foment de la **multiestratificació** de les masses de manera compatible amb la creació de certa discontinuïtat vertical entre els estrats de vegetació i evitar, en la mesura que sigui possible, la continuïtat vertical del combustible.
- Facilitació de la implantació i el desenvolupament d'espècies de **planifolis esporàdics** d'alt interès econòmic i/o ecològic: cirerer, freixe, auró, servera, moixera de pastor, til·ler, grèvol, etc.
- Manteniment d'un **sotabosc divers**, amb una cobertura i unes dimensions que permetin mantenir les funcions ecològiques d'aquest estrat, però limitant-ne la competència sobre l'arbratge i la vulnerabilitat estructural de la massa a incendis d'alta intensitat.

Aquests principis generals es modulen durant les diferents fases de planificació a escala de finca i de rodal (capítols 5 a 8) fins a la seva aplicació detallada sobre el terreny, ateses les circumstàncies de cada cas, i seguint la descripció de la silvicultura adaptativa, naturalística i d'arbre individual descrita al capítol 2.

Un criteri fonamental és alinear les actuacions amb els processos i les dinàmiques naturals del bosc per minimitzar els costos i maximitzar el retorn de serveis ecosistèmics, incloent-hi la biodiversitat i la generació de béns d'alt valor de mercat, la qual cosa es basaria genèricament en els principis de la **silvicultura naturalística** ("*close-to-nature forestry*"). El principi bàsic d'aquesta silvicultura és mantenir en tot moment una cobertura que generi un "microambient forestal" fosc i humit que es pugui compatibilitzar amb l'obertura de claps per promoure la instal·lació o el desenvolupament d'una nova cohort en punts concrets de la massa. L'eina fonamental són les aclarides selectives amb senyalament previ i tenint en compte les característiques i el paper (actual i potencial) de cada arbre i la seva relació amb els processos naturals presents de potenciar o regular i els inexistents que es vol reactivar.

Les intervencions aplicades amb aquest enfocament solen ser de menys intensitat, més detallades en el disseny (incloent-hi el senyalament complet) i en l'execució (incloent-hi la classificació de producte en pista) i també de freqüència més elevada (periodicitat entre 6 i 10 anys) que les aplicades seguint la silvicultura basada en esquemes a escala de massa.

Massa demostrativa del MixForChange acabada d'intervenir. S'hi aprecien el manteniment d'un microambient forestal, la diversitat d'espècies dels estrats arbori i del sotabosc i la presència de peus promoguts per la seva vitalitat i conformació.

> ***El paper de la silvicultora o del silvicultor és fonamental per a una correcta aplicació d'aquests principis generals, i cal buscar-ne un equilibri perquè es compleixin globalment, tot i que localment puguin prioritzar-se els uns sobre els altres. En l'aplicació d'aquesta silvicultura, també es requereix personal qualificat per al senyalament i l'execució dels treballs.***

4.3. Aplicació sobre el terreny

En l'aplicació detallada d'aquesta silvicultura, es presta especial atenció al **paper de cada arbre** en el rodal i no al compliment d'uns paràmetres prefixats quant a massa, però no es vol tampoc aconseguir una estructura determinada o una distribució homogènia dels peus en l'espai. El plantejament bàsic consisteix, per tant, a **identificar** els arbres de més interès, ja sigui des d'un punt de vista econòmic o ambiental, i **promoure'ls** mitjançant intervencions específiques per afavorir-ne la vitalitat i el desenvolupament, fins i tot si són necessàries accions que suposin una inversió a mitjà termini. Aquesta assumpció d'inversions individualitzades s'alinea amb una silvicultura orientada a l'arbre individual (o "*single-tree silviculture*").

En la silvicultura aplicada en el projecte MixForChange, els **arbres d'alt interès econòmic** són peus ben conformats i lliures de defectes, d'espècies amb potencial per produir fusta de qualitat (roure, auró, freixe, castanyer, servera, moixera de pastor, cirerer, perera...). Quan aquests peus són de dimensions petites (fins a 10-15 cm de diàmetre normal), es mantenen en una fase de forta competència lateral per promoure'n la conformació recta i minimitzar-ne la grandària dels nusos, a més de fer el plantejament de fer podes de formació en aquests peus. Quan superen els 15-20 cm de diàmetre, s'identifiquen i es marquen com a arbres d'alt valor (també anomenats "peus de futur") i s'hi apliquen aclarides selectives progressives per promoure'n l'expansió de la capçada i, per tant, un creixement diametral vigorós i regular (Figura 9). Així, en aquestes aclarides s'identifiquen i eliminen els principals competidors pel que fa a capçada, però es mantenen altres peus de l'entorn que fan un ombratge lateral del tronc que evita una posada brusca en llum que podria donar lloc a brots epicòrmics o a un increment excessiu de la transpiració per l'exposició directa al sol i al vent dessecant.

Peu seleccionat pel seu interès per a producció de fusta de qualitat.

Figura 9. Esquema d'obertura progressiva de l'espai de creixement d'un arbre d'alt valor (marcat en groc). Les línies blaves discontínues representen el pas del temps entre dues intervencions consecutives. Adaptat de Mori & Pelleri (2014).

Els **arbres d'alt interès ecològic o ambiental** corresponen a individus amb un paper rellevant en l'ecosistema, ja sigui per allotjar microhàbitats d'interès (Larrieu *et al.,* 2018; Figura 10) o perquè presenten característiques escasses en el rodal: peus de grans dimensions, arbres morts en peus, espècies molt poc representades, etc. Sobre aquests peus, també s'hi apliquen mesures específiques de promoció, com, per exemple, les aclarides selectives per promoure'n el vigor i l'expansió de la capçada o bé, en el cas d'arbres morts, el manteniment dels peus que els envolten per retardar-ne la caiguda espontània.

Figura 10. Alguns microhàbitats destacats: aquests arbres són mantinguts i promoguts en la silvicultura MixForChange.

En les àrees de la massa en les quals no s'hagin identificat arbres especialment rellevants econòmicament o ecològicament, es plantegen **intervencions genèriques** de regulació de la densitat, atesos els criteris generals d'intervenció.

> ***Les actuacions silvícoles es dissenyen tenint en compte els principis generals exposats en el bloc anterior, així com les característiques i els objectius de cada formació, particularitzats posteriorment quant a rodal. S'utilitzen, a més, els models de gestió ORGEST de referència, que poden orientar en la intensitat de les tallades, com, per exemple, l'àrea basimètrica que cal extreure.***
>
> ***Sigui com sigui, la primera actuació que es fa seguint aquests principis, com la implementada en els rodals demostratius MixForChange, té un caràcter d'adaptació marcat cap a les estructures buscades (heterogènies, complexes i diverses), ja que les característiques inicials de cada rodal i les seves dinàmiques i processos naturals solen quedar lluny de les d'aquestes estructures-objectiu. En general, caldrà fer diverses intervencions successives per canviar progressivament les condicions i les dinàmiques, a més d'aplicar puntualment actuacions silvícoles que no s'ajustin estrictament als criteris generals, però que siguin necessàries per iniciar o accelerar el canvi, com, per exemple, estassades intenses, aclarides mixtes amb tallada d'arbres per diàmetre o per distribució, etc.***

Els apartats següents mostren els criteris específics de la silvicultura pel que fa a formació i per a rodals concrets dins de cada una a tall d'exemple.

5. Silvicultura aplicada en alzinars

5.1. Descripció de les actuacions

> ***La gestió dels alzinars se centra a augmentar la complexitat del sistema per generar i mantenir estructures irregulars multiestratificades, amb tendència a la capitalització, i potenciar el desenvolupament de diferents espècies de planifolis en conjunt amb l'estrat d'alzines. També es promou activament el desenvolupament d'arbres llavorers i la regeneració de planifolis esporàdics.***

Es defineixen dos tipus de gestió d'alzinars segons el grau de presència de planifolis acompanyants:

- En **alzinars mixtos** (àrea basimètrica d'alzina entre 50%-80% del total), l'objectiu és mantenir una proporció adequada de les espècies presents, especialment mitjançant la disseminació dels cons de regeneració adaptats als requeriments de llum de cada una.
- En **alzinars on la presència d'altres espècies no és suficient per considerar la massa com a mixta** (àrea basimètrica d'alzina superior al 80% del total), l'objectiu és promoure la diversificació potenciant els peus de planifolis que són bons llavorers, generant obertures per als caducifolis i alliberant la regeneració avançada.

En tots dos casos, les actuacions fomenten els individus i les espècies de planifolis amb més potencial per produir fusta de qualitat, sempre que siguin vigorosos. Les principals espècies considerades són *Prunus avium*, *Quercus petraea*, *Quercus pubescens*, *Quercus canariensis*, *Sorbus torminalis*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus* i *Acer campestre*.

Alzinar mixt

Aquesta gestió permet avançar aquests alzinars cap a un bosc mitjà irregular mixt, dominada per alzina en estructura irregular capitalitzada, heterogènia per cops. Les espècies acompanyants es desenvolupen principalment com a peus de llavor, per cops i conformant l'estrat dominant, si el seu temperament ho permet.

Les intervencions silvícoles s'adapten a les característiques de cada rodal per avançar cap a aquesta estructura final definida, la qual cosa pot requerir una o diverses actuacions considerades "d'adaptació" o "de transició". Quan l'estructura ja és heterogènia vertical i horitzontalment i es donen els processos de regeneració i conformació buscats, les condicions es mantenen mitjançant tallades de selecció (aclarides selectives sobre arbres de totes les grandàries).

Les actuacions considerades en els alzinars demostratius inclouen:

Aclarida selectiva: el primer pas és fer una selecció de peus de futur (de 150 a 300 peus/ha, màxim 1/3 de la densitat total), incloent-hi principalment (vegeu l'apartat 4.3) arbres vitals i ben conformats d'espècies productores de fusta de qualitat, preferentment a partir de la classe diametral 15, però amb marge de creixement, i també individus amb interès per a la conservació de la biodiversitat (espècies poc representades, arbres amb microhàbitats d'interès, llavorers i productors de fruit). A més, es pot considerar la selecció i la poda puntual d'arbres d'espècies productores de fusta de qualitat de diàmetre inferior al que s'ha esmentat, si mostren un bon vigor i un canó robust i ben conformat.

L'aclarida selectiva consisteix a regular la competència a la qual estan sotmesos els peus de futur i eliminar-ne els principals competidors pel que fa a la capçada. El nombre de

peus que cal eliminar per arbre de futur determina el pes de l'aclarida: com a referència, es tallen entre un i tres competidors, amb un valor més baix com més arbres de futur s'hagin seleccionat i més comprimida hagi estat la capçada. Orientativament, l'àrea basimètrica extreta no supera el 25-30%. Els peus tallats es poden extreure o bé mantenir-se al sòl, en funció del seu valor. També es pot valorar anellar peus competidors en lloc de tallar-los, perquè la posada en llum de l'arbre de futur sigui gradual. Els peus prop dels arbres de futur que no hagin estat identificats com a competidors pel que fa a capçada es mantenen per aconseguir així un estrat de servei que ajuda a una bona conformació de l'arbre seleccionat i evita l'aparició de brots epicòrmics.

Als rodals o parts del rodal que disten de les característiques òptimes per a l'aplicació de la silvicultura MixForChange (estructura simplificada, densitat molt alta i/o escassa o nul·la estratificació), es pot plantejar una aclarida selectiva mixta, que podria aconseguir una intensitat moderada o alta (fins al 40% de l'àrea basimètrica inicial o el 50% de la densitat inicial). En aquest cas, es combina una aclarida selectiva amb una aclarida baixa per reduir la densitat de l'estrat dominat de manera més o menys homogènia.

> ***L'aclarida selectiva és l'actuació principal de la silvicultura MixForChange quan existeixen peus candidats a ser seleccionats com a arbres de futur i per mantenir les estructures adequades una vegada aconseguides, ja que aplica les tallades en funció del paper de cada arbre en el bosc.***

Selecció de tanys: actuació de regulació de la competència a escala d'arbre aplicada en soques amb molts peus (tanys) per concentrar el creixement en els més desenvolupats i posicionats. El més habitual és deixar un o dos peus per soca, però es pot ampliar a tres, si les mates d'alzina o castanyer presenten de vuit a deu peus vius. Així, a escala de rodal també es redueix la competència i se'n millora la vitalitat.

Estassada selectiva: eliminació parcial de la vegetació de l'estrat arbustiu a partir de la priorització de la mena de matoll que s'ha d'eliminar preferentment, ja sigui per alçada, espècie o vitalitat. Opcionalment, es pot establir un rang de cobertura total màxima que cal mantenir (més elevada, com més alçària tingui l'estrat arbori i més poc abundant sigui la del regenerat) per reduir la vulnerabilitat global a incendis. Als alzinars demostratius, són habituals els matolls d'arboç, bruc i altres espècies llenyoses que poden aconseguir un port arbori per la disponibilitat de llum després de les tallades intenses per a llenya. En aquest cas, l'estassada selectiva se centra a reduir el fitovolum d'aquestes espècies i a respectar matolls d'espècies esporàdiques, amb requeriments de més ombra i/o productores de flor i fruit carnós, pel seu interès

per a la biodiversitat. A les mates de bruc i arboç de gran desenvolupament es fa una selecció de tanys (es deixa un o dos tanys per soca) en lloc de tallar-les completament per limitar-ne el rebrot posterior.

Renovellament: tallada arran de terra d'individus mal conformats d'espècies de planifolis d'interès, atès que es busca generar un nou peu de rebrot que pugui tenir una conformació millor. El peu que cal renovellar sol ser jove i ha de tenir capacitat de rebrot i les condicions microambientals adequades. Els peus tallats en el renovellament es poden extreure o deixar al sòl en funció del seu valor comercial.

Plantació: regeneració artificial de zones de baixa cobertura arbòria amb una regeneració nul·la o insuficient. La plantació es fa en una gran diversitat d'espècies, amb densitats entre 10 i 250 peus/ha, aprofitant les microestacions més favorables i amb l'aplicació de tècniques de plantació complementàries per augmentar-ne l'èxit, com ara els protectors individuals o els condicionadors del sòl.

5.2. Resultat dels rodals demostratius

En el projecte MixForChange s'ha intervingut en 7 rodals demostratius d'alzinar, en unes 33 ha en total. La Taula 1 mostra la caracterització silvícola obtinguda en 16 parcel·les de seguiment instal·lades en 6 rodals del Montnegre-Corredor i del Montseny (Figura 11). L'àrea basimètrica extreta mitjana (28,2 ± 8,8%) es va ajustar a la planificada (20-30%). El pes de la intervenció va ser més gran a les zones amb més àrea basimètrica inicial, com en el cas del Montnegre-Corredor.

*Taula 1. Caracterització silvícola dels tractaments realitzats en alzinars (*Q. ilex*).*

Massís (Nombre de rodals-parcel·les)	**Abans del tractament**			**Després del tractament**			**AB extreta (%)**
	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	
Montnegre-Corredor (5-13)	1.159 ± 392	18,2 ± 1,7	33,5 ± 5,7	662 ± 209	20,4 ± 2,3	23,4 ± 5,3	30,2 ± 10,4
Montseny (1-3)	1.054 ± 169	16,1 ± 1,6	23,5 ± 5,3	709 ± 95	17,3 ± 2,4	19 ± 4,7	19,4 ± 5,2
Totes (6-16)	1.140 ± 358	17,8 ± 1,8	31,6 ± 6.8	671 ± 191	19,8 ± 2,5	22,6 ± 5,4	28,2 ± 8,8

A- Alzinar del Montnegre-Corredor (abans)

B- Alzinar del Montnegre-Corredor (després)

C- Alzinar del Montseny (abans)

D- Alzinar del Montseny (després)

Figura 11. Rodals demostratius del projecte MixForChange d'alzinar abans i després de la intervenció demostrativa.

La fitxa següent mostra la informació bàsica de l'actuació realitzada en un d'aquests rodals a tall d'exemple detallat de l'aplicació de la silvicultura MixForChange.

Localització:	**Tordera (Maresme) Montnegre-Corredor**	Superfície actuada:	5,6 ha

Descripció estructura de partida i objectiu específic

Alzinar mixt irregular capitalitzat (AB 30-40 m²/ha), on la intervenció se centra a fomentar el desenvolupament de planifolis acompanyants (cirerer, moixera, aurons i altres) i regular-ne la competència entre els millors peus. S'ha intervingut principalment sobre peus d'alzina de grandària intermèdia i gran, amb una AB per extreure al voltant del 30%.

Actuacions implementades	Model ORGEST de referència:	Qii04 QiiPL3

· **Aclarida selectiva** sobre alzina (tipus treu), centrada en les CD 20 a 25, amb **selecció de tanys** d'alzina i castanyer i deixant els millors 1-2 tanys/soca. AB total mínima per mantenir de 20-22 m²/ha.

· Durant l'aclarida i la selecció de tanys s'alliberen peus inventariables de cirerer, i altres planifolis d'interès i alzines ben conformades mitjançant l'eliminació de peus d'alzina, castanyer o àlber trèmol, competidors directes de capçada (1-2 competidors per arbre a alliberar).

· **Estassada selectiva** per facilitar l'accessibilitat, sense deixar més de 5 m continus sense esbrossar en zones arbrades i selecció de tanys de bruc i arboç mantenint 1-3 tanys/soca. Es busca reduir de manera significativa el recobriment del sotabosc i, per tant, la vulnerabilitat a incendis.

Es mantenen els peus d'espècies productores de fruit carnós que no dificultin el desenvolupament de peus d'espècies arbòries d'interès. Es mantenen, en la mesura que sigui possible, peus no inventariables de cirerer, encara que hi hagi malformacions. S'eliminen els peus petits no vitals que dificultin l'accessibilitat.

Senyalament

El senyalament es realitza en una part del rodal a manera demostrativa (àrea d'entrenament) i es fa un acompanyament i una formació freqüents de les quadrilles que executen les actuacions.

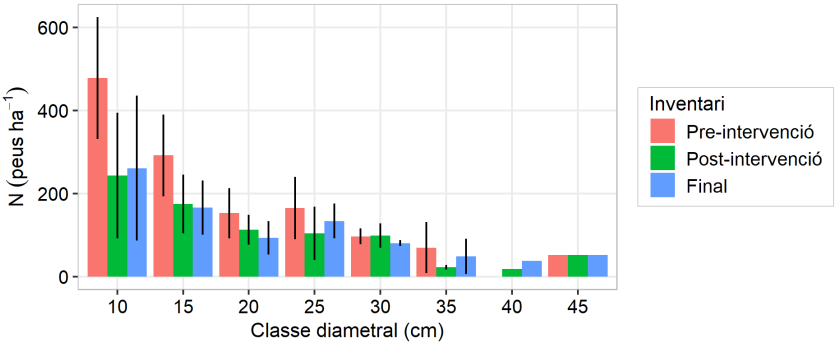
Seguiment silvodasomètric abans (Pre) i després (Post) de la intervenció

Massa en conjunt

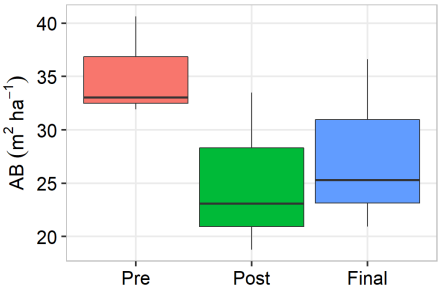
	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	Dg (cm)	Ho (m)	H (m)	Cobertura matoll (%)	H matoll (m)
Pre	1.300	32	18	15	12	45	1,1
Post	825	24	19	15	12	30	0,5

	Espècie principal: alzina			Espècie secundària 1: cirerer			Espècie secundària 2: castanyer		
	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)
Pre	735	20	63%	110	6	19%	140	4	13%
Post	525	14	58%	90	6	25%	72	3	13%

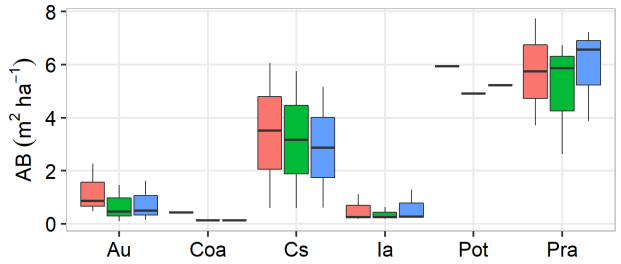
Estrat arbori (pre i post: abans i després de la intervenció; Final: 3 períodes vegetatius després de la intervenció)



Distribució diametral total



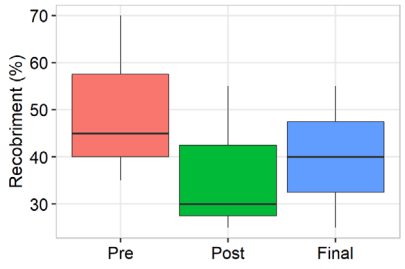
Àrea basimètrica total

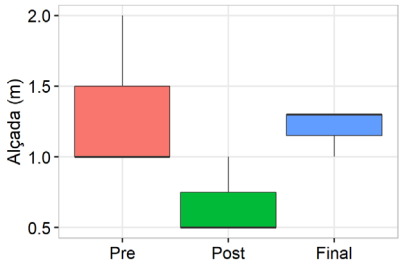


Au: *Arbutus unedo*
Coa: *Corylus avellana*
Cs: *Castanea sativa*
Ia: *Ilex aquifolium*
Pot: *Populus tremula*
Pra: *Prunus avium*

Àrea basimètrica de les espècies acompanyants

Matoll





Fotos del rodal

Abans de la intervenció

Després de la intervenció

Marcatge de la tallada: arbre de futur en blau i arbres competidors a tallar en vermell.

Peu d'alzina de llavor seleccionat com a arbre de futur.

6. Silvicultura aplicada en castanyedes

6.1. Descripció de les actuacions

> ***La majoria de les castanyedes catalanes van ser plantades durant la primera meitat del segle XX per produir fusta. Actualment, moltes d'aquestes masses estan abandonades i en molt mal estat sanitari, generalment per la incidència del xancre del castanyer (***Cryphonectria parasitica***) i per una mala adaptació a les condicions actuals de l'estació, motiu pel qual la gestió se centra a acompanyar el canvi de dominància a favor d'altres espècies de planifolis ja presents (roures, alzina, freixes, cirerers...), segons la microestació, ja sigui com a peus individuals o com a cops de regeneració.***
>
> ***També es busca una millora de la vitalitat de l'estrat del castanyer on les condicions de l'estació ho permetin. Així, es generen i es mantenen masses mixtes heterogènies, d'estructura regularitzada o irregularitzada en funció de l'espècie dominant a mitjà termini, i es redueix la presència de castanyer especialment on mostri menys vitalitat.***

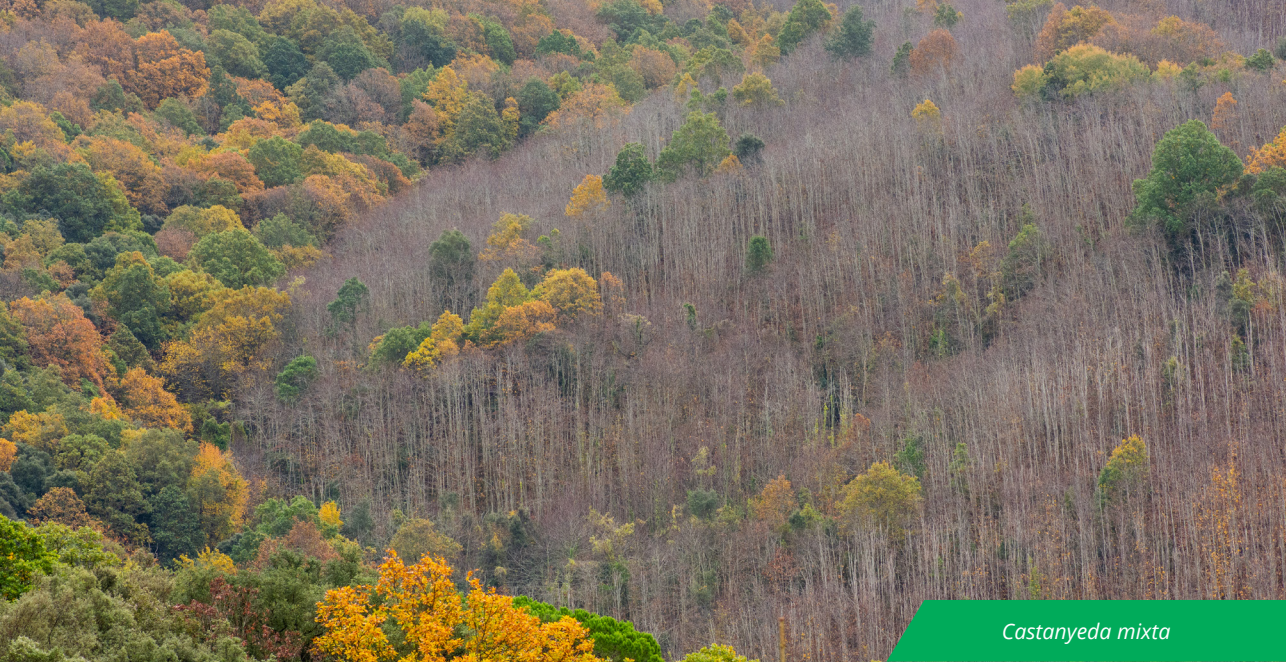
Aquesta gestió fa avançar les castanyedes cap a una estructura heterogènia verticalment i horitzontalment, amb tendència a la regularització i la capitalització (on el canvi d'espècie es fa en favor del roure) o a la irregularització (canvi a favor de l'alzina).

En la mesura del que sigui possible, es fomenten els individus i les espècies de planifolis amb més potencial per produir fusta de qualitat, sempre que mostrin un alt vigor: *Prunus avium*, *Quercus petraea*, *Quercus pubescens*, *Quercus canariensis*, *Sorbus torminalis*, *Sorbus domestica*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* i *Acer sp*.

Com a resultat de la gestió innovadora, la massa es conforma com a bosc mitjà mixt, d'estructura regularitzada o irregularitzada, en funció de l'espècie dominant a mitjà termini. L'estructura és multiestratificada en primer terme: peus dominants de castanyer, si són vitals i d'altres espècies ja presents, subvol per bosquets més o menys establert, regeneració de planifolis acompanyants i rebrots del castanyer.

Les actuacions en les castanyedes demostratives inclouen:

Aclarida selectiva: el primer pas és fer una selecció de peus de futur (de 100 a 200 peus/ha, màxim 1/4 de la densitat total), incloent-hi principalment (vegeu l'apartat 4.3) arbres vitals i ben conformats d'espècies productores de fusta de qualitat



Castanyeda mixta

(incloent-hi el castanyer, si és viable) preferentment a partir de la classe diametral 15, però amb marge de creixement, i també individus amb interès per a la conservació de la biodiversitat (espècies poc representades, arbres amb microhàbitats d'interès, llavorers i productors de fruit). A més, es pot considerar la selecció i la poda puntual d'arbres d'espècies productores de fusta de qualitat de diàmetre inferior a l'esmentat si mostren un bon vigor i un canó robust i ben conformat.

L'aclarida selectiva consisteix a regular la competència a la qual estan sotmesos els peus de futur i a eliminant els principals competidors quant a capçada. El nombre de peus que cal eliminar per arbre de futur determina el pes de l'aclarida: com a referència, es tallen entre un i dos competidors, amb un valor més baix com més arbres de futur s'hagin seleccionat i més comprimida hagi estat la capçada. Orientativament, l'àrea basimètrica extreta no supera el 25-30%. Els peus tallats es poden extreure o bé mantenir-se al sòl, en funció del seu valor. També es pot valorar anellar peus competidors en lloc de tallar-los, perquè la posada en llum de l'arbre de futur sigui gradual. Els peus prop dels arbres de futur que no hagin estat identificats com a competidors pel que fa a la capçada es mantenen per aconseguir així un estrat de servei que ajuda a la bona conformació de l'arbre seleccionat i n'evita l'aparició de brots epicòrmics.

Als rodals o a les parts del rodal que disten de les característiques òptimes per a l'aplicació de la silvicultura MixForChange (estructura simplificada, densitat molt alta i/o escassa o nul·la estratificació, regeneració coetània abundant) es pot plantejar una **aclarida sistemàtica**, sense tenir en compte característiques individuals.

> *L'aclarida selectiva és l'actuació principal de la silvicultura MixForChange quan hi ha peus candidats a ser seleccionats com a arbres de futur i per mantenir les estructures adequades una vegada aconseguides, ja que se apliquen les tallades en funció del paper de cada arbre dins el bosc.*

Selecció de tanys: actuació de regulació de la competència a escala d'arbre, aplicada en soques amb molts peus (tanys) per concentrar el creixement en els que estan més ben desenvolupats i posicionats. El més habitual és deixar un o dos peus per soca, si bé en els castanyers se'n poden deixar, independentment de la densitat, d'1 a 4 (menys peus com més gran sigui la grandària). En aquestes soques de castanyer, se solen considerar únicament els peus vius inventariables i es deixen sense tallar els peus morts i els vius de petita grandària. A escala de rodal, la selecció de tanys també redueix la competència i en millora la vitalitat.

Estassada selectiva: eliminació parcial de la vegetació de l'estrat arbustiu, a partir de la priorització de la mena de matoll que cal preferentment eliminar, ja sigui per alçària, espècie o vitalitat. Opcionalment, es pot establir un rang de cobertura total per mantenir per reduir la vulnerabilitat global a incendis. En les castanyedes amb cobertura completa, no sol haver-hi un sotabosc gaire desenvolupat, per tant, les estassades se solen limitar a afavorir l'accessibilitat i a promoure les espècies arbòries o arbustives desitjades pel seu interès econòmic o ecològic.

Renovellament: tallada arran de terra d'individus mal conformats d'espècies de planifolis d'interès per mirar de generar un nou peu de rebrot que pugui tenir una conformació millor. El peu que cal renovellar sol ser jove i ha de tenir capacitat de rebrot i condicions microambientals adequades. Els peus tallats en el renovellament es poden extreure o deixar al sòl en funció del seu valor comercial.

Plantació: regeneració artificial de zones de baixa cobertura arbòria que presenten una regeneració nul·la o insuficient. La plantació s'efectua en una gran diversitat d'espècies, amb densitats entre 10 i 250 peus/ha, aprofitant les microestacions més favorables i amb l'aplicació de tècniques de plantació complementàries per augmentar-ne l'èxit, com els protectors individuals o els condicionadors del sòl.

6.2. Resultat dels rodals demostratius

En el projecte MixForChange s'ha intervingut en 15 rodals demostratius de castanyeda, amb unes 46 ha en total. La Taula 2 mostra la caracterització silvícola realitzada en 18 parcel·les de seguiment instal·lades en 9 rodals als massissos del Montnegre-Corredor i del Montseny (Figura 12).

L'àrea basimètrica extreta (21,6 ± 11,8%) es va ajustar a la planificada (20-30%, en general), tot i que amb certa variabilitat entre les diferents àrees de treball, amb més pes de la intervenció en les parcel·les de Montnegre-Corredor que en les del Montseny.

Taula 2. Caracterització silvícola dels tractaments realitzats en castanyedes (C. sativa).

Massís (Nombre de rodals-parcel·les)	**Abans del tractament**			**Després del tractament**			**AB extreta (%)**
	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	
Montnegre-Corredor (8-15)	1.375 ± 441	13,8 ± 2,8	27,3 ± 6,8	906 ± 271	15,9 ± 2,6	21,9 ± 6,6	22,1 ± 10,9
Montseny (1-3)	1.369 ± 191	11,8 ± 2,1	24,2 ± 6,7	1.071 ± 175	13,4 ± 1,9	20,3 ± 5,8	16,4 ± 3,1
Totes (9-18)	1.374 ± 406	13,5 ± 2,8	26,8 ± 6,7	937 ± 259	15,4 ± 2,6	21,6 ± 6,3	21,6 ± 11,8

A- Castanyeda del Montnegre-Corredor (abans)

B- Castanyeda del Montnegre-Corredor (després)

C- Castanyeda del Montseny (abans)

D- Castanyeda del Montseny (després)

Figura 12. Rodals demostratius del projecte Life MixForChange de castanyedes abans i després de la intervenció.

La fitxa següent mostra la informació bàsica de l'actuació realitzada en un d'aquests rodals a tall d'exemple detallat de l'aplicació de la silvicultura MixForChange.

Localització:	**Sant Celoni (Vallès Oriental) Montnegre-Corredor**	Superfície actuada:	2,5 ha

Descripció estructura de partida i objectiu específic

Massa mixta multiestratificada amb un estrat de **castanyer regular més o menys abundant, amb vitalitat mitjana i poca mortalitat**. Les actuacions se centren a potenciar els planifolis secundaris i acompanyants (roure, cirerer, servera, moixera de pastor, aurons) i a mantenir els millors peus de castanyer a mitjà termini.

Actuacions implementades	Model ORGEST de referència:	Cs03 CsPl3

· **Selecció de tanys** de castanyer i *Quercus sp.* deixant els millors 1-3 tanys/soca, actuant tant en peus vius com morts de castanyer. AB total per mantenir de 20-22 m²/ha (AB aproximada per extreure de 30%).

· Durant la selecció de tanys s'alliberen peus inventariables de cirerer, roure africà i altres planifolis de futur i s'eliminen entre 1-2 competidors directes pel que fa a la capçada.

· **Estassada selectiva** per facilitar l'accessibilitat, sense deixar més de 5 m continus sense esbrossar en zones arbrades, i selecció de tanys de bruc i arboç mantenint 1-3 tanys/soca. Es busca reduir de manera significativa el recobriment del sotabosc i la vulnerabilitat a incendis.

Es mantenen els peus d'espècies productores de fruit carnós que no dificultin el desenvolupament de peus d'espècies arbòries d'interès. Es mantenen, en la mesura del que sigui possible, peus no inventariables de cirerer, encara que tinguin malformacions. S'eliminen els peus petits no vitals que dificultin l'accessibilitat.

Senyalament

El senyalament es fa en una part del rodal (àrea d'entrenament) mitjançant un acompanyament i amb formació regular de les colles que executen les actuacions.

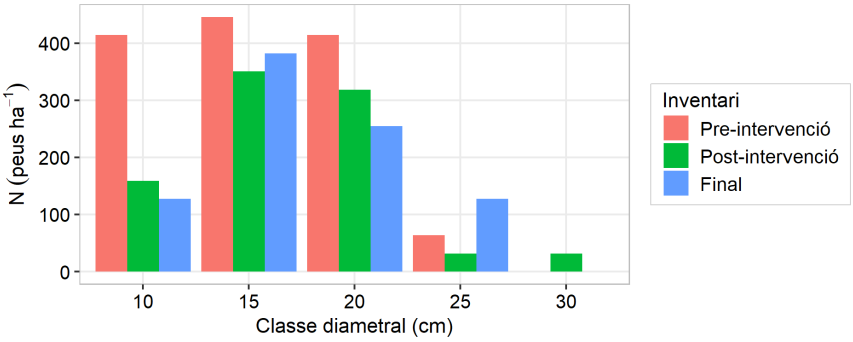
Seguiment silvodasomètric abans (Pre) i després (Post) de la intervenció

Massa en conjunt

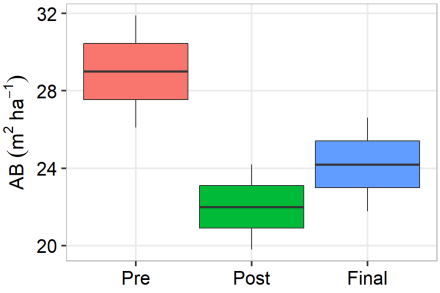
	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	Dg (cm)	Ho (m)	H (m)	Cobertura matoll (%)	H matoll (m)
Pre	1.465	29	16	17	14	60	1,7
Post	950	22	17	17	14	25	1,0

	Espècie principal: castanyer			Espècie secundària 1: alzina			Espècie secundària 2: cirerer		
	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)
Pre	765	17	59%	200	3,5	12%	165	3	10%
Post	500	13	59%	115	2	9%	135	3	14%

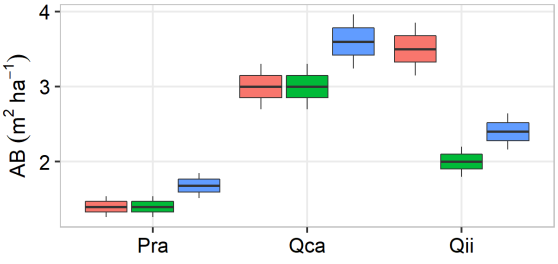
Estrat arbori (pre i post: abans i després de la intervenció; Final: 2 períodes vegetatius després de la intervenció)



Distribució diametral total



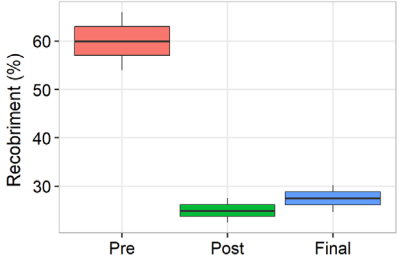
Àrea basimètrica total

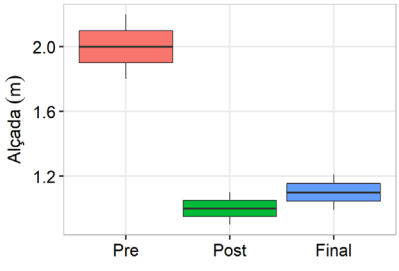


Pra: *Prunus avium*
Qca: *Quercus canariensis*
Qii: *Q. ilex*

Àrea basimètrica de les espècies acompanyants

Matoll





Fotos del rodal

Abans de la intervenció

Després de la intervenció

Castanyer vigorós de bona conformació seleccionat com a arbre de futur (al centre amb ratlla verda).

Vista del rodal amb els puntals de castanyer apilats sobre la pista.

7. Silvicultura aplicada en rouredes

7.1. Descripció de les actuacions

> ***La gestió busca generar i mantenir estructures diversificades i multiestratificades, amb tendència a la capitalització, on diverses espècies de planifolis es desenvolupin de manera significativa segons les diferents microestacions per evitar una competència excessiva.***

Les actuacions se centren a **regular la competència del col·lectiu dominant de roures**, entre si i amb la resta de les espècies, i a modelar la distribució d'arbres i espècies per estrats (verticalment) i per bosquets (horitzontalment).

On sigui possible, es fomenten els individus i les espècies de planifolis amb més potencial per produir fusta de qualitat, sempre que mostrin un alt vigor, i en convivència amb els millors peus de roure. Els roures que puguin tenir les característiques adequades per a la producció de barriques o serra especial es consideren part dels planifolis promocionats, juntament amb *Prunus avium*, *Sorbus torminalis*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus* i *Acer campestre*.

Aquesta gestió fa avançar les rouredes cap a un bosc mitjà mixt, regular o irregular. Dins de l'alta diversitat prevalent, la proporció d'espècies és variable, i els roures es mantenen com a dominants o amb presència destacada, en barreja per bosquets segons les microestacions. Els peus d'unes espècies i les altres es poden originar per llavor o per rebrot. L'estructura resultant és capitalitzada (elevada presència de peus de gran desenvolupament amb possible destinació a serra de qualitat i barriques) i podrà ser regular o irregular en funció de les proporcions relatives d'espècies i els seus temperaments respecte a la disponibilitat de llum directa i indirecta.

Aquesta estructura heterogènia verticalment i horitzontalment es manté mitjançant tallades de selecció (aclarides selectives sobre arbres de totes les grandàries) en el col·lectiu de roures, aplicades de manera selectiva per afavorir els millors peus de qualsevol espècie.

Roureda mixta

Les actuacions demostratives en les rouredes inclouen:

Aclarida selectiva: el primer pas és fer una selecció de peus de futur (de 100 a 250 peus/ha, màxim 1/3 de la densitat total), incloent-hi principalment (vegeu l'apartat 4.3) arbres vitals i ben conformats d'espècies productores de fusta de qualitat, preferentment a partir de la classe diametral 15, però amb marge de creixement, i també individus amb interès per a la conservació de la biodiversitat (espècies poc representades, arbres amb microhàbitats d'interès, llavorers i productors de fruit). A més, es pot considerar la selecció i la poda puntual d'arbres d'espècies productores de fusta de qualitat de diàmetre inferior a l'esmentat, si mostren un bon vigor i un canó robust i ben conformat.

L'aclarida selectiva consisteix a regular la competència a la qual estan sotmesos els peus de futur i a eliminar-ne els principals competidors pel que fa a la capçada. El nombre de peus que cal eliminar per arbre de futur determina el pes de l'aclarida: com a referència, es tallen entre un i dos competidors, amb un valor més baix com més arbres de futur s'hagin seleccionat i més comprimida hagi estat la capçada. Orientativament, l'àrea basimètrica extreta no supera el 15-30%. Els peus tallats es poden extreure o bé mantenir-se al sòl en funció del seu valor. També es pot valorar anellar peus competidors en lloc de tallar-los, perquè la posada en llum de l'arbre de futur sigui gradual. Els peus pròxims als arbres de futur que no hagin estat identificats com a competidors quant a capçada es mantenen per aconseguir així un estrat de servei que ajuda a la bona conformació de l'arbre seleccionat i n'evita l'aparició de brots epicòrmics.

Als rodals o a les parts del rodal lluny de les característiques òptimes per a l'aplicació de la silvicultura MixForChange (estructura simplificada, densitat molt alta i/o escassa o nul·la estratificació) es pot plantejar una **aclarida selectiva mixta**. L'actuació té una intensitat de moderada a baixa (menys, com més grans són els arbres), amb una extracció màxima del 30% de l'àrea basimètrica inicial. Es combina una aclarida selectiva amb una aclarida baixa amb la finalitat de reduir l'elevada densitat de l'estrat dominat perquè sigui més o menys homogènia en el rodal. Es redueix així la competència i s'afavoreix el desenvolupament dels peus més adaptats i vigorosos, que busquen mantenir a llarg termini una coberta estable i vital de fustal sobre soques.

> *L'aclarida selectiva és l'actuació principal de la silvicultura MixForChange davant de peus candidats a ser seleccionats com a arbres de futur i per mantenir les estructures adequades una vegada aconseguides, ja que s'apliquen les tallades en funció del paper de cada arbre dins el bosc.*

Selecció de tanys: actuació de regulació de la competència a escala d'arbre que s'aplica en soques amb diversos peus (tanys) per concentrar el creixement en els més ben desenvolupats i posicionats. En rouredes, aquesta actuació sol tenir una intensitat baixa i es tallen com a màxim la meitat dels tanys vius d'una soca per intentar que a llarg termini només quedi un peu per soca. Així, a escala de rodal, també es redueix la competència i se'n millora la vitalitat.

Estassada selectiva: eliminació parcial de la vegetació de l'estrat arbustiu a partir de la priorització de la mena de matoll que preferentment cal eliminar, ja sigui per alçària, espècie o vitalitat. Opcionalment, es pot establir un rang de cobertura total per mantenir per reduir la vulnerabilitat global a incendis. En rouredes amb un historial d'aprofitament intens per a llenyes és habitual un sotabosc desenvolupat, amb abundància d'espècies de llum. En aquest cas, es redueix el fitovolum d'aquestes espècies de manera intensa i es respecten alguns peus d'espècies esporàdiques de requeriments més d'ombra i/o productores de flor i fruit carnós pel seu interès per a la biodiversitat. En el cas de les mates de bruc, arboç i boix, és convenient fer una selecció de tanys (deixar-ne un o dos peus per soca) en lloc de tallar tots els peus per limitar el rebrot posterior.

Renovellament: tallada arran de terra d'individus mal conformats d'espècies de planifolis d'interès per mirar de generar un nou peu de rebrot que pugui tenir una conformació millor. El peu que cal renovellar sol ser jove i ha de tenir capacitat de rebrot i condicions microambientals adequades. Els peus tallats en el renovellament es poden extreure o deixar al sòl en funció del seu valor comercial.

Plantació: regeneració artificial de zones de baixa cobertura arbòria amb una regeneració nul·la o insuficient. La plantació es fa amb una gran diversitat d'espècies, amb densitats entre 10 i 200 peus/ha, aprofitant les microestacions més favorables i amb l'aplicació de tècniques de plantació complementàries per augmentar-ne l'èxit, com els protectors individuals o els condicionadors del sòl.

7.2. Resultat dels rodals demostratius

En el projecte MixForChange s'ha actuat en 8 rodals demostratius de roureda, amb unes 57 ha en total. La Taula 3 mostra la caracterització silvícola sobre la base de 19 parcel·les de seguiment instal·lades en 7 rodals, agrupades per àrea de treball: Montnegre-Corredor, Bellmunt-Collsacabra, Montseny i Ripollès (Figura 13). En resum, l'àrea basimètrica extreta (23,3 ± 12,8%) es va ajustar al que s'havia planificat (15-30% en general), tot i que hi ha certa variabilitat entre les diferents zones de treball, amb un pes decreixent de la intervenció en les parcel·les de Montseny, Bellmunt-Collsacabra, Ripollès i Montnegre-Corredor.

Taula 3. Caracterització silvícola dels tractaments realitzats en rouredes (Q. pubescens, Q. canariensis, Q. petraea, Q. robur).

Massís (Nombre de rodals-parcel·les)	**Abans del tractament**			**Després del tractament**			**AB extreta (%)**
	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	
Montnegre-Corredor (3-4)	876 ± 256	20,8 ± 3,1	36,9 ± 14,6	669 ± 203	22,1 ± 3,2	31,7 ± 15,4	15,9 ± 17,7
Bellmunt-Collsacabra (2-9)	1.024 ± 176	14 ± 1,5	18,9 ± 3,5	688 ± 154	14,6 ± 1,3	14,2 ± 4,3	27,6 ± 17,6
Montseny (1-3)	1.528 ± 127	14,5 ± 1,7	35,6 ± 5,6	934 ± 67	15,1 ± 0,8	25,5 ± 4,0	28,5 ± 2,9
Ripollès (1-3)	944 ± 111	15,3 ± 5,5	29,7 ± 9,7	700 ± 110	14,8 ± 3,6	24,6 ± 7,0	16,6 ± 6,8
Totes (7-19)	1.060 ± 273	15,7 ± 3,7	27,0 ± 11,1	727 ± 168	16,4 ± 3,7	21,7 ± 10,5	23,3 ± 12,8

A- Roureda del Montnegre-Corredor (abans)

B- Roureda del Montnegre-Corredor (després)

C- Roureda de Bellmunt-Collsacabra (abans)

D- Roureda de Bellmunt-Collsacabra (després)

E- Roureda del Montseny (abans)

F- Roureda del Montseny (després)

G- Roureda del Ripollès (abans)

H- Roureda del Ripollès (després)

Figura 13. Rodals demostratius de roureda del projecte MixForChange abans i després de la intervenció.

La fitxa següent mostra la informació bàsica de l'actuació realitzada en un d'aquests rodals a tall d'exemple detallat de l'aplicació de la silvicultura MixForChange.

Localització:	**Sant Celoni (Vallès Oriental) Montnegre-Corredor**	Superfície actuada:	2,0 ha

Descripció estructura de partida i objectiu específic

Roureda dominada per roure de fulla gran, amb presència variable d'altres roures (africà, martinenc) i planifolis (cirerer, freixe, serveres, moixeres, aurons), irregularitzat i barrejat per bosquets, on l'estrat de roures és vital i dominant. Les actuacions busquen fomentar el creixement dels millors arbres mentre es manté l'heterogeneïtat de l'estructura.

Actuacions implementades	Model ORGEST de referència:	Qpe02 QcaAl1

· **Aclarida selectiva** a favor d'uns 200 peus/ha (7-8 m entre arbres) de roure de fulla gran, roure africà, alzina i cirerer, dominants o codominants i de bona conformació, amb l'eliminació d'un competidor directe per arbre de futur i mantenint un subvol de servei. A més, es realitza una selecció de tanys de castanyer i Quercus sp, es deixen els millors 1-2 tanys/soca i s'actua tant en peus vius com morts de castanyer. AB total a mantenir de 30-32 m²/ha (AB aproximada a extreure del 30%).

· **Estassada selectiva** per facilitar l'accessibilitat, sense deixar més de 5 m continus sense esbrossar; selecció de tanys de bruc i arboç (mantenint 1-3 tanys/soca) i d'avellaner (mantenint 3-4 tanys/soca). Es busca reduir de manera significativa el recobriment del sotabosc i reduir la vulnerabilitat a incendis.

Es mantenen els peus d'espècies productores de fruit carnós que no dificultin el desenvolupament de peus d'espècies arbòries. Es mantenen, en la mesura del que sigui possible, peus no inventariables de cirerer, encara que tinguin malformacions. S'eliminen els peus no vitals que dificultin l'accessibilitat dels treballs.

Senyalament

El senyalament es fa en tot el rodal mitjançant el marcatge dels arbres de futur i els competidors que cal tallar. També es fa un acompanyament i una formació continus de les colles que executen els treballs.

Seguiment silvodasomètric abans (Pre) i després (Post) de la intervenció

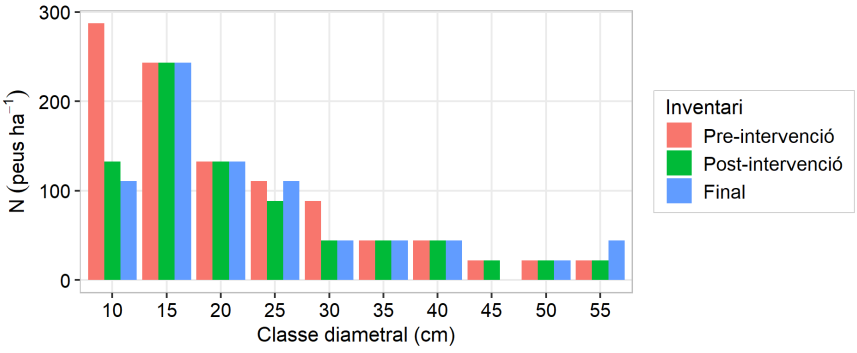
Massa en conjunt

	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	Dg (cm)	Ho (m)	H (m)	Cobertura matoll (%)	H matoll (m)
Pre	1.245	42	20	19	14	85	2,0
Post	975	32	21	19	14	50	1,0

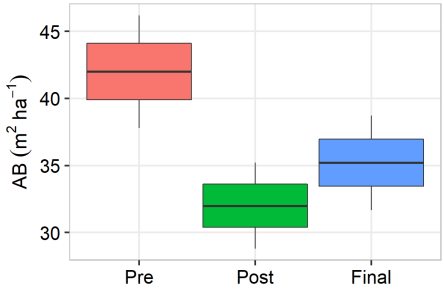
	Espècie principal: roure de fulla gran*			Espècie secundària 1: roure africà*			Espècie secundària 2: castanyer		
	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)
Pre	325	15	36%	260	8	19%	125	6	14%
Post	280	13	41%	190	6	19%	80	4	13%

*Els valors de roure africà i roure de fulla gran són orientatius, atès que és molt difícil distingir-los per l'abundància d'individus híbrids. La suma dels dos és representativa de la presència de roures en el rodal.

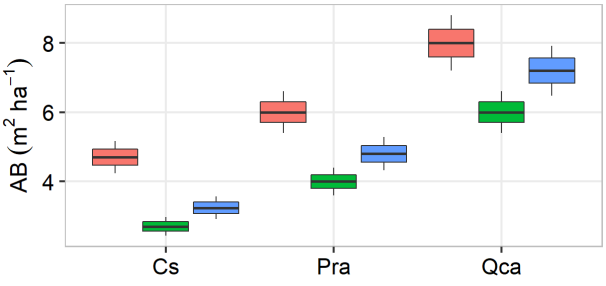
Estrat arbori (pre i post: abans i després de la intervenció; Final: 3 períodes vegetatius després de la intervenció)



Distribució diametral total



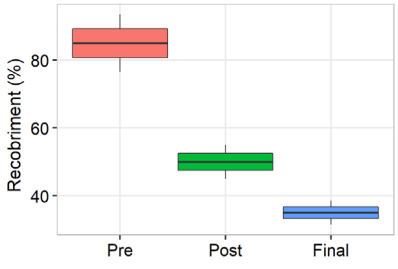
Àrea basimètrica total

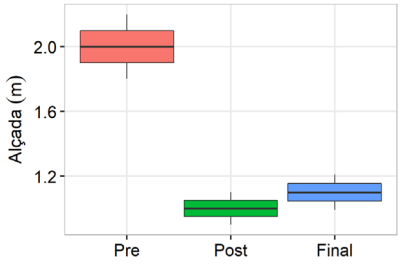


Cs: *Castanea sativa*
Pra: *Prunus avium*
Qca: Quercus canariensis

Àrea basimètrica de les espècies acompanyants

Matoll





Fotos del rodal

Abans de la intervenció

Després de la intervenció

Senyalament de la tallada (arbres de futur amb línia taronja).

Visita al rodal durant una jornada tècnica de transferència, després de l'execució dels treballs.

8. Silvicultura aplicada en pinedes

8.1. Descripció de les actuacions

> ***Els boscos mixtos de pins amb planifolis se solen estructurar com un dosser de pins (espècie promoguda en el passat) amb subvol de planifolis. Actualment, els planifolis mostren un gran desenvolupament i el dosser de pins apareix capitalitzat i envellit, motiu pel qual la seva regeneració es veu limitada per l'espès estrat de planifolis.***
>
> ***La gestió aplicada cerca generar i mantenir estructures diversificades en estrats i espècies, amb elevada presència de quercínies i incloent-hi diferents espècies de planifolis. Els pins es mantenen en les localitzacions que els són favorables on no dificultin el desenvolupament de la resta d'espècies.***

Es busca **acompanyar el desenvolupament dels planifolis i el canvi progressiu de dominància del dosser de pins**. En rodals amb una coberta arbòria de baixa densitat i amb una presència de planifolis insuficient per generar un estrat complet, es poden fer plantacions de diversificació i densificació, i introduir i reforçar els planifolis objectiu i peus de pi en localitzacions favorables.

En les actuacions es fomenten els individus i les espècies de planifolis amb més potencial per produir fusta de qualitat, sempre que mostrin un alt vigor: *Prunus avium*, *Quercus petraea*, *Quercus pubescens*, *Quercus canariensis*, *Sorbus torminalis*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus* i *Acer campestre*.

L'estructura que se cerca amb la silvicultura MixForChange en pinedes varia segons la vitalitat i la capacitat de regeneració de l'estrat superior de pi i el subvol de planifolis:

- Pins amb poc vigor i en fase pròxima a la senescència, subvol de planifolis plenament establert i amb capacitat per desenvolupar-se: es promou l'heterogeneïtat a petita escala (arbres individuals o cops segons el temperament de les espècies) per acompanyar la substitució progressiva de la dominància del pi. Solen ser zones on el subvol de planifolis mostra un fort desenvolupament, ja sigui per l'alta qualitat d'estació o bé per la cobertura deficient del dosser de pins com a conseqüència de la pèrdua de vitalitat (edat avançada, efecte de sequeres recurrents) o per la gestió aplicada prèviament.

- Pins vigorosos amb capacitat de regeneració i/o subvol de planifolis encara no consolidat: es promou l'heterogeneïtat per cops o bosquets per regular la competència en el dosser superior i entre aquest i el subvol de planifolis per acompanyar el seu desenvolupament progressiu.

Segons les condicions del rodal les intervencions s'ajusten per avançar, mitjançant un nombre variable d'actuacions d'adaptació o transició, cap a l'estructura final buscada. Quan l'estructura compleix els objectius generals buscats (heterogènia verticalment i horitzontalment, amb processos de regeneració, conformació adequada dels peus de futur, nivell de capitalització de les diverses espècies adequat) les condicions es mantenen mitjançant tallades de selecció, és a dir, aclarides selectives sobre arbres de tota mena de grandàries.

Pineda mixta

Les actuacions demostratives en les pinedes inclouen:

Aclarida selectiva: el primer pas és fer una selecció d'uns 200 a 400 peus de futur/ha (menys, com més gran és la proporció de planifolis seleccionats i la grandària dels arbres), independentment de la densitat total. Aquests peus de futur inclouen principalment (vegeu l'apartat 4.3) arbres vitals i ben conformats de pi o d'espècies productores de fusta de qualitat, preferentment a partir de la classe diametral 15, però amb marge de creixement, i també individus amb interès per a la conservació de la biodiversitat (espècies poc representades, arbres amb microhàbitats d'interès, llavorers i productors de fruit). A més, es pot considerar la selecció i la poda puntual d'arbres d'espècies productores de fusta de qualitat de diàmetre inferior a l'esmentat, si mostren un bon vigor i un fust robust i ben conformat.

L'aclarida selectiva consisteix a regular la competència a la qual estan sotmesos els peus de futur i a eliminar-ne els principals competidors pel que fa a la capçada, i també al nivell d'arrel, si l'arbre de futur és un pi. Els peus de futur solen ser de l'estrat dominant, per la qual cosa l'aclarida selectiva s'aplica sovint en estructures regularitzades. El nombre de peus que cal eliminar per arbre de futur determina el pes de l'aclarida: com a referència, es tallen entre un i tres competidors, amb un valor més baix com més arbres de futur s'hagin seleccionat, més comprimida estigui la capçada i més tolerant a l'ombra sigui el seu temperament. Orientativament, l'àrea basimètrica extreta no supera el 20-25%. Els peus tallats es poden extreure o bé mantenir-se al sòl en funció del seu valor. També es pot valorar anellar peus competidors en lloc de tallar-los, perquè la posada en llum de l'arbre de futur sigui gradual. Els peus prop dels arbres de futur que no hagin estat identificats com a competidors quant a capçada es mantenen per aconseguir així un estrat de servei que ajuda a la bona conformació de l'arbre seleccionat i n'evita l'aparició de brots epicòrmics.

En els rodals o a les parts del rodal lluny de les característiques òptimes per a l'aplicació de la silvicultura MixForChange (estructura simplificada, densitat molt alta i/o escassa o nul·la estratificació) es pot plantejar una **aclarida selectiva mixta**, que podria aconseguir una intensitat moderada, amb una extracció màxima del 35% de l'àrea basimètrica inicial. Es combina una aclarida selectiva amb una aclarida baixa, i es busca reduir l'elevada densitat de l'estrat dominat, de manera més o menys homogènia en el rodal, per afavorir el desenvolupament dels peus més adaptats i vigorosos amb l'objectiu de mantenir a llarg termini una coberta estable i vital avançant cap a la capitalització.

> *L'aclarida selectiva és l'actuació principal de la silvicultura MixForChange davant de peus candidats a ser seleccionats com a arbres de futur i per mantenir les estructures adequades una vegada aconseguides, ja que se apliquen les tallades en funció del paper de cada arbre dins el bosc.*

Selecció de tanys: actuació de regulació de la competència a escala d'arbre (espècies rebrotadores) que s'aplica en soques amb molts peus (tanys) per concentrar el creixement en els més ben desenvolupats i posicionats, generalment, un o dos per soca. És una actuació habitual en espècies amb alta capacitat de rebrot, com l'alzina i el castanyer, tallant amb intensitat més de la meitat dels peus vius de cada soca, mentre que en el roure i l'auró s'aplica amb menys intensitat. Així, a escala de rodal també es redueix la competència i se'n millora la vitalitat.

Estassada selectiva: eliminació parcial de la vegetació de l'estrat arbustiu a partir de prioritzar la mena de matoll que preferentment cal eliminar, ja sigui per alçària, espècie o vitalitat. Opcionalment, es pot establir un rang de cobertura total que cal mantenir per reduir la vulnerabilitat global a incendis. En pinedes amb escassa coberta arbòria durant molt de temps, és habitual un sotabosc desenvolupat, amb abundants espècies de llum. En aquest cas, es redueix el fitovolum d'aquestes espècies de manera intensa i es respecten alguns peus d'espècies esporàdiques de requeriments més d'ombra i/o productores de flor i fruit carnós pel seu interès per a la biodiversitat. En el cas de les mates de bruc, arboç i boix, es recomana fer una selecció de tanys (es deixen un o dos tanys per soca) en lloc de tallar tots els peus per limitar el rebrot posterior.

Renovellament: en els cops amb molta abundància de planifolis joves es pot plantejar el tall dels peus mal conformats per generar un nou peu de rebrot. El peu que cal renovellar sol ser jove i ha de tenir capacitat de rebrot i condicions microambientals adequades. Els peus tallats en el renovellament es poden extreure o deixar al sòl en funció del seu valor comercial.

Plantació: regeneració artificial en les millors microestacions per a l'adaptació de l'espècie mitjançant tècniques complementàries per augmentar-ne l'èxit, incloent-hi protectors individuals o condicionadors del sòl. Si la coberta arbòria és escassa per pertorbacions intenses, es poden prioritzar les coníferes frugals (densitat de plantació màxima de 400 peus/ha), que durant el seu desenvolupament crearan les condicions per a l'establiment i la consolidació d'una nova cohort de planifolis que

necessitin acompanyament inicial. També es poden plantar planifolis (10-150 peus/ha) per enriquir rodals on aquestes siguin escasses.

Tallada sanitària: en zones afectades per danys biòtics o abiòtics, s'elimina una part dels arbres morts o moribunds, amb símptomes de malaltia o plaga, afectats per nevades, vent, calamarsa, etc.

8.2. Resultat dels rodals demostratius

En el projecte MixForChange s'ha intervingut en 9 rodals demostratius de pineda, amb unes 62 ha en total. La Taula 4 mostra la caracterització silvícola obtinguda en 22 parcel·les de seguiment instal·lades en 8 rodals, agrupades en les quatre àrees de treball: Montnegre-Corredor, Bellmunt-Collsacabra, Montseny i Ripollès (Figura 14). En resum, l'àrea basimètrica extreta (21,9 ± 15,8%) es va ajustar al que s'havia planificat (20-25%, en general), tot i que amb certa variabilitat entre les diferents zones de treball, amb un pes decreixent a Bellmunt-Collsacabra, Montseny, Montnegre-Corredor i el Ripollès.

*Taula 4. Caracterització silvícola dels tractaments realitzats en pinedes (*P. sylvestris, P. pinea*).*

Massís (Nombre de rodals-parcel·les)	**Abans del tractament**			**Després del tractament**			**AB extreta (%)**
	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	N (peus/ha)	Dg (cm)	AB (m^2/ha)	
Montnegre-Corredor (4-6)	722 ± 408	18,8 ± 2,3	23,1 ± 12,8	590 ± 331	18,7 ± 2,6	17,7 ± 8,8	14,9 ± 26,6
Bellmunt-Collsacabra (2-10)	994 ± 321	18,3 ± 0,7	30,1 ± 8,5	679 ± 275	18,5 ± 1,3	21,5 ± 5,5	27,4 ± 14,5
Montseny (1-3)	1.390 ± 319	14,5 ± 2,5	36,4 ± 10,1	923 ± 0	17,5 ± 3,5	30,6 ± 14,5	24,3 ± 11,5
Ripollès (1-3)	881 ± 157	21,6 ± 1,5	42,5 ± 9,4	764*	26,0*	47,5*	10,5*
Totes (8-22)	957 ± 376	18,3 ± 2,5	30,7 ± 11,5	681 ± 279*	18,9 ± 2,6*	22,7 ± 10,1*	21,9 ± 15,8*

* En l'inventari de després del tractament del rodal del Ripollès només es va mesurar una parcel·la

A- Pineda del Montnegre-Corredor (abans)

B- Pineda del Montnegre-Corredor (després)

C- Pineda de Bellmunt-Collsacabra (abans)

D- Pineda de Bellmunt-Collsacabra (després)

E- Pineda del Montseny (abans)

F- Pineda del Montseny (després)

G- Pineda del Ripollès (abans)

H- Pineda del Ripollès (després)

Figura 14. Rodals demostratius de pineda del projecte MixForChange abans i després de la intervenció.

La fitxa següent mostra la informació bàsica de l'actuació realitzada en un d'aquests rodals a tall d'exemple detallat de l'aplicació de la silvicultura MixForChange.

Localització:	**Sant Quirze de Besora (Osona) Bellmunt-Collsacabra**	Superfície actuada:	16 ha

Descripció estructura de partida i objectiu específic

Rodal amb un **dosser superior de pi roig sobre un subvol abundant de planifolis barrejats peu a peu**. La qualitat d'estació és bona per a totes les espècies presents que mostren, en general, una alta vitalitat. Alguns planifolis aconsegueixen l'estrat dominant en obertures prèvies. La intervenció busca regular la competència global i afavorir el desenvolupament dels millors peus de totes les espècies.

Actuacions implementades — Model ORGEST de referència: Ps08 PsQh3

· **Aclarida selectiva mixta** sobre pi roig, roures, faig i altres espècies de l'estrat dominant i codominant. S'elimina un competidor directe sobre uns 300 peus/ha dominants i codominants de bona conformació (6 m entre arbres) i es manté un subvol de servei, si se selecciona un roure. A les zones sense peus seleccionats i al subvol, es regula la competència de manera general (aclarida baixa) fins a una densitat de 600-650 peus/ha. AB total per mantenir de 20-22 m²/ha (AB per extreure de 15-20%).

· Durant l'aclarida, s'eliminen 1-2 peus competidors directes pel que fa a la capçada de peus inventariables de bona conformació de serveres, aurons, roure de fulla gran o altres planifolis d'interès. També s'alliberen puntualment peus d'espècies poc representades, especialment, til·ler i teix.

· **Estassada selectiva** per reduir el recobriment de matoll fins al 25%, crear discontinuïtat vertical en el combustible i eliminar preferentment arbustos de més de 1,3 m d'alçària. En soques de boix amb peus de port arbori es fa una selecció de tanys, es manté 1 tany/soca i es poda fins a la meitat de la seva alçària. En soques d'avellaner, es mantenen 3-4 tanys/soca, a més d'alguns peus d'espècies productores de fruit carnós que no dificultin el desenvolupament de peus d'espècies arbòries. No s'actua sobre peus d'espècies arbòries.

Senyalament

El senyalament es fa a tot el rodal marcant els arbres de futur i els competidors que cal tallar. Es fa un acompanyament i una formació regular de les colles que executen les tasques.

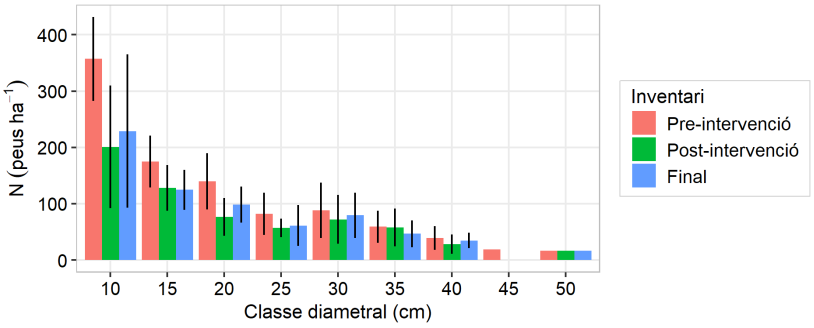
Seguiment silvodasomètric abans (Pre) i després (Post) de la intervenció

Massa en conjunt

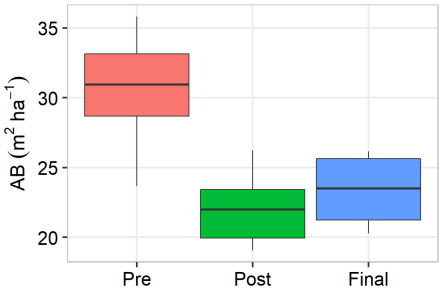
	AB (m²/ha)	Dn (cm)	Ho (m)	H (m)	Cobertura matoll (%)	H matoll (m)
Pre	31	20	20	13	44	1,0
Post	23	23	20	15	30	0,5

	Espècie principal: pi roig		Espècie secundària 1: roure			Espècie secundària 2: blada		
	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)	N (peus/ha)	AB (m²/ha)	AB (%)
Pre	14	45%	69	6	19%	200	5	16%
Post	11	47%	50	3	13%	149	3	13%

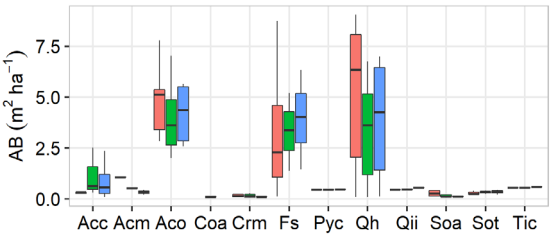
Estrat arbori (pre i post: abans i després de la intervenció; Final: 2 períodes vegetatius després de la intervenció)



Distribució diametral total



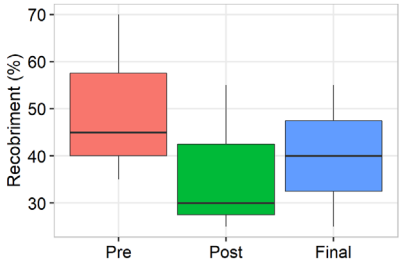
Àrea basimètrica total

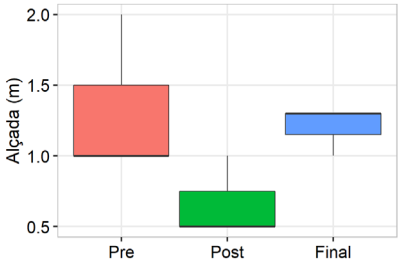


Àrea basimètrica de les espècies acompanyants

Acc: *Acer campestre*
Acm: *A. monspessulanum*
Coa: *Corylus avellana*
Crm: *Crataegus monogyna*
Fs: *Fagus sylvatica*
Pyc: *Pyrus communis*
Qh: *Quercus pubescens*
Qii: *Q. ilex*
Soa: *Sorbus aria*
Sot: *S.torminalis*
Tic: *Tilia cordata*

Matoll





Fotos del rodal

Abans de la intervenció

Després de la intervenció

Detall del desembosc de dos arbres marcats com a competidors per tallar (punt vermell).

Peu de faig seleccionat com a arbre de futur (marcat en blau) tres anys després de les actuacions. També s'han marcat en verd els arbres acompanyants que cal mantenir com a estrat de servei.

9. Lliçons pràctiques apreses durant la implementació de les actuacions

Les actuacions silvícoles demostratives del projecte MixForChange han donat lloc a diversos aprenentatges pràctics en tots els nivells de decisió, des del disseny dels tractaments fins a la seva implementació i seguiment. D'aquesta experiència es poden extreure recomanacions per replicar aquesta silvicultura innovadora, considerant les diferents fases i les diferències respecte a les pràctiques més convencionals, com es descriu a continuació.

Fase de diagnosi

· És essencial un bon coneixement de les característiques actuals de l'estació, la massa i els arbres que la formen, així com de les dinàmiques naturals, actuals i passades. Se'n pot, per tant, determinar el potencial i establir les opcions de gestió per als objectius plantejats.

· Per captar adequadament l'heterogeneïtat de les masses mixtes s'han d'adaptar els inventaris forestals, en què es poden valorar la combinació d'inventaris per parcel·les amb una estimació pericial recorrent tot el rodal. A més d'indicadors quantitatius, convé emprar-ne també de qualitatius per descriure la variabilitat i la potencialitat observades, com, per exemple, incorporar un apartat de descripció silvícola literal en la diagnosi de rodal.

Definició de la planificació a escala estratègica

· A partir de la diagnosi de cada rodal es defineix el marc general de gestió pel que fa a finca. La primera decisió és assignar objectius generals i per a cada unitat d'actuació, per la qual cosa un enfocament d'ordenació per rodals seria el més adequat, com s'esmenta al bloc I.

· Els objectius en cada rodal han de tenir en compte el context global de la finca i dels rodals circumdants o relacionats per ubicació o infraestructures d'accés i de defensa, i buscar-hi la màxima eficiència econòmica. És important ressaltar que aquesta silvicultura no té per què ser implementada en tots els rodals, sinó que es poden combinar diversos enfocaments de gestió, sempre tenint presents els objectius generals pel que fa a finca.

· La priorització dels rodals en què cal implementar aquesta silvicultura és una decisió clau, especialment en una primera planificació, ja que implica un canvi de gestió. Els millors resultats de la silvicultura MixForChange s'obtenen en rodals amb alta productivitat i cert nivell de capitalització i diferenciació social, però en edats (fase de desenvolupament) intermèdies. En aquestes condicions la massa encara té capacitat de reacció i temps per evolucionar cap a una estructura adequada per desplegar tot

el potencial d'aquesta mena de gestió. És, per tant, recomanable donar prioritat a la primera aplicació d'aquesta silvicultura en aquests rodals més favorables, perquè la pràctica i els resultats obtinguts animin i facilitin la replicació progressiva en altres rodals: masses homogènies joves en fase de perxada (amb molt de temps encara per adaptar l'estructura, però poc capital actual) i, finalment, en masses més o menys heterogènies però envellides, en les quals potser és tard per aconseguir tots els objectius d'aquesta silvicultura.

· La definició de la gestió que cal implementar en cada rodal o unitat, ja sigui adoptant models de gestió de referència o descrivint les característiques silvícoles per a les formacions presents, ha d'incorporar un important component de flexibilitat per permetre incorporar tots els preceptes d'aquesta silvicultura. La decisió executiva es pren a escala d'arbre o grup d'arbres, tenint en compte molts factors que s'han observats a petita escala, per tant, les normes de gestió s'han de limitar a aportar els criteris de context.

Disseny d'actuacions silvícoles

· El disseny de les actuacions silvícoles es defineix sobre el terreny, mai només sobre el paper. Per tant, prèviament al disseny s'ha de fer una visita minuciosa dels rodals per visualitzar les conclusions de la diagnosi i arribar a una idea concreta de les dinàmiques presents.

· Els objectius es plantegen amb una escala temporal llarga, i aquest és un dels motius pels quals no s'han de buscar tots els canvis en una sola actuació. En tot cas, la intensitat proposada ha de permetre aconseguir canvis reals en les condicions i mantenir la capacitat productiva del bosc.

· En la majoria de masses del projecte es va fer necessari reactivar la regeneració natural, sobretot de les espècies esporàdiques. Per fer-ho, el disseny ha de tenir en compte les microestacions favorables, amb especial atenció en l'entrada de llum i l'espai disponible.

· Un aspecte clau és comunicar de manera pràctica els criteris de selecció d'arbres de futur pel seu interès comercial o per a la biodiversitat. En el primer cas, se seleccionen peus vigorosos i ben conformats per a la producció de fusta de qualitat, atès el seu estat actual i el potencial (vegeu Coello *et al.,* 2020a). En el cas dels peus de futur amb interès per a la biodiversitat, es prioritzen arbres d'espècies poc representades o amb microhàbitats d'interès. En la mateixa línia, també s'ha de garantir una adequada transferència dels criteris d'identificació dels principals competidors dels arbres de futur, és a dir, aquells que dificulten més intensament l'expansió de la capçada de

Peu de futur marcat amb dues línies horitzontals

Peu de futur

l'arbre de futur. Per tant, els principals competidors s'identifiquen mirant l'estrat de capçades i tenint en compte també el temperament de les espècies, la seva orientació relativa i la posició en el pendent. En general, exerceixen més competència els arbres més tolerants a l'ombra, situats al sud i en posicions més elevades. En el cas dels arbres de futur seleccionats pel seu interès per produir fusta de qualitat, és fonamental mantenir els que estan situats en el seu entorn que ombregen el tronc però no fan competència quant a capçada, ja que la seva eliminació podria induir l'emissió de brots epicòrmics en l'arbre de futur.

Execució de la silvicultura: senyalament

· En una silvicultura de certa complexitat, com la plantejada en el MixForChange, el senyalament és una intervenció essencial per traslladar els objectius de la planificació i el disseny a l'execució real, ha de ser efectuat per persones capacitades a l'hora d'aplicar d'aquesta silvicultura i en el moment de fer-ho, tenir en compte les operacions de tallada (caiguda dels arbres) i desembosc (traçat de les vies de saca, punts d'apilament...).

· El senyalament permet, a més d'una aplicació detallada de la silvicultura prevista, augmentar el rendiment i la seguretat de les colles que executen els treballs forestals.

· La recomanació general és fer un senyalament complet del rodal, preferentment abans de qualsevol altra intervenció. No obstant això, si el matoll dificulta enormement la transitabilitat i la visibilitat interiors, es pot valorar aplicar una estassada prèvia al senyalament i assumir que s'haurà perdut certa informació directa sobre les condicions de creixement de cada arbre, especialment dels juvenils. Si la massa i l'actuació tenen certa homogeneïtat i les colles són experimentades, també poden plantejar-se senyalaments parcials en àrees d'entrenament.

El senyalament, una intervenció clau

· El codi de senyalament (colors, formes, posició de les marques) ha de ser clar i consensuat amb tot el personal implicat. Es recomana marcar els arbres que cal tallar amb pintura forestal, en un color únic d'alta visibilitat, en la posició més visible per al personal que farà el senyalament i la tallada (per exemple, amb un punt vermell al tronc en les cares d'aigües amunt i aigües avall, més un punt per sota de l'altura a la qual serà tallat, que actua de control). També es recomana marcar els arbres de futur amb un altre color i forma (per exemple, amb una línia blanca horitzontal en les cares d'aigües amunt i aigües avall), per facilitar la visió completa durant el procés de senyalament i per indicar al personal que fa la tallada que aquests arbres no han de ser danyats. El senyalament d'altres arbres que necessàriament han de ser respectats, ja sigui per motius de biodiversitat o per a un efecte favorable en la conformació d'un arbre de futur, com ara els arbres propers que fan ombreig del tronc sense competir per la llum, també en facilita l'execució i evita malentesos.

· En tot cas, és fonamental assegurar-se que el personal que fa els treballs forestals comprèn els criteris de gestió que s'apliquen, la transmissió de la qual ha de ser progressiva i amb un seguiment periòdic durant l'execució. És recomanable treballar amb colles capacitades, altament professionalitzades, amb experiència suficient i que assumeixin *motu proprio* el compliment de la normativa de treball, de prevenció de riscos i de seguretat i salut i l'optimització de mètodes i equips, perquè és determinant per a l'eficiència i els resultats de l'actuació (Garcia, 2022).

Execució de la silvicultura: intervencions sobre l'estrat arbori i el matoll

· Per executar les actuacions, es recomana definir i aplicar un conjunt de bones pràctiques que tinguin un efecte favorable en el manteniment de les funcions del bosc. Es tracta de detallar com fer determinades accions o què no s'ha de fer durant l'abatiment, el desbrancatge, el desembosc i apilament per millorar l'eficiència i la seguretat de les tasques i per evitar o minimitzar impactes negatius en el medi.

· Exemples de bones pràctiques en les actuacions sobre l'estrat arbori: en arbres que cal tallar i estiguin en contacte amb una roca gran o que presentin una curvatura basimètrica molt acusada, es deixa una tronca alta per facilitar el abatiment i el processament (a més de generar fusta morta); no tallar heures si no són força abundants i afectin arbres de futur; fer l'abatiment i el desembosc sense danyar arbres de futur ni juvenils, i sense alterar molses sobre troncs o roques, zones d'acumulació d'aigua, regueres, espais rocosos o abancalaments; no desbrancar sobre cops de regeneració incipient o petits claps amb herbàcies (especialment si hi ha espècies florícoles); no desemboscar arbres de poc valor si tenen un accés difícil, i no trossejar arbres morts al terra.

·Exemples de bones pràctiques en les actuacions sobre el matoll: fer talls nets per la base i evitar deixar puntes que suposin un risc; no afectar peus juvenils d'espècies arbòries, si no està explícitament indicat en el disseny; no trossejar material no llenyós ni el de diàmetre inferior a 5 cm, i evitar acumulacions de material superiors a l'altura del genoll.

Tallada d'un arbre

Desembosc d'un tronc

Classificació de productes

· Aquesta silvicultura dona lloc a una gran diversitat de productes fusters, la qual cosa reforça la necessitat esmentada prèviament de comptar amb colles capacitades que optimitzin la logística d'extracció i classificació, redueixin temps morts, evitin manipulacions excessives o facilitin els processos de càrrega i descàrrega.

· En les primeres intervencions en masses poc capitalitzades, els productes de més valor apareixeran en quantitats molt escasses, per la qual cosa s'han d'explorar possibles opcions de concentració d'oferta.

Seguiment

· L'avaluació dels resultats, encara que sigui a curt termini, permet millorar la capacitació i l'experiència del personal gestor involucrat, tant per millorar el disseny de les intervencions següents en el rodal com per intervenir-hi en nous. És recomanable fer un seguiment periòdic, amb visites puntuals o amb estimacions pericials, addicionals a les diagnosis realitzades durant la revisió dels instruments d'ordenació.

· En aquestes avaluacions, convé prestar especial atenció a l'impacte de fenòmens climàtics extrems en els rodals actuats.

III. Valoració de la silvicultura aplicada

Aquest bloc presenta alguns dels resultats de les accions de seguiment del projecte MixForChange, centrades a quantificar l'efecte de la silvicultura aplicada en els principals serveis ecosistèmics relacionats directament o indirectament amb l'adaptació al canvi climàtic (vitalitat, biodiversitat, vulnerabilitat a incendis, balanç hídric), amb l'oportuna mitigació (balanç de carboni) i sostenibilitat econòmica de la gestió (balanç econòmic).

Per a la correcta interpretació dels resultats obtinguts cal tenir en compte que aquest tipus de silvicultura busca millorar progressivament els indicadors d'adaptació (a curt-mitjà termini) i la sostenibilitat econòmica de la gestió (a mitjà-llarg termini). En el cas dels indicadors d'adaptació, s'ha buscat una millora global, sense que se n'hagi pretès optimitzar cap individualment. A més, la valoració feta es basa en una única intervenció, en masses en què l'estructura inicial distava en general de la que es busca amb aquesta silvicultura. Finalment, l'avaluació dels efectes d'aquesta silvicultura ha estat a curt termini: dos o tres períodes vegetatius després de l'aplicació.

La correcta valoració dels resultats i el potencial d'aquesta silvicultura es podran completar a partir d'una aplicació repetida als mateixos rodals i amb un seguiment a mitjà i llarg termini.

10. Efecte de la silvicultura MixForChange en indicadors d'adaptació i mitigació del canvi climàtic

L'estudi de l'efecte de la silvicultura MixForChange sobre indicadors d'adaptació es basa en el seguiment de la vitalitat, la biodiversitat, la vulnerabilitat a incendis forestals i el balanç hídric de les masses intervingudes, a més d'una avaluació del balanç de carboni com a indicador de la capacitat de mitigació del canvi climàtic basada en un seguiment dels rodals demostratius des d'abans de les intervencions i durant els dos o tres períodes vegetatius posteriors (segons el rodal). Les dades s'han extret d'una xarxa de 71 parcel·les permanents de seguiment peu a peu, amb un radi d'entre 10-13 m, distribuïdes entre els diferents rodals intervinguts. A més, 14 d'aquestes parcel·les porten associades altres parcel·les control, en les quals no s'ha realitzat cap intervenció, per comparar l'evolució de les masses en absència de tractament.

10.1. Vitalitat de la massa: creixement

El creixement diametral és un dels principals indicadors de la vitalitat de l'arbratge i la seva resposta a la silvicultura aplicada. Aquesta variable s'ha estudiat comparant el diàmetre inicial i final dels arbres de les 14 parcel·les dobles intervingudes i control, a més del seguiment detallat de 185 arbres mitjançant dendròmetres.

Malgrat la intensitat baixa o moderada de les intervencions i el breu període de seguiment, la reacció d'algunes espècies en forma d'increment del creixement en diàmetre, per comparació amb les parcel·les control, ha estat notable (Figures 15 i 16). És el cas de l'alzina, els pins pinyer i roig o espècies esporàdiques com l'auró, el freixe i la moixera de pastor. Altres espècies, com els roures martinenc o africà o el cirerer, mostren una reacció variable en funció de la formació, amb una escassa reacció en castanyedes, però amb un increment ressenyable del creixement en alzinars i pinedes. El castanyer, i en general les espècies acompanyants de castanyedes, tot just ha reaccionat a les intervencions. En aquesta formació s'han promogut peus que ja eran molt dominants (quercínies, cirerers, castanyers).

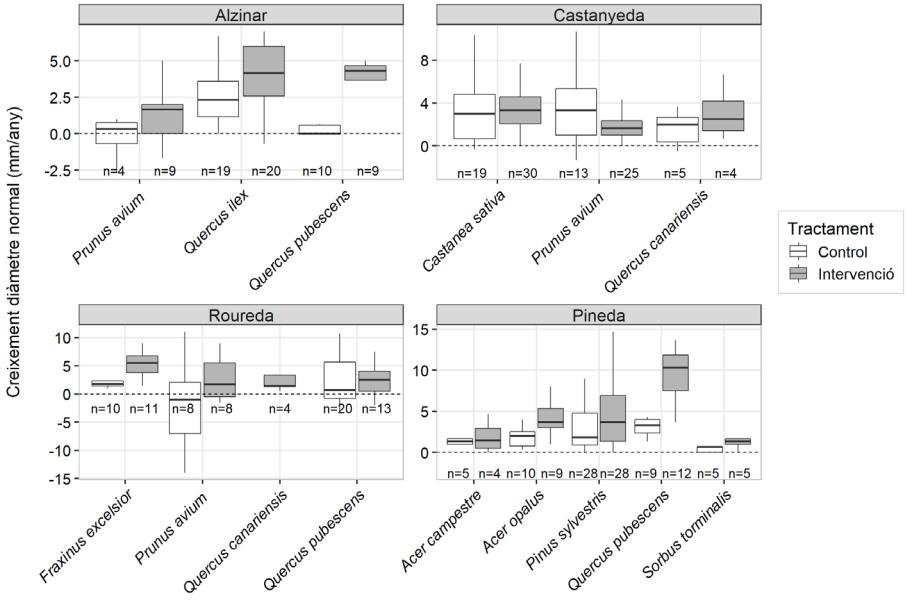


Figura 15. Creixement diametral anual de l'espècie principal i de les acompanyants més freqüents en els boscos MixForChange 2 o 3 períodes vegetatius després de la intervenció silvícola. Control: parcel·les no intervingudes. Intervenció: parcel·les intervingudes.

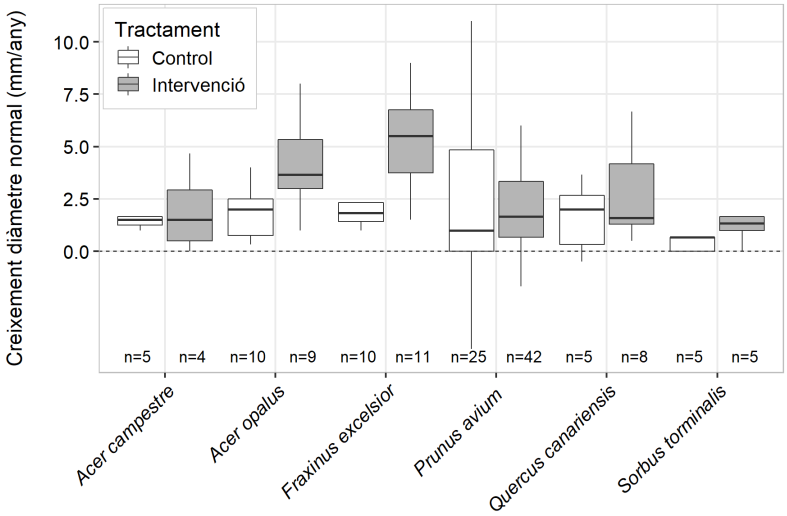


Figura 16. Creixement diametral anual d'espècies esporàdiques en els rodals MixForChange 2 o 3 períodes vegetatius després de la intervenció silvícola. Control: parcel·les no intervingudes. Intervenció: parcel·les intervingudes.

Les actuacions han permès incrementar la taxa de creixement diametral dels arbres, tant de l'espècie principal com de les espècies acompanyants.

10.2. Indicadors de biodiversitat

Riquesa florística

La riquesa d'espècies dels estrats arbori i de sotabosc s'ha avaluat mitjançant el nombre total, l'equitativitat (indica si les espècies tenen una representativitat més o menys similar o si unes poques espècies tenen una gran predominança sobre la resta, segons l'índex de Pielou, 1966) i el percentatge de contribució a l'àrea basimètrica total que aporta el conjunt de les espècies arbòries acompanyants. Aquestes variables s'han estudiat comparant els inventaris inicial (previ a la intervenció) i final (dos o tres períodes vegetatius després).

La silvicultura aplicada ha permès mantenir el nombre d'espècies de l'estrat arbori i no s'ha observat cap efecte en l'equitativitat d'espècies. El nombre mitjà d'espècies acompanyants és 4,0 ± 1,5 en alzinars, 3,5 ± 1,4 en castanyedes, 4,9 ± 1,5 en rouredes i 5,3 ± 1,9 en pinedes. De la mateixa manera, en els estrats arbustiu i herbaci les intervencions tampoc han donat lloc a una reducció del nombre d'espècies, però sí que se n'ha regulat la proporció relativa, amb una reducció de les més piròfiles i d'interès menor per a la fauna. A més, s'han creat espais per a la instal·lació de noves espècies.

En general, el percentatge de l'àrea basimètrica total aportat per les espècies acompanyants s'ha mantingut o incrementat, si bé aquest efecte ha estat poc marcat en aquells rodals en què l'espècie dominant tenia una preponderància més clara. Així, l'àrea basimètrica de l'espècie principal, entre els inventaris inicial i final, ha passat del 93% al 91% en les castanyedes del Montseny, s'ha mantingut en el 79% en els alzinars del Montnegre-Corredor i ha augmentat del 75 al 77% en les rouredes d'aquest massís. En canvi, en aquells rodals amb menys preponderància de l'espècie principal se n'ha reduït encara més la seva contribució a l'àrea basimètrica total, que ha passat del 58% al 51% a les castanyedes del Montseny; del 32% al 28% i del 55% al 39% a les pinedes del Montnegre i de Bellmunt-Collsacabra, respectivament, i s'ha produït un increment de l'àrea basimètrica d'espècies acompanyants, entre les quals destaquen els planifolis esporàdics i productors de fusta de qualitat. L'excepció han estat les rouredes, en què l'espècie principal ha mantingut la seva contribució a l'àrea basimètrica total en tots els casos atesa la seva consideració com a espècie d'alt interès. La Figura 17 mostra la contribució de cada espècie acompanyant al percentatge de l'àrea basimètrica total per a cada formació.

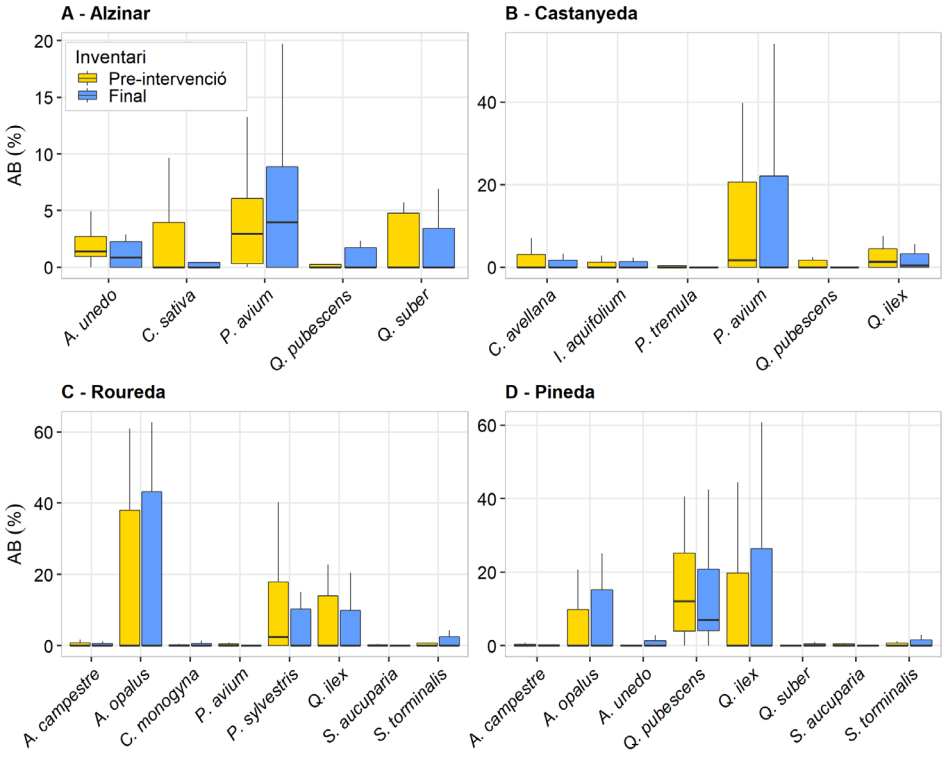


Figura 17. Percentatge de contribució a l'àrea basimètrica total de cada espècie acompanyant.

> ***Els tractaments han permès mantenir el nombre d'espècies arbòries, arbustives i herbàcies, que era un dels objectius de la silvicultura. No obstant això, no s'ha aconseguit augmentar la proporció d'espècies acompanyants en les masses en les quals l'espècie dominant tenia una forta preponderància (75% o més de l'àrea basimètrica total), però sí que ha augmentat la proporció d'espècies acompanyants en la majoria de les masses que des de l'inici mostraven una composició clarament mixta.***

Índex de Biodiversitat Potencial (IBP)

L'IBP és un indicador indirecte de la capacitat d'un hàbitat forestal per acollir espècies animals, vegetals i fúngiques a partir de deu factors estructurals. La versió de l'IBP aplicada a 32 rodals del MixForChange va ser la de CPF (2019), una versió en desenvolupament de l'IBP adaptat a les particularitats del bosc mediterrani (Baiges *et al.,* 2019).

Dels deu factors que componen l'IBP, set són modificables per la gestió forestal i tres més corresponen al context de la forest (Figura 18). Cada factor es puntua entre 0 i 5 punts sobre la base d'una sèrie d'indicadors observats durant un recorregut pericial pel rodal. La suma de puntuacions de tots els factors dona lloc al valor d'IBP total, que pot expressar-se en valor absolut (puntuació total) o relatiu (percentatge de punts obtinguts respecte a la puntuació màxima possible).

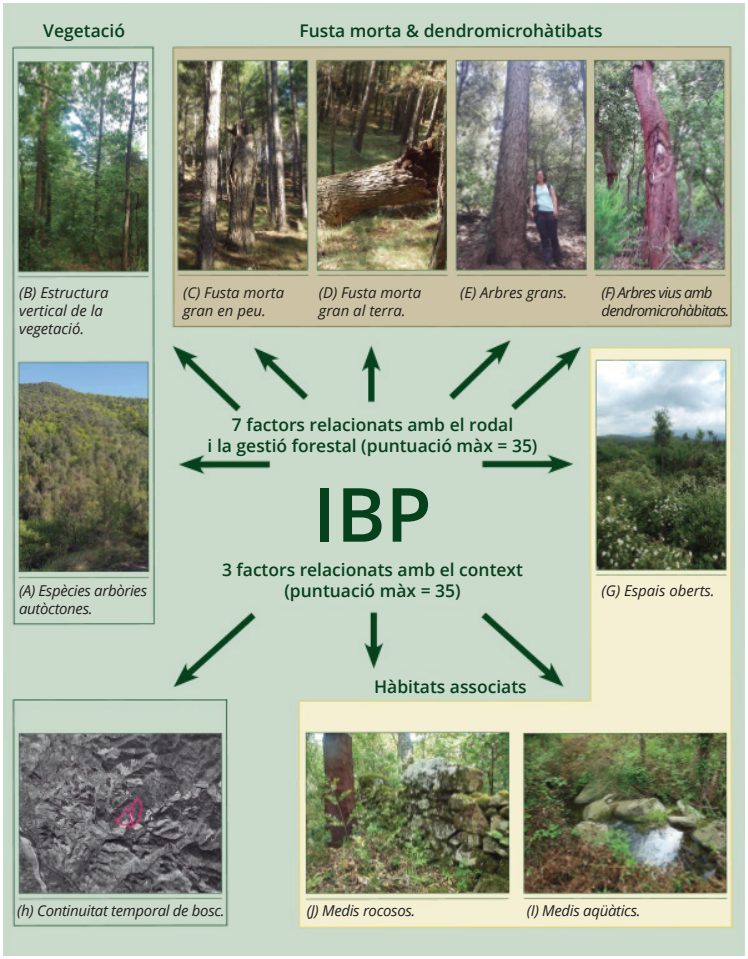


Figura 18. Factors que componen l'Índex de Biodiversitat Potencial (IBP) relacionats amb la gestió forestal (A-G) i amb el context del rodal (H-J). Adaptat de Baiges et al. (2020).

Abans de la intervenció, els valors més alts d'IBP en els rodals demostratius es van veure en les rouredes (65% per a IBP total i 72% per als factors de gestió) i els alzinars (64% i 69%, respectivament), mentre que les castanyedes van obtenir una puntuació mitjana de 57% i 64%, respectivament, i les pinedes, de 51% i 57%, respectivament. L'aplicació de la silvicultura MixForChange ha mantingut en general els valors inicials de l'IBP, amb disminucions de l'IBP-gestió inferiors al 2% en pinedes i rouredes i del 8-9%, en castanyedes i alzinars, respectivament (Figura 19). Les reduccions de fins al 10% en els factors de gestió es consideren acceptables en la metodologia IBP emprada. Aquests descensos es deuen principalment al fet que la silvicultura aplicada inclou criteris de reducció de la vulnerabilitat a incendis forestals, una situació que ha provocat reduccions puntuals del factor B-estrats verticals) i amb criteris sanitaris (lleu reducció de l'indicador C-fusta morta en peus). La reducció més marcada de la puntuació IBP-gestió en alzinars i castanyedes és perquè aquestes formacions eren les que presentaven més vulnerabilitat estructural a incendis i més peus morts.

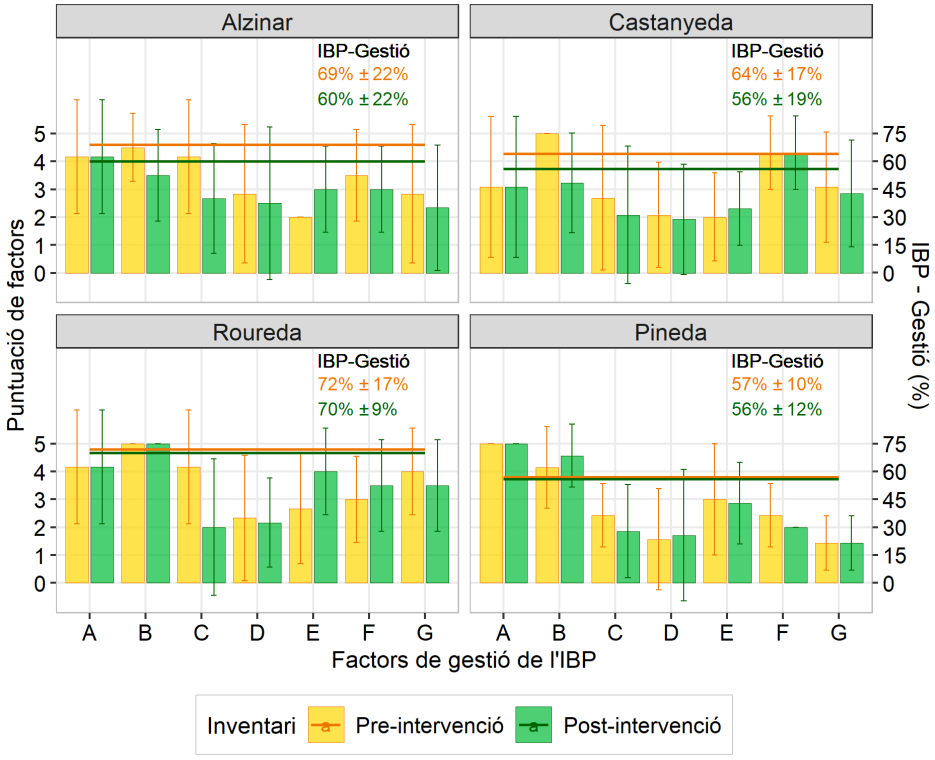


Figura 19. Evolució, des de la situació de partida (Pre), dels set factors de gestió de l'Índex de Biodiversitat potencial (IBP) després de l'aplicació de la silvicultura MixForChange en 32 rodals demostratius, agrupats per formació. Factors de gestió del IBP: A: espècies autòctones; B: estructura vertical de la vegetació; C: fusta gran morta en peus; D: fusta gran morta en sòl; E: arbres vius grans; F: arbres vius portadors de dendro-microhàbitats; G: espais oberts.

La silvicultura aplicada ha permès mantenir, en termes generals, la capacitat d'acolliment de biodiversitat. En tot cas, l'índex emprat (IBP) està dissenyat per a una avaluació a mitjà termini i, per tant, els resultats s'han de considerar com una primera aproximació.

Fusta morta

La fusta morta pot albergar espècies d'alt interès ecològic, motiu pel qual és un dels indicadors indirectes de la biodiversitat d'un rodal. Com s'esmenta al Bloc I, cal comptar amb diversos elements de fusta morta (en peus i al sòl, amb un ampli rang de grandàries i fases de descomposició), però sense arribar a una acumulació tal que amenaci la vitalitat i l'estabilitat col·lectives de la massa i la seva vulnerabilitat a plagues i incendis.

La quantitat de fusta morta considerada "òptima" en un bosc encara és tema de discussió, i varia segons la tipologia forestal, la productivitat i la fase de desenvolupament de la massa. En general, en boscos mediterranis aquest indicador sol ser deficitari i és habitual proposar maximitzar-lo mentre no es comprometin la salut i l'estabilitat del bosc. Es considera un nivell de referència adequat intentar aconseguir entre 20 i 30 m³/ha de fusta morta total (en peus i en sòl) o el 3-8% del volum de fusta viva. Segons MITECO (2022), els valors mitjans d'aquests indicadors en el conjunt de l'*Inventari Forestal Nacional per a les formacions del MixForChange* són 1,6 m³/ha (6,0%) en alzinars, 15,8 m³/ha (8,7%) en castanyedes, de 4,6 a 8,2 m³/ha (de 4,6 a 10,0%) en rouredes i de 2,0 a 9,1 m³/ha (3,6% a 5,1%) en pinedes.

La silvicultura aplicada en els rodals MixForChange ha reduït la quantitat de fusta morta en peus (Figures 20 i 21), especialment en castanyedes, que presentaven una acumulació excessiva abans de la intervenció. La Taula 5 mostra un resum de les característiques de la fusta morta abans i després de la intervenció silvícola.

Només les castanyedes se situen —i ho superen lleugerament— al voltant del rang de 20-30 m³/ha recomanat, mentre que la resta de formacions ho fan entre 8 i 12 m³/ha. El percentatge respecte al volum de fusta viva varia entre el 6% (pinedes) i el 24% (castanyedes). El principal factor que limita la quantitat i les dimensions de la fusta morta és l'estat de desenvolupament de les masses, encara lluny d'una fase de maduresa, i no existeixen en cap d'elles arbres morts en peus de més de 35 cm de diàmetre. Les masses demostratives del MixForChange presenten un volum de fusta morta superior (o en els valors més alts del rang) al dels valors mitjans d'aquestes formacions a escala nacional. En la intervenció, s'han mantingut en peus tots els arbres morts d'almenys 17,5 cm de diàmetre i s'han conservat els peus morts abatuts com a fusta morta al terra.

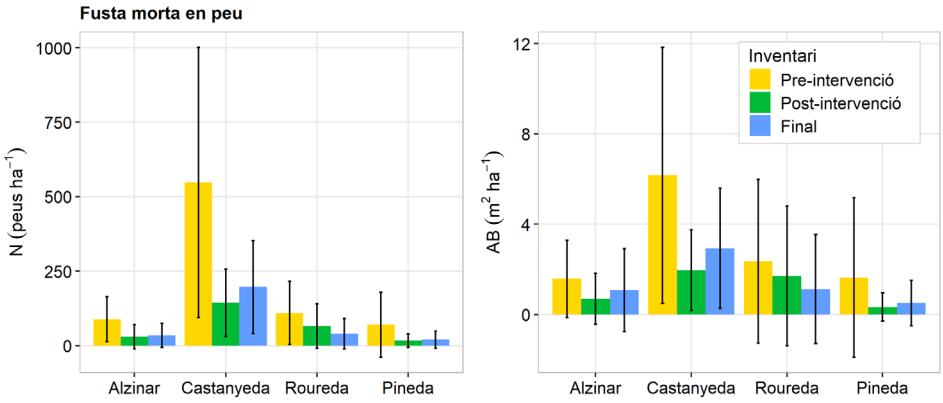


Figura 20. Efecte de la intervenció sobre la densitat i l'àrea basimètrica de la fusta morta en peus en les diferents formacions forestals. "Pre-intervenció": inventari abans de la intervenció; "Post-intervenció": inventari just després de la intervenció, i "Final": inventari 2 o 3 períodes vegetatius després de la intervenció. La fusta morta tallada ha passat a ser fusta morta al terra.

Taula 5. Característiques dasomètriques de la fusta morta en peus en els rodals demostratius del projecte MixForChange, agrupats per formació, després de les actuacions.

Formació	Dn mitjà (cm)	Dn màxim (cm)	Volum de fusta morta en peu (m³/ha)	Volum de fusta morta total (m³/ha)	Rati fusta morta total / fusta viva
Alzinars	15,8	29,9	4,2	9,0	7,7%
Castanyedes	12,8	24,9	11,1	32,8	23,6%
Rouredes	15,9	33,6	8,7	12,2	10,2%
Pinedes	14,3	24,2	1,5	7,9	6,3%

Figura 21. Fusta morta en diferents estats de descomposició.

Les actuacions han permès mantenir una quantitat adequada de fusta morta si es té en compte la fase actual de desenvolupament de les masses (encara lluny d'una fase de maduresa), sense comprometre'n l'estat sanitari general. Aquesta fusta morta és, a més, diversa pel que fa a les seves característiques (en peus i al sòl), grandària i estats de descomposició. S'espera que a mesura que s'avanci en la capitalització de les masses amb l'aplicació d'aquesta silvicultura s'incrementin progressivament les dimensions de la fusta morta.

10.3. Vulnerabilitat a incendis forestals

Els incendis forestals són la principal pertorbació que ha modelat els sistemes forestals mediterranis. La vulnerabilitat estructural a incendis forestals dels rodals demostratius del MixForChange s'ha avaluat en 60 parcel·les d'inventari, que s'han classificat mitjançant la metodologia TVFoC (tipus d'estructura forestal segons la seva vulnerabilitat al foc de capçades; Piqué *et al.,* 2011). Aquesta metodologia avalua el risc que un incendi de superfície es converteixi en un incendi de capçades, d'alta intensitat. Les categories de vulnerabilitat són tres (Figura 22): A (alta), B (moderada) o C (baixa). A més, es poden definir diverses subcategories (A1, A2, A3...) en funció de l'espècie i l'estructura forestal.

Figura 22. Tipus de vulnerabilitat al foc de capçades (Piqué et al., 2011)

Les variables que defineixen l'estructura TVFoC són principalment el recobriment de tres tipus de combustible, així com les distàncies entre ells (Figura 23):

·**Aeri:** format per les capçades dels arbres de l'estrat dominant o codominant de més alçada.

· **D'escala:** d'altura superior a 1,30 m sense formar part del combustible aeri. Inclou arbres petits, arbustos, lianes i arbres caiguts.

· **De superfície:** altura inferior a 1,30 m. Pot ser matoll, vegetació herbàcia, branques, troncs caiguts o restes d'actuacions.

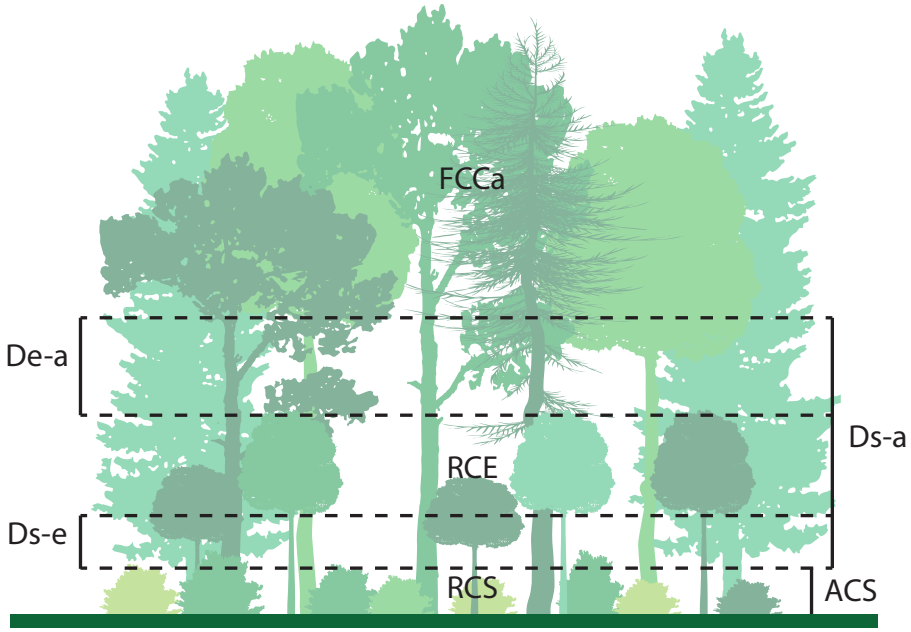


Figura 23. Principals variables considerades per classificar la vulnerabilitat estructural a incendis amb la metodologia TVFoC (Piqué et al., 2011): Dea: distància entre combustibles d'escala i aeri; Dsa: distància entre combustibles de superfície i aeri; Dse: distància entre combustibles de superfície i escala; ACS: altura de combustible de superfície; FCCa: fracció de cabuda coberta del combustible aeri; RCE: recobriment de combustible d'escala; RCS: recobriment del combustible de superfície.

La majoria de rodals del projecte tenien una estructura amb vulnerabilitat alta abans de les intervencions (Figures 24 i 25). Després de l'aplicació de la silvicultura MixForChange (postintervenció), la vulnerabilitat disminueix en totes les formacions, i les millores més notables es veuen en aquells rodals amb més vulnerabilitat inicial (alzinars, castanyedes i rouredes).

L'evolució de la vulnerabilitat estructural dos o tres períodes vegetatius després de la intervenció (entre els inventaris postintervenció i final) varia en funció de la formació forestal: en alzinars i castanyedes, la vulnerabilitat augmenta en aquest període a causa del rebrot de les espècies principals i la seva gran preponderància. No obstant això, en rouredes i pinedes s'observa com la vulnerabilitat es continua reduint en aquest període per l'assentament progressiu de les restes de tallada i el rebrot poc abundant de les espècies presents.

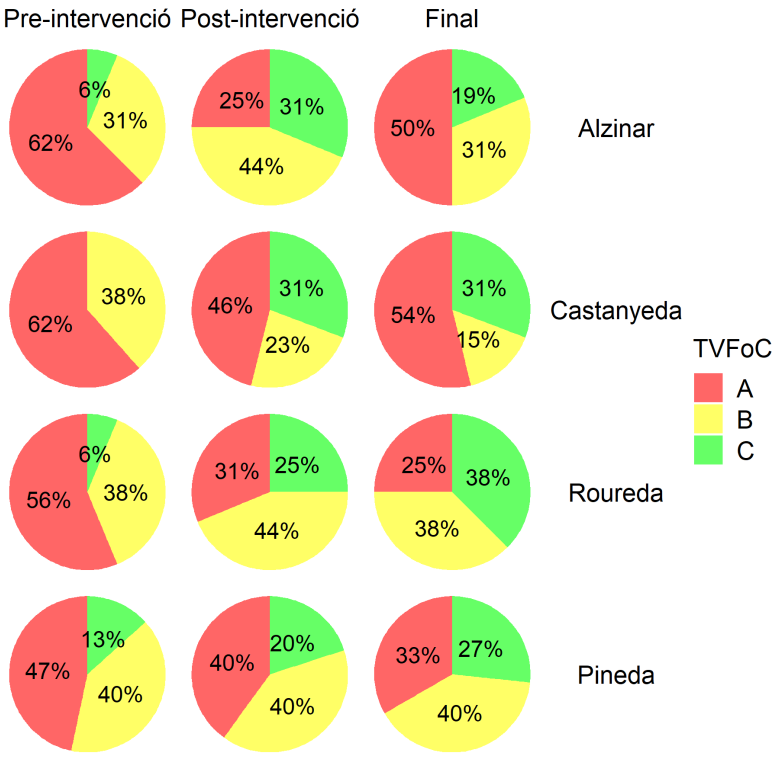


Figura 24. Evolució de la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades (TVFoC; Piqué et al., 2011) amb l'aplicació de la silvicultura MixForChange. Per a cada formació forestal es mostra el percentatge de superfície classificat en cada categoria de vulnerabilitat: alta (A), moderada (B) i baixa (C). "Preintervenció": inventari abans de la intervenció; "Postintervenció": inventari just després de la intervenció, i "Final": inventari dos o tres períodes vegetatius després de la intervenció.

Figura 25. Exemples de rodals amb vulnerabilitat estructural alta (esquerra), moderada (centre) i baixa (dreta) al foc de capçades.

> ***Les intervencions han aconseguit generar estructures amb una vulnerabilitat menor al foc de capçades en la majoria dels casos. No obstant això, l'evolució d'aquest indicador després de dos o tres períodes vegetatius és variable segons la formació: en alzinars i castanyedes, la millora aconseguida es perd en gran manera, mentre que en pinedes i rouredes es continua reduint espontàniament.***

10.4. Efecte sobre el balanç hídric

La disponibilitat hídrica és el principal factor limitant de la producció primària al Mediterrani, i la previsió d'una disponibilitat decreixent en el futur dona al balanç hídric un paper essencial que cal tenir en compte en la gestió dels ecosistemes forestals. S'ha estudiat l'efecte de la silvicultura MixForChange sobre el balanç hídric en nou parcel·les de seguiment representatives de les quatre formacions forestals del projecte. Per fer-ho, s'ha emprat el model *Medfate* (De Càceres *et al.,* 2021), que simula el funcionament ecofisiològic de la vegetació en unes condicions edafoclimàtiques donades. *Medfate* permet calcular diversos paràmetres, incloent-hi la transpiració de la vegetació i l'escolament relatiu o percentatge d'aigua blava —és a dir, la proporció de la precipitació que no és transpirada per la vegetació i aconsegueix cursos d'aigua superficials o subterranis. Aquest model es basa en les característiques del sòl (profunditat i textura), la vegetació (densitat, espècies, alçària i diàmetres de l'estrat arbori; espècies, alçària i recobriment arbustiu) i la meteorologia diària en la zona de treball.

La Figura 26 mostra, per al període 2002-2021, la transpiració i l'escolament relatius anuals a què donaria lloc l'estructura forestal existent en l'estat inicial (preintervenció) i dos o tres períodes vegetatius després de l'aplicació de la silvicultura MixForChange (final). S'observa com la silvicultura aplicada redueix la transpiració anual de manera notable en pinedes (87 mm de mitjana) i d'una forma menys evident en castanyedes (8 mm de mitjana), amb valors intermedis en alzinars i rouredes (29 i 25 mm de mitjana, respectivament). En el cas de l'escolament relatiu, s'observa un efecte favorable de la silvicultura aplicada, especialment en pinedes (+17% de mitjana) i, en menor mesura, en rouredes i alzinars (+6% en tots dos casos). En castanyedes, l'efecte és poc marcat (+2%).

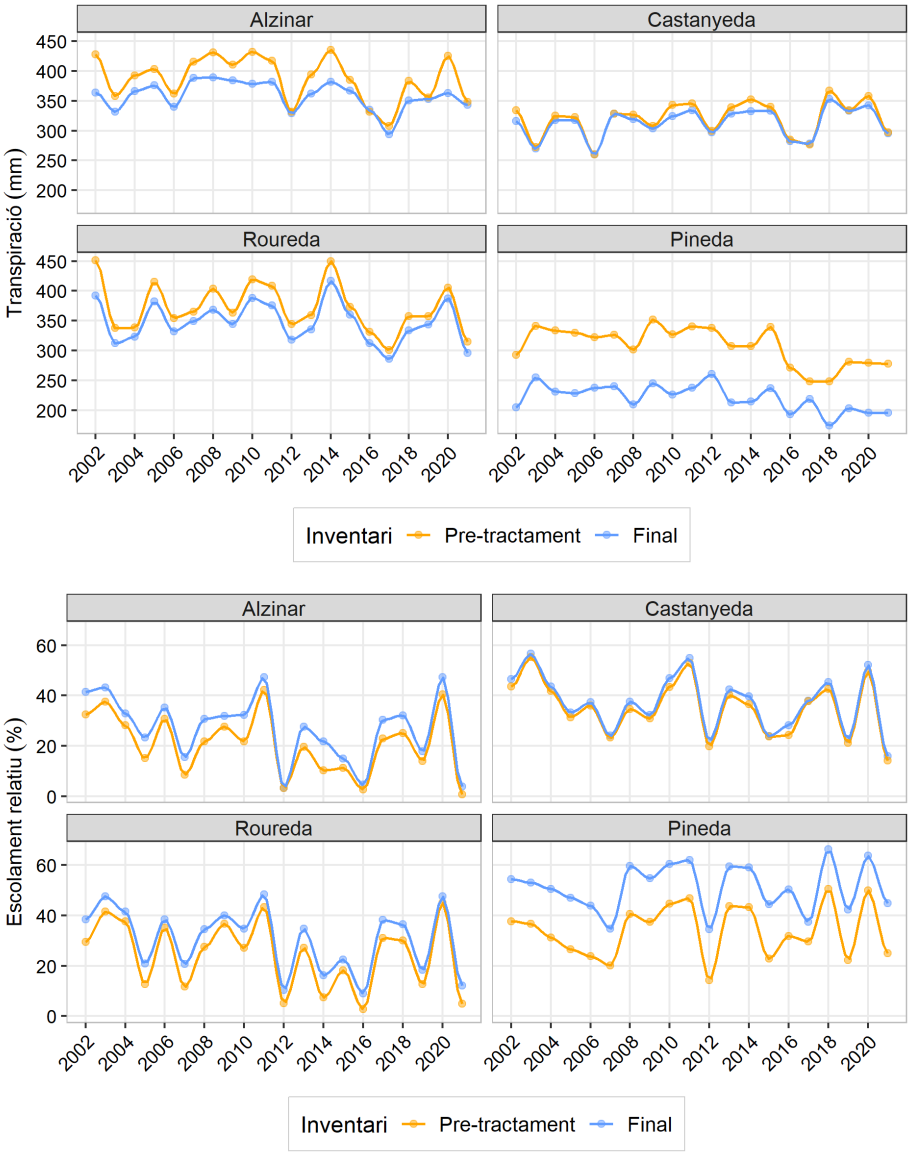


Figura 26. Transpiració i escolament relatiu anuals, simulats amb el model Medfate (De Càceres et al., 2021) per al període 2002-2021, considerant l'estructura de masses demostratives del projecte en l'estat inicial (preintervenció) i a dos o tres períodes vegetatius després de l'aplicació de la silvicultura MixForChange (final).

La silvicultura MixForChange millora el balanç hídric dels sistemes forestals, atès que redueix la transpiració i augmenta l'escolament o aigua blava.

10.5. Balanç de carboni

La capacitat de mitigació del canvi climàtic d'un bosc va associada principalment al seu balanç de carboni. Aquest factor s'ha estudiat per a l'estrat arbori dels rodals MixForChange, sobre la base de dues variables: carboni fixat total i taxa anual de fixació. El càlcul s'ha realitzat per arbre individual, d'acord amb MITECO (2019). Les variables per al càlcul del carboni fixat total inclouen el volum fuster amb escorça, l'increment de biomassa aèria, la densitat de fusta i la relació entre biomassa aèria i subterrània. La taxa de fixació anual de carboni incorpora, a més, l'increment anual del volum de fusta amb escorça.

Els càlculs s'han realitzat per a quatre parcel·les demostratives del projecte, una per a tipologia forestal, en tres moments diferents, inicial, just després de la intervenció i dos o tres períodes vegetatius després (Figura 27).

La silvicultura causa, com ja es preveia, una reducció inicial tant en el carboni fixat com en la taxa de fixació, a causa de la reducció de la densitat arbrada. No obstant això, tots dos factors mostren una ràpida recuperació a curt termini, especialment en el cas de la roureda.

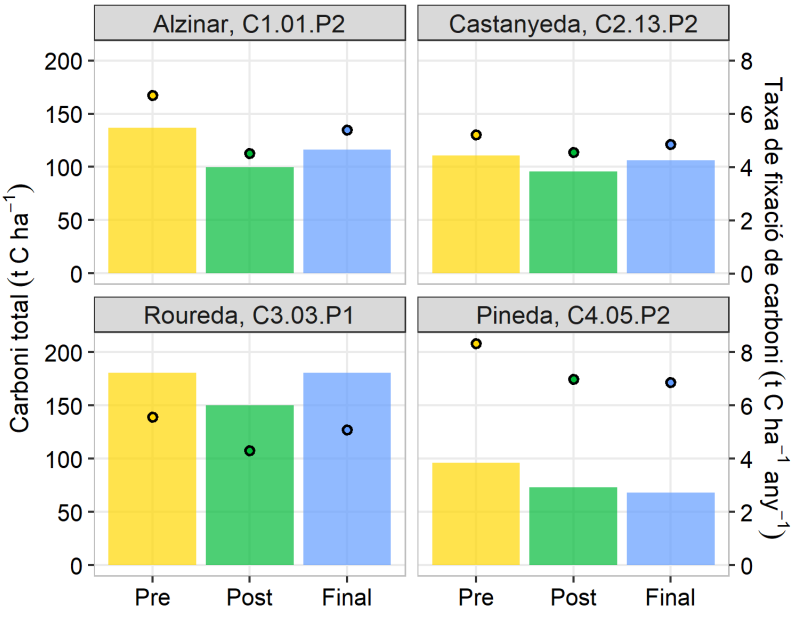


Figura 27. Carboni fixat total (barres) i taxa de fixació de carboni (punts) en quatre parcel·les demostratives MixForChange, abans de la intervenció ("pre"); just després de la intervenció ("post"), i després de dos o tres períodes vegetatius ("final").

Cal, a més, afegir que el carboni extret en les intervencions es destina a l'elaboració de productes lligats a la bioeconomia (fusta per a embalatges, usos energètics, mobiliari, construcció...), amb un balanç de carboni molt més favorable que el de les seves alternatives no renovables (plàstic, combustibles fòssils, metall, formigó...). A més, la silvicultura innovadora cerca incrementar la diversitat de productes obtinguts, i especialment augmentar a mitjà termini la proporció d'arbres que donen lloc a productes fusters d'alt valor afegit i llarga vida útil (mobles, bigam, boteria...). Amb la promoció especialment del creixement dels arbres que donaran lloc a aquesta mena de productes, s'augmenta encara més la proporció de carboni retingut durant dècades o segles.

Finalment, la reducció de la vulnerabilitat a incendis forestals també té un impacte molt rellevant sobre la capacitat d'aquestes masses de mitigar el canvi climàtic, atès que es redueixen tant la probabilitat d'incendis d'alta intensitat com les emissions de CO_2 associades.

> ***Com qualsevol altre tractament, la silvicultura MixForChange ha donat lloc a una reducció immediata del carboni total acumulat i de la taxa de fixació, si bé s'observa una reacció a curt termini que permet recuperar en gran manera els valors inicials. Aquesta silvicultura busca el foment dels peus que donaran lloc a productes fusters d'alt valor afegit i llarga vida útil, i a més, té un efecte favorable en la reducció de la vulnerabilitat estructural a incendis, la qual cosa reverteix en conjunt de manera favorable en la capacitat de mitigació del canvi climàtic.***

11. Balanç econòmic de la silvicultura MixForChange

11.1. Metodologia d'estudi

S'ha estudiat el balanç econòmic de la gestió forestal innovadora aplicada en el projecte (en endavant, GFI; descrita al bloc II) i també el de l'aplicació teòrica d'una gestió forestal convencional (en endavant, GFC). GFC es defineix com la silvicultura que hauria estat aplicada als rodals demostratius seguint els principis habituals en aquesta àrea de treball. La principal diferència entre totes dues silvicultures és que GFC es basa en tallades de més intensitat, centrades en l'obtenció d'un sol producte, sense tenir en compte l'aplicació de criteris de silvicultura de massa mixta o d'arbre individual —promou peus d'alt valor econòmic o ecològic— ni seleccions de tanys o estassades parcials i selectives.

El balanç econòmic consisteix a analitzar els costos i els ingressos de cada una d'aquestes alternatives de gestió, referides a una superfície d'1 ha. Els costos es desglossen en execució (personal, maquinària i altres costos) i plantejament i seguiment (senyalament, replanteig i control d'obra). Els ingressos estan definits pels productes obtinguts, avaluats en l'àmbit quantitatiu (quantitat de producte) i qualitatiu (tipus de productes). Per a cada producte, se'n considera el preu de venda i el cost de transport fins a la indústria de destinació.

L'eina bàsica emprada per a aquesta anàlisi han estat 93 enquestes realitzades a les colles de treballs forestals, personal tècnic encarregat del seguiment i la gestió, transportistes i indústria forestal. Les enquestes al personal implicat en l'execució i els seguiment dels treballs es van fer mitjançant fitxes estàndard i replicables.

11.2. Resultats del balanç econòmic

En termes generals, ni GFI ni GFC són econòmicament sostenibles, amb uns balanços econòmics (diferència entre despeses i ingressos) mitjans d'entre -600 i -1.800 €/ha segons la zona d'estudi i la tipologia de bosc (Figura 28). L'estat inicial del rodal i els tipus d'existències tenen un pes més decisiu que els de silvicultura aplicada en el balanç econòmic global, amb què s'obtenen els resultats més favorables en els rodals més desenvolupats i capitalitzats.

Globalment, GFC és més favorable econòmicament que GFI, especialment en rodals amb capitalització baixa o intermèdia i en els quals tot just hi ha productes de cert valor. No obstant això, en rodals capitalitzats el balanç econòmic de totes dues alternatives és similar.

Peu ben conformat i d'alt valor

L'anàlisi de costos mostra com la GFI normalment dona lloc a valors més elevats (del 4% al 37% superiors) que la GFC, sobretot de seguiment tècnic (senyalament i capacitació dels treballadors), que suposen el 5-25% dels costos totals en GFI i tan sols l'1-16% en GFC. També s'incrementa en GFI el cost d'estassada per la seva aplicació amb criteris selectius i de millora, mentre que en GFC l'estassada és total o bé no s'aplica. El volum de fusta menor extret en GFI (de mitjana, un 16% inferior a GFC, que varia entre el 2% en alzinars i el 29% en pinedes) redueix proporcionalment els costos dels treballs forestals. Aquesta partida és el principal cost en tots dos enfocaments: 72-85% en GFI i 72-89% en GFC. Els costos totals se situen entre 1.850-4.200 €/ha en la GFI i 860-4.270 €/ha en la GFC, corresponents els valors més baixos de cada forqueta a les masses menys capitalitzades, en les quals els costos de GFI dupliquen els de GFC.

Quant als ingressos, la GFC dona lloc a ingressos més alts (del 4 al 33% superiors) que la GFI gràcies a l'extracció de més volum de fusta, la qual cosa compensa el valor afegit menor que hi predomina. La GFI comporta una quantitat menor de productes, però més diversos. Els rangs d'ingressos de tots dos enfocaments són molt similars, i varien entre 325-3.020 €/ha en GFI i 325-3.140 €/ha en GFC, amb els valors més baixos en les masses menys capitalitzades. Els resultats més favorables de la GFI s'obtenen en els rodals en els quals s'extreuen peces de certa qualitat de planifolis o pi. Aquests productes de més valor afegit representen una part petita dels lots de fusta: 13% en castanyedes, 16% en rouredes del Montnegre-Corredor i 6% en pinedes de Bellmunt-Collsacabra. En GFC, no se separen aquests productes dels lots principals, que són destinats a serra per a palets, llenya o trituració.

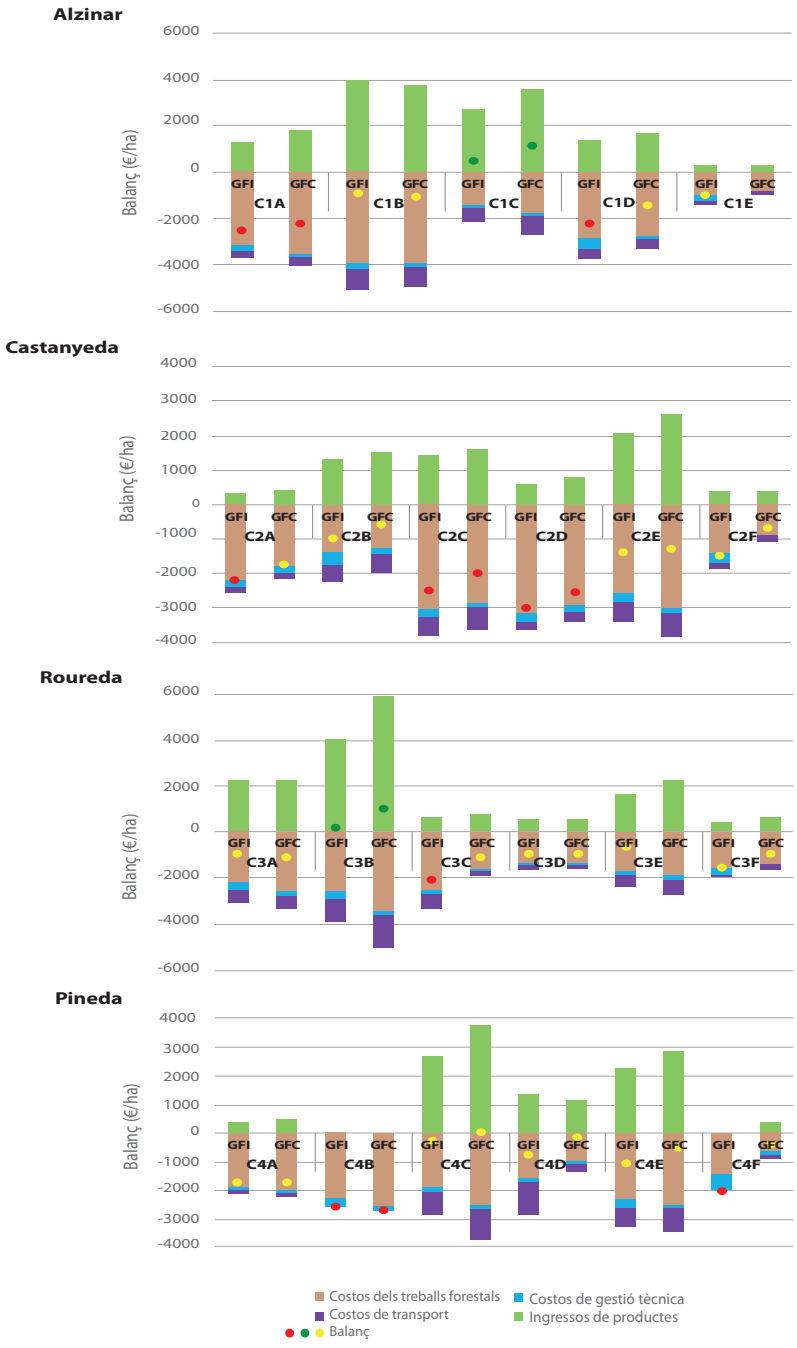


Figura 28. Costos i ingressos de l'aplicació de GFI o GFC per a cada formació forestal, agrupats per rodals tipus (A, B, C...), és a dir, els que tenen unes característiques silvícoles i un tipus d'intervenció anàlegs. El punt dins de cada barra indica el balanç: positiu (verd), negatiu entre 0 i –2.000 €/ha (groc) i negatiu per sota de –2.000 €/ha (vermell).

Cal tenir en compte que aquest balanç s'ha fet per a masses gestionades tradicionalment seguint una GFC, motiu pel qual la seva estructura és especialment favorable a aquesta mena de gestió. En una primera aplicació de GFI no s'esperava que els resultats econòmics fossin més favorables que els de GFC, que busca principalment aconseguir la màxima sostenibilitat econòmica de cada intervenció. Queda pendent avaluar el resultat de l'aplicació reiterada de GFI en aquests rodals, que hauria d'anar permetent reduir progressivament els costos (senyalament cada vegada més senzill a mesura que el paper de cada peu al rodal sigui més evident i colles cada vegada més capacitades en l'aplicació dels criteris silvícoles de la GFI) i, especialment, augmentar els ingressos segons es vagi incrementant el nombre de peus productors de fusta de qualitat ben conformats. En GFC, no s'espera aquesta millora progressiva dels resultats econòmics.

Taula 6. Quadre resum de les principals diferències productives i econòmiques entre la Gestió Forestal Innovadora o MixForChange (GFI) i la Gestió Forestal Convencional (GFC).

Tipus de costos i ingressos	GFI	GFC
Productes obtinguts	Productes diversos Volums baixos	Producte homogeni, de baix valor afegit Volums alts
Potencial de generació de productes d'alt valor en el futur	Alt	Baix
Costos de gestió tècnica	Alt (senyalament, formació a treballadors)	Baix
Costos de treballs forestals	Intermedi-baix (alt cost de selecció i classificació	Intermedi-alt (alt cost de tallada i desembosc)
Costos d'estassada	Intermedi-alt (selectiu i parcial)	Intermedi-nul (total o bé no s'aplica)

IV. Eines i reptes per promoure la gestió forestal adaptativa i naturalística en el context mediterrani

Aquest bloc explora les diverses opcions de què disposen les administracions locals i regionals per promoure l'aplicació d'una gestió forestal sostenible i multifuncional amb criteris naturalístics i d'adaptació al canvi climàtic. També es presenten els principals reptes que cal afrontar per promoure aquesta silvicultura en condicions mediterrànies.

12. El paper clau de l'administració local i regional en la promoció de la gestió forestal

La regulació i el règim d'intervenció administrativa, els usos, els aprofitaments i els serveis de les muntanyes i les vies pecuàries són competència compartida autonòmica i estatal. Les principals accions directes de les administracions locals (municipis, comarques, províncies, àrees metropolitanes, mancomunitats) sobre terreny forestal són la gestió de les muntanyes de la seva titularitat i la catalogació d'usos del sòl. A més, existeix un ampli ventall de mesures que les administracions locals poden impulsar (cadascuna segons les seves capacitats i atribucions) per facilitar i promoure la gestió forestal sostenible i multifuncional en el seu àmbit territorial, entre les quals destaquen (Coello *et al.,* 2021):

A) Mesures de facilitació

• Facilitar activament la gestió forestal de finques públiques i privades mitjançant la promoció de l'associacionisme entre propietat privada, aliances publicoprivades i l'impuls de la planificació forestal conjunta i a escala municipal i supramunicipal.

• Facilitar infraestructures per a activitats primàries: rafals i altres infraestructures auxiliars per promoure el silvopastoralisme extensiu i habilitar patis d'emmagatzematge o classificació de productes forestals.

• Mantenir i millorar la xarxa bàsica de vies forestals.

• Realitzar una gestió modèlica de la superfície agro-silvo-ramadera pròpia i impulsar-ne la replicació en finques confrontants: promoció de bones pràctiques (senyalament, seguiment tècnic de les intervencions), establir espais de formació forestal (aules de senyalament o pràctiques d'execució de treballs forestals) i facilitar terrenys per a la incorporació de joves al sector, com, per exemple, mitjançant acords de pasturatge.

B) Mesures normatives i administratives

• Evitar contradiccions, conceptuals i terminològiques, en la normativa i planejament, com, per exemple, paraules ambigües com ara "protecció", "preservació" o "conservació", que puguin ser interpretades com un impediment a qualsevol intervenció, encara que vagi enfocada a promoure la biodiversitat, com ara "recuperació d'espais oberts" o "prevenir incendis forestals".

• Integrar de manera coherent eines de planificació que puguin ser sinèrgiques: instruments d'ordenació forestal, Objectius de Desenvolupament Sostenible, plans d'adaptació al canvi climàtic, planificació de la prevenció d'incendis forestals a escala de paisatge, etc. Aquesta integració s'ha de fer amb el consens dels actors del territori.

• Fer complir la normativa d'usos (especialment la relativa al furt de productes forestals) i accessos al bosc.

• Agilitar la tramitació de permisos i llicències relacionats amb la gestió sostenible agro-silvo-ramadera, tant en la implementació com en la logística i transformació dels productes.

• Establir una unitat específica en l'administració local encarregada de coordinar i promoure les accions desenvolupades en la superfície forestal.

C) Millorar la sostenibilitat econòmica de la gestió forestal

• Incrementar la demanda de productes agro-silvo-pastorals, preferentment d'origen local o amb criteris de proximitat, per proveir equipaments i serveis municipals, com, per exemple, instal·lar calderes de biomassa en equipaments municipals; impulsar que els equipaments i les infraestructures municipals i el parc públic d'habitatge es facin emprant el màxim possible de fusta davant de materials no renovables, i promoure aquests productes en centres de consum col·lectiu públics i privats: residències, menjadors escolars, restauració i hostaleria...

• Destinar una part dels impostos municipals (circulació, residus, IBI) a la millora dels boscos periurbans.

• Promoure mesures de responsabilitat social corporativa relacionades amb la gestió i la millora forestal per part d'empreses i organismes presents en el territori: inversió directa, campanyes de voluntariat, cessió d'equips, infraestructures i maquinària, etc.

La biomassa forestal és una font d'energia renovable i neutra en emissions. El seu origen local permet reduir notablement la dependència energètica exterior.

D) Comunicació i mediació

• Comunicar i transferir internament (personal de la mateixa entitat) a altres administracions (i en col·laboració amb aquestes) i a la societat en general les mesures implementades.

• Mediar entre les diferents demandes socials cap al bosc, com ara aprofitaments forestals, ramaderia, caça, ús públic, etc., per compatibilitzar-les de manera planificada, com, per exemple, a través de taules de treball publicoprivades que incorporin tots els agents del territori.

• Fomentar acords de custòdia agro-silvo-ramaders i activitats de voluntariat per a la millora de l'entorn, sobretot en espais especialment emblemàtics.

• Promoure tallers i activitats pedagògiques sobre gestió forestal sostenible en col·legis, instituts o escoles d'adults.

E) Capacitació i transferència

• Fomentar la formació de personal tècnic i càrrecs polítics en matèria de gestió sostenible dels recursos naturals.

• Impulsar la incorporació de mòduls formatius relacionats amb la gestió dels recursos naturals en centres de formació especialitzada (formació professional, escoles taller).

• Promoure i divulgar estudis o projectes de recerca, ciència ciutadana i transferència de coneixement, aliances amb centres de recerca i participació en projectes amb finançament europeu.

> ***Una administració local que ha apostat els últims anys per promoure mesures de foment a la gestió forestal sostenible és l'ajuntament de Mataró. Guitart i Busqué (2021) presenten la bateria de mesures impulsades per aquesta administració local.***

Les modernes tècniques d'enginyeria de fusta, unides a les excel·lents propietats tèrmiques i físiques d'aquest material, han convertit aquesta matèria primera renovable en el millor aliat per a la sostenibilitat en l'edificació. La imatge mostra un edifici fet amb CLT a Girona.

13. Oportunitats i reptes per a l'adopció de la gestió forestal adaptativa i naturalística al Mediterrani

La silvicultura és una ciència amb més de 300 anys d'història que mai ha deixat d'evolucionar per respondre a les diverses demandes de les societats i dels seus contextos socioeconòmics respecte als boscos. Com s'esmenta al bloc I, el bosc mediterrani és extraordinàriament divers com a ecosistema, i també ho és el ventall de mètodes i pràctiques silvícoles desenvolupats pel personal gestor al llarg dels anys. Sempre construint sobre aquesta experiència acumulada, tot seguit es presenten les principals oportunitats i reptes identificats necessaris per avançar en la incorporació de criteris de silvicultura adaptativa i naturalística en la silvicultura mediterrània. Malgrat les dificultats existents, les oportunitats que representen aquests enfocaments des del punt de vista de la sostenibilitat econòmica i ambiental fan que l'opció de no considerar-los pot acabar sent més costosa en termes de pèrdua de serveis ecosistèmics essencials.

13.1. Oportunitats d'aquesta silvicultura

Multifuncionalitat i versatilitat

El principal avantatge d'aquesta silvicultura és el nivell de detall en la seva aplicació, la qual cosa permet respondre a les múltiples oportunitats que ofereixen les muntanyes (valorització de microestacions i individus de més potencial) i, en conjunt, a les moltes demandes que recauen sobre els boscos. Els principis aplicats són modulables per a pràcticament tot tipus de situacions.

Sostenibilitat

Aquesta silvicultura conjumina la sostenibilitat:

· Ecològica: fomenta la capacitat d'adaptació dels boscos als impactes actuals i potencials del canvi climàtic i, per tant, la persistència a llarg termini dels serveis que proveeixen, amb especial atenció a la biodiversitat.

· Econòmica: la promoció en quantitat i qualitat de productes fusters d'alt valor és una inversió que permet incrementar a mitjà i a llarg termini el valor de la forest. Aquest factor és essencial per involucrar-hi la propietat forestal privada.

Professionalització i millora contínua

L'aplicació d'aquesta silvicultura es basa en un coneixement adequat dels múltiples factors que conformen l'enginyeria forestal: ecologia i dinàmica forestal, pertorbacions i amenaces, tecnologia de fusta, logística de l'aprofitament... L'aplicació d'aquesta silvicultura, basada en intervencions selectives i d'intensitat baixa o moderada, cerca optimitzar l'ús dels recursos (personal, combustibles) per aconseguir més eficiència ecològica, tècnica i econòmica de les intervencions. S'espera, per tant, una millora progressiva de la capacitació i la professionalització de les persones i les entitats implicades en la planificació i la gestió forestal.

Alineament amb la política comunitària

La silvicultura plantejada està clarament alineada amb el Pacte Verd Europeu i amb les estratègies i les polítiques que el desenvolupen en matèria ambiental i climàtica. A banda dels beneficis directes des del punt de vista de l'adaptació (vitalitat, biodiversitat, menys vulnerabilitat a sequeres i incendis, un millor balanç hídric), n'apareixen altres de derivades, com ara la generació de productes locals d'alt valor afegit, la reducció de la dependència externa de matèries primeres o la reducció d'emissions associades a incendis forestals.

13.2. Reptes per a l'adopció i la promoció d'aquesta silvicultura

La dificultat dels canvis de model silvícola

La silvicultura mediterrània ha desenvolupat o adaptat una gran diversitat d'eines de gestió, si bé l'aplicació pràctica es basa sovint en criteris simplificadors (centrats en un únic producte), basades en el costum i/o a optimitzar els resultats econòmics de la intervenció següent, i ha externalitzat les decisions tècniques en les empreses que s'encarreguen d'aquests aprofitaments. Aquesta situació sorgeix especialment quan el marge econòmic de les intervencions és molt ajustat i quan la propietat (pública o privada) desconeix el potencial de la silvicultura per generar inversions a mitjà termini, i tot plegat és freqüent en boscos mediterranis i pot conduir a una silvicultura centrada en el curt termini, sense tenir en compte criteris de millora progressiva de la massa i, per tant, del "capital" (el bosc). Els principis de la silvicultura naturalística parlen de la necessitat de buscar la sostenibilitat econòmica tenint en compte, també a escala detallada, els actius (costos i ingressos) i els passius: capitalització de la massa, capacitat productiva de l'estació i reserves (inversions) en forma d'arbres d'alt valor (Beltrán *et al.,* 2020).

La incorporació de nous criteris silvícoles també es veu limitada per la mateixa inèrcia i estructura de les masses forestals. Els boscos actuals són el resultat de l'ús que se n'ha fet durant segles, i sobretot en les últimes dècades, incloent-hi un declivi generalitzat de les activitats agro-silvo-pastorals. Per tant, l'estructura actual de les masses està especialment modelada seguint uns principis silvícoles que, en cas que es modifiquin, impliquen necessàriament passar per una fase de transició durant la qual —i es pot allargar en diverses intervencions, especialment si són d'intensitat baixa o moderada— el rodal s'anirà adaptant progressivament a l'estructura que es busca, però, com s'ha descrit al bloc III, els resultats econòmics difícilment milloraran els del manteniment de la silvicultura prèvia. No obstant això, una vegada aconseguida l'estructura objectiu i mantinguda en successives intervencions en la mateixa línia, s'obtindrà més valor econòmic i ecològic del bosc i una millora de la resiliència i la multifuncionalitat.

Finalment, és fonamental remarcar que un canvi en el model de gestió cap a una silvicultura adaptativa i naturalística implica també una avaluació detallada que permeti l'aprenentatge per part del personal gestor i la millora contínua dels criteris i els processos que fonamenten les successives intervencions a mesura que la massa vagi evolucionant cap a les estructures buscades.

> ***Exemple d'eina de suport al canvi de model silvícola desenvolupades a LIFE MixForChange: la "Guia d'usos de la fusta de planifolis d'alt valor a Catalunya" (Coello* et al., *2020b) mostra que existeix una demanda insatisfeta de fusta local de qualitat, que actualment es compensa amb importacions. Un producte local d'alt valor afegit, obtingut en quantitat i qualitat suficients, pot ser un dels motors de la sostenibilitat econòmica d'aquesta silvicultura, sense detriment de la resta d'usos i productes forestals.***

Transferència, formació i capacitació

Tots els canvis de model han d'anar acompanyat d'un treball de comunicació i transferència dels objectius i els resultats que s'adapti a un ampli ventall de públics: des de la propietat forestal (pública o privada, i les seves associacions), entitats que l'assessoren (consultories, gabinets tècnics), empreses de tota la cadena de valor (des de l'aprofitament fins al producte final elaborat) i persones que defineixen polítiques fins a arribar a la societat en general, especialment la que habita prop de boscos periurbans.

La silvicultura proposada suposa invertir menys recursos humans i materials en els treballs forestals, però de més qualitat, és a dir, centrats en tasques que requereixen un coneixement més ampli d'ecologia forestal, silvicultura (senyalament i control), desembosc, classificació, etc., motiu pel qual la formació i la capacitació professional són essencials. En aquest sentit, un factor limitant d'aquesta silvicultura és l'alt component de subjectivitat dels principis plantejats, que no es basen en regles estrictes ni en indicadors quantitatius, sinó en l'experiència i en una actitud observadora, amb decisions basades en els detalls, la qual cosa fa primordial que una part important de la formació i la capacitació es faci sobre el terreny. Això implica dificultats logístiques per a la formació a tots els nivells (preuniversitari, universitari, professional, a la propietat), un fet que es veu agreujat per l'escassetat de personal qualificat per a aquest tipus de capacitació i d'espais demostratius. La falta de capacitació és especialment greu en la majoria de colles de treballs forestals a causa de la precarietat predominant en les condicions laborals. També és habitual que les empreses de treballs forestals comptin amb maquinària i mètodes de treball optimitzats per a les tasques silvícoles més habituals, però no sempre són òptims per a les actuacions plantejades amb aquesta silvicultura innovadora.

Com en el repte anterior, hi ha un efecte acumulatiu en la formació i la capacitació en els principis d'aquesta silvicultura, ja que incidirà favorablement en la seva aplicació, avaluació sobre el terreny i aprenentatge continu.

> ***Exemple d'eina de capacitació desenvolupada a LIFE MixForChange: el "Protocol de classificació visual de la qualitat de la fusta en peus de planifolis d'alt valor" (Coello* et al., *2020a) busca facilitar la presa de decisions en l'aplicació d'una silvicultura naturalística amb criteris d'arbre individual, atès que facilita la identificació i la promoció dels peus amb més interès econòmic potencial o actual.***

Logística

La silvicultura proposada es basa en intervencions de freqüència més elevada i d'intensitat menor del que és habitual en el nostre context. A més, en cada intervenció es genera una gran varietat de productes fusters quant a espècies, qualitats i dimensions. Aquest plantejament és un repte per a la planificació, execució i control, perquè obliga a realitzar intervencions amb regularitat; un abandó prolongat de la gestió n'impediria aconseguir els objectius, i per a la logística d'extracció, transport i comercialització d'aquests productes. Cal, per tant, comptar amb infraestructures, com ara àrees d'apilament i patis, per valorar i donar una sortida comercial adequada

als productes de més valor afegit, que seran, especialment durant les primeres intervencions, relativament escassos.

Tota la cadena de valor de la fusta, des de la propietat forestal (especialment, si es pot agrupar per fer una gestió conjunta) fins a empreses d'aprofitament, indústries de primera i segona transformació, majoristes de fusta i consumidors finals tenen el seu paper per generar una oferta de fusta local en quantitat i qualitat suficients per consolidar-ne la demanda.

Com en els casos previs, augmentar la superfície gestionada incorporant els principis proposats ajudarà a facilitar el desenvolupament de la logística i la cadena de valor d'aquesta fusta, especialment en un context de foment de la bioeconomia basada en recursos locals renovables.

> ***Exemple d'eina de suport a la logística de productes desenvolupada a LIFE MixForChange: "Sistema pilot de logística i comercialització de productes forestals dels boscos mixtos mediterranis subhumits" (Guitart i Rosell, 2022) busca facilitar la logística associada a l'aplicació de la silvicultura proposada. Aquest sistema presenta els condicionants tècnics i legals que afecten la logística, la comercialització i la valorització dels productes fusters per identificar les alternatives de comercialització més avantatjoses.***

Aspectes administratius i econòmics

Moltes administracions disposen d'instruccions o procediments precisos per a la redacció, revisió i licitació de projectes d'ordenació forestal, en terreny públic i privat, la qual cosa permet augmentar la coherència i facilita la supervisió de la gestió forestal en un territori. No obstant això, una silvicultura com la plantejada, amb una gran part de les decisions preses sobre el terreny, pot requerir d'adaptacions d'aquests procediments per fer-los més flexibles, i alhora és fonamental que incorporin la importància del senyalament i el control dels treballs.

Els reptes logístics presentats en el punt anterior dificulten l'aplicació d'aquesta silvicultura en propietats forestals de superfície reduïda. Per tant, és clau desplegar mesures per facilitar els instruments d'ordenació i plans d'aprofitament conjunts i/o a escala municipal o supramunicipal que facilitin la logística i la venda dels productes. Aquestes mesures tenen un component tècnic, però sobretot administratiu, per desenvolupar i desplegar de manera eficient aquestes eines.

En zones de predomini de la propietat privada, un altre repte tecnicoadministratiu és identificar i involucrar la propietat forestal absent o desinformada i, en cas que no s'aconseguís, quines opcions es poden plantejar per implementar mesures al servei del bé comú (exemple: prevenció d'incendis).

La política de subvencions té un paper fonamental per donar viabilitat econòmica a moltes intervencions silvícoles. Una política d'ajudes que prioritzi intervencions amb alt valor afegit quant a serveis ecosistèmics i el balanç econòmic dels quals no permeti l'autofinançament, com en el cas de les primeres aplicacions de la silvicultura proposada, podria ser una manera de promoure aquesta silvicultura. Un cas particular és el senyalament de les intervencions, una pràctica necessària en aquesta silvicultura, l'aplicació de la qual podria ser un criteri que facilités la recepció de subvencions.

Finalment, cal recordar l'infrafinançament del sector forestal com un repte de primer ordre que la societat ha de ser abordat de manera transversal.

> ***Exemple d'eina per adaptar la normativa desenvolupada a LIFE MixForChange: "Memoràndum d'aspectes normatius a modificar per facilitar l'adaptació al canvi climàtic dels boscos mixtos mediterranis subhumits" (CPF, 2021) compila les principals normatives i instruments de planificació existents a Catalunya relacionats amb la gestió forestal i/o amb l'adaptació al canvi climàtic. A partir d'aquesta recopilació s'identifiquen 19 mesures potencials que cal incloure en set instruments clau de tipus normatiu i de planificació.***

V. Referències

Referències

Ameztegui A, Morán-Ordóñez A, Márquez A, Blázquez-Casado A, Pla M, Villero D, García MB, Errea MP, Coll L. 2022. Forest expansion in mountain protected areas: trends and consequences for the landscape. Landscape and urban planning 216: 104240

Baiges T, Beltrán M, Mundet R. 2020. Criteris i models silvícoles per integrar la biodiversitat a la gestió forestal: projecte Life BIORGEST. A: Tusell JM, Beltrán M, Monserrate A. (eds). XXXVII Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. 6-19

Baiges T, Cervera T, Palero N, Gonin P, Larrieu L. 2019. Posada a punt de l'Índex de Biodiversitat Potencial: un termòmetre per a mesurar la capacitat d'allotjar biodiversitat dels boscos (gestionats) de Catalunya. Silvicultura 80: 26-36

Bauhus J, Forrester DI, Pretzsch H. 2017a. Mixed-species forest: the development of a forest management paradigm. A: Pretzsch H, Forrester DI, Bauhus J. (Eds.). Mixed-species forests. Ecology and management. 1-25

Bauhus J, Forrester DI, Pretzsch H, Felton A, Pyttel P, Benneter A. 2017b. Silvicultural Options for Mixed-Species Stands. A: Pretzsch H, Forrester DI, Bauhus J. (Eds.). Mixed-species forests. Ecology and management. 433-501

Bauhus J, Puettmann KJ, Kühne C. 2013. Close-to-nature forest management in Europe: does it support complexity and adaptability of forest ecosystems? A: Managing forests as complex adaptive systems. Routledge. 201–227

Beltrán M, Cano F, Garitacelaya J, Piqué M. 2020. Manual de gestió naturalística dels boscos de coníferes del Pirineu. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya. Solsona (Lleida). 112 p

Brang P, Spathelf P, Larsen JB, Bauhus J, Boncina A, Chauvin C, Drössler L, García-Güemes C, Heiri C, Kerr G, Lexer MJ, Mason B, Mohren F, Mühlethaler U, Nocentini S, Svoboda M. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. Forestry 87: 492–503

Bravo F, Bravo-Oviedo A, Ruiz-Peinado R, Montero G. 2008. Selvicultura y cambio climático. A: Serrada R, Montero G, Reque J. (Eds). Compendio de Selvicultura Aplicada en España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid

Bravo F, Guijarro M, Cámara A, Díaz Balteiro L, Fernández P, Pajares JA, Pemán JA, Ruiz Peinado R. 2017. La situación de los bosques y del sector forestal en España – ISFE 2017. Sociedad Española de Ciencias Forestales

Bravo-Oviedo A, Condés S, del Río M, Pretzsch H, Ducey M.J. 2018. Maximum stand density strongly depends on species-specific wood stability, shade and drought tolerance. Int J Forest Res 91: 459–469

Bütler R, Lachat T, Krumm F, Kraus D, Larrieu L. 2020. Dendro-Microhábitats. Guia de campo. Descripción, identificación y clasificación para su inventario. Birmensdorf, Instituto Federal Suizo de Investigación en el ámbito Forestal, de la Nieve y del Paisaje (WSL). 59 p

Calama R. 2017. La gestión forestal como herramienta para la adaptación al cambio climático: ¿realidad o ficción científica? Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 43: 59-90

Carnicer J, Coll M, Ninyerola M, Pons X, Sánchez G, Peñuelas J. 2011. Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. Proceedings of the National Academy of Sciences 108: 1474-1478

Coello J, García Q, Baiges T. 2020a. Protocol de classificació visual de la qualitat de la fusta en peu de planifolis d'alt valor. CPF, Santa Perpètua de Mogoda; CTFC, Solsona. 25 p

Coello J, Guitart L, Cervera T, Rovira J, Piqué M. 2021. Polítiques locals, canvi climàtic i gestió forestal en boscos periurbans: una integració necessària. CTFC, Solsona. 56 p

Coello J, Piqué M, Beltrán M. 2020b. Usos de la fusta de frondoses d'alt valor a Catalunya. CTFC, Solsona. 55 p

Coll L, Ameztegui A, Collet C, Löf M, Mason B, Pach M, Verheyen K, Abrudan I, Barbati A, Barreiro S, Bielak K, Bravo-Oviedo A, Ferrari B, Govedar Z, Kulhavy J, Lazdina D, Metslaid M, Mohren F, Pereira M, Peric S, Rasztovits E, Short I, Spathelf P, Sterba H, Stojanovic D, Valsta L, Zlatanov T, Ponette Q. 2018. Knowledge gaps about mixed forests: what do European forest managers want to know and what answers can science provide? Forest Ecology and Management 407: 106-115

Coll L, Sánchez-Pinillos M, De Cáceres M. 2022. Análisis de los procesos de diversificación espontánea de los bosques mediterráneos durante las últimas décadas: una aproximación basada en tipologías forestales. A: Sociedad Española de Ciencias Forestales. 8º Congreso Forestal Español. Lleida

CPF. 2019. Protocol d'aplicació de l'Índex de Biodiversitat Potencial de Catalunya. Mètode del transsecte lineal. A: http://cpf.gencat.cat/web/.content/or_organismes/or04_centre_propietat_forestal/03_linies_actuacio/transferencia_de_coneixement/IBP_CAT/Binaris/5_Protocol_IBP_transsecte_CAT.pdf. Accés el 23/03/2022

CPF. 2021. Memoràndum d'aspectes normatius a modificar per facilitar l'adaptació al canvi climàtic dels boscos mixtos mediterranis subhumits. Entregable C6.2 del proyecto LIFE MixForChange. http://www.mixforchange.eu/wp-content/uploads/2020/03/Entregable_C6_2_MemorandumMixForChange.pdf. Accés el 23/03/2022

De Cáceres M, Mencuccini M, Martin-StPaul N, Limousin JM, Coll L, Poyatos R, Cabon A, Granda V, Forner A, Valladares F, Martínez-Vilalta J. 2021. Unravelling the effect of species mixing on water use and drought stress in holm oak forests: a modelling approach. Agricultural and Forest Meteorology 296: 108233

del Río M, Pretzsch H, Ruiz-Peinado R, Ampoorter E, Annighöfer P, Barbeito I, Bielak K, Brazaitis G, Coll L, Drössler L, Fabrika M, Forrester D, Heym M, Hurt V, Kurylyak V, Löf M, Lombardi F, Makrickiene E, Matovic B, Mohren F, Motta R, van Ouden J, Pach M, Ponette Q, Schütze G, Skrzyszewski J, Sramek V, Sterba H, Stojanovic D, Svoboda M, Zlatanov T, Bravo-Oviedo A. 2017. Species interactions increase the temporal stability of community productivity in Pinus sylvestris-Fagus sylvatica mixtures across Europe. Journal of Ecology 105(4): 1032-1043

FAO. 2022. Sustainable Forest Management. http://www.fao.org/forestry/sfm/en/. Accés el 22/03/2022

Forest Europe. 2020. State of Europe's Forests 2020. https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf. Accés el 29/03/2022

Gamfeldt L, Snäll T, Bagchi R, Jonsson M, Gustafsson L, Kjellander P, Ruiz-Jaen MC, Fröberg M, Stendahl J, Philipson CD, Mikusinski G, Andersson E, Westerlund B, Andrén H, Moberg F, Moen J, Bengtsson J. 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. Nature Communications 1340

Garcia O. 2022. Eficiència i seguretat en els treballs forestals: aspectes pràctics de la prevenció de riscos laborals al bosc. A: Tusell JM, Beltrán M. (coord.). XXXIX Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. J6

González JM, Piqué M, Vericat P. 2006. Manual de ordenación por rodales. Gestión multifuncional de los espacios forestales. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona (Lleida). 205 p

Guitart L, Busqué R. 2021. Acción C7.2. Caso real de integración de la adaptación al cambio climático de los bosques mixtos mediterráneos subhúmedos en las políticas locales: Ayuntamiento de Mataró. Life MixForChange, 49 p. A: www.mixforchange.eu/docs/Caso_adaptacion_politicas_Mataro_EntregableC7.pdf. Accés el 31/03/2022

Guitart L, Rosell M. 2022. Sistema piloto de logística y comercialización de productos forestales de los bosques mixtos mediterráneos subhúmedos. Proyecto LIFE MixForChange. 156 pp. http://www.mixforchange.eu/docs/Sistema_Logistico_Productos_Forestales_MixForChange_Guitart,Rosell_2022.pdf. Accés el 31/03/2022

Hanewinkel M, Cullmann DA, Schelhaas MJ, Nabuurs GJ, Zimmermann NE. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. Nat Clim Chang 3: 203–207

IPCC. 2022. Summary for Policymakers [Pörtner HO, Roberts DC, Poloczanska ES, Mintenbeck K, Tignor M, Alegría A, Craig M, Langsdorf S, Löschke S, Möller V, Okem A. (eds.)]. A: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf. Accés el 31/03/2022

Larrieu L, Paillet Y, Winter S, Bütler R, Kraus D, Krumm F, Lachat T, Michel AK, Regnery B, Vanderkerhove K. 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. Ecological Indicators 84: 194-207

Lassauce A, Paillet Y, Jactel H, Bouget C. 2011. Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. Ecological indicators 11: 1027-1039

Martín-Alcón S, Montero R, Coll L, Aunós A. 2014. Propuesta metodológica para el establecimiento de una red experimental de estructuras irregulares por bosquetes en masas de pino silvestre de Cataluña. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 40: 59-66

Médail F. 2016. Sub-chapter 2.4.3. Plant biodiversity and vegetation on Mediterranean islands in the face of global change A: The Mediterranean region under climate change: A scientific update. Marseille. 736 p

MITECO, Ministerio para la Transición Ecológica. 2019. Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono. Versión 4 (mayo 2019). https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf. Accés el 31/03/2022

MITECO, Ministerio para la Transición Ecológica. 2022. Ratio del volumen de madera muerta y madera total en las formaciones arboladas (Indicador 23). https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-espanol-patrimonio-natural-biodiv/sistema-indicadores/04c-I-forestal-nacional.aspx. Accés el 27/04/2022

Morán-Ordóñez A, Ramsauer J, Coll L, Brotons L, Ameztegui A. 2021. *Ecosystem services provision by Mediterranean forests will be compromised above 2ºC warming*. Global Change Biology 27: 4210-4222

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

Morin X, Fahse L, de Mazancourt C, Scherer-Lorenzen M, Bugmann H. 2014. Temporal stability in forest productivity increases with tree diversity due to asynchrony in species dynamics. Ecology Letters 17: 1526–1535

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403(6772): 853–858

Nocentini S, Coll L. 2013. Mediterranean forests: human use and complex adaptive systems. A: Messier C, Puettmann K.J. & Coates K.D. (Eds.) Managing Forests as complex adaptive systems. Building resilience to the challenge of global change. The Earthscan Forest Library (series). Routledge. NY, USA

Pausas JG, Keeley JE. 2014. Evolutionary ecology and resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. New Phytologist 204: 55-65

Peñuelas J, Sardans J, Filella I, Estiarte M, Llusià J, Ogaya R, Carnicer J, Bartrons M, Rivas-Ubach A, Grau O, Peguero G, Margalef O, Pla-Rabés S, Stefanescu C, Asensio D, Preece C, Liu L, Verger A, Barbeta A, Achotegui-Castells A, Gargallo-Garriga A, Sperlich D, Farré-Armengol G, Fernández-Martínez M, Liu D, Zhang C, Urbina I, Camino-Serrano M, Vives-Ingla M, Stocker BD, Balzarolo M, Guerrieri R, Peaucelle M, Marañón-Jiménez S, Bórnez-Mejías K, Mu Z, Descals A, Castellanos A, Terradas J. 2017. Impacts of Global Change on Mediterranean Forests and Their Services. Forests 8: 463

Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology 13: 131-144

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 (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 122 p

Piqué M, Vericat P, Beltrán M. 2017. Resource communication. ORGEST: Regional guidelines and silvicultural models for sustainable forest management. Forest Systems 26 (2), eRC01S

Piqué M, Vericat P, Cervera T, Baiges T, Farriol R. 2014. Tipologies forestals arbrades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 346 p.

Pretzsch H, Poschenrieder W, Uhl E, Brazaitis G, Makrickiene E, Calama R. 2021. Silvicultural prescriptions for mixed-species forest stands. A European review and perspective. European Journal of Forest Research 140: 1267-1294

Puettmann KJ. 2011 Silvicultural challenges and options in the context of global change:"Simple" fixes and opportunities for new management approaches. Journal of Forestry 109(6): 321-331

Puettmann KJ, Wilson SM, Baker SC, Donoso PJ, Drössler L, Amente G, Harvey BD, Knoke T, Lu Y, Nocentini S, Putz FE, Yoshida T, Bauhus J. 2015. Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management - what limits global adoption? For. Ecosyst. 2: 8

Sánchez-Pinillos M, Coll L, De Cáceres M, Ameztegui A. 2016. Assessing the persistence capacity of communities facing natural disturbances on the basis of species response traits. Ecological indicators 66: 76-85

Sánchez-Pinillos M, De Cáceres M, Casals P, Álvarez A, Beltrán M, Pausas JG, Vayreda J, Coll L. 2021. Spatial and temporal variations of overstory and understory fuels in Mediterranean landscapes. Forest Ecology and Management 490: 119094

Thompson JD. 2005. Plant evolution in the Mediterranean. Oxford, UK, Oxford University Press. 304 p

Tognetti R, Smith M, Panzacchi P. 2022. An Introduction to Climate-Smart Forestry in Mountain Regions. A: Tognetti R, Smith M, Panzacchi P. (Eds). 2022. Climate-Smart Forestry in Mountain Regions. Springer. 574 p

Torrell A, Riba JM, Ros L, Pujol JL. 2022. Estat actual de les actuacions de control i mesures de prevenció de la caparreta del pi marítim (*Matsucoccus feytaudi*). A: Tusell, JM, Beltrán, M. (coord.). XXXIX Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. J2

Valladares F, Vilagrosa A, Peñuelas J, Ogaya R, Camarero J, Corcuera L, Sisó S, Gil-Pelegrín E. 2004. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de sequía. En Valladares F (Ed.) Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF. Madrid, España. 163-190

Vericat P, Piqué M, Serrada R. 2012. Gestión adaptativa al cambio global en masas de Quercus mediterráneos. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Solsona (Lleida). 172 p

Vilà M, Carrillo-Gavilán A, Vayreda J, Bugmann H, Fridman J, Grodzki W, Haase J, Kunstler G, Schelhaas M, Trasobares, A. 2013. Disentangling biodiversity and climatic determinants of wood production. PLoS ONE 8(2): e53530

Vilà-Cabrera A, Coll L, Martinez-Vilalta J, Retana J. 2018. Forest management for adaptation to climate change in the Mediterranean basin: A synthesis of evidence. Forest Ecology and Management 407: 16-22

Wilhelm GJ, Rieger H. 2017. Stratégie QD: une gestion de la forêt basée sur la qualité et les cycles naturels. CNPF & Forêt Wallonne asbl. Paris, 192 p

CTFC

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

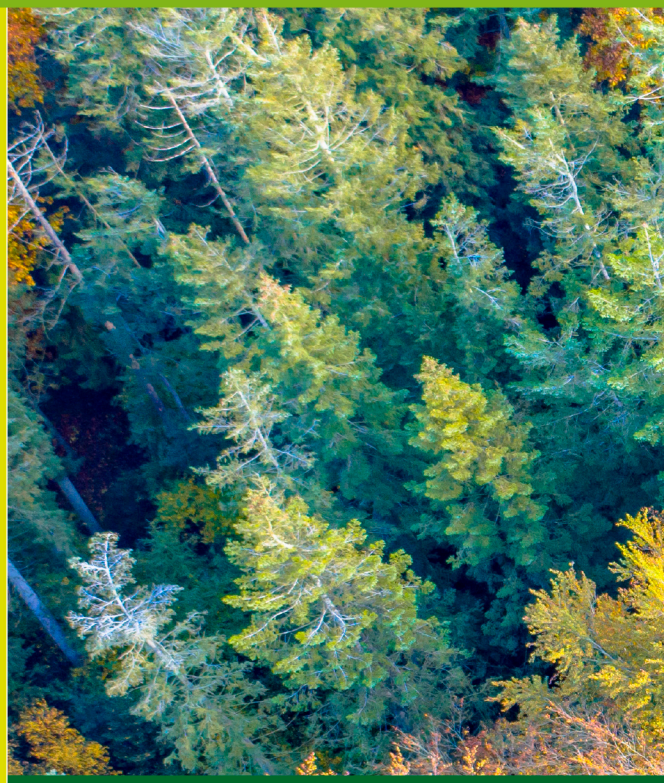
Centre de la Propietat Forestal

ASSOCIACIÓ DE PROPIETARIS FORESTALS DEL MONTNEGRE I EL CORREDOR

serra de bellmunt
associació de propietaris forestals

Amb la col·laboració de:

Diputació Barcelona



MIX forChange

Life

LIFE15 CCA/ES/000060
2016-2021