

75
Anys



CONSORCI FORESTAL
DE CATALUNYA

Sumant persones,
bosc i territori

40

JORNADES
TÈCNIQUES
SILVÍCOLES
EMILI GAROLERA



Edita: Consorci Forestal de Catalunya

Coordinació de les jornades:

Josep M. Tusell - Enginyer de Forests, CFC
Mario Beltrán - Enginyer de Forests, CTFC
Gessamí Cases - Enginyera Forestal, CFC
Eduard Busquets - Enginyer Forestal, CTFC

Coordinació del llibre:

Josep M. Tusell - Enginyer de Forests, CFC
Gessamí Cases - Enginyera Forestal, CFC
Eduard Busquets - Enginyer Forestal, CTFC

Disseny i maquetació: MHÀ, estudi gràfic
ISBN: 978-84-09-42221-0
GI 383-2020

Edició: juny 2023

Cita bibliogràfica: Tusell, J.M.; Cases, G.; Busquets, E. (Coords.). 2023.
40 Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Consorci Forestal de
Catalunya. Santa Coloma de Farners. 88 pàg. ISBN: 978-84-09-42221-0

40

JORNADES
TÈCNIQUES
SILVÍCOLES
EMILI GAROLERA

Índex

	6
Emili Garolera i Bohils	
	8
J1_Restauració de la zona cremada a l'incendi de Queralt i Miralles	
Jordi Reixachs Rovira Pol Bacardit Tudela Josep Estruch Guix	
	22
J2_La processadora forestal, l'eina imprescindible per a la gestió forestal	
Iolanda Domenjó Espada Gerard Alcoverro Poch Toni Cunill Montaña	
	32
J3_Restauració ecològica del paisatge post-incendi a la Fatarella: regeneració i gestió forestal de les pinedes de pi blanc i valorització dels productes en una biorefineria	
Teresa Cervera Zaragoza Noemí Palero Moreno Lluís Coll Mir Rut Domènech Jardí Eusebi Casanova Ventura Neus Puy Marimon	
	44
J4_Malalties foliars de les pinedes: situació dels fongs patògens <i>Diplodia sapinea</i> i <i>Dothistroma</i> sp. a Catalunya	
Francesc Serradó Mestres Maria Caballol Alsinella Tomeu Rigo Ribas Carme Farnell Barqué Jonàs Oliva Palau	
	54
J5_Ús de la fusta local per a la construcció industrialitzada	
Mario Beltrán Barba Sergi Sebastia Jordi Gené Sera Jorge Mercader Esteve Cristina Montserrat Rodríguez	
	64
J6_Prevenició de riscos laborals i procediments de treball en la mecanització dels treballs forestals	
Oscar Garcia Company Dani Tarrés Céspedes Miquel Bautista Lupiañez	
	76
J7_La millora genètica forestal a Catalunya: els fonaments de la plantació forestal	
Neus Aletà Soler Rut Sánchez Bragao Miquel Segarra Trepà Jaime Coello Gómez Joan Abel Bachs Anna Teixidó Compañó	

40

JORNADES
TÈCNIQUES
SILVÍCOLES
EMILI GAROLERA

40 JTS EMILI GAROLERA

Teniu a les vostres mans el llibre de la 40a edició de les Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera, una edició emmarcada en un any ple de celebracions. Per una banda, les pròpies Jornades que ja han arribat a les 40 edicions - que no són poques!- amb el mateix objectiu amb el que van néixer: ser un punt de trobada de propietaris i gestors forestals per a intercanviar idees, opinions i experiències, i aprendre dels èxits i encerts així com dels errors i els fracassos. Un any en que també celebrem el centenari del naixement d'un dels fundadors i promotors de les Jornades: l'Emili Garolera, que juntament amb altres persones i amb les seves inquietuds i ganes de fer extensibles les seves experiències, van iniciar aquestes trobades on any rere any han estat un punt de trobada per a més de 200 persones en diferents visites a bosc. I finalment, aquest any 2023 celebrem els 75 anys del Consorci Forestal de Catalunya, una fita importantíssima per una associació, la més antiga de l'estat Espanyol i una de les primeres a Europa, formada per silvicultors compromesos amb la gestió i conservació dels boscos.

En aquesta edició hem visitat boscos i experiències de restauració de zones cremades en els darrers 2-3 anys i zones cremades ja fa més de 30 anys, per plantejar què fer després d'un incendi i per comprovar els resultats de les feines fetes després del pas del foc i les feines que s'han d'abordar amb el regenerat que es consolida en aquests espais. També hem parlat de la necessària mecanització dels treballs forestals i de la necessària formació per executar-los. A les comarques centrals hem visitat boscos afectats per plagues i malures, uns efectes que cada vegada són més presents i més intensos arreu de la geografia catalana, i que ens obliguen a modificar la gestió prevista en aquests boscos per mirar de revertir la situació creada pel pas de la pertorbació. I finalment hem tractat temes com l'ús de la fusta per a la construcció industrialitzada i temes com la millora genètica com a eina per a poder produir material forestal per a reforestacions que ens ajudi a assolir els objectius pel que fa a la qualitat de la fusta i els seus possibles usos. Tota una sèrie de propostes que vam treballar a l'inici de l'organització d'aquesta edició i que el conjunt dels assistents han valorat positivament durant la realització de les diferents jornades. Ens ha quedat una jornada per fer, la que feia referència a la compatibilització de la gestió forestal amb la caça, la protecció del medi i els altres usos que es desenvolupen en un mateix espai. La impossibilitat de realitzar-la en aquesta edició no deixa que seguim amb la idea i que, a poder ser, la recuperem per a properes edicions.

Finalment, no es pot acabar aquesta introducció del llibre que recull les ponències de totes i cadascuna de les Jornades d'enguany (al web del Consorci hi trobareu les publicacions dels anys anteriors -www.forestal.cat-), sense agrair la implicació i dedicació dels coordinadors del llibre i de cadascuna de les jornades. Només amb el seu compromís podem assolir el nivell exigít i necessari per seguir oferint unes Jornades que són un referent pel que fa a la formació, divulgació i extensió de la gestió forestal. Destacar també la implicació de les entitats i indústries del sector forestal que donen suport a la realització de les Jornades. La seva col·laboració ajuda a sembrar la gestió que fa possible que els nostres boscos siguin productius i que la indústria catalana pugui treballar amb fusta de proximitat. I finalment, agrair a tots els propietaris, silvicultors, gestors forestals, tècnics, i totes les persones que els mou l'interès pels boscos, ja que la vostra participació i les vostres aportacions en les diferents jornades ens esperonen a seguir organitzant i millorant les Jornades.

Josep M. Tusell

*Responsable tècnic del CFC i co-coordinador de les Jornades
Consorci Forestal de Catalunya*





Emili Garolera i Bohils

(Arbúcies 1923 - 2008)

El 21 de març de 2023, Dia Internacional dels Boscos, ha fet 100 anys del naixement d'Emili Garolera.

Fou soci fundador del Consorci Forestal de Catalunya, propietari forestal i un dels silvicultors més destacats de casa nostra, a qui entre d'altres se li atorgà la Medalla al Mèrit Agrícola el 1967. Entre 1980 i 1987 va ser president del Consorci Forestal i després president honorari en reconeixement a la seva gran tasca.

Impulsor l'any 1983 de les Jornades Tècniques Silvícules, tenia entre els seus objectius promoure la passió pels boscos i la transmissió i intercanvi d'informació i experiències entre els propietaris forestals, per tal de contribuir així a la millora de la gestió forestal a casa nostra. Des de llavors, les Jornades no s'han deixat de celebrar cap any i han estat un referent per a molts socis, estudiants i professionals del sector.



Entrevista a Emili Garolera

Catalunya Forestal _ juliol 2006 [pàgina 30 i següents]



JORNADA

1

Restauració de la zona cremada a l'incendi de Queralt i Miralles

Jordi Reixachs Rovira. Propietari forestal. Membre de la Junta del CFC i president de l'Associació de Propietaris Forestals Serres de Miralles-Orpinell.

Pol Bacardit Tudela. Enginyer Forestal. Tècnic de la Diputació de Barcelona.

Josep Estruch Guix. Facultatiu forestal. Tècnic dels Serveis Territorials a la Catalunya Central (DACC).

Reixachs, J., Bacardit, P., Estruch, J. 2023. Restauració de la zona cremada a l'incendi de Queralt i Miralles. A: Tusell, JM., Cases, G., Busquets, E. (eds). 40 Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Pp: 8-21.

Resum

El 24 de juliol de 2021 es va produir l'incendi de la Serra de Queralt i la Serra de Miralles afectant principalment els municipis de Bellprat, Santa Maria de Miralles i Sant Martí de Tous (Anoia) amb un total de 1.823,90 ha de les quals 1.388,84 ha (76%) eren forestals.

Per aquest motiu, es va iniciar la redacció d'un projecte de restauració conjunt de la zona afectada. Els objectius d'aquest projecte són: la planificació i gestió forestal post incendi a escala de paisatge, la regeneració de la coberta vegetal, la reducció de l'erosió i la conservació de la fertilitat del sòl. Es van dissenyar i delimitar 7 tipus d'actuacions en funció del pendent, l'erosionabilitat potencial, la intensitat del foc i la morfologia dels vessants.

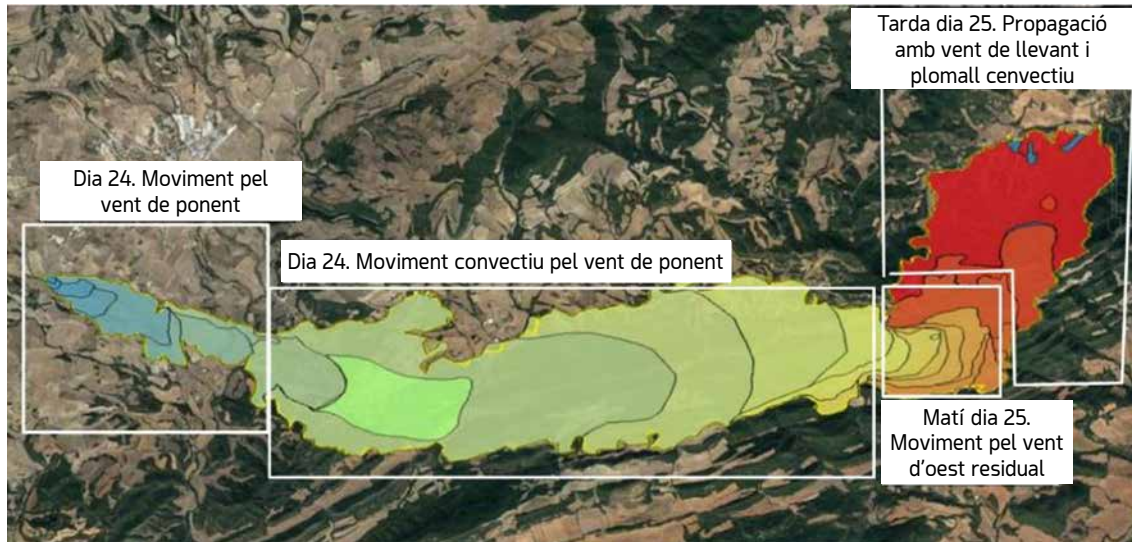


Figura 1. Evolució de l'incendi de Santa Coloma de Queralt. Font: Fire Information Sheet Santa Coloma de Queralt, RET, 24/07/2021, 1.789 N.S.G. (210413749). Bombers GRAF de la Generalitat de Catalunya.

Característiques i comportament de l'incendi forestal

L'incendi de Santa Coloma de Queralt es va iniciar dissabte 24 de juliol de 2021 i es va controlar tres dies després (*Figura 1*). L'inici d'aquest va ser en el marge de la carretera C-37 i es va propagar ràpidament per camps de cereal (la majoria pendents de segar) conduït pel vent de ponent. A l'arribar a la Serra de Queralt es va convertir en un incendi convectiu amb antorxeig de copes, generant focus secundaris fins a 500 m. La velocitat de propagació va ser molt ràpida (2.500-3.300 m/h), ja que a la zona encara hi havia molts camps de cereal sense segar i amb una humitat molt baixa. Al final del primer dia l'incendi ja havia cremat unes 1.000 ha.

Des de la matinada i al llarg del matí del dia 25 de juliol es va treballar per ancorar, en camps i camins, tant el flanc esquerre com el dret. A partir de mig dia es va treballar amb repeses dins l'incendi i amb l'entrada de la marinada a mitja tarda es va formar un pirocúmul, que en desplomar-se va incrementar la superfície cremada en 300 ha en menys d'una hora. Aquest comportament extrem va provocar l'entrada de l'incendi al terme municipal de Sant Martí de Tous (*Taula 1*), cremant zones de mosaic agroforestal dels quals la gran majoria dels camps ja estaven llaurats, tot i així, van servir per acabar d'ancorar-lo. L'incendi, finalment, va poder ser estabilitzat la matinada del dia 26 de juliol amb l'ajuda de la pujada d'humitat.

Taula 1. Superfície cremada per municipis

Municipi	Superfície total (ha)	Superfície forestal (ha)
Bellprat	1.114,08	840,39
Sant Martí de Tous	288,69	246,57
Santa Maria de Miralles	276,15	271,80
Les Piles	71,54	9,49
Santa Coloma de Queralt	47,53	2,38
Pontils	25,91	18,22
Total	1.823,90	1.388,84

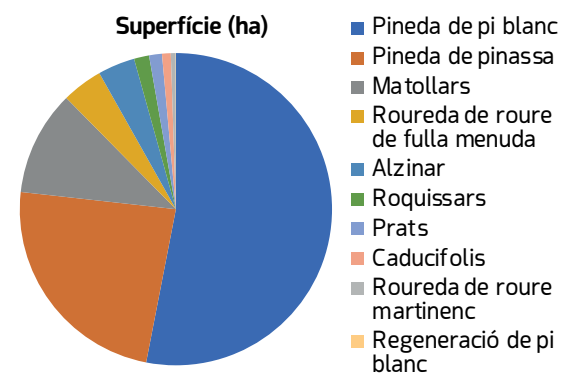


Figura 2. Formacions forestals de la zona afectada per l'incendi. Font: Mapa de cobertes del sòl de Catalunya 2009.

De la superfície total afectada, 1.302,33 ha (94%) formen part de l'Espai Natural Protegit del Sistema Prelitoral Central i de la Xarxa Natura 2000 (Figura 2).

El 94% de la zona afectada va cremar amb alta intensitat (Fotografia 1). Tot i així, alguns vessants encarats a l'est (amb foc descendent) i algunes fondalades de la Serra de Miralles van quedar parcialment cremades amb petits claps que tan sols estaven cremats superficialment. A les zones del perímetre de l'incendi, com és habitual, també hi havia una franja d'arbres parcialment afectats (Fotografies 2 i 3).



Fotografia 1. Zona calcinada amb alta intensitat.



Fotografia 2. Afectacions amb diferents intensitats.



Fotografia 3. Incendi de superfície.



Figura 3. Àrees de Gestió Prioritàries (AGP) gestionades per l'APF Serres de Miralles-Orpinell en l'àmbit de l'incendi.

Antecedents dels treballs executats davant la prevenció d'incendis forestals

Des de l'any 2011 en l'àmbit afectat per l'incendi, l'Associació de Propietaris Forestals Serres de Miralles-Orpinell realitza gestió forestal conjunta per la prevenció d'incendis forestals en el marc del conveni de col·laboració entre la Diputació de Barcelona, el Consell Comarcal de l'Anoia i els 13 ajuntaments de l'àmbit de l'Associació (Figura 3).

L'estructura del bosc un cop fets els treballs d'aclarida de millora l'any 2011 a la finca Riudeboix (Bellprat) era de baixa vulnerabilitat al foc de capçades. Aquesta estructura va servir perquè els bombers poguessin realitzar maniobres i així evitar l'obertura del flanc dret en direcció Santa Maria de Miralles per la carretera C-432. De la mateixa manera, la franja de baixa combustibilitat del camí del Coll de Tresserres realitzada l'any 2013 a 4 finques de Sant Martí de Tous i Santa Maria de Miralles, va servir perquè l'incendi cremés amb menys intensitat (Fotografia 3) i facilités les feines d'extinció dels bombers.

Condicionants d'execució del departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (DACC)

Per realitzar els treballs forestals post incendi, l'agost del 2021, el DACC va posar uns condicionants d'execució en funció de la següent zonificació (Figura 4).

- **Zona prioritat I.** Superfície amb pendent superior al 35%, amb afectació de foc d'alta intensitat. Eliminació total de la capa vegetal i mort del 100% de l'arbrat.
- **Zona prioritat II.** Superfície amb pendent inferior al 35%, amb afectació de foc d'alta intensitat. Eliminació total de la capa vegetal i mort del 100% de l'arbrat.
- **Zona prioritat III.** Superfície amb pendent variables, amb afectació de foc de baixa intensitat. Es manté massa forestal afectada conjuntament amb arbres vius.
- **Zona prioritat IV.** Superfície amb pendent variables, foc de superfície amb efectes sobre l'estrat herbaci i arbustiu, amb poca afectació a la massa arbrada.

Treballs a la zona I

- Es va establir fer prioritàriament obres de correcció hidrològica amb la construcció de feixines i/o acordonament de restes perpendiculars al pendent per retenir el sòl i controlar l'erosió. Aquestes infraestructures, es van construir amb els troncs i branques dels arbres cremats.

Treballs a la zona II

- Es va establir fer una extracció de la fusta existent per no dificultar la regeneració natural.
- En general, la restauració d'aquestes superfícies i les mesures de contenció de l'erosió es va establir que es farien deixant les restes vegetals generades no aprofitables (fusta no comercial, capçades i branques), repartides homogèniament sobre el terreny arran de sòl. El repartiment de restes no podia superar

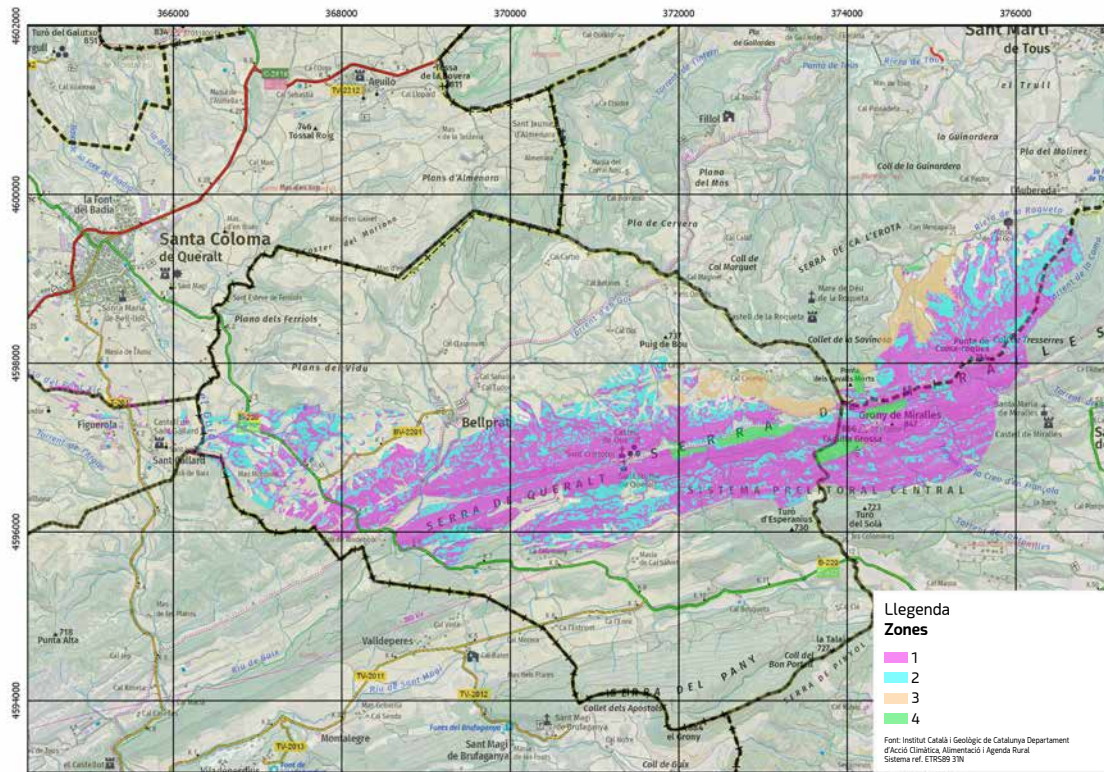


Figura 4. Mapa de la zonificació.

el metre d'alçada i no es va autoritzar l'aprofitament de l'arbre sencer.

- No es permet realitzar activitats de pasturatge a la zona fins que no es recuperi la coberta vegetal. Inicialment per un període de dos anys, revisable el primer any.

Treballs a la xarxa de drenatge

- Al llarg de la xarxa de drenatge es va establir fer petites embarrades amb la fusta més grossa de les zones properes. Aquestes embarrades es podien reforçar amb pedres de la zona. L'amplada de les embarrades van ser variable segons el rec o torrent i l'alçada que podia permetre la configuració del torrent.
- Per tal d'evitar l'excessiu impacte a la zona es va establir que es fessin de forma manual, per evitar l'accés amb maquinària pesada.

Projecte de restauració conjunt

La Diputació de Barcelona, en el marc del conveni de col·laboració amb l'Associació de Propietaris Forestals Serres de Miralles-Orpinell i dels Ajuntaments dels seu àmbit territorial, va redactar el "Projecte de restauració de la zona cremada en l'incendi forestal del 24 de juliol del 2021 a la Serra de Queralt i la Serra de Miralles". Aquest projecte va comptar amb la col·laboració del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (DACC) i el Centre de la Propietat Forestal. El fet de l'existència d'una associació de propietaris forestals consolidada al territori, amb estructura i mecanismes de col·laboració amb els propietaris forestals, va permetre que es pogués actuar pocs mesos després de l'incendi, oferint-los una alternativa de restauració de les seves propietats amb una perspectiva de territori.

Planificació dels treballs forestals

L'àrea afectada per l'incendi es va sectoritzar en zones físiques amb característiques i actuacions semblants. A cada zona se li va aplicar uns condicionants de treball amb l'objectiu general

de controlar l'erosió inicial i afavorir la restauració de l'entorn natural. Així mateix, es van prioritzar els treballs segons la seva situació més propícia a patir d'episodis erosius irreversibles. Per determinar-les es van tenir en compte les següents variables:

- Pendents: baixa <35%, mitjana 35-60%, alta >60% (Figura 5).

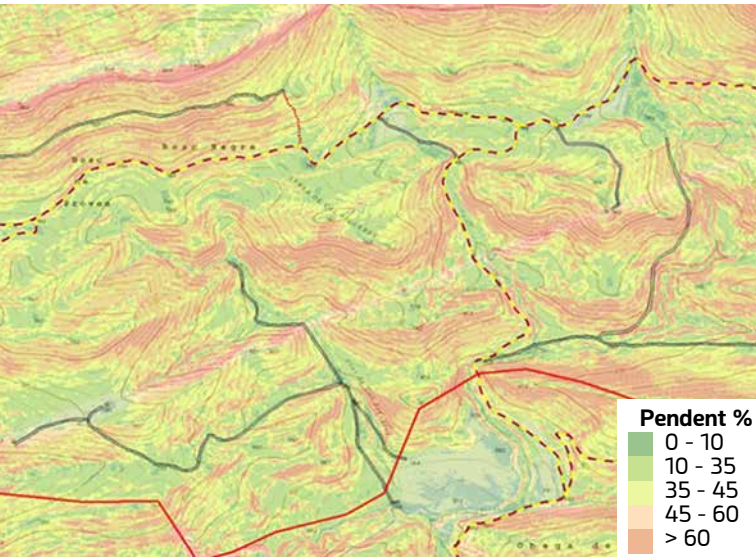


Figura 5. Mapa de pendents.

- Erosionabilitat potencial: Fruit de la intersecció entre el mapa de grans unitats geomorfològiques i el mapa de grans unitats litològiques i categorització del potencial d'erosionabilitat (Figura 6).

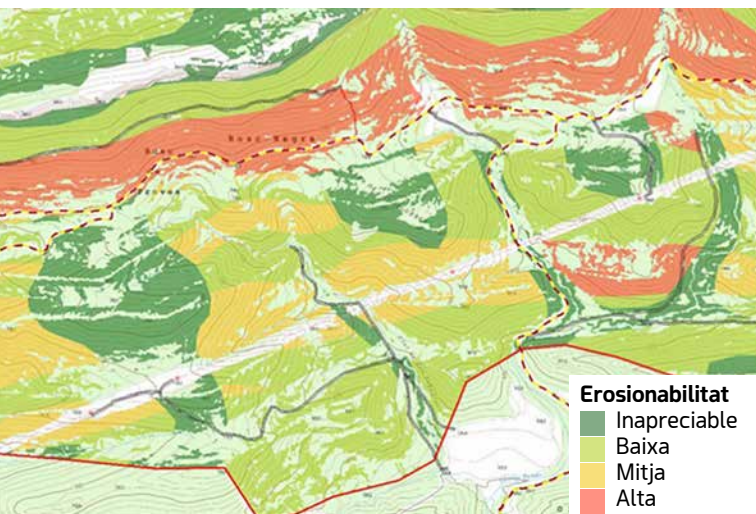


Figura 6. Mapa d'erosionabilitat potencial.

- Intensitat de crema de l'incendi: analitzada mitjançant teledetecció amb l'índex de Normalized Burn Ratio (NBR). El NBR és l'índex més habitual per valorar els diferents graus d'intensitat d'un incendi (Figura 7). Es van utilitzar imatges de satèl·lit (Sentinel Hubo Eo Browser) del 18 d'agost del 2021.

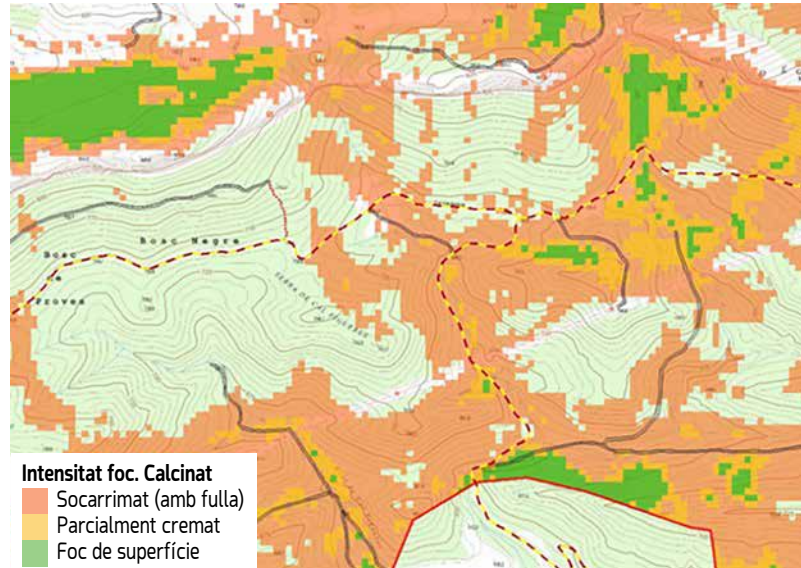


Figura 7. Mapa de les diferents intensitats de crema.

Per altra banda, es van identificar i delimitar els vessants segons les següents variables:

- Vessants llargs (>80m) i sense discontinuïtats (uniformes).
- Vessants curts (<80m) o amb discontinuïtats.
- Presència d'afloraments rocosos: Lloses contínues provocant poca profunditat de sòl o presència de roca disgregada.
- Presència de marges de pedra: vessants afeixats o antigues zones de cultiu.
- Presència d'espècies rebrotadores.
- Presència de camins que tallen el vessant creuant-lo paral·lels a les corbes de nivell.
- Parts baixes de vessants i marges entre camps: zones de mosaic agroforestal.

Classificació de les prioritats

En base als condicionants d'actuació del DACC i l'anàlisi de les anteriors variables es van definir 7 tipus d'actuacions (Taula 2 i Figura 8).

Taula 2. Prioritat i classificació de les actuacions segons el "Projecte de restauració de la zona cremada en l'incendi forestal del 24 de juliol del 2021 a la Serra de Queralt i la Serra de Miralles".

Prioritat DACC	Classificació projecte restauració	Definició	Actuacions contra l'erosió	Aprofitaments fustaners
1	A	Foc d'alta intensitat produint una alta mortalitat. Pendent alta >60%. Erosionabilitat mitjana i alta. Vessants llargs i uniformes (sense discontinuïtats).	Feixines/acordonat i Embarrades als torrents.	Excepcionalment es pot aprofitar els arbres comercials en tronc vora dels camins.
	B	Foc d'alta intensitat produint una alta mortalitat. Pendent mitjana entre el 35% i el 60%. Erosionabilitat mitjana. B.1: Vessants curts, amb discontinuïtats i pendent mitjana. B.2: Vessants llargs, amb poca profunditat de sòl i afloraments rocosos (llosa) però pendent mitjana i baixa. Presència de torrents o zones còncaves en la direcció de l'escolament superficial.	Embarrades en torrenteres i zones còncaves de concentració d'escorrentia superficial. Tallar i trossejar la vegetació cremada, restes repartides sobre el terreny i disposades en direcció de les corbes de nivell .	Aprofitament d'arbres comercials en tronc de camins i zones de fàcil accés.
2	C	Foc d'alta intensitat produint una alta mortalitat. Pendent mitjana-baixa <35%. Erosionabilitat mitjana-baixa. Vessants curts o amb discontinuïtats, vessants afeixats o parts baixes de vessant.	Tallar i trossejar l'arbre no comercial, restes repartides sobre el terreny .	Aprofitament d'arbres comercials en tronc. A les zones inaccessibles, tallar i trossejar els arbres <i>in situ</i> .
	D	Foc d'alta intensitat produint una alta mortalitat. Pendent baixa <35%. Erosionabilitat baixa. Parts baixes de vessant, vessants afeixats o marges de camps.	Desbrancar la fusta de serra <i>in situ</i> i els arbres no comercials trossejats i escampats uniformement. Deixar mínim 15 t/ha de restes vegetals trossejades <i>in situ</i> i escampades .	Aprofitament d'arbre sencer i carrers predefinitos (amb brancada escampada) quedant en el terreny les restes vegetals mínimes especificades. A les zones inaccessibles o puntualment per sobre del 35% de pendent, tallar i trossejar la vegetació <i>in situ</i> .
	E	Zones amb regenerat o poques existències (<10 m ² /ha AB) i diàmetres petits (<15cm). Foc d'alta intensitat produint una alta mortalitat. Pendent mitjana-baixa.	Tallar i trossejar els arbres. Deixar les restes escampades sobre el terreny paral·lels a les corbes de nivell. Sempre que sigui possible, en torrenteres i zones còncaves, s'hauran de deixar branques escampades i trossejades.	Sense aprofitament comercial.
	F	Zones de matollar i/o arbres aïllats. Foc d'alta intensitat produint una alta mortalitat. Pendent mitjana-baixa.	Sense actuació.	Sense aprofitament comercial.
3 i 4	G	Foc de baixa intensitat o de superfície, arbrat parcialment cremat. Qualsevol pendent.	Tallar i trossejar els arbres no comercials. Deixar les restes escampades sobre el terreny.	Esperar un mínim de 3 mesos per treballar-hi. Aprofitament d'arbres comercials en tronc. A les zones inaccessibles, tallar i trossejar <i>in situ</i> .

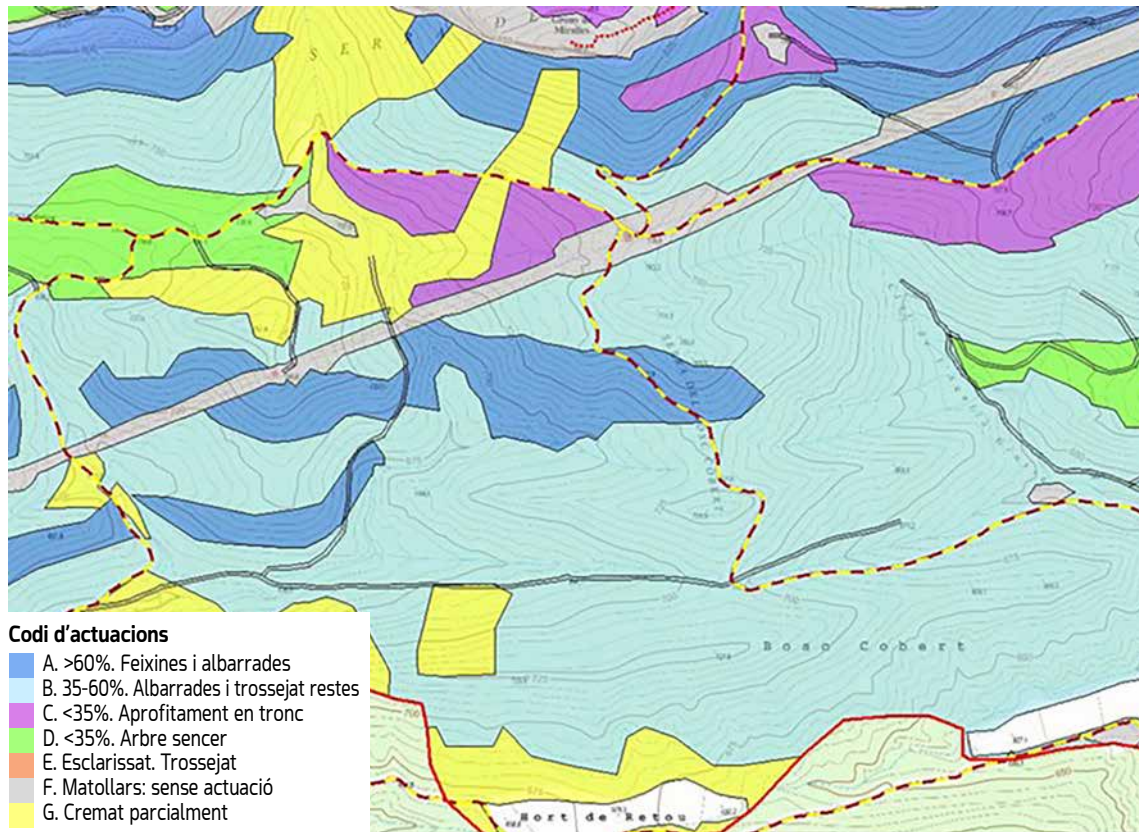


Figura 8. Mapa de la zonificació de les actuacions d'una finca adherida al projecte conjunt.

Condicionants generals

Es tallen els arbres cremats morts, els afectats per plagues i aquells arbres sense possibilitat de supervivència amb més de 2/3 d'afectació de capçada cremada. En el cas d'alzines i roures també es tallen aquells que estan rebrotant de soca i només tenen alguns brots verds als extrems de les branques. Les restes de branca-da, arbres no comercials i arbres de les zones no accessibles, es trossegen a una longitud inferior a 1,5 metres, disposant-los arran de terra.

El desembosc de la fusta comercial s'extreu pels camins de desembosc i ròssecs. Quan es transita per dins el bosc amb maquinària no es realitzen carrers uniformes amb màxima pendent, sinó que es fan les mínimes passades i entrades i, sempre que sigui possible, dirigir-les paral·lelament a les corbes de nivell o per bancals.

Mesures de foment de la biodiversitat

La presència de vegetació cremada en peu i sense tallar afavoreix la biodiversitat, ja que potencia la creació d'ecotons. És per això que com a mesura genèrica, a tota la zona cremada,

s'ha mantingut un mínim de 5-10 peus/ha distribuïts homogèniament que actuen temporalment com arbres perxa per l'avifauna i afavoreixen la entomofauna saprofítica, fomentant el paper funcional de la fusta cremada i la seva aportació com matèria orgànica a l'ecosistema forestal. Dintre d'aquest grup, almenys 3 eren de la major classe diamètrica de la zona.

Treballs realitzats del projecte de restauració conjunt

Des del desembre del 2021 s'estan realitzant els treballs de manera ininterrompuda a les 13 finques (Figura 9 i Taula 3) que es van adherir al projecte de restauració conjunt i que representen unes 547 ha arbrades. Els treballs de restauració del projecte conjunt s'han promogut per l'Associació de Propietaris Forestals Serres de Miralles- Orpinell i s'han finançat des de la Diputació de Barcelona.

A les finques associades que s'han adherit al projecte s'han realitzat les actuacions a la totalitat de la zona afectada per l'incendi (Fotografies 4 i 5). En algunes finques s'han

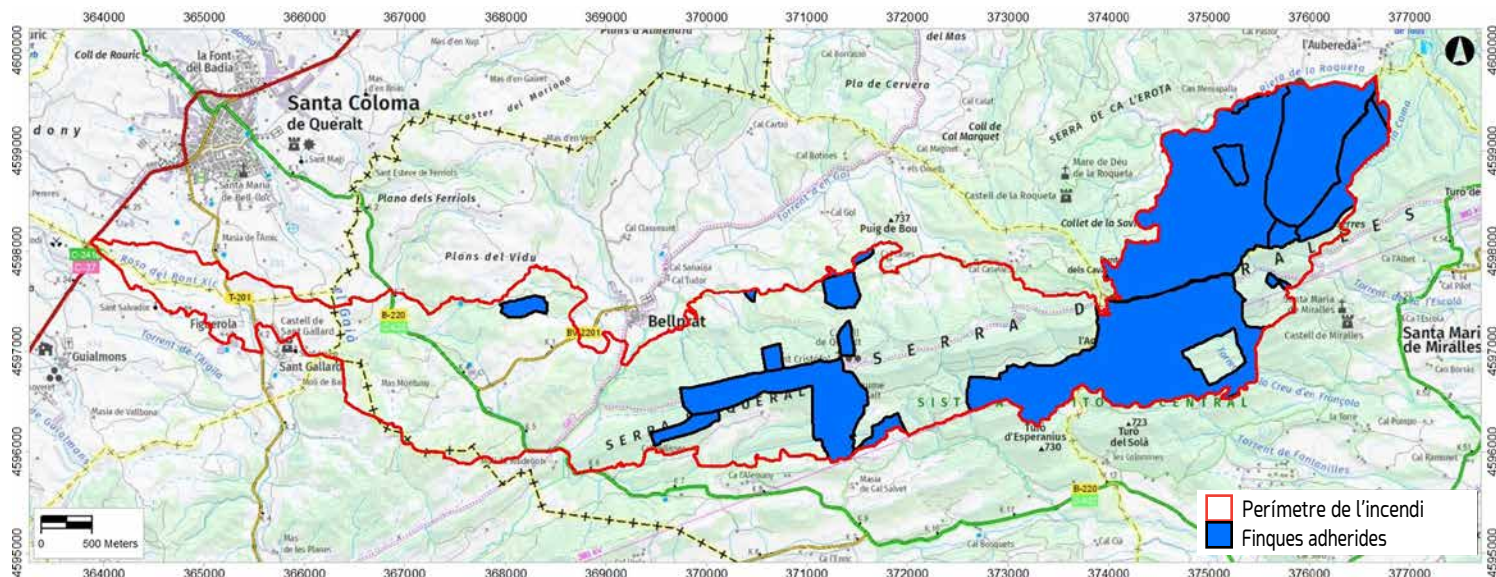


Figura 9. Finques adherides al projecte de restauració conjunt que s'han gestionat des de l'APF Serres de Miralles-Orpinell.

Taula 3. Actuacions silvícoles realitzades i pendents de realitzar del projecte de restauració conjunt.

Actuacions silvícoles	Superfície executada (ha)	Superfície en execució o pendent d'executar (ha)	Cost (€/ha)*
Zones amb codi A	27,77	26,28	1.740-1.950
Zones amb codi B	238,55	50,05	640-1.160
Zones amb codi C	52,80	74,56	290-590
Zones amb codi D	47,30	0,00	130-240
Zones amb codi E	0,00	2,69	600-850
Zones amb codi F**	0,00	0,00	0
Zones amb codi G	15,10	11,68	260-760
TOTAL	381,52	165,26	

* Cost dels treballs per hectàrea descomptant els ingressos de fusta. IVA no inclòs.

**Al voltant de 42 hectàrees no eren arbrades (matollars o roquissars) i no s'hi va realitzar cap actuació.



Fotografia 4. Treballs en zones amb codi "B" (pendent mitjana entre el 35% i el 60%). Aprofitament del tronc a les parts accessibles. A les zones amb més pendent i de difícil accés troncs accés, els troncs i la brancada es deixa disposada paral·lelament a les corbes de nivell.

Fotografia 5. Treballs en zones amb codi "G" (cremat parcialment). Aprofitament del tronc dels arbres cremats, arbres no comercials. La brancada es deixa trossejada i escampada sobre el terreny.

realitzat arranjaments i obertures de camins de desembosc per tal d'extreure la fusta comercial (Taula 4). També s'han construït nous camins de la Xarxa Viària Bàsica que estaven planificats al Plans de Prevenció d'Incendis municipals i als PTGMF (Fotografia 6). Aquests nous camins han estat imprescindibles per accedir a grans extensions inaccessibles i com alternativa a camins de la Xarxa Viària Bàsica que presentaven punts crítics i dificultaven el transit de camions per extreure la fusta.

Treballs demostratius realitzats pel DACC

El DACC va realitzar treballs demostratius a una zona accessible i visible per la població local. Aquesta zona es troba al costat de l'antiga carretera d'accés a Bellprat, a la finca de Riudeboix.

Taula 4. Actuacions a la xarxa viària realitzades i pendents de realitzar del projecte de restauració conjunt.

Actuacions a la xarxa viària	Longitud executada (km)	Longitud en execució o pendent d'executar (km)	Cost (€/km)*
Obertura de camins de la xarxa viària bàsica	3,50	0,00	5.900-8.580
Arranjament dels camins de desembosc	6,61	1,30	1.200-1.375
Obertura de camins de desembosc	2,07	0,85	3.415-4.320
TOTAL	12,18	2,15	

*IVA no inclòs.



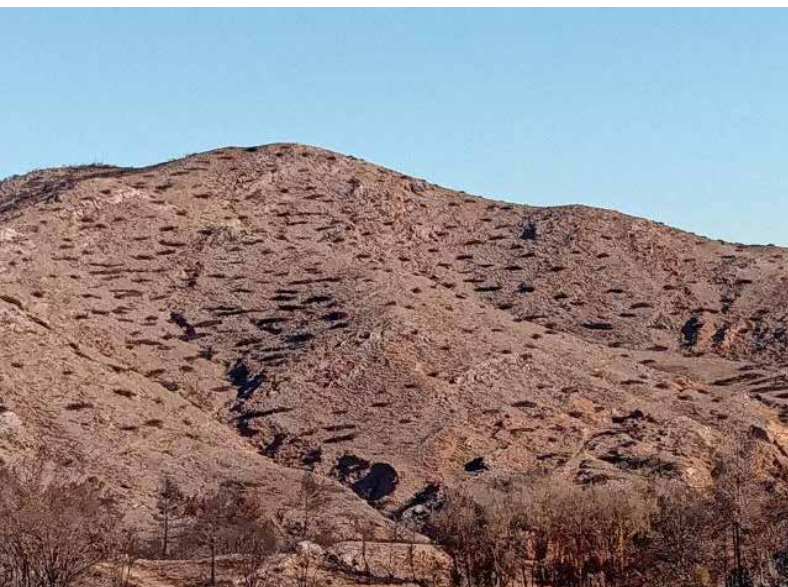
Fotografia 6. Obertura de camins de la Xarxa Viària bàsica a Sant Martí de Tous.

Els treballs que es van realitzar són:

- Feixines a les zones amb més del 35% de pendent (Fotografies 7 i 8).
- Embarrades a les zones de recs i torrents (Fotografies 9 i 10).



Fotografia 7. Zona cremada abans dels treballs de construcció de feixines.



Fotografia 8. Zona cremada després de la construcció de feixines.



Fotografia 9. Abans dels treballs.



Fotografia 10. Després dels treball.

Les actuacions en zones de més del 35% de pendent es van construir feixines en 20 ha de la finca Riudeboix (Bellprat) amb un cost de 1.500 €/ha (IVA no inclòs).

En les zones al costat dels camps (amb menys del 35% de pendent) es va aprofitar la fusta per part del propietari de la finca, deixant la brancada sobre el terreny. Puntualment es va treure l'arbre sencer.

En torrents i recs es van construir embarrades de 2-4 m d'amplada, amb un cost aproximat de 120 €/ml (IVA no inclòs).

Resultats provisionals

El projecte de restauració encara està en execució i encara no es poden treure resultats definitius. Tot i així, 20 mesos després de l'incendi, es poden fer les següents observacions:

- Degut a la falta de pluges no hi ha hagut episodis erosius importants fins a l'actualitat. Malgrat tot, s'ha detectat que a les zones de concentració de flux de l'escorrentia superficial (torrents, recs i zones còncaves) la presència de troncs i brancada en contacte amb el sòl ha retingut terra i ha disminuït la velocitat d'escorrentia.
- La regeneració natural de pi blanc és variable (*Fotografia 11*). A les zones més magres i amb menys profunditat de sòl es troben uns 300 plançons/ha, mentre que a les zones més planes i parts baixes de vessant s'han observat densitats de fins a 40.000 plançons/ha i 20 cm d'alçada. A les parts altes de la Serra de Miralles els cabirols han despuntat gran quantitat de plançons.
- Abans de l'incendi els vessants amb presència de quercines presentaven rebrotades importants que, amb l'episodi de sequera actual, s'han quedat totalment seques.
- Un alt percentatge de pins que es van considerar vius, ja que presentaven més d'1/3 de la copa verda però que van quedar isolats, s'han assecat i han acabat morint en un període de 4 a 6 mesos.
- Després de 15 mesos de l'incendi la pinassa ja no era apte per un destí de serra. En canvi el pi blanc, en zones que s'havien cremat a mitjana o baixa intensitat, 18 mesos després encara es pot aprofitar per serra.
- Després de 16 mesos de l'incendi, els arbres cremats que es van deixar en peu, es van començar a trencar o arrencar de soca. Les zones més exposades als vents dominants (ponentades) i amb una densitat de més de 1.500 peus/ha, on feia dècades que no s'hi realitzaven aclarides, els pins s'han trencat en massa.
- Els rendiments dels aprofitaments fustaners han estat molt variables. Les zones on s'ha extret l'arbre sencer han sortit entre 30 - 55 t/ha, mentre que les zones que s'ha realitzat aprofitament amb tronc entre 15 - 43 t/ha amb un 25% per destí de serra i un 75% de trituració de mitjana.



Fotografia 11. Regeneració natural de pi blanc en zona gestionada.

Estudis i projectes

Paral·lelament als treballs de restauració, s'estan realitzant diferents estudis per tal d'avaluar l'eficiència dels treballs de correcció de l'erosió, l'evolució del regenerat natural així com plantacions per diversificar la regeneració:

- Avaluació de l'eficiència dels treballs per prevenir l'erosió: la Diputació de Barcelona desenvolupa un estudi amb UAS (Unmanned Aerial System, drons), del qual s'extreuen models digitals d'elevacions i ortofotomapes d'alta resolució en base a fotogrametria. S'han establert 10 parcel·les fixes sobre el terreny de 2 ha (80 m x 250 m) on es repeteixen vols anualment (amb una precisió de 1,5 cm) per comparar les possibles pèrdues de sòl i l'efecte sobre l'erosió dels diferents mètodes d'actuació realitzats. Dues parcel·les estan en zones control on no s'ha realitzat cap actuació.
- Evolució del regenerat (Tesi Doctoral Mara Paneghel): estudi de l'evolució de la regeneració natural post-incendi, la influència dels treballs forestals sobre el regenerat i els efectes de la sequera. S'han establert 40 parcel·les (10 m x 10 m), on algunes s'han deixat els arbres en peu (parcel·les control) i d'altres s'han realitzat en les zones segons els diferents mètodes d'actuació. S'identifica la densitat de regenerat i es fan inventaris florístics per avaluar el desenvolupament de la vegetació. Per altra banda, s'han marcat plàntules concretes de pi blanc germinades durant la primera tardor després de l'incendi i altres que van germinar durant la següent primavera amb l'objectiu d'observar si hi ha diferències en la creixement i supervivència d'aquestes plàntules després de l'estiu (temporada d'escassetat). En aquest estudi hi col·labora la Universitat de Lleida i el Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).
- LIFE Adapt Aleppo: projecte format per la Universitat de Lleida, la Universitat Politècnica de València, la Universitat de Castilla-La Mancha, Agresta i la Regió de Murcia. El principal objectiu és el desenvolupament de noves eines per l'adaptació dels boscos ibèrics de pi blanc al canvi climàtic, així com la seva aplicació demostrativa. A la zona de l'incendi es realitzarà una plantació de pi blanc de diferents regions de procedència (adaptades a les condicions futures de canvi climàtic, previstes per diferents models).

- PROMACC Serres de Miralles-Ancosa: en el marc del projecte LIFE CLIMARK, coordinat pel Centre de la Propietat Forestal (CPF) i promogut per l'Associació de Propietaris Forestals Serres de Miralles-Orpinell es preveuen actuacions de reforestació per augmentar la diversitat i la resiliència, com les plantacions d'espècies rebrotadores i coníferes adaptades a la zona. També hi participen entitats com Bosquerols, SCCL, The Arbre Team, SL i Forestal Catalana.

Agraïments

Volem agrair als Ajuntaments de Bellprat, Santa Maria de Miralles i Sant Martí de Tous per col·laborar a la cerca dels propietaris forestals afectats i per organitzar conjuntament les reunions de coordinació. A l'Associació de Propietaris Forestals Serres de Miralles-Orpinell per desenvolupar el projecte de restauració. A totes les entitats que han participat i promogut els estudis i projectes per a la recuperació de la zona afectada per l'incendi. Als propietaris forestals i a la gent del territori per la implicació amb la restauració de la zona.

Referències

- Bombers GRAF. 2022. Fire Information Sheet STA. Coloma de Queralt, RET, 24/07/2021, 1.789 N.S.G. (210413749). 21pp.
- Bacardit, P. 2021. Projecte de restauració de la zona cremada en l'incendi forestal del 24 de juliol del 2021 a la Serra de Queralt i la Serra de Miralles. 36pp.
- Bacardit, P. 2020. Projecte de restauració de la zona cremada en l'incendi forestal del 24 de juliol del 2019 a la muntanya de Miramar. 26pp.
- Martin, A. 2019. Com actuar correctament en aquelles zones afectades per un incendi forestal? Silvicultura, 80, 45-46.
- Mauri, E., i Pons, P. 2019. Manual de bones pràctiques per a la gestió forestal postincendi: Com mitigar o evitar els impactes negatius de la tala de recuperació en els boscos mediterranis. 2a edició. Projecte Anifog, CGL2014-54094-R, Universitat de Girona. 169 pp.



JORNADA

2

La processadora forestal, l'eina imprescindible per a la gestió forestal

Iolanda Domenjó Espada. Enginyera Tècnica Explotacions Forestals. Tècnica en PRL
i Llicenciada en Ciències Ambientals. Responsable PRL, Grup Boix, SL

Gerard Alcoverro Poch. Enginyer Forestal. Tèctic del grup
d'aprofitaments, mecanització i biomassa forestal (CTFC)

Toni Cunill Montaña. Gerent de Forestal Cunill, SL

Domenjó, I., Alcoverro, G., Cunill, T. 2023. La processadora forestal, l'eina imprescindible per a la gestió forestal.
A: Tusell, JM., Cases, G., Busquets, E. (eds). 40 Jornades Tècniques Silvícules Emili Garolera. Pp: 22-31.

Resum

L'escenari actual de canvi climàtic, demana una resposta del sector forestal. No només en la gestió dels boscos per adaptar-los als canvis globals (alteracions que afecten la sanitat forestal, la captació de l'aigua, la biodiversitat...) sinó també donant resposta als objectius compresos dins del Pacte Verd Europeu, oferint al mercat, productes molt més respectuosos amb el medi ambient. En la bioeconomia circular, la fusta i el suro esdevenen de la matèria primera per excel·lència.

Fer front a aquests reptes en un sector forestal amb baix nivell de professionalització, manca de mà d'obra i poc tecnificat, té poques probabilitats de tenir èxit. És per aquest motiu que la mecanització és un factor imprescindible per a la gestió forestal activa. El principal repte que volem exposar és com incrementar el nivell de mecanització adaptant-lo a la gestió dels nostres boscos per tal d'aprofitar-ne tots els avantatges (augment dels rendiments, la seguretat, la professionalització del sector, el valor del producte, la reducció de danys a la vegetació romanent, etc.) alhora que busquem com mitigar els impactes que aquesta màquina pot generar.

Introducció

Actualment, el 64,2% de la superfície a Catalunya és forestal i el 41,5% és arbrat. El 40% dels nostres boscos disposen d'una figura de planificació forestal i prop de 300.000 hectàrees estan certificades amb segell de sostenibilitat PEFC. No obstant aquestes dades, avui dia només gestionem aproximadament el 30% del creixement anual, mentre que la taxa mitjana de gestió a Europa se situa al voltant del 60%. Segons les dades de l'Inventari Forestal Nacional, els nostres boscos presenten un increment de 2.224.978 m³ anuals i, per altra banda, anualment s'està extraient al voltant de 800.000 m³ segons dades de la Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi (DGEFGM). Aquest fet suposa un increment anual considerable del volum de fusta en peu. La capitalització dels boscos, juntament amb els efectes del canvi climàtic i l'abandonament dels terrenys agraris, incrementen el risc d'incendi alhora que produeix un impacte negatiu en la producció de fusta i en els serveis ecosistèmics.

En contrapartida a aquests efectes de l'escalament global, s'ha identificat la gestió forestal sostenible com un mitjà per reduir aquests riscos i potenciar els serveis ecosistèmics (Labelle & Lemmer, 2019), fet que beneficiaria a tota la societat.

S'ha de buscar la via per poder sufragar els costos de la gestió dels boscos i, per aquest motiu, l'aprofitament dels productes ha d'esdevenir imprescindible si es vol augmentar la gestió forestal. L'eina principal per finançar la gestió forestal és l'aprofitament dels recursos forestals amb valor econòmic. Actualment, l'aprofitament comercial dels productes forestals representen l'1,6% del PIB català. El sector compta amb gairebé 1.700 treballadors afiliats a la Seguretat Social, representant l'1,7% dels ocupats a Catalunya, dades molt pobres en comparació la superfície forestal nomenada.

El consum de tronc de la indústria de la primera transformació

Les empreses de la primera transformació de la fusta produeixen productes semielaborats (fusta serrada, pals i puntals). La majoria de les

serradores serren fusta de conífera, principalment per a palet i embalatge.

Catalunya és deficitària en producció de tronc i fusta serrada, no per manca de recurs sinó per la dificultat d'accés a aquest, tant per esculls burocràtics com la manca de professionalització de les empreses forestals i la manca d'infraestructures (camins) forestals.

En conjunt, consumeixen 590.000 tones anuals, tot i que la capacitat de producció d'aquestes empreses és molt més elevada.

Anualment, la indústria de la fusta compra fora de Catalunya el 29% del tronc que necessita i, segons dades de Duanes, l'any 2019 Catalunya va importar 40.000 tones de fusta serrada no raspallada per embalatge, principalment de França i dels països de l'Est.

Aquestes importacions suposen una pèrdua de 14,5 M d'euros en la cadena de subministrament del tronc i 4,8 M d'euros en la indústria. Per tant, anualment deixem d'invertir en la cadena forestal local més de 26 M d'euros, que no repercutiran sobre la gestió forestal i llocs de treball en l'àmbit rural.

Segons Arescat es calcula que, si aquestes importacions se substituïssin per tronc local, suposarien un increment de la superfície gestionada anual d'entre 13.000 i 14.000 hectàrees, així com la creació de 460 llocs de treball entre l'aprovisionament forestal (375 llocs de treball) i les empreses de la primera transformació i els serveis vinculats a aquestes (85 llocs de treball).

Prediccions en la demanda de fusta

En l'actualitat, les ambiciosos polítiques Europees com el Pacte Verd Europeu que proposa deixar de produir emissions netes dels gasos d'efecte hivernacle el 2050, posa de nou a primera línia els productes forestals com són la fusta i el suro.

Amb aquest objectiu, les principals estratègies fomentades des de l'Administració han estat dirigides cap a l'augment de la demanda de biocombustibles i productes forestals per substituir materials com plàstics, alumini, formigó, etc. vinculats a la descarbonització. Aquestes

estratègies, però, no han contemplat un dels principals problemes com són: l'accés als recursos forestals (conjuntament amb la complexitat administrativa), la falta d'operaris forestals i la poca mecanització especialitzada de les empreses forestals. De fet, l'Agenda Forestal 2020-2025, en la seva diagnosi DAFO destaca com a principal debilitat del sector la baixa professionalització i marginalitat dels treballs agro-silvo-pastorals.

L'Institut Català de l'Energia indica que només en el mercat de la biomassa, l'increment del consum dels productes forestals ha anat augmentant any rere any: l'estella és el biocombustible que va augmentant més notablement el seu consum, un 89% des del 2013. El consum de pèl·lets en els últims anys es manté força estable, amb un creixement total del 54%.

En l'actualitat, i tenint en compte les noves implantacions d'instal·lacions d'energies renovables tèrmiques basades en biomassa que estan projectades, es preveu que la demanda pugui augmentar fins a un 40%.

Les dificultats de l'aprofitament dels recursos fusters

L'execució de les activitats forestals presenten gran dispersió i diversitat d'actuacions. Això dificulta la programació i execució dels propis treballs i de les actuacions preventives. Per altra banda, les condicions en les que es realitzen aquests treballs, la maquinària utilitzada, la meteorologia, l'orografia del terreny i la mancança generalitzada de professionalització del personal laboral, fan que aquest tipus de treball siguin perillosos, amb múltiples riscos que poden acabar en accidents de treball.

Les empreses forestals són petites, amb dependència de la gestió pública i de licitacions que sovint tenen poca continuïtat. També presenten una elevada dependència de la mà d'obra cada cop més escassa i menys qualificada.

Pel que fa a la legislació preventiva, no existeix una normativa específica de Prevenció de Riscos Laborals (PRL) per al sector forestal. En alguns casos es pren de base el RD 1627/97, de 24 d'octubre, pel que s'estableixen

les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció, encara que en general a les activitats forestals no els afecta, ja que en la majoria dels treballs forestals no porten associades obres d'infraestructures.

Aquesta mancança de legislació, específica en matèria de PRL forestal, fa que l'empresa forestal moltes vegades tingui una sensació de desconeixement o falta d'informació respecte a la seguretat al no saber què és el que l'Administració exigeix en cada cas.

Importància de la mecanització

Com s'ha comentat prèviament, els boscos catalans estan acumulant biomassa any rere any per una falta de gestió generalitzada. A més d'aquest fet, s'uneix l'augment de temperatures i dèficit hídric a causa del canvi climàtic, un sector de l'aprofitament fuster poc tecnificat i professionalitzat amb molts riscos laborals associats i, finalment, una previsió de demanda de fusta a l'alça. El sector està d'acord en que la gestió forestal sostenible és el camí a seguir, però encara es troben molts aspectes a millorar per potenciar-la. Un d'aquests és la professionalització i tecnificació de les empreses dedicades a l'aprofitament fuster i la mecanització és una part fonamental per aconseguir-ho.

Les operacions realitzades en l'aprofitament fuster varien gradualment al llarg del planeta. Adaptant-se a la complexitat tant tècnica com econòmica, social i ambiental de cada regió. Com a exemples d'aquesta alta variabilitat de condicions es pot esmentar: les condicions geogràfiques, règims de gestió, característiques de l'arbrat, clima, estructura de la propietat, demanda de la indústria, capacitat i disponibilitat per realitzar els treballs i demandes de la societat (Lindroos et al., 2017).

Com a resposta de l'ampli ventall de factors a tenir en compte a l'hora de gestionar la forest, existeixen diversos sistemes d'aprofitament per dur-la a terme. Aquests es poden diferenciar en diferents graus de mecanització:

- poc mecanitzades: serra mecànica i tractor amb cabrestant,
- mitja mecanització: serra mecànica amb processadora o sense (abatiment i transportador

- o arrossegador (autocarregador i skidder a partir d'ara) pel desembosc),
- mecanització total: processadora i autocarregador (Labelle & Lemmer, 2019).

Dins de cadascun d'aquests nivells també es troba una gran oferta de sistemes i maquinària que es poden adaptar a cadascuna de les necessitats.

Estat de la mecanització forestal especialitzada a Catalunya

És necessari saber del punt que es parteix per poder analitzar i concretar els aspectes de millora. Els resultats d'un estudi realitzat a partir de l'anàlisi de les subvencions (2007-2016) atorgades per la Generalitat i enquestes a les empreses d'aprofitaments forestals (2016-2017), conclouen que existeix una gran desigualtat entre el nombre de màquines forestals específiques i les adaptades pel treball forestal, bàsicament tractors agrícoles. Fet que ratifica el poc ús de sistemes mecanitzats a les forests catalanes en contrapartida a l'ús de sistemes més manuals, com l'abatiment amb serra mecànica i l'extracció amb tractor agrícola amb cabrestant.

Pel que fa a la maquinària forestal específica, comparant el parc de maquinària resultant dels expedients amb les enquestes, s'observa que la gran majoria d'aquestes han estat adquirides com maquinària de segona mà. Això ens porta a pensar que la gran majoria de maquinària forestal específica té cert desgast i això pot portar, en forma d'avaries, a incrementar els temps no productius i disminuir els beneficis de les empreses, tant per una baixada de la facturació com per un augment dels costos.

Avantatges en la utilització de la mecanització forestal especialitzada

En aquest apartat es plantejaran els avantatges d'incrementar el nivell de mecanització envers sistemes més manuals, aquests són els següents:

- **Seguretat i salut:** el fet de realitzar els treballs mecànicament porta a un augment de la seguretat i l'ergonomia dels treballs forestals en comparació amb treballs més manuals i amb maquinària forestal no especialitzada (Albizu-Urionabarrenetxea et al., 2013);. Aquest augment de la seguretat es deu a treballar amb maquinària que té certes característiques que la fan més apta pel treball forestal: sistemes regulats de protecció (ROPS, FOPS i OPS), centre de gravetat més baix, compensació de pesos més adient, articulació per augmentar la maniobrabilitat i altres sistemes per guanyar estabilitat (cabines autoanivelladores, bloquejos, sistema boogie, etc.) i fer possible que la maquinària pugui superar certs obstacles que es troben en el bosc (soques, afloraments rocosos, canvis bruscos de pendent, pendent lateral...), incrementat així la seguretat laboral del personal.
- **Professionalització del sector:** actualment el sector forestal català té una falta de treballadors qualificats important. Mecanitzar el sector portaria a professionalitzar i fer més atractiu unes labors que sempre han estat dures i potencialment perilloses (Błuszkowska & Nurek, 2014). I aquesta mecanització hi va lligada la formació dels maquinistes. Certs estudis (Lopes et al., 2008; Ranta, 2009) argumenten els beneficis de la utilització de simuladors en aquesta formació, que van des de la part qualitativa de l'execució de les feines fins a l'econòmica en l'augment de productivitat i reducció de costos per les empreses que els contractin.
- **Valorització del producte:** trossejar i classificar el tronc a la finca comporta una valorització del producte a indústria. Aquestes labors si es fan manualment normalment tenen un cost més elevat que el propi increment del valor del producte. El fet de mecanitzar-ho porta a realitzar aquestes labors de forma eficaç i eficient i, per tant, tenen un impacte real i positiu econòmicament en el producte. Aquest efecte encara s'incrementa més en arbres de diàmetre menor, el qual és de gran rellevància a Catalunya tenint en compte l'estructura dels boscos. A més, el fet de tenir al carregador trosses a mida fa rendibilitzar el transport, ja que facilita i millora la col·locació d'aquestes a la caixa del camió en comparació amb tronc sencer de l'arbre. Per acabar, l'ús correcte del software de la processadora aconsegueix una valorització

- superior del producte resultant (Dems et al., 2015).
- **Increment de la productivitat:** realitzar aprofitaments fusters mecanitzats aporta un augment de la productivitat i un flux constant de fusta (Krč et al., 2015; Labelle & Lemmer, 2019) que afavoreix tant l'increment de la superfície gestionada com l'abastiment de matèria primera per satisfer la demanda. Un dels factors que afecta aquest increment de productivitat és l'augment del temps productiu del treballador, ja que no es veu tan afectat per les condicions externes (llum, clima, orografia, etc.) i físiques.
 - **Reducció de contaminants atmosfèrics:** els treballs mecanitzats, generalment, són més rendibles (temps-productivitat) en comparació amb els sistemes més manuals, això comporta a una reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle i partícules per m³ de fusta aprofitada (Labelle & Lemmer, 2019).
 - **Reducció o eliminació dels danys a la vegetació romanent:** sempre i quan les feines es realitzin de forma correcta, tornant a la importància de la formació, el fet de mecanitzar comporta a una reducció dels danys en la vegetació romanent (Spinelli et al., 2014) i una millora en la qualitat tant en la tallada com amb el processat del peu, degut al millor maneig de l'arbre per part de la maquinària.
 - **Impacte en el sòl:** Les operacions d'aprofitament poden tenir un significant impacte en les propietats físiques del sòl, reduint la seva porositat i funcions orgàniques. Les variacions del sòl, en particular la densitat i la porositat total, causades per perturbacions externes com la compactació, poden produir canvis als cicles bioquímics. Aquests canvis tenen conseqüències directes a l'ecosistema del sòl (Cambi et al., 2017).
 - **Impacte en la gestió forestal:** Els treballs mecanitzats, a diferència dels manuals, tenen més limitacions a l'hora de realitzar una gestió més acurada. Per exemple, per els arbres bifurcats, torçats i de grans dimensions pot tenir dificultats o inclús impossibilitats de processar. També, el fet d'haver de realitzar carrils per la circulació de la maquinària, fa que ja s'extregui un gran percentatge del volum planificat per l'objectiu silvícola. Si no es comptabilitza correctament el volum extret per l'obertura de carrils pot comportar a una sobreexplotació de la finca.
- S'ha de tenir en compte que els impactes nomenats anteriorment es poden generalitzar a tots els sistemes d'aprofitament, inclús als més manuals. Si bé és cert, a mesura que s'augmenta el nivell de mecanització aquests en magnifiquen més, per tant, també s'ha d'incrementar d'igual forma la cura en minimitzar-los.

Inconvenients de la mecanització forestal

Un dels principals reptes que hem d'assumir és la mitigació dels possibles impactes negatius que es puguin generar a l'hora de realitzar l'aprofitament fuster.

- **Impacte visual:** dur a terme la gestió forestal amb processadora i autocarregador, sempre i quan el terreny no sigui suficientment pla ($\geq 5\%$), implica la realització d'un conjunt de carrils dirigits en línia de màxima pendent, d'amplada suficient (4 m aprox.) perquè passi la maquinària. Aquests carrils poden crear un cert impacte visual temporal, en funció del tipus de sòl, i sobretot en terrenys de pendent pronunciada.

Propostes per millorar i incrementar l'ús de la maquinària

A més dels principals impactes, un dels principals inconvenients que es troba a Catalunya a l'hora de la implantació dels treballs forestals amb mecanització especialitzada és el desconeixement general a nivell tècnic que es té d'aquest tipus de metodologia de treball. Aquest desconeixement es reflecteix en el disseny de la planificació dels treballs, on sovint no es té en compte la possible execució dels treballs mitjançant processadora i autocarregador.

El món acadèmic forestal ha viscut pràcticament d'esquena als aprofitaments mecanitzats, deixant sovint la seva gestió en mans d'un teixit empresarial menys tecnificat del que seria desitjable (Tolosana, E., 2021).

Aquest desconeixement ha comportat que, a Catalunya, els treballs en processadora s'hagin reduït a finques afectades per incendis, transformació a pastures o bé rompudes. En altres països, en canvi, la mecanització dels aprofitaments s'ha generalitzat i s'utilitza en aclarides i tallades finals.

És per aquest motiu que des del sector empresarial s'ha promogut en els últims anys l'ús de les processadores i s'han començat a utilitzar en tallades que no fossin arreu. L'objectiu és demostrar la compatibilitat d'aquestes màquines amb tallades selectives, aclarides successives uniformes o de millora i, fins i tot, en aclarides de plançonada.

S'ha d'experimentar de primera mà per aprendre i veure com adaptar la maquinària a les condicions tècniques, econòmiques, ambientals i socials de Catalunya. Aquestes adaptacions poden ser des del replantejament del sistema d'aprofitament utilitzat fins a les característiques més tècniques de la maquinària (processadora de cadenes o roda, tipus de capçal, necessitats de mida i potència). La voluntat és conèixer els principals reptes que hem d'afrontar per introduir un grau de mecanització superior. Per aquest motiu, amb el recolzament de l'administració forestal competent, s'hauria d'afrontar els següents aspectes de millora:

- Més del 35% de la superfície forestal arbrada corresponen a espècies com el pi blanc o l'alzina, essent aquestes propenses a tenir curvatures en el tronc, un gruix de branca gros o bé, una quantitat elevada d'aquestes. Per aquests motius seria altament beneficiós per l'ús de la processadora, en aquesta superfície, disposar de capçals processadors capaços de treballar amb aquestes característiques d'arbrat.
- Existeix una elevada superfície d'arbrat de petites dimensions, provinent del regenerat dels incendis dels anys 80-90, la majoria de les quals estan pendents d'una actuació urgent. L'ús de capçals multitalladors amb baixa demanda hidràulica serien una bona solució per gestionar aquestes masses.
- Potenciar les tècniques i maquinària adaptada al treball amb pendents pronunciats com pot ser l'ús del cable sincronitzat. El cable permet treballar de forma segura en aquestes condicions i redueix, a més, les alteracions edàfiques, ja que aquesta tècnica

disminueix la tracció transmesa al sòl per les rodes o cadenes de la maquinària (Tolosana, E., 2021).

- Per minimitzar danys en masses amb subvol o bé amb regenerat, s'hauria d'adaptar la mecanització i el sistema d'aprofitament a les característiques de la gestió i de la massa a tractar. Encara que el fet diferencial seria la formació prèvia de l'operari.
- Millorar el maneig massiu de dades que ens ofereix aquest tipus de tecnologia per incrementar el control de l'execució dels treballs aplicant TICs, GPS, sensors i desenvolupament de software específic. S'haurien de proposar estudis d'implementació, maneig i tractament d'aquestes dades.
- Divulgar, tant als professionals forestals com a la societat urbana, la necessitat i els avantatges de la mecanització, cosa que avui en dia ningú discuteix en el sector de l'agricultura (Tolosana, E., 2021). Proposar jornades, com les Jornades Tècnics Silvícoles Emili Garolera, per donar a conèixer les necessitats de mecanitzar, els seus avantatges i adaptacions necessàries per poder-ho fer realitat.
- Per poder dur a terme un bon ús de la mecanització és imprescindible una bona formació de la gestió per a tots els nivells involucrats, des del tècnic que planifica i dirigeix l'aprofitament fins a l'empresa rematant.

L'experiència al Soler d'en Hug

La finca del Soler d'en Hug, amb una superfície de 144,84 ha, es troba a cavall de les comarques del Lluçanès i el Berguedà en els municipis de Prats de Lluçanès i Santa Maria de Merlès i està ordenada amb el PTGMF núm. 1.560. La finca presenta formacions de boscos mixtos de pinassa i pi roig, i boscos mixtos de roure martinenc i alzines. L'objectiu preferent és productiu.

La unitat on s'està actuant és una massa de pinassa amb pi roig que es va tallar el 2002, amb un fort component de millora, i deixant una distribució irregular. La regeneració de pi és escassa, però en canvi, la presència de roure i alzina és notable.

En moltes zones, la formació arbustiva (arç blanc, garric, esbarzer, romaní, argelaga, aladern fals, heura i rogeta) es presenta molt espessa i amb continuïtat vertical generant una estructura més vulnerable al foc de capçades. La presència d'arç blanc és molt destacada i en molts punts complica l'accés a l'interior de la massa forestal (*Fotografia 1*).



Fotografia 1. Estat de la massa arbustiva a la finca Soler d'en Hug.

El pendent és molt suau i el relleu no és gens abrupte. De forma secundària, el bosc és pasturat per un ramat d'ovelles.

El model de gestió silvícola proposa el manteniment de la massa mixta. L'actuació actual programa una tallada selectiva, degut a l'estat de debilitat que presenta la massa a conseqüència de l'estrès hídric i la processionària, amb l'objectiu d'alliberar competència i millorar l'estat de salut dels arbres restants.

La finca presenta molt bona accessibilitat, per tant, es considera viable l'extracció de biomassa i triturat in situ, ja que no hi ha cap impediment en els accessos que ho dificultin.

Per reduir els riscos laborals i augmentar l'eficiència dels treballs es va optar per l'ús d'un sistema totalment mecanitzat format per processadora (6x6 John Deere 1170E) i autocarregador (John Deere 1110E). En aquest cas, destaquem els principals motius:

- L'orografia permet que es pugui mecanitzar pràcticament la totalitat de l'actuació.
- La finca presenta molt bona accessibilitat. Per tant, es contempla com a viable l'extracció de biomassa i triturat in situ.
- L'actuació permet l'aprofitament de diversos productes fusters (biomassa, puntals, fusta de serra) que la maquinària forestal pot classificar sense sobreesforços.
- L'elevada densitat de l'estat arbustiu, especialment d'arços, compliquen l'accés a l'interior de la massa, essent els treballs manuals desaconsellables des del punt de vista de la prevenció de riscos laborals.
- L'elevada presència de processionària augmenta el risc biològic d'erupcions cutànies derivat de l'exposició als agents urticants d'aquesta.
- La presència de regenerat de roure i alzina, a més de quedar alliberada de competència al reduir l'estrat arbustiu i arbori, queda intacte al fer els treballs mitjançant processadora. El capçal processador controla la caiguda dels pins evitant que aquests perjudiquin el regenerat (*Fotografia 2*).



Fotografia 2. Regenerat de la massa post actuació.

Conclusions

La mancaça de matèria primera és una reclamació històrica de la indústria de la primera transformació en aquest país. Aquesta reclamació encara pren més força davant l'augment de demanda que es preveu pels pròxims anys, fruit de les polítiques de descarbonització europees. A aquesta problemàtica se li suma la necessitat de gestió dels nostres boscos per fer front al nou escenari de canvi climàtic i a la demanda social. Per tant, s'ha de ser conscient de la realitat que ens envolta i adonar-se que només es pot afrontar aquest nou escenari augmentant el nivell tecnològic de la maquinària i eines utilitzades per dur a terme la gestió forestal de forma segura, eficient i sostenible.

Incrementar la mecanització als boscos suposa un ampli ventall de reptes a abordar que no tenen una única solució. Aquests reptes van des de millorar els sistemes amb un nivell de mecanització més baix, com l'adaptació homologada de maquinària agrícola o d'obra pública, fins a l'ús de maquinària forestal específica, com és el cas de la tallada selectiva amb processadora que es presenta. Tot això ha d'anar acompanyat d'una imprescindible formació de tota la cadena de producció: des del tècnic que planifica i dirigeix l'aprofitament fins a l'empresa rematant.

Hi ha molt de camí a recórrer i, aquest, necessita la complicitat i bona entesa de totes les baules del sector forestal.

Referències

- Tolosana, E., 2020. La mecanización, olvidada por la ciencia forestal española. Colegio Oficial de Ingenieros de Montes.
- Albizu-Urionabarrenetxea, P. M., Tolosana-Esteban, E., & Roman-Jordan, E. (2013). Safety and health in forest harvesting operations. Diagnosis and preventive actions. A review. *Forest Systems*, 22(3), 392–400. <https://doi.org/10.5424/fs/2013223-02714>
- Błuszkowska, U., & Nurek, T. (2014). Effect of mechanization level on manpower needs in forestry. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, 56(4), 194–201. <https://doi.org/10.2478/ffp-2014-0022>
- Cambi, M., Paffetti, D., Vettori, C., Picchio, R., Venanzi, R., & Marchi, E. (2017). Assessment of the impact of forest harvesting operations on the physical parameters and microbiological components on a Mediterranean sandy soil in an Italian stone pine stand. *European Journal of Forest Research*, 136(2), 205–215. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-1020-5>
- Dems, A., Rousseau, L. M., & Frayret, J. M. (2015). Effects of different cut-to-length harvesting structures on the economic value of a wood procurement planning problem. *Annals of Operations Research*, 232(1), 65–86. <https://doi.org/10.1007/s10479-013-1336-1>
- Krč, J., Vranešič, U., & Košir, B. (2015). Comparison of mechanized and motor-manual cutting operation in mixed stands of southern Slovenia. *Sumarski List*, 139(7–8), 351–360.
- Labelle, E. R., & Lemmer, K. J. (2019). Selected environmental impacts of forest harvesting operations with varying degree of mechanization. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40(2), 239–257. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2019.537>
- Lindroos, O., La Hera, P., & Häggström, C. (2017). Drivers of advances in mechanized timber harvesting - a selective review of technological innovation. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 38(2), 243–258.
- Lopes, E. D. S., Cruziniani, E., De Araujo, A. J., & Da Silva, P. C. (2008). Evaluation of harvester operator training using virtual reality simulators. *Revista Arvore*, 32(2), 291–298. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622008000200012>
- Ranta, P. (2009). *Added values of forestry machine simulator based training*. Proceedings of the International Conference on Multimedia and ICT Education., 0, 1–6. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.113.6885&rep=rep1&type=pdf>
- Spinelli, R., Lombardini, C., & Magagnotti, N. (2014). The effect of mechanization level and harvesting system on the thinning cost of Mediterranean softwood plantations. In *Silva Fennica* (Vol. 48, Issue 1). <https://doi.org/10.14214/sf.1003>



JORNADA

3

Restauració ecològica del paisatge post-incendi a la Fatarella: regeneració i gestió forestal de les pinedes de pi blanc i valorització dels productes en una biorefineria

Teresa Cervera Zaragoza. Doctora Enginyera de Forests. Centre de la Propietat Forestal.

Noemí Palero Moreno. Enginyera de Forests. Centre de la Propietat Forestal.

Lluís Coll Mir. Doctor Ecologia forestal. Professor i investigador de la Universitat de Lleida.

Rut Domènech Jardí. Doctora Biologia. Tècnica territorial. Consorci de Polítiques ambientals de les Terres de l'Ebre.

Eusebi Casanova Ventura. Enginyer Forestal. Serveis Territorials Terres de l'Ebre. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.

Neus Puy Marimon. Doctora Ciències Ambientals. Responsable dels programes de Bioeconomia i Governança. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

Cervera, T., Palero, N., Coll, L., Domènech, R., Casanova, E., Puy, N. 2023. Restauració ecològica del paisatge post-incendi a la Fatarella: regeneració i gestió forestal de les pinedes de pi blanc i valorització dels productes en una biorefineria. A: Tusell, JM., Cases, G., Busquets, E. (eds). 40 Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Pp: 32-43.

Resum

La restauració ecològica dels paisatges té com a objectiu recuperar les seves principals funcions i millorar el benestar humà de les zones degradades alhora que permet abordar els impactes del canvi climàtic. La restauració dels paisatges post-incendi passa per obtenir una bona regeneració, un nombre adequat d'arbres amb un bon desenvolupament, i per fomentar una gestió forestal multifuncional per millorar les funcions productives i ambientals dels boscos a llarg termini. Aquesta gestió, molt costosa en els primers estadis, es podria garantir amb la posada en valor dels productes fusters i dels serveis ecosistèmics generats. A la Fatarella, s'ha testat aquestes mesures tècniques i econòmiques en les pinedes de pi blanc, regenerades després del gran incendi forestal de 1994, destinant els productes a una biorefineria pilot a Solsona.

Els incendis forestals a la Serra de la Fatarella

La Serra de la Fatarella s'ha vist afectada per diversos incendis en els darrers 50 anys. Els tipus d'incendis han anat evolucionant, degut bàsicament al canvi socioeconòmic dràstic que ha patit la zona, amb un fort despoblament, abandonament de les activitats econòmiques lligades al territori (agricultura, pastura i aprofitament forestal) i aforestació de les zones antigament conreades, i també a una sequera, darrerament més pronunciada pels efectes del canvi climàtic.

Dels incendis ocorreguts a la zona els darrers 50 anys destaquen: l'incendi de Nonasp l'any 1994 (5.175 ha) i el de Riba-roja l'any 2005 (787 ha). També cal esmentar els incendis a Faió, just a l'altre costat de la frontera amb Aragó que marca el riu Matarranya, on hi han hagut incendis de 1.000 ha (juliol del 2009) i 2.300 ha (juny del 2022). Així mateix, el juny del 2022 es va produir un foc de 450 ha, el de Corbera, que va cremar amb marinada i el seu potencial de creixement era cap a la Serra de la Fatarella.

A nivell de règim d'incendi, els incendis de Nonasp 1994, Riba-roja 2005 i Faió 2009 estan dominats pel vent de mestral o ponent, el principal tipus d'incendi amb potencial destructiu a la zona. Tanmateix, els incendis topogràfics

empesos per marinada seguint la Vall de l'Ebre són també significatius, sobretot en els darrers anys, incendis que en l'actualitat tenen més potencial degut a l'abandonament agrícola extensiu de la zona. De fet, Poble Massaluca 2021, Faió 2022 i Corbera 2022 són incendis d'aquesta tipologia (*Fotografia 1*). No cal oblidar l'incendi de Torre l'Espanyol, tant proper a la zona que va cremar 5.046 ha el juny del 2019.

Dels incendis de la zona però, cal buscar-ne l'oportunitat que està sorgint com a conseqüència dels regenerats de grans incendis en context de canvi climàtic. Així, cal destacar l'incendi de la Poble de Massaluca del 2021, que va poder ser controlat enmig de l'ona de sud de l'agost gràcies al mosaic del regenerat del foc del 1994. En aquest regenerat, les zones ubicades en les solanes no han regenerat bé i només hi ha un bon regenerat a les obagues (*Fotografia 2*). Això crea un mosaic que delimita la propagació dels incendis i crea oportunitats per a l'extinció. Aquest mateix efecte es veu també als regenerats dels incendis del 2005.

La creixent aridització de la zona fa que les noves estructures que apareixen després dels incendis creïn una nova estratègia d'adaptació (obaga-solana) més adient al clima actual de la zona. Mitjançant una adequada gestió forestal es pot utilitzar aquesta estratègia d'adaptació d'aliada per mantenir estructures forestals madures i que fixin carboni a llarg termini.



Fotografia 1. Incendi Poble de Massaluca (2021) (esquerra). Incendi Corbera d'Ebre (2022) (dreta). Autor: Bombers de la Generalitat de Catalunya.



Fotografia 2. Diferenciació de la vegetació segons l'orientació (solana-obaga). Paratge Los Mollons, La Fatarella. Font ICGC.

La regeneració de les pinedes de pi blanc post incendi

En general, les pinedes de pi blanc regeneren bé de forma natural després d'un incendi i recuperen ràpidament la seva cobertura vegetal. La regeneració post incendi d'aquesta espècie depèn completament del banc de llavors. Al tractar-se d'una espècie seròtina, les altes temperatures esdevingudes durant l'incendi provoquen l'obertura de les pinyes que alliberen una quantitat rellevant de llavors al sòl. Aquesta obertura de les pinyes es produeix gradualment durant els 2 o 3 dies posteriors a l'incendi. Posteriorment les condicions ambientals que es donen en la zona cremada, desproveïda de vegetació i amb bons nivells d'insolació, afavoreixen la germinació massiva de les llavors (principalment amb les pluges de la tardor següent) i el posterior desenvolupament dels plançons. En aquest sentit és habitual trobar pocs anys després de l'incendi plançonades amb densitats molt elevades, de fins 50.000 peus per hectàrea.

No obstant, la regeneració de les pinedes de pi blanc després d'un incendi no és sempre exitosa i està condicionada per un conjunt de factors relacionats amb la pròpia pertorbació (intensitat, severitat), les característiques de la massa forestal abans de l'incendi (edat, estructura), la fisiografia del terreny (orientació, pendent), el tipus de sòl o les condicions climàtiques els mesos després de l'esdeveniment. Per exemple, zones afectades per incendis recurrents poden

presentar problemes de regeneració importants si les masses cremen en intervals inferiors als que requereixen els individus per arribar a la maduresa reproductiva (estimada en uns 15 anys, per assolir una quantitat suficient de llavor per assegurar una regeneració adequada).

Recentment, s'ha dut a terme un estudi en els boscos de pi blanc afectats per l'incendi de finals de juny de 2019 de Ribera d'Ebre per avaluar la quantitat i distribució de la regeneració natural de l'espècie i els factors condicionants



Fotografia 3. Regeneració natural de pi blanc en la zona afectada per l'incendi de Ribera d'Ebre de 2019.

(Fotografia 3). Els resultats de l'estudi han mostrat nivells de regeneració elevats, amb densitats mitjanes d'uns 3.500 plançons per hectàrea. No obstant, l'abundància del regenerat variava força dins del perímetre de l'incendi. Així, era significativament inferior als solells i a les zones de més pendent (Figura 1) i augmentava en les zones que presentaven, abans de l'incendi, nivells de cobertura arbòria elevats. En canvi, la severitat de l'incendi no va afectar l'abundància del regenerat però sí que va condicionar el nivell de recobriment del sòl per la vegetació, més elevat en les zones cremades amb menys severitat.

En les zones on la vegetació no s'estableixi espontàniament en quantitat suficient per assegurar la protecció del sòl o la provisió dels béns i serveis desitjats, poden plantejar-se actuacions de restauració ecològica. L'objectiu d'aquestes actuacions és promoure la recuperació de l'estructura i el funcionament dels ecosistemes afectats, ja sigui potenciant i reforçant dinàmiques de recuperació existents o implementant mesures per aturar i revertir processos de degradació. Poden considerar-se dues fases en l'activitat de restauració: una fase urgent i de curt termini (anomenada de rehabilitació) per limitar i aturar pèrdues irreversibles de sòl per erosió, i una segona fase que inclogui una perspectiva a mitjà i llarg termini amb l'establiment de comunitats vegetals adaptades al nou context climàtic i al règim d'incendis futur.

L'afectació de l'incendi de 1994 al municipi de la Fatarella

El municipi de La Fatarella (Terra Alta), amb un total de 5.430,36 hectàrees, presenta un total de 3.683,79 ha forestals (el 67,8% del territori) (MCSC3). La propietat forestal privada representa el 82% del total i està molt fragmentada, amb una mitjana de 3,9 ha (Fletas et al, 2012). El 2015, l'Associació de propietaris forestals de la Fatarella va promoure un Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal Conjunt (PTGMFC), a escala de paisatge, pel conjunt del municipi. El municipi inclou 1.190,11 hectàrees a l'EIN de Riba-Roja i 75,53 hectàrees a l'EIN Serra de Pàndols-Cavalls.

Durant els dies 15, 16 i 17 de setembre de 1994, l'incendi amb origen a l'abocador de Nonasp, va cremar unes 5.175 ha als termes municipals (TM) de Nonasp, La Fatarella, La Pobla de Masssaluca, Riba-roja d'Ebre i Vilalba dels Arcs. La meitat dels boscos de la Fatarella van resultar afectats. Actualment, després de vint anys del pas de l'incendi, el paisatge encara no s'ha recuperat, coexisteixen zones on el regenerat, principalment de pi blanc, presenta densitats molt baixes i altres que continuen molt denses, en funció de l'orientació i la qualitat d'estació (Figura 2 i Fotografia 4). Amb una pluviometria anual entre 350-400 mm, les zones adultes són en general de baixa qualitat d'estació i presenten densitats molt variades entre 500 i 2.500 peus/ha.

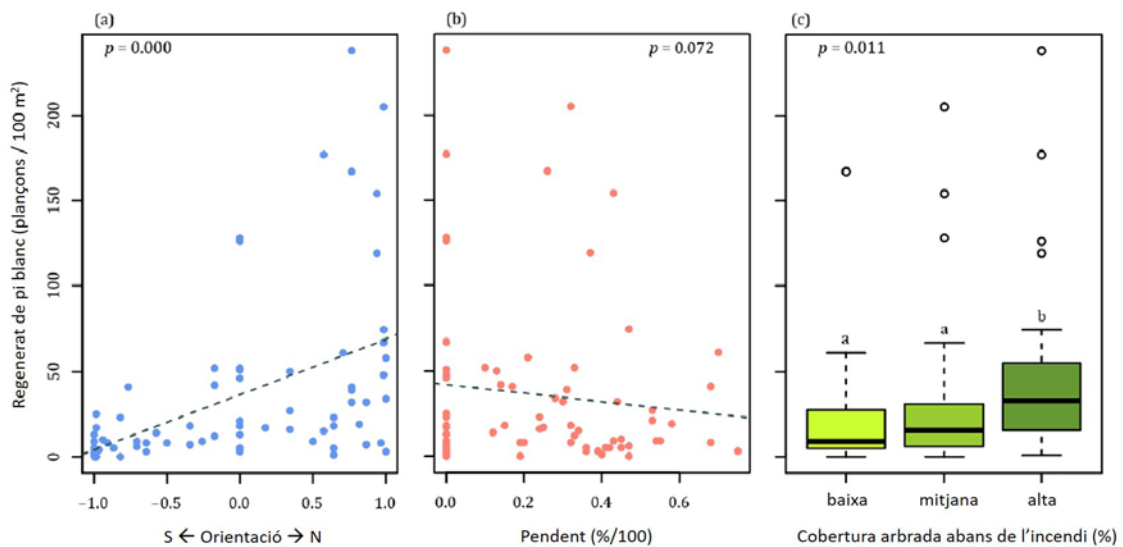


Figura 1. Abundància de regenerat de pi blanc (núm plançons/100 m²) dos anys després de l'incendi forestal de Ribera d'Ebre de 2019 en funció de: (a) l'orientació (els valors oscil·len entre -1 (solells) i 1 (obagues)), (b) la pendent (%/100) i (c) la cobertura arbrada abans de l'incendi (baixa: <30%, mitjana: 30-60%, alta: >60%). Dades del treball de fi de màster de Judith Solé Bertrán.

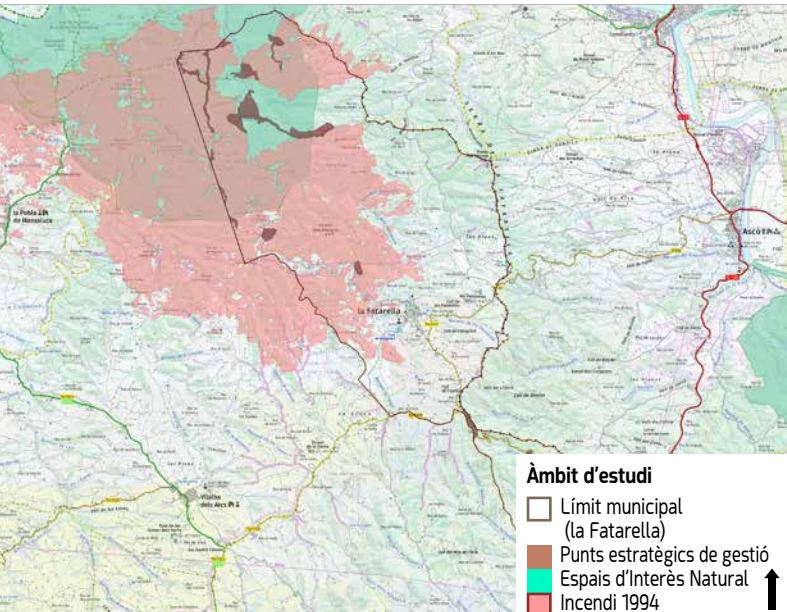


Figura 2. Límits de l'incendi de 1994.



Fotografia 4. Paisatge actual de l'afectació (incendi 1994).

Actuacions post-incendi a les pinedes de pi blanc

Davant la situació descrita en els apartats anteriors, la gestió forestal es presenta com una eina necessària per reduir el risc d'incendi i restaurar els principals serveis ecosistèmics que poden oferir els boscos post-incendi de pi blanc en un futur. Malauradament però, les actuacions sobre els boscos joves en regeneració són molt costoses i condicionen la seva maduresa. La millora de les masses arbòries i la recuperació dels serveis ecosistèmics es preveu a llarg termini, mentrestant requereixen de la implementació d'accions per una major resistència i

resiliència a les noves pertorbacions. Una valorització dels productes fusters que s'obtenen en aquestes fases pot millorar les perspectives de futur, el projecte LIFE BIOEFFORMED (LIFE19 ENV/ES/000544) dona algunes eines per avançar en aquest sentit.

Aquest projecte té com a objectiu fomentar la gestió forestal sostenible dels boscos mediterranis a través del tractament de la biomassa en una biorefineria pilot, emprant torrefacció i piròlisi per a obtenir productes químics renovables i biocombustibles i la conseqüent valoració econòmica posterior. En el marc d'aquest estudi s'analitza el producte obtingut de la gestió de diferents masses post incendi de pi blanc, de la posada en regeneració de les suredes, de la millora estructural de les masses mixtes de pi blanc i alzina post bufarut o de les pinedes de pi pinyer i castanyedes afectades per malalties, plagues i per problemes de decaïment.

La gestió del regenerat post-incendi en masses de pi blanc s'han analitzat en diferents rodals del municipi de la Fatarella, privats i públics. A la finca pública *Valencians i St Francesc*, de propietat municipal, s'han dut a terme actuacions des de l'any 2004, objecte d'anàlisi d'aquest estudi.

La forest d'utilitat pública de Valencians i St. Francesc (CUP 28 de Tarragona)

La forest *Valencians i St Francesc* se situa a l'extrem nord del terme municipal de La Fatarella i és propietat de l'Ajuntament des de temps immemorials, per donació de l'ordre religiosa de St. Joan de Jerusalem (Figura 3).

La forest fou inclosa al *Catálogo de Montes Públicos Exceptuados de la Desamortización del 1862* i d'acord amb la Llei de 24 de juny de 1908, s'inclou al *Catàleg Oficial de Forests d'Utilitat Pública*, el 5 d'octubre de 1928 amb el número 28 de Tarragona. Entre el maig i juny de 1960, es realitza el partionament de la forest per part de l'enginyer Santiago Sánchez (Enginyer en Cap del Districte Forestal de Tarragona) i es publica el 12 d'agost de 1962. D'acord amb aquest partionament la forest té una cabuda de 610,80 ha.

La composició i estructura de la vegetació de la forest abans del gran incendi de 1994, que va afectar 357,18 ha en la seva part nord, es pot resumir en dues grans unitats que es diferenciaven en funció de l'exposició. Aquesta composició i estructura és característica de les forests de pi

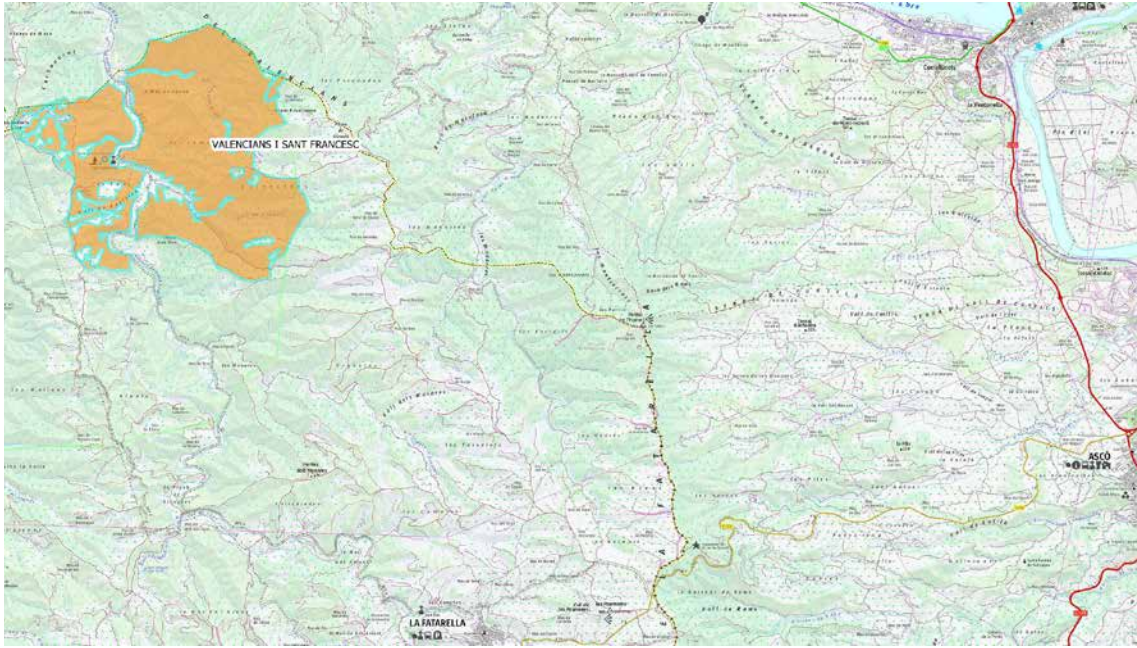


Figura 3. Localització de la foresta pública Valencians i St Francesc al nord de la Fatarella.

blanc de la zona. Així, en les vessants amb exposició sud, es caracteritza per una pineda de pi blanc amb densitats molt baixes o un matollar amb peus aïllats. En les vessants amb exposició nord o zones planeres, la foresta presenta un bosc alt irregular de pi blanc (*Taula 1*).

Durant l'any 2002 es redacta el primer Projecte d'Ordenació de la foresta Valencians i St. Francesc. Aquesta Ordenació es caracteritza per ser poc ambiciosa amb una planificació reduïda i s'aprova a principis de 2003. Amb la totalitat de la planificació executada, l'any 2010 es redacta la Revisió del Projecte d'Ordenació i s'aprova al maig de 2011. Aquesta Revisió respon a una planificació i programació independent de la conjuntura econòmica i social del moment i per tant molt més ambiciosa. La vigència d'aquesta nova ordenació era de 10 anys. El juliol de 2020, abans de la finalització de la vigència de l'ordenació, es va demanar la pròrroga de la mateixa per un període de 5 anys, motivada per la no execució de la totalitat de la planificació (variable en funció de la tipologia de les actuacions). Aquesta pròrroga va ser autoritzada i per tant, l'ordenació és vigent fins el maig de 2026.

Les actuacions realitzades a la foresta s'han dut a terme en el marc dels ajuts a la Gestió Forestal Sostenible (GFS), d'acord amb els diferents Projectes d'Ordenació, i s'agrupen en tres tipologies:

- Actuacions de prevenció d'incendis (àrees estratègiques, línies auxiliars estratègiques, construcció de punt de reserva d'aigua, millora de vials per prevenció d'incendis, etc.).
- Tractaments silvícoles en bosc adult de pi blanc no afectat pel Gran Incendi Forestal (GIF) de 1994 (aclarida de millora, poda, estassada del sotabosc, etc).
- Tractaments silvícoles en regenerat de pi blanc del GIF de 1994: anys 2004 (GFS2003), 2006 (GFS2005), 2017 (GFS2016) i 2019 (GFS2018).

Taula 1. Dades dasomètriques de les vessants nord o zones planeres abans de l'incendi

Densitat (peus /ha)	AB (m ² /ha)	Existències (m ³ /ha)	Edat (anys)	Hm (m)	Dm (cm)
450-700	10-15	42-62	40-130	8-16	15

Actuacions post-incendi 2004-2019

Tot i que les densitats del regenerat sobre les que es va actuar eren molt elevades (entre 50.000 i 200.000 peus/ha). Durant les primeres actuacions no hi havia una clara dominància entre peus, tret que va comportar a aplicar una aclarida de plançonada sistemàtica en un total de 13,25 ha. En la major part de l'actuació, l'aclarida es va realitzar de manera manual amb motoserra (tot i que es va provar sense èxit amb motodesbrossadora manual amb disc) i deixant un espaiament entre peus d'uns 1,5 m. De manera puntual es va provar, en llocs aptes, realitzar l'aclarida amb desbrossadora de martells amb tractor, deixant un espaiament entre peus d'uns 2 m. En les darreres actuacions, la plançonada ja presentava una dominància entre peus i, per tant, l'aclarida va ser selectiva a favor dels dominants i mantenint el criteri d'espaiament d'1,5-2 m. En totes les actuacions es va realitzar un tractament de les restes (trossejat) que es van quedar sobre el terreny i amb el conseqüent impacte visual durant el primer any per l'asseccament de les mateixes.

Les actuacions en els regenerats de pi blanc es van poder finançar amb els ajuts de GFS mentre no hi havia diferenciació entre peus, l'aclarida va ser sistemàtica. La plançonada es podia assimilar a un matollar com l'aclarida a una estassada. Des del moment en que el regenerat hi ha diferenciació de peus i les alçades s'apropen els 2 m, la quantitat de restes a tractar és molt més elevada. Aquest fet suposa un augment dels costos i la dificultat d'implementació de les actuacions.

Tot i que no s'ha realitzat cap estudi al respecte sobre el terreny es pot apreciar que el desenvolupament de la plançonada en les zones aclarides (independentment de si l'aclarida s'ha fet amb peus ja diferenciat o no) és superior al de les zones no tractades, especialment en el creixement diametral. L'eliminació de competència afavoreix el creixement i la vigorositat de la plançonada restant, però l'obertura d'espai no afavoreix de la mateixa manera al creixement apical.

Actuacions post-incendi 2021-2022 (projecte LIFE BIOEFFORMED)

En el marc del projecte LIFE BIOEFFORMED, la gestió del regenerat post-incendi en pinedes de pi blanc s'ha analitzat sobre un total de 9,1 ha. Un dels rodals seleccionats, de la finca pública *Valencians i St Francesc*, es troba ubicat al paratge de Mollons, amb una superfície total de 7,3ha (*Figura 4*).

Passats 27 anys des del gran incendi forestal, la massa està formada per pi blanc de diàmetre no inventariable amb acompanyament d'alzina i arboç. A cops, trobem alguns peus de pi blanc adult que van sobreviure a l'incendi. Gairebé 30 anys després tenim una massa molt homogènia i densa, d'estructura regularitzada, de qualitat d'estació baixa (PhLIT_C) (*taula 1*). El bosc s'ha regenerat força bé. S'observa una densitat alta (més de 10.000 peus/ha) però el creixement en alçada i diàmetre són molt baixos amb un diàmetre (Dn) mitjà de 2 cm i alçades reduïdes (Hm = 1,5 m; H_o = 2m). El creixement de la massa s'ha estancat amb el pas dels anys. Segons els models ORGEST, per les pinedes litorals de pi blanc (Beltran *et al.*, 2011), la massa hauria de tenir un creixement mitjà de 2,5 m³/ha-any i, a partir dels 25 anys, una alçada dominant superior als 4,5 metres.

L'objectiu de la gestió era reduir la competència entre peus i, en la mesura del possible, millorar l'estructura de la massa envers la vulnerabilitat al foc de capçades, sempre procurant mantenir la capacitat d'acollir biodiversitat. Per a definir l'itinerari de gestió es va utilitzar com a model de referència el Ph08, on s'estableix la realització d'una aclarida de plançonada amb una densitat final de 1.200 peus/ha, un cop assolits els 4,5 m. El model també inclou una aclarida baixa quan l'arbrat presenta una alçada de 7,5 metres amb una densitat final de 750 peus/ha. En el rodal d'estudi, l'aclarida de plançonada s'ha efectuat un cop l'arbrat presentava una alçada de 2 metres, ja que les masses presents no s'ajusten prou bé al model establert.

Davant aquest fet, es van proposar dos itineraris diferents segons el pes de la tallada per valorar en el futur la millor adaptació i desenvolupament de la massa. El primer itinerari redueix la densitat final a 2.500-3.000 peus/ha, en un total de 3,7ha (*Zona A de la Figura 4*). En el segon, amb una aclarida més intensa, la densitat final oscil·la entre els 1.500-2.000 peus/ha, en 2,3 ha

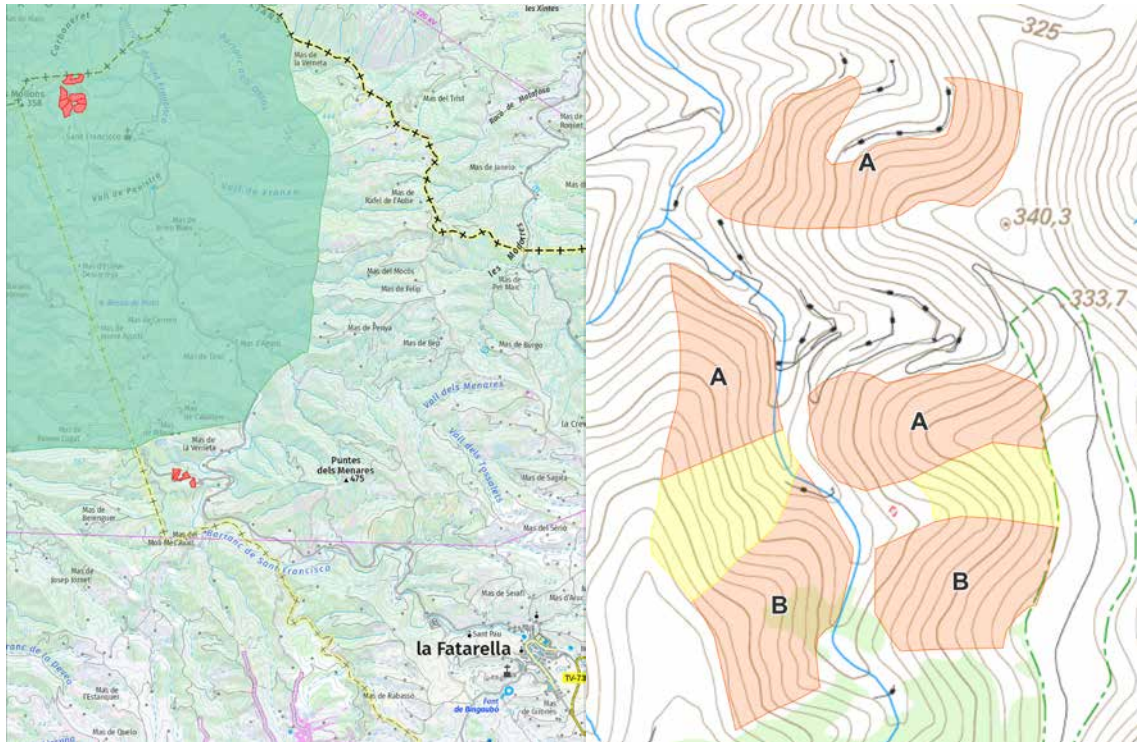


Figura 4. Ubicació del rodals del projecte LIFE BIORFFORMED i disseny del seguiment a Mollons, zones A i B, segons itinerari de gestió i zones control (en groc).

(Zona B de la Figura 7). Per valorar l'efecte dels dos itineraris en comparació amb la no gestió s'estableix una zona control de 1,3 ha. La superfície gestionada seguint els dos itineraris i la zona control es reparteix entre dos vessants orientades a l'est i oest. L'objectiu és observar si l'exposició té algun efecte sobre el desenvolupament de la massa.

Les masses joves presenten pocs elements de biodiversitat a conservar i/o potenciar (valors de l'Índex de Biodiversitat Potencial (IBP) de rodal de 14), que representa el 28% del total. En aquest sentit, no hi ha presència d'arbres grans, l'estructura vertical és molt simple, els arbres no tenen prou diàmetre per presentar dendromicrohàbitats, entre altres indicadors. És necessari avançar cap a la seva maduresa per

anar millorant la seva capacitat d'acollida de biodiversitat.

Pel que fa a la vulnerabilitat al foc de capçades, les claus ORGEST estan dissenyades per a masses arbrades adultes. Els rodals de regenerat es considera que, en cas de veure's afectats per un incendi, tenen un comportament de foc de superfície (per la baixa alçada) però amb mortalitat total (Piqué *et al.*, 2011). Amb una actuació silvícola es pot reduir la quantitat de combustible però no crear discontinuïtats verticals. Per tant, el comportament del foc serà similar però amb menys intensitat per la reducció de combustible.

Els resultats de les aclarides de plançonada, realitzades el desembre 2021 i gener 2022, amb

Taula 2. Valors de la massa abans i després del tractament per cada zona delimitada.

Forest Valencians i St Francesc		Estat inicial					Estat post actuació			
Zona	Tipologia forestal	N (peus/ha)	H ₀ (m)	Dn (cm)	Vulnerabilitat	IBP (VA)	N (peus/ha)	Dn (cm)	Vulnerabilitat	IBP (VA)
A	PhLIT-C	>10.000	2	2	Alta	14	2.674	2,5	Alta	14
B							1.655	3,5		



Fotografia 5. Estat de la massa abans (esquerra) i després (dreta) de l'actuació.

la retenció dels elements de biodiversitat existents, els podem veure a la *taula 2*.

Gràcies a l'aclarida s'ha reduït la competència entre peus deixant els exemplars millor conformats i més desenvolupats, s'ha disminuït l'acumulació de combustible i s'han conservat els principals elements que aporten biodiversitat a la massa. Les restes generades durant la tallada van ser trossejades i esteses al sòl (*Fotografia 5*).

El seguiment dels pròxims anys permetrà valorar l'efecte sobre el regenerat dels 2 itineraris aplicats.

Valorització dels productes en una biorefineria

En el marc del projecte europeu LIFE BIOEFFORMED, el procés de valorització dels productes fusters acaba amb el transport de les restes vegetals a una biorefineria pilot pre-comercial ubicada a Solsona. La dificultat d'accés al paratge dels Mollons va comportar que el desembosc del producte post tractament es realitzés en els rodals seleccionats de titularitat privada, propers a la xarxa viària pública. En aquestes zones es van extraure un total de 7 tones de biomassa de pi blanc, part en forma de feixos amb la seva capçada i fullaraca, i part en forma de troncs primers (*Fotografia 6*).

Per altra banda, els costos de les actuacions van molt lligats a aquest procés de valorització.



Fotografia 6. Estat final de la massa (esquerra) i producte enviat a la biorefineria de Solsona (troncs i feixos de pi blanc) (dreta).

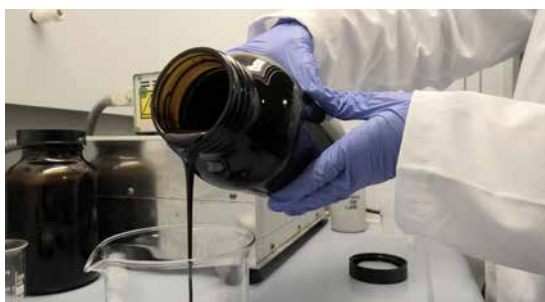
S'espera que altres usos fruit del processat d'una biorefineria, de major valor comercial, puguin finançar part d'aquestes despeses. En el conjunt dels rodals treballats a la Fatarella, el cost de les aclarides de plançonada va ser de 1.100€/ha aproximadament, el tractament de les restes proper als 700 €/ha i el desbosc dels feixos de pi blanc en uns 360€/ha. Els treballs es van dur a terme per una empresa local amb uns rendiments al voltant del 14 jornals/ha.

Una biorefineria permet processar diferents tipus de biomassa i obtenir diferents productes segons el tipus de biomassa i les condicions d'operació del reactor (temperatura, temps de residència, càrrega, etc.). La biorefineria del LIFE BIOEFFORMED (LIFE19 ENV/ES/000544) utilitza el procés termoquímic de piròlisi i s'obtenen sempre tres fraccions: sòlida, líquida i gasosa, depenent principalment de la temperatura del procés.

La fracció sòlida, obtinguda amb uns rendiments entre un 20 i un 60% en massa de la biomassa inicial, és coneguda com a biochar (*Fotografia 7*). Pot ser utilitzada com a estructurant del sòl, per produir bioestimulants per la indústria agroquímica o bé pot ser utilitzat com a biocombustible per produir energia, ja que té major poder calorífic i és més resistent a la degradació per fongs que l'estella de biomassa convencional perquè no té humitat. La fracció gasosa, amb baix poder calorífic, es pot utilitzar per escalfar parcialment el reactor de piròlisi i reduir el consum energètic. La fracció líquida (*Fotografia 8*), coneguda com a líquids de piròlisi i que s'obté amb uns rendiments entre el 10 i el 45% en massa de la biomassa inicial, està composta per una gran diversitat de compostos químics, entre els quals cal destacar els antioxidants, sucres, àcids i compostos alifàtics (*Fotografia 8*). Aquests bioproductes es poden obtenir amb diferents tècniques de separació química i proporcionen una font de compostos químics de gran interès d'origen renovable per a les indústries farmacèutica, nutricional, alimentària i química, oferint una alternativa als compostos derivats del petroli d'origen fòssil. A la fase final del projecte, es té previst realitzar una anàlisi de viabilitat econòmica del procés segons els productes obtinguts, així com una anàlisi de cicle de vida, els resultats dels quals permetran establir els tractaments forestals i els productes òptims per a cada tipus de biomassa.



Fotografia 7. Biomassa inicial (part superior) i fraccions sòlides (biochars) a diferents temperatures de 300, 400 i 500 °C (part inferior) de pi pinyer, pi blanc amb branca, pi blanc i alzina (d'esquerra a dreta), obtingudes de la biorefineria del LIFE BIOEFFORMED.



Fotografia 8. Líquids de piròlisi (esquerra) i fraccions finals de sucres, àcids, antioxidants i compostos alifàtics (d'esquerra a dreta), obtinguts de la biorefineria del LIFE BIOEFFORMED.

Conclusions

El pas de l'incendi de 1994 per la Serra de la Fatarella ha condicionat totalment el paisatge actual dels municipis afectats, format principalment per una massa jove de pi blanc amb densitats molt variables. Proporcionar una estructura més resilient al canvi climàtic està molt lligada a l'obtenció i manteniment d'un mosaic de camps i boscos de diferents estructures, clau per delimitar la propagació de nous incendis i per cercar oportunitats per a la seva extinció.

En les zones on la regeneració de pi blanc és abundant, després d'uns 30 anys de l'incendi, les masses es troben amb un creixement estancat. La gestió forestal és molt important per reduir la competència i permetre el desenvolupament dels peus més vitals, tot garantint la disseminació futura i la resistència a l'estrès hídric més prolongat.

Tot sembla indicar que les característiques d'aquestes masses no s'ajusten als creixements establerts en els models de referència ORGEST actuals. Seria necessari obtenir un model específic que tingués en compte les particularitats d'aquestes zones.

El tractament d'aquestes masses en aquestes fases és costós, la manca de producte de valor comercial condiona la seva implementació i, per tant, la viabilitat de les masses futures. La valorització dels productes a través d'una bio-refineria, d'on es pot obtenir diferents fraccions i usos, pot ser una oportunitat per millorar el paisatge i la bioeconomia del territori.

Agraïments

A l'Ajuntament de la Fatarella, la propietat privada de cada rodal i al projecte LIFE19 ENV/ES/000544 – LIFE BIOEFFORMED.

Referències

- Beltran, M.; Piqué, M.; Vericat, P.; Cervera T. 2011. *Models de gestió per als boscos de pi blanc (Pinus halepensis Mill.); producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible de Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Generalitat de Catalunya.
- Fletas, M.; Bayona, M.; Cervera T. 2012. *Estructures de la propietat forestal de Catalunya. Anàlisi de les dades cadastrals*. Centre de la Propietat Forestal. Generalitat de Catalunya.
- Piqué, M.; Castellnou, M.; Valor, T.; Pagés, J.; Larrañaga, 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 de Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Generalitat de Catalunya.



JORNADA

4

Malalties foliars de les pinedes: situació dels fongs patògens *Diplodia sapinea* i *Dothistroma* sp. a Catalunya

Francesc Serradó Mestres*. Enginyer Forestal. Agrotecnio.

de Lleida, Joint Research Unit CTFC-Agrotecnio.

Maria Caballol Alsinella*. Biotecnòloga. Universitat de Lleida, Joint Research Unit CTFC-Agrotecnio.

Tomeu Rigo Ribas. Doctor en Física. Servei Meteorològic de Catalunya.

Carme Farnell Barqué. Doctora en Geografia. Servei Meteorològic de Catalunya.

Jonàs Oliva Palau. Doctor Enginyer de Forests. Universitat de Lleida.

**La primera autoria de l'article és compartida.*

Oliva, J., Caballol, M., Serradó, F., Farnell, C., Rigo, T. 2023. Malalties foliars de les pinedes: situació dels fongs patògens *Diplodia sapinea* i *Dothistroma* sp. a Catalunya. A: Tusell, JM., Cases, G., Busquets, E. (eds). 40 Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Pp: 44-53.

Resum

Les pinedes de Catalunya es troben afectades per dues malalties foliars causades pels fongs patògens *Diplodia sapinea* i *Dothistroma* sp. La *D. sapinea* causa la mort dels brots dels pins, afecta negativament a la regeneració i pot causar defoliacions importants després d'episodis de pedregada. La *Dothistroma* afecta les fulles, provoca defoliació a les capçades i una aturada del creixement diametral dels arbres. Actualment aquests fongs estan molt estesos als boscos de Catalunya i, per tant, és necessari poder identificar-los a camp i plantejar possibles mesures de gestió per tal d'apaivagar-ne l'impacte.

El canvi global i les patologies forestals

Els impactes del canvi global són cada vegada més evidents en els boscos i poden explicar, en part, l'aparició recurrent de nous focus d'afectació de diverses malalties. Els efectes del canvi global sobre la sanitat forestal s'han d'entendre com la combinació de tres canvis: el canvi climàtic, la globalització i el canvi d'usos del sòl (Stenlid i Oliva, 2016).

El canvi climàtic està provocant que els arbres es trobin més afectats que abans per les temperatures més altes i per períodes més llargs de sequera. Aquest fet està generant un increment de les poblacions de patògens i plagues, i un increment de la susceptibilitat dels boscos. El fong *D. sapinea* és un exemple de patògen que es troba beneficiat per les altes temperatures i, per tant, pel canvi climàtic.

Per altra banda, el comerç internacional de planta viva derivat de la globalització ha sigut determinant en l'arribada de plagues i patògens exòtics que afecten tant a espècies locals com exòtiques. Un exemple seria el cas de la *Dothistroma* sp., ja que s'ha trobat a Catalunya però és probablement d'origen exòtic.

En les últimes dècades la dinàmica socioeconòmica ha canviat el paisatge i l'ús dels boscos de Catalunya. La superfície forestal de Catalunya s'ha



incrementat per l'abandó rural i la falta de gestió forestal, arribant a cobrir el 64,6% de la superfície total de Catalunya. Els boscos presenten alts nivells de competència intra i interespecífica que els poden fer més susceptibles a tenir problemes sanitaris, bé per un increment d'estrès als arbres o bé perquè presenten unes condicions que afavoreixen la dispersió i infecció de patògens.

L'assecada del brot del pi

El fong *D. sapinea* és un ascomicet que provoca la malaltia de l'assecada del brot del pi ("Diplodia shoot blight" en anglès o "tizón del pino" en castellà) (Taula 1). Es tracta d'un fong que és capaç d'infectar els arbres sense causar-hi símptomes, és a dir, hi pot viure com a endòfit. Un cop dins l'arbre s'hi pot estar durant anys sense ser detectat o, dit d'una altra manera, pot romandre en estat latent durant llargs períodes. Després que l'arbre es vegi afectat per un període d'estrès, la *D. sapinea* passa de l'estat latent a l'estat patògen i es manifesten els símptomes de la malaltia. L'estrès en els arbres es pot produir després de períodes de sequera (Stanosz et al., 2001) o d'episodis de pedregades (Oliva et al., 2021).

L'atac de la *D. sapinea* es dona en brots de l'any, produint-se a finals de primavera i a principis d'estiu que és quan es desenvolupen aquests. Per això, és comú observar brots infectats que

Taula 1. Comparació dels trets principals de les malalties de l'assecada del brot del pi i la banda roja del pi.

	Assecada del brot del pi	Banda roja del pi
Nom del fong	<i>Diplodia sapinea</i>	<i>Dothistroma</i> sp.
Origen	Natiu	Exòtic
Òrgan afectat	Brots joves	Acícules d'anys anteriors i en branques inferiors de la capçada
Símptomes	Curvatura i coloració marró del brot	Bandes marronoses-vermelloses i assecat de la part superior de l'acícula
Impacte principal	Mort dels brots del regenerat	Defoliació d'arbrat adult i aturada del creixement
Fotografies		

presenten acícules de poca llargada, ja que no s'han acabat de desenvolupar. Les acícules i brots infectats romanen en el dosser arbori on pot produir-se l'esperulació al llarg dels anys, infectant el mateix o altres arbres (Munck *et al.*, 2009) a través de l'esquitx de gotes de pluja i vents humits (Swart i Wingfield, 1991).

L'assecada del brot del pi provoca que els brots s'escurcin, s'engruixeixin i es decolorin (*Fotografia 1*). En cas de produir-se necrosis, és a dir la mort del brot, es dona una curvatura i una coloració marró d'aquest. Pel que fa la capçada, aquests brots joves de coloració marró es distribueixen de forma aleatòria, veient-se clarament la diferència de color entre els afectats i els no afectats.



Fotografia 1. Brot amb símptoma de dessecació per *Diplodia sapinea*. SEQ Fotografia *ARABIC. Font: pròpia.

Les altes temperatures i la sequera en la distribució de la *Diplodia sapinea*

La *D. sapinea* és un patògen que necessita temperatures elevades pel seu desenvolupament. En els darrers anys, l'augment de les temperatures sembla ser que ha incrementat els danys per *D. sapinea* a Europa (Fabre *et al.*, 2011), on ja fa temps que està establerta, i s'ha detectat una expansió del patògen cap al nord d'Europa (Brodde *et al.*, 2019).

Als boscos de pinassa de Catalunya, la *D. sapinea* és un patògen força abundant. Un estudi de 70 parcel·les cobrint la major part de l'àrea de distribució de l'espècie va mostrar que el 57% dels boscos estaven afectats. De mitjana, el 22% dels arbres adults i el 49% del regenerat mostraven símptomes (*Figura 1*). Es va observar que els boscos més afectats estaven situats a menor altitud i que la temperatura era un factor determinant en la distribució de la *D. sapinea* (Caballol *et al.*, 2022a).

Els boscos amb condicions de temperatura més alta presentaven més producció i supervivència d'espores del patògen en l'arbrat adult. Aquestes espores en l'arbrat adult semblaven ser les responsables de l'afectació del regenerat de pinassa. Així doncs, l'arbrat adult podria haver actuat com a reservori d'espores del patògen. Pel que fa al regenerat, la supervivència del patògen semblava veure's afectada pel fred de l'hivern, presentant més quantitat de patògen en el regenerat en zones amb hiverns amb temperatures més suaus. És a dir, la temperatura de l'hivern podria ser un pas clau pel desenvolupament de la malaltia.

En l'estudi, en els boscos de baixa densitat i els d'estructura irregular hi havia una major quantitat d'espores als arbres adults. D'aquesta manera sembla ser que els boscos més oberts podrien afavorir una major producció d'espores del patògen.

També es va poder veure que en els boscos més afectats per *D. sapinea* hi havia més densitat de regeneració de *Quercus ilex*. És possible que les quercínies s'estiguessin beneficiant de l'impacte negatiu de la *D. sapinea* en la regeneració de pinassa. En un futur, aquesta dinàmica podria provocar el canvi en la composició d'espècies dels boscos.

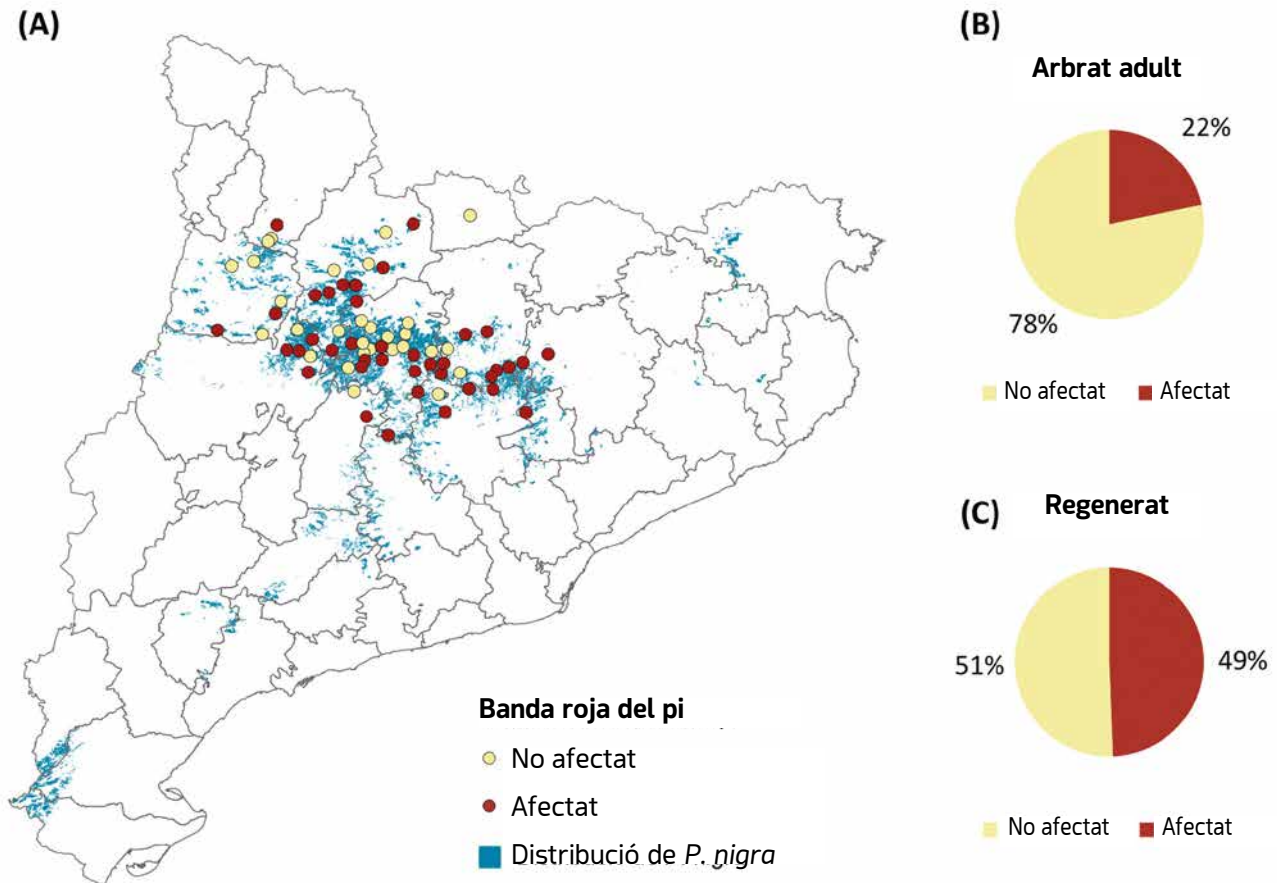


Figura 1. (A) Distribució dels boscos de *Pinus nigra* inventariats a Catalunya segons l'afectació de *Diplodia sapinea*. Percentatge de (B) l'arbrat adult i (C) del regenerat afectat per *D. sapinea* en els boscos de Catalunya. S'ha considerat que un bosc estava afectat quan presentava arbrat adult amb un 10% o més de la capçada afectada per *D. sapinea*. Pel que fa a l'arbrat adult i el regenerat, s'ha considerat que estaven afectats quan presentaven un 10% o més d'afectació per *D. sapinea*.

Gestió dels boscos per mitigar l'efecte de la *Diplodia sapinea*

No hi ha cap estudi on s'hagin comparat de manera explícita diferents tractaments silvícoles. Si més no, i en base a les condicions que afecten a la malaltia, es podria pensar que determinades actuacions podrien ajudar a disminuir-la. D'aquesta manera i degut a que el patogen es desenvolupa favorablement en condicions càlides, sembla que seria recomanable mantenir les estructures no massa obertes per no afavorir la producció d'espores. A més, cal tenir en compte el temperament de l'espècie que es gestiona, és a dir, el comportament enfront la llum i la humitat. En cas de fer tractaments de dosificació de la competència, seria recomanable que fossin de baixa intensitat i sostinguts en el temps per no generar grans obertures.

Relacionat també amb l'obertura, seria recomanable evitar les estructures irregulars que, en estar formades per arbres de diferents edats i altures, permeten una incidència solar més gran que fa augmentar la temperatura. Aquest augment de la temperatura de la massa podria afavorir la producció d'espores del patogen. Per contra, les estructures regulars estan formades per arbres de la mateixa edat que creen una estructura de capçades més tancada. Així doncs, la temperatura a la massa no és tan alta i la producció d'espores no augmentaria.

En zones afectades per *D. sapinea* i amb abundant regeneració de quercínies, podria ser recomanable estudiar la viabilitat d'aquestes quercínies en el futur. En cas de que fos viable, es podria optar per afavorir una transició natural a un canvi d'espècie dominant i assegurar d'aquesta manera la continuïtat del bosc.



Fotografia 2. Bosc de pinassa (*Pinus nigra*) afectat per *Diplodia sapinea* després d'una pedregada. Font: pròpia.

Les pedregades del 2022 i l'afectació de *Diplodia sapinea*

A l'any 2022 es van donar una gran quantitat d'episodis de pedregades a Catalunya i arreu d'Europa. Aquest fet ha sigut notori en els boscos de Catalunya, ja que s'han pogut detectar un gran nombre de pinedes amb les capçades afectades. Actualment, s'està duent a terme un estudi per caracteritzar els boscos afectats per *D. sapinea* després dels episodis de pedregades del 2022.

L'afectació dels arbres per *D. sapinea* després d'una pedregada es produeix per l'impacte de la pedra en brots i branques. A partir d'aquest punt d'impacte es produeix l'assecat de tota la part superior del brot. A nivell de capçada, aquest assecat és observable per la coloració vermella-marró de forma completa o localitzada a algunes zones (Fotografia 2). Les zones de la capçada afectades es poden veure distribuïdes aleatòriament o també en orientacions específiques, probablement indicant la direcció de caiguda de la pedra en el moment de la tempesta.

A Catalunya, en un estudi preliminar s'ha pogut detectar onze comarques amb zones afectades a causa dels episodis de pedregades d'entre els mesos de juliol a setembre del 2022 (Figura 2A). Com a exemple, a Navès (Solsonès) es va produir un episodi de pedregada i una posterior aparició de símptomes (Figura 2B-E), que de forma general s'ha estimat que es dona entre les dues i les sis setmanes posteriors a la pedregada.

L'afectació de *D. sapinea* després d'un episodi de pedregada s'ha donat en pi blanc (*Pinus halepensis*), pi pinyer (*P. pinea*), pinassa (*P. nigra*) i pi roig (*P. sylvestris*). S'estima que més de 2.000 hectàrees de pinedes han sigut afectades per *D. sapinea* després de pedregades l'any 2022. En comparativa, la superfície cremada al 2022 per incendis ha sigut de 6.136 hectàrees.

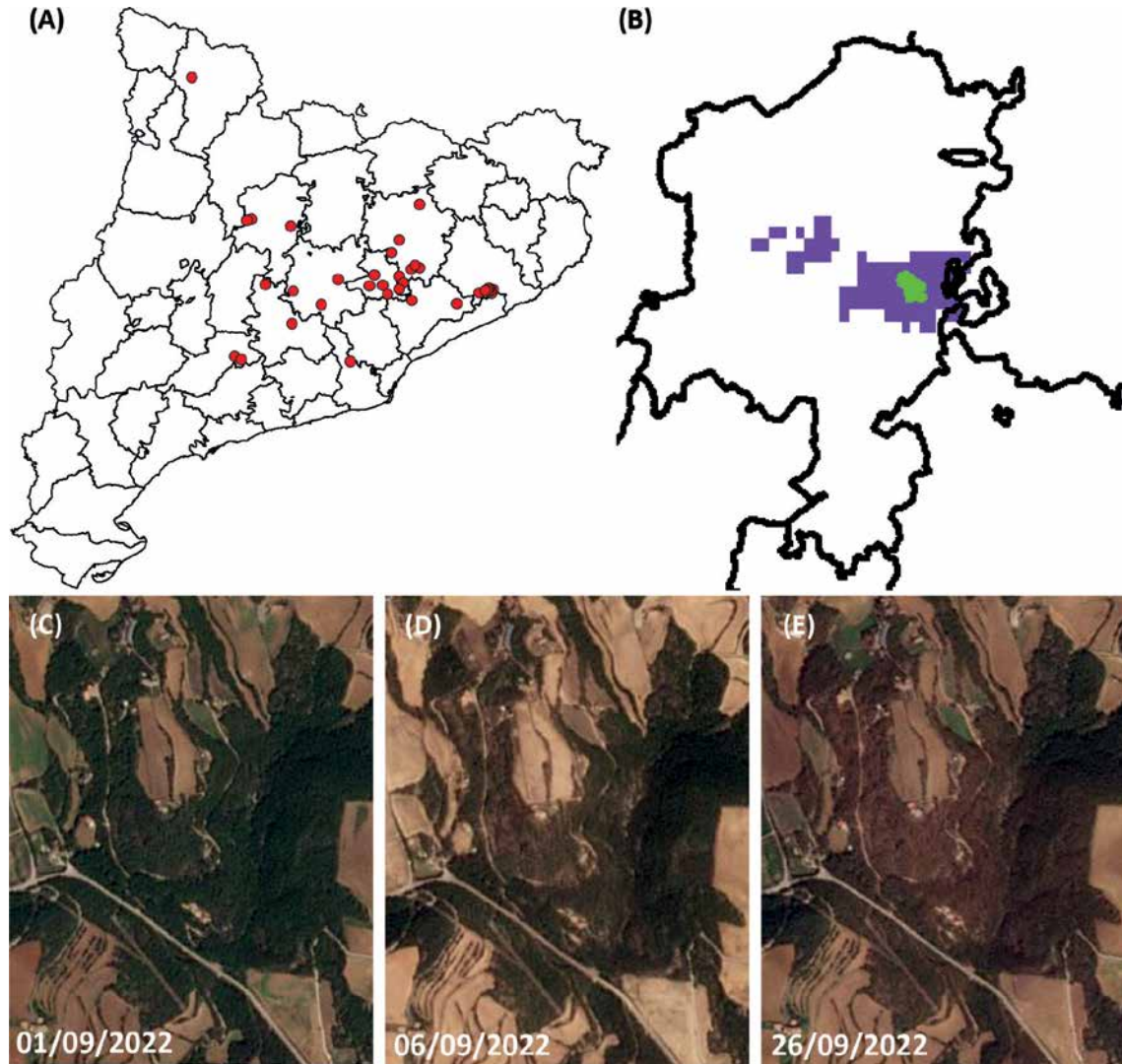


Figura 2. (A) Mapa de Catalunya amb la distribució dels punts afectats per *D. sapinea* el 2022 després d'episodis de pedregades. (B) Mapa radar amb el núvol que va provocar la pedregada del dia 03/09/2022 (zona violeta) i la zona afectada per *D. sapinea* a Navès (zona verda). Successió d'imatges del satèl·lit Planet amb increment d'afectació en el temps de la zona afectada per *D. sapinea* a Navès el dia (C) 01/09/2022, abans de la pedregada, i els dies (D) 06/09/2022 i (E) 26/09/2022. Font: pròpia.

Gestió de zones afectades per *Diplodia sapinea* després d'episodis de pedregades

La qüestió principal a l'hora de gestionar una zona afectada per *D. sapinea* és saber si els arbres afectats milloraran, moriran o bé no recuperaran el creixement. També s'ha de considerar si els arbres afectats seran una font d'inòcul amb la possibilitat de que es dispersi la malaltia als boscos veïns o, si en canvi, l'afectació quedarà restringida al límit afectat per la pedregada.

Respecte a la primera qüestió, les espècies de pins presenten una diferent resposta enfront de la infecció de *D. sapinea* (Caballol et al., 2022b), per tant, caldrà adaptar el criteri de gestió a

cada una d'elles. Pel que fa al pi roig, seria recomanable tallar els peus més afectats, ja que probablement moriran o empitjoraran la seva salut. En el cas del pi pinyer, els que presentin una mitjana o alta afectació seria recomanable eliminar-los. Per altra banda, el pi blanc i la pinassa no s'espera que empitjorin en quant a sanitat, per tant, s'aplicarà un criteri més conservador a l'hora de determinar la tallada dels peus.

Es podria considerar l'opció d'avançar la tallada en cas que un dels boscos afectats per *D. sapinea* després d'una pedregada es trobi proper a l'edat del torn de tallada. També es podrien reservar arbres no afectats per assegurar una font de llavor.



Fotografia 3. (A) Plomall de pinassa afectat per la banda roja; (B) Pinassa afectada per la banda roja. Font: pròpia.

La banda roja del pi

La *Dothistroma* sp. és un fong ascomicet que provoca la malaltia de la banda roja del pi ("Dothistroma needle blight" en anglès) que afecta a les acícules de l'any anterior (Taula 1). Els dos fongs principals que la provoquen són la *D. pini* i la *D. septosporum*, sent aquesta última la més distribuïda per Europa.

Els símptomes de la malaltia es mostren a les acícules dels pins on es formen unes bandes roges. Des del punt on es formen les bandes, la part superior de l'acícula s'asseca (Fotografia 3A). Un cop afectades per banda roja, les acícules cauen de l'arbre prematurament provocant una defoliació a la capçada de l'arbre. L'assecada de les acícules i la defoliació prematura de l'arbre provoquen l'aturada del creixement que, més rarament, pot provocar la seva mort lenta en casos d'afectació en anys consecutius.

L'observació de la malaltia en la capçada és més complicada que en el cas de la *D. sapinea*. La banda roja es troba afectant majoritàriament la part inferior de la capçada i les parts més interiors de les branques. D'aquesta manera es pot veure com el verd de la capçada es troba difuminat per la coloració marró de les acícules afectades (Fotografia 3B).

El cicle de la malaltia comença quan s'observen els símptomes de la banda roja durant la tardor i l'hivern amb la formació de taques grogues a l'acícula. A la primavera, aquesta coloració es torna més vermella i forma les bandes on es desenvolupen els cossos de fructificació. Aquests cossos de fructificació no seran madurs fins la primavera següent, moment a partir del qual s'alliberaran espores durant tot el període de creixement. En altres estudis, s'ha pogut veure que la dispersió d'espores és beneficiada per les èpoques plujoses acompanyades de temperatures elevades. Tot i això, en la regió mediterrània s'ha observat que la precipitació és l'únic factor limitant en la dispersió (Desprez-Loustau et al., 2007).

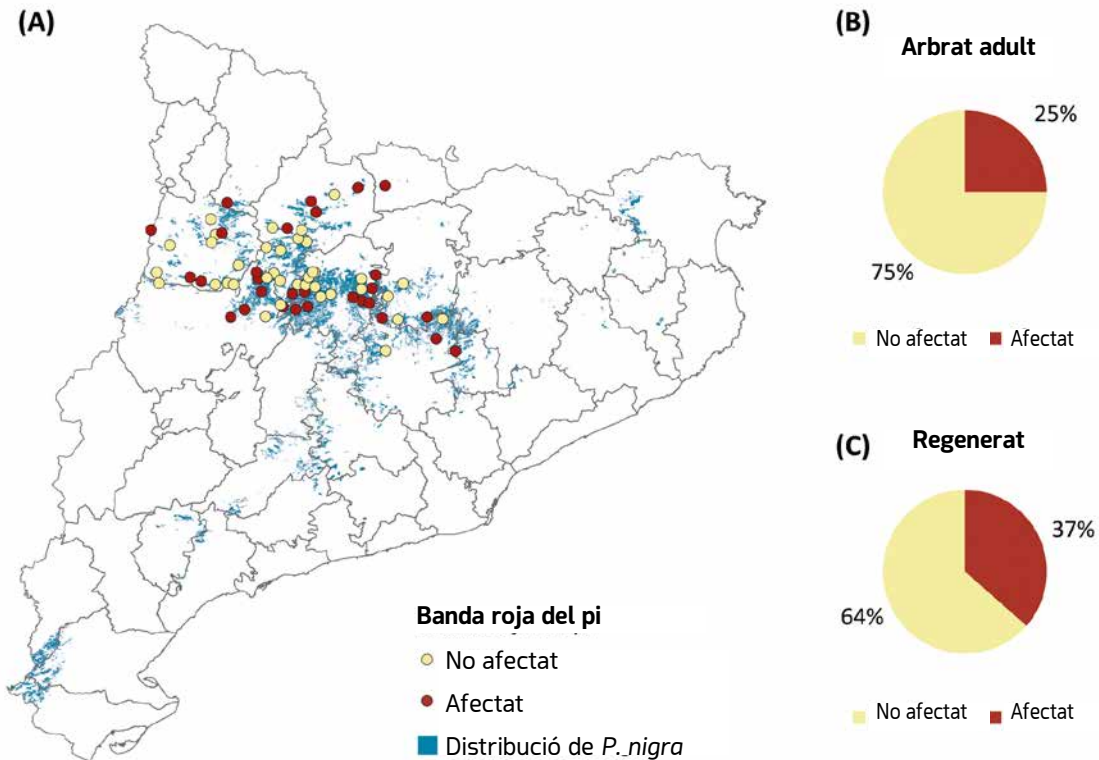


Figura 3. (A) Mapa de Catalunya amb la distribució dels boscos de *Pinus nigra* inventariats segons l'afectació de *Dothistroma pini*. Percentatge de (B) l'arbrat adult i (C) del regenerat afectat per *D. pini* en els boscos de Catalunya. S'ha considerat que un bosc estava afectat quan presentava arbrat adult amb un 10% o més de la capçada afectada per *D. pini*. Pel que fa a l'arbrat adult i el regenerat, s'ha considerat que estaven afectats quan presentaven un 10% o més d'afectació per *D. pini*. Font: pròpia.

La *Dothistroma pini* a Catalunya

La detecció de boscos afectats per *Dothistroma* sp. a Catalunya ha generat la necessitat de caracteritzar-ne l'afectació per conèixer l'impacte. Un estudi preliminar de 66 parcel·les cobrint la major part de l'àrea de distribució de pinassa, mostra que el 43% dels boscos estaven afectats per banda roja. De mitjana, a cada bosc el 25% dels arbres adults i el 37% del regenerat estaven afectats (Figura 3). El fong causant de la banda roja a tots els boscos afectats va ser la *D. pini*, sense tenir presència de *D. septosporum*.

Els boscos més afectats per la banda roja eren els més pròxims als fons de vall. Aquest resultat es podria relacionar amb les condicions d'humitat que s'acostumen a donar en els fons de vall i que podrien ser favorables per l'establiment de la *D. pini*. En canvi, no sembla que el clima sigui un factor determinant en la distribució del patogen.

En els boscos amb major presència de la malaltia hi havia una major defoliació de les capçades de

l'arbrat adult. A la vegada, s'ha observat que els boscos més defoliats presentaven una superfície més gran de matollar. D'aquesta manera, la defoliació dels arbres podria estar permetent una major incidència de llum al sotabosc possibilitant l'establiment de més arbustos. Aquest augment de la superfície arbustiva podria ser determinant en la propagació d'incendis.

Gestió dels boscos per mitigar l'efecte de la *Dothistroma pini*

Com en el cas de la *D. sapinea*, no hi ha cap estudi on s'hagin comparat diferents tractaments silvícoles per mitigar els efectes de la malaltia. Tot i això, sabent les condicions en què es desenvolupa, es podrien determinar actuacions per ajudar a disminuir-la.

La *D. pini* és un patogen que sembla que es desenvolupa favorablement en condicions d'humitat. Per això, en zones humides, com els fons de vall, es podria optar per afavorir una transició natural a un canvi d'espècie dominant per tal d'assegurar la continuïtat del bosc.

També es podrien dur a terme intervencions freqüents i de baixa intensitat per afavorir el regenerat de quercínies i promoure una futura massa mixta. Aquest tipus de masses mixtes entre coníferes i frondoses semblen ser més capaces de resistir a pertorbacions de caràcter biòtic, com insectes i fongs patògens (Pautasso *et al.*, 2005).

Conclusions

En el context de canvi climàtic, la sanitat forestal és un factor cada vegada més important per garantir la continuïtat dels boscos. A Catalunya, l'assecada del brot del pi i la banda roja del pi són malalties cada vegada més presents als boscos. Per tant, cal fer un seguiment de l'evolució d'aquestes malalties als boscos per tal d'adaptar les mesures de gestió que es duguin a terme.

Agraïments

Aquesta recerca ha estat parcialment finançada pel projecte PID2021-1273280B-I00 del Ministeri de Ciència i Innovació d'Espanya. La Maria Caballol Alsinella està finançada per la beca AGAUR FI 2021FI_B00223 de la Secretaria d'Universitats i Recerca de la Generalitat de Catalunya i del Fons Social Europeu. El Francesc Serradó Mestres està finançat pel Programa Investigo del Pla de Recuperació, Transformació i Resiliència del Govern d'Espanya.

Referències

- Brodde, L., Adamson, K., Camarero, J.J., Castaño, C., Drenkhan, R., Lehtijärvi, A., Luchi, N., Migliorini, D., Sánchez-Miranda, Á., Stenlid, J., Özdağ, Ş., Oliva, J., 2019. Diplodia tip blight on its way to the north: Drivers of disease emergence in northern Europe. *Front. Plant Sci.* 9, 1818-1829
- Caballol, M., Méndez-Carín, A.L., Serradó, F., De Cáceres, M., Coll, L., Oliva, J., 2022a. Disease in regenerating pine forests linked to temperature and pathogen spillover from the canopy. *J. Ecol.* 110, 2661-2672.
- Caballol, M., Ridley, M., Colangelo, M., Valeriano, C., Camarero, J.J., Oliva, J., 2022b. Tree mortality caused by Diplodia shoot blight on *Pinus sylvestris* and other Mediterranean pines. *For. Ecol. Manag.* 505, 119935.
- Desprez-Loustau, M.L., Robin, C., Reynaud, G., Déqué, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C., Marçais, B., 2007. Simulating the effects of a climate-change scenario on the geographical range and activity of forest-pathogenic fungi. *Plant Pathol.* 29, 101-120.
- Fabre, B., Piou, D., Desprez-Loustau, M.-L., Marçais, B., 2011. Can the emergence of pine Diplodia shoot blight in France be explained by changes in pathogen pressure linked to climate change? *Glob. Change Biol.* 17, 3218-3227.
- Munck, I.A., Smith, D.R., Sickley, T., Stanosz, G.R., 2009. Site-related influences on cone-borne inoculum and asymptomatic persistence of Diplodia shoot blight fungi on or in mature red pines. *For. Ecol. Manag.* 257, 812-819.
- Oliva, J., Ridley, M., Redondo, M.A., Caballol, M., 2021. Competitive exclusion amongst endophytes determines shoot blight severity on pine. *Funct. Ecol.* 35, 239-254.
- Pautasso, M., Holdenrieder, O., Stenlid, J., 2005. Susceptibility to fungal pathogens of forests differing in tree diversity. *For. Divers. Funct.* 263-289.
- Stanosz, G.R., Blodgett, J.T., Smith, D.R., Kruger, E.L., 2001. Water stress and *Sphaeropsis sapinea* as a latent pathogen of red pine seedlings. *New Phytol.* 149, 531-538.
- Stenlid, J., Oliva, J., 2016. Phenotypic interactions between tree hosts and invasive forest pathogens in the light of globalization and climate change 371, 20150455.
- Swart, W.J., Wingfield, M.J., 1991. Biology and control of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus* species in South Africa. *Plant Dis.* 75, 761-766.

JORNADA

5

Ús de la fusta local per a la construcció industrialitzada

Mario Beltrán Barba. Enginyer de Forests, Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya i Col·legi Oficial de l'Enginyeria de Forests de Catalunya.

Sergi Sebastia. Tècnic superior en projectes d'edificació, Fustes Sebastia.

Jordi Gené Sera. Enginyer de Forests, Institut Català de la Fusta – CTFC.

Jorge Mercader Esteve. Enginyer de Forests, Leaderinglab i Col·legi Oficial de l'Enginyeria de Forests de Catalunya.

Cristina Montserrat Rodríguez. Enginyera de Forests, Entrearbres i Col·legi Oficial de l'Enginyeria de Forests de Catalunya.

Beltrán, M., Sebastia, S., Gené, J., Mercader, J., Montserrat, C. 2023. Ús de la fusta local per a la construcció industrialitzada. A: Tusell, JM., Cases, G., Busquets, E. (eds). 40 Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Pp: 54-63.

Resum

Només una petita part de la fusta consumida a Catalunya prové dels nostres boscos (10-15% aprox.), i la major part es destina a combustible i embalatge, i això no reflecteix el potencial de la fusta local per la construcció industrialitzada. Amb el canvi climàtic i global, l'aposta per la bioeconomia, la gestió forestal sostenible i multifuncional i la descarbonització de la construcció són claus per a l'adaptació i millora dels ecosistemes i, alhora, per a la millora socioeconòmica de les zones rurals forestals.

A la jornada s'ha repassat el potencial dels boscos catalans per a la producció de fusta per a construcció, el procés d'extracció, transformació i ús de fusta local de manera industrialitzada: del bosc a la fàbrica i a l'obra. Aquest recorregut permet debatre sobre la situació actual i futura de la construcció amb fusta i dels processos industrials de transformació de la fusta local.

Introducció

La fusta s'ha utilitzat com a material de construcció durant totes les edats de la humanitat fins a l'actualitat. És una matèria primera tan versàtil i amb tants usos possibles que forma part del desenvolupament de totes les societats, i encara ofereix molt marge per a la recerca, innovació i desenvolupament de nous usos. A part de servir de material de construcció per a objectes i estructures i dels usos tèrmics, amb més o menys manipulació del material en brut, la fusta es pot emprar per a una llista inacabable d'aplicacions a partir de diversos processats: components aïllants, fibres tèxtils, fibres de carboni, materials vidriats, bateries de lignina, nanocel·lulosa per usos electrònics, material per impressions 3D...

Quant als usos constructius, la fusta destaca per les seves propietats de resistència, flexibilitat, lleugeresa, aïllament tèrmic, elèctric i acústic i durabilitat interior i exterior. Pot suportar grans esforços sense esquarterar-se ni trencar-se, cosa que la fa perfecta per a estructures portants, es pot manipular fàcilment per adaptar-se a qualsevol estètica de disseny i és un material excel·lent per a habitatges energèticament eficients, a més de contribuir a la resistència al foc. Com a resultat, quan s'utilitza correctament, la fusta crea belles infraestructures amb la sostenibilitat al seu centre, alhora que proporciona longevitat i estètica simultàniament al món de l'arquitectura, tant si s'utilitzen estils moderns com tradicionals.

Aquestes fortalezes com a material s'amplifiquen quan s'incorpora la seva provisió a partir de la gestió forestal sostenible. No és gens nou en el món forestal, la sostenibilitat dels aprofitaments, però és necessari destacar-ho perquè la percepció social pot estar condicionada per prejudicis i això representa una amenaça per al desenvolupament de la bioeconomia basada en l'ús de la fusta local. Des que Hans Carl Von Carlowitz va establir el concepte de sostenibilitat (o sustentabilitat) al seu tractat de silvicultura de 1713, diverses corrents socials han vindicat la seva essència, de vegades fins i tot per qüestionar aquesta virtut intrínseca dels materials naturals renovables.

Sigui com sigui, el context socioeconòmic i ambiental actual dibuixa l'oportunitat d'una nova era de la fusta, especialment per usos constructius (*Figura 1*), per multitud de factors: la seva sostenibilitat, per practicitat, per la seva calidesa dels acabaments i efectes positius en salut mental, pel seu paper clau en la bioeconomia circular, com a eina per a l'equilibri territorial i altres elements més difusos; i també com a contraposició als materials de construcció convencionals com el ciment i l'acer i els seus impactes negatius.

L'objectiu d'aquesta jornada tècnica és repasar el potencial dels boscos catalans per a la provisió de fusta apta per a usos constructius industrialitzats, actuals i futurs, i els processos industrials necessaris i les seves innovacions. La jornada comença amb la visita a la forest "Tossal i Sant Magí, Castell i Abad, Pallerols" (CUP-L 12), al municipi de Montferrer i Castellbó (Alt Urgell), propietat de la Generalitat de Catalunya,



Figura 1. Habitatge en construcció emprant panells de fusta CLT que són estructurals i constructius alhora i també poden oferir l'acabament final.

amb una superfície de 2.164 ha arbrades (65% pi roig, 35% pi negre). La forest compta amb un Projecte d'Ordenació aprovat al 2010 per una vigència de 12 anys, el qual va ser redactat per l'enginyera Tània Giró Bartra (Punt Forestal SL), amb planificació per extreure 3.870 m³/any d'unes 753 ha (aprox. 60 m³/ha-any). La visita se centra en un rodal on es van fer actuacions silvícoles l'any 2018 (Figura 2).

Potencial dels boscos catalans

En multitud d'ocasions i contextos s'ha abordat la diagnosi i l'anàlisi dels boscos i la seva evolució recent. En termes globals, els boscos catalans són extensos i diversos, quant a formacions i estructures forestals, i quant a vocacions, valors i usos passats i actuals. Amb una superfície de més d'1,3 Mha segons el Mapa de Cobertes del Sòl de 2018, la coberta forestal arbrada és l'ús del sòl més freqüent del paisatge català (el 41% del total de Catalunya és bosc). Els boscos acullen 21 hàbitats d'interès comunitari, 6 dels quals són prioritaris i sumen unes 500.000 ha dins de la Xarxa Natura 2000 (un 38% del total).

Les Tipologies forestals ORGEST (Piqué *et al.*, 2014) identifiquen 33 espècies arbrades dominants i 171 tipus de boscos diferents per composició específica arbrada, però la diversitat de situacions és molt més alta si s'atén a les

diferents qualitats d'estació i estats de desenvolupament, i més encara quan s'incorpora la variable de la gestió. Les dades actuals quantifiquen en més de 266.000 persones físiques i jurídiques propietàries forestals privades i més de 200 entitats propietàries públiques. La propietat privada suposa un 78% de la superfície forestal, amb una mitjana de 10 ha per finca. En total, anualment s'extreuen del bosc uns 600.000 m³ de fusta de diferents tipus, el que suposa aproximadament un 27% del creixement anual (dades de l'Observatori Forestal Català).

Al darrere d'aquesta foto fixa hi ha tot un històric de canvis socioeconòmics, ecològics i climàtics que han modelat el paisatge català, des de l'economia rural de subsistència basada en l'extracció de recursos passant per la industrialització i les migracions fins a la terciarització i globalització. Amb tot, el moment actual és el de més superfície forestal de la història recent, com també el de més població (Figura 3). Clarament, les funcions demandades als boscos han canviat substancialment, com un component més del canvi del context en el qual s'han desenvolupat els boscos actuals, i que previsiblement continuarà canviant.

Malgrat la gran diversitat de situacions en què podem trobar els boscos catalans, de manera global les darreres dècades ha dominat la dinàmica d'expansió i densificació, tot resultant en una gran abundància de boscos joves, homogènics i densos alhora que molt vulnerables als incendis forestals (continuitat de combustible), a la sequera (competència pels recursos) i a la



Figura 2. Imatge aèria de la zona de visita a la forest de Pallerols, els anys 1945, 2017 (abans de les actuacions), 2019 (després de les actuacions) i 2022.

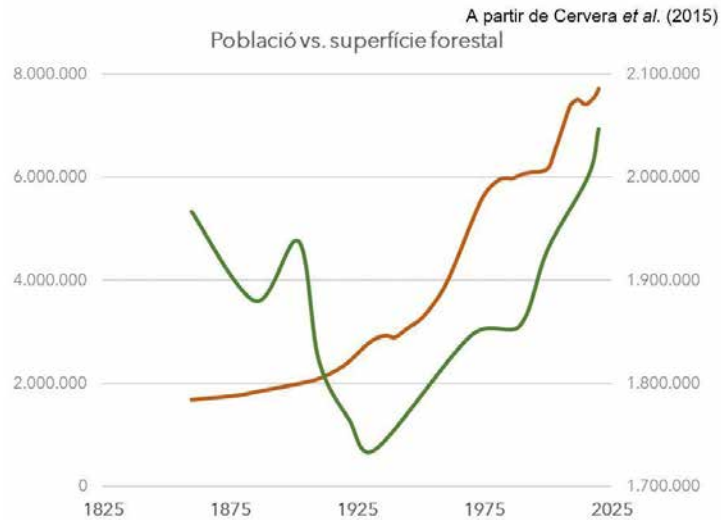


Figura 3. Evolució de la superfície forestal confrontada a l'evolució de la població a Catalunya, a partir de dades de Cervera et al. (2015).

pèrdua de biodiversitat (simplificació de l'hàbitat). La falta de gestió en aquests nous boscos i l'abandonament d'activitats sostenibles en boscos més antics, junts amb el canvi climàtic, afecta negativament els serveis ecosistèmics que ens ofereixen. A escala de paisatge, és notable el descens del cabal dels rius pel major consum d'aigua de la vegetació (Vicente-Serrano et al., 2016) o el descens dels indicadors de biodiversitat de les espècies i hàbitats associats als boscos (Brotons et al., 2020).

Per fer front a aquests problemes, cal desenvolupar una adequada gestió forestal, específicament dissenyada per a la millora de les capacitats d'adaptació al canvi climàtic i desenvolupada en un marc de planificació en diferents escales espacio-temporals. Amb una silvicultura

correcta, podem transformar masses desestructurades, vulnerables, amb baixa capacitat d'acollir biodiversitat i sense opcions de rendiment econòmic cap a masses adultes desenvolupades amb bones capacitats per a la biodiversitat i l'aprovisionament rendible (Figura 4). La millora dels boscos de manera dirigida, no només augmenta la resiliència i resistència als impactes del canvi climàtic, sinó que afavoreix la provisió de serveis ecosistèmics elementals com la generació d'aigua blava, la producció de béns directes, l'acollida de biodiversitat i l'entorn de lleure i el paisatge (Figura 5). Per molt que es vulgui focalitzar la gestió forestal en un objectiu, la multifuncionalitat és intrínseca als boscos i sempre s'ha d'integrar en el seu maneig.



Figura 4. La silvicultura és l'eina clau per a l'adaptació dels boscos al canvi climàtic i la provisió de serveis ecosistèmics. Esquerra, bosc de pinassa explotat de manera regressiva i posteriorment abandonat. Dreta, bosc de pinassa gestionat en positiu de manera contínua que ha arribat a un estat de maduresa i capitalització elevada.



Figura 5. La multifuncionalitat és intrínseca als boscos i un factor determinant per a la seva gestió (aigua, PFNF, biodiversitat, lleure).

Si el context socioeconòmic i climàtic ha canviat i és previsible que continui canviant, també la gestió forestal necessita incorporar millores per adequar-se al context. La gestió forestal sostenible i multifuncional ha de basar-se en una acurada diagnosi a escala rodal, tant de l'estat actual com de les dinàmiques passades i previsible. En el marc d'una planificació estratègica s'estableixen els objectius més adequats a les vocacions de cada zona i de manera coordinada en el paisatge, i amb la planificació operativa a escala de rodal es realitza l'optimització de la gestió a la zona. Tant si el context permet assignar un objectiu preferent de producció de fusta com si els objectius determinats són uns altres, el disseny de les actuacions silvícoles s'ha de basar en directrius tècniques específiques.

Malgrat que les necessàries innovacions en planificació i gestió forestal per a l'activació d'una bioeconomia que ha de servir de motor de l'activitat sostenible al món rural s'implementen a diferents escales i àmbits, una baula clau continua sent la implementació sobre el terreny. El marc conceptual descrit necessita potenciar la professionalització de l'execució de les actuacions silvícoles, per millorar en termes d'eficiència i seguretat i per assegurar el compliment dels objectius multifuncionals marcats. Aquesta línia ha estat present a diverses Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera el present i anteriors anys, i sobre això només queda remarcar la importància dels senyalaments. Si es volen promoure actuacions complexes, basades en aclarides selectives i multitud de factors a tenir en compte per tallar i desemboscar arbres, fa falta realitzar el senyalament complet del rodal d'actuació. Per part de personal especialitzat, s'han d'identificar tots els arbres a tallar, els arbres de futur a respectar (Figura 6) i tots aquells factors que condicionen

la qualitat de la feina: elements de valor a protegir, accessos i desembosc i zones d'apilament i classificació optimitzades.

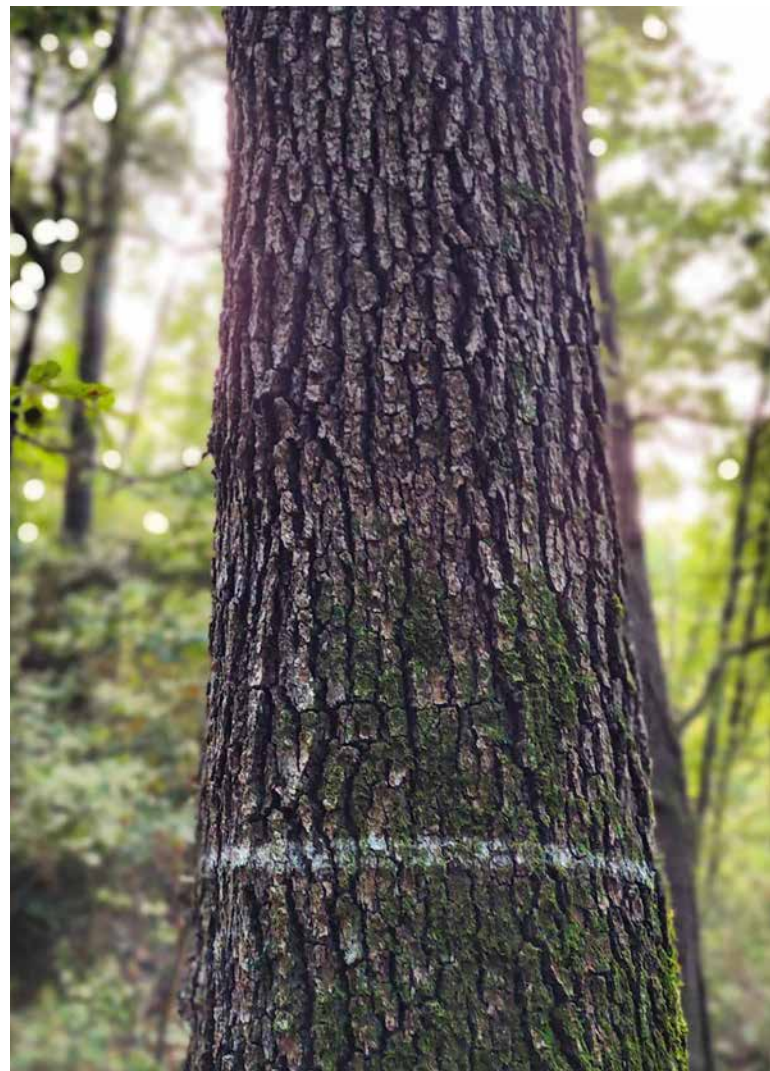


Figura 6. Roure marcat com a arbre de futur pel potencial productiu de fusta de qualitat, al voltant del qual s'aplica una aclarida selectiva.



Figura 7. Transport, dimensionat inicial i preparació de la fusta per a la seva transformació industrialitzada.

Procés industrial de transformació

El procés industrial des del bosc fins a l'edifici comença amb l'extracció i transport de la fusta en roll fins a la fàbrica, idealment comptant amb una classificació prèvia per destins al punt d'apilament; llavors els troncs s'escorcen, assequen i es dimensionen de manera preliminar (*Figura 7*). En funció de l'espècie (normalment pi negre, pi roig i avet) i l'ús previst per a aquell lot, aquest preprocesat es fa d'una manera o una altra (temps, humitat objectiu, dimensions de la primera tallada, etc.). Amb tot, la transformació més intensa o tecnificada (a part de l'assecat) es dona des de la fusta en brut fins a la peça final que s'envia a obra.

La fusta local té una qualitat variable en funció de les característiques tecnològiques dels arbres: dimensions totals, nusos vius i morts, conicitat, rectificat, concentració d'anells... Els nusos i les fibres revirades són els limitants més freqüents, a banda de la mida en diàmetre i llargada, i són precisament els factors més diferents respecte a la fusta importada. També, cal tenir en compte que la fusta importada es pot aconseguir amb un preprocesat que augmenta la seva qualitat.

Els panells CLT es componen de làmines de fusta encolades a alta pressió en diverses capes en forma de creu (dues direccions), a partir de llistons (*Figura 8*). El resultat són plaques sòlides, resistents i lleugeres, que suporten altes càrregues i tenen una formidable estabilitat

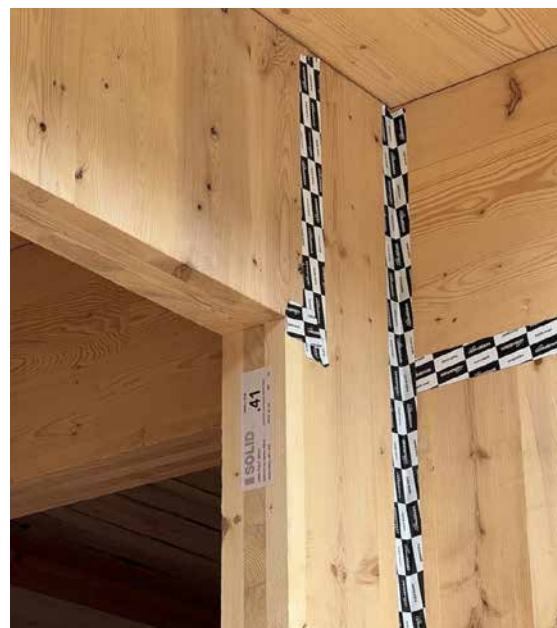


Figura 8. Els panells CLT són laminats encreuats que permeten generar panells de grans dimensions amb diversos usos constructius.



Figura 9. Detall del fingerjoint entre dues peces per generar-ne una de més gran.

dimensional, amb bon aïllament acústic i tèrmic. S'empren per a murs exteriors i interiors de càrrega, envans, forjats entre plantes, de coberta, bigues...

La generació de peces a partir de laminats constitueix el nucli de la industrialització de la fusta per a construcció, i els panells CLT en són la seva màxima expressió perquè permeten abordar la preparació de murs, parets i sòls de component estructural. Fins ara els laminats s'empraven majoritàriament per generar bigues i pilars per generar l'estructura i llavors acabar la construcció amb parets sense càrrega. Amb tot, les bigues laminades tenen molt recorregut per a estructures de grans dimensions, com els ponts o les cobertes.

Adicionalment a la creació de peces laminades, gran part de la revolució de la fusta constructiva prové del *fingerjoint* (Figura 9). És una tècnica que permet la unió de dues peces per obtenir llargades de fins a 16 m de longitud, en general en format de biga o pilar. Això permet utilitzar fusta de petit diàmetre i amb baixa resistència, sanejar-la i empalmar-la i obtenir un panell d'alta qualitat, i en general un millor aprofitament de la fusta.



Figura 10. Interior acabat d'un habitatge basat en CLT, que fa les funcions estructurals i d'acabament alhora.

Després de les innovacions per aconseguir aprofitar millor la fusta disponible i generar-ne peces amb bones propietats constructives, la construcció amb fusta es basa en innovacions de disseny (arquitectura) i de prefabricació de les peces constructives amb l'automatització de processos de dimensionament i la codificació i preparació del muntatge a obra. Aquest procés a fàbrica redueix amb escreix el temps de construcció a obra i permet obtenir unes òptimes qualitats del producte final (Figura 10).

Usos constructius actuals i futurs

D'ençà la revolució industrial i el desenvolupament de les ciutats, la construcció amb fusta a Catalunya, de caràcter encara tradicional, es va anar deixant de banda, ja que semblava que era una cosa antiga. Però a altres parts d'Europa i del món es va trobar un gran equilibri entre tots els materials constructius, i la fusta constructiva es va desenvolupar com un sector industrial més. Això és la base de les diferències entre regions respecte al desenvolupament de

la regulació normativa, dels estàndards i de les certificacions de qualitat, molt més profusa i detallada als territoris amb més presència de la fusta en la construcció. Malgrat tot, amb l'harmonització de mercats de la UE (i en especial la marca de qualitat CE i les normes EN), les diferències s'han anat reduint. A casa nostra finalment ens hem pujat a aquest tren; no hi havia una altra sortida si volíem complir amb els nous estàndards de sostenibilitat i eficiència energètica.

Segons dades del Gremi de la Fusta i el Moble de Catalunya, actualment menys de l'1% del material emprat en construcció és fusta, però la tendència creixent és clara. Tant promotors privats com administracions públiques aposten cada vegada més per la fusta. La industrialització de la producció, amb les diferents tècniques esmentades, i un major grau de coneixement i formació del sector de l'arquitectura és el motor del canvi.

Els nous models de contractació, més col·laboratius, i les eines informàtiques basades en *Building Information Modeling* (BIM) també ajuden a millorar i transformar el sector de la construcció. L'ús de BIM permet centralitzar tota la informació del projecte constructiu en un model digital 3D en temps real compartit entre totes les parts intervinents en l'obra per millorar la seva eficiència.

Els contractes col·laboratius i l'aplicació de la filosofia de treball *Lean Construction* (optimització d'activitats de valor) són claus per la millora del sector, ja que permeten millorar la coordinació i alineació entre els diferents agents que intervenen durant el procés de disseny i construcció d'una obra i augmentar així la qualitat i l'eficiència.

Ja és de coneixement general per a la societat l'ús d'estructures d'entramat lleuger i recentment del CLT per la construcció d'edificis, però la nova fita a superar és la de l'ús de la fusta local i la promoció de la bioeconomia com a eina d'equilibri territorial. Les empreses del nostre país relacionades amb la construcció en fusta sempre hem sabut dels avantatges de l'ús del material local, i ara ha arribat l'hora de demostrar tots aquests grans coneixements tant en la construcció com en el bosc. També cal destacar iniciatives com les certificacions de gestió forestal sostenible (PEFC i FSC principalment), la marca de qualitat catforest (Figura 11) i les certificacions de resistència de les diferents



Figura 11. catforest és una marca de garantia per a la comercialització de productes forestals de Catalunya, una iniciativa del sector per facilitar la identificació dels productes forestals locals en el mercat, amb garantia de sostenibilitat, proximitat i qualitat.

espècies. Cal aprofitar el ric potencial dels boscos i la indústria catalana per bastir un nou conjunt d'usos i possibilitats en diferents àmbits com la fusta per exterior, fusta estructural, paper, aïllaments, combustible, bio-refineries, i un llarg etcètera.

La descarbonització de l'economia en general i de la construcció en particular passa per l'ús de la fusta en tots els seus àmbits possibles i a partir de la gestió forestal sostenible i adaptativa al canvi climàtic. Un bon punt de partida són els habitatges, allà on passem la major part de la nostra vida, pensant en cases saludables, la transpirabilitat, la higroscopicitat, la construcció en sec i en el made in Catalunya.

Conclusions

Els boscos catalans presenten actualment un bon potencial per a la producció de fusta per a ús en construcció basada en processos industrialitzats, principalment a través de tres grans factors. El primer, per la disponibilitat de recurs, degut a la gran superfície ocupada per boscos, capa cop més capitalitzats, que presenten una gran diversitat de condicions (espècies, estructures, accessibilitat...), entre les quals aquelles que són adequades per a l'obtenció de fusta. El segon factor és la productivitat d'aquests boscos, especialment si s'aplica una gestió específica, que és adequada per a proveir de fusta amb els requeriments necessaris. I el tercer, no propi dels boscos però sí del territori, que és la capacitat d'implementar millores tecnològiques per adaptar-se a les característiques pròpies del recurs local.

Però les potencialitats no es queden només en els factors propis dels boscos o del sector



Figura 12. Objecte promocional del CTFC fabricat per Fustes Sebastia amb fusta laminada encruada de pi negre del Pirineu.

forestal (i no esmentarem les febleses pròpies), sinó que també hi ha grans oportunitats i forteses derivades de la situació i evolució socioeconòmica general. La gestió forestal sostenible i multifuncional té molts beneficis que aportar a la societat. En aquest sentit, destacàrem la necessària descarbonització de sectors clau com la construcció (*Figura 12*), un major grau de sobirania sobre l'abastiment de matèria primera, una major conscienciació sobre la governança ambiental de productes importats, i l'impuls a la bioeconomia en entorns rurals per a l'equilibri territorial, entre altres. El sector forestal català, des de la producció primària fins a la transformació industrial, ha d'abordar el repte de manera decidida amb totes les eines disponibles.

Referències

- Brotos, L., Pou, N., Sainz de la Maza, P., Pont, S., Herrando, S., Bota, G., Villero, D., Garrabou, J., Anton, M., Gual, G., Recoder, L., Alcaraz, J., Pla, M., Pino, J. 2020. Estat de la Natura a Catalunya 2020. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 56 p.
- Cervera, T., Garrabou, R., Tello, E. 2015. Política forestal y evolución de los bosques en Cataluña desde el siglo xix hasta la actualidad. *Investigaciones de Historia Económica – Economic History Research*, 11: 116–127
- 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, Barcelona. 346 p.
- Vicente-Serrano, SM., Pascual, D., Pla, E., Zabalza, J., Borràs, G., Cantos, G., Savé, R., Biel, C., Funes, I. 2016. Historical trends in climate, land use and water demands. Deliverable 12. MEDACC.



JORNADA

6

Prevenció de riscos laborals i procediments de treball en la mecanització dels treballs forestals

Oscar Garcia Companys. Enginyer de Forests. Escola Agrària del Solsonès.

Dani Tarrés Céspedes. Enginyer de Forests. Escola Agrària del Solsonès.

Miquel Bautista Lupiañez. Grau mig en Aprofitament i conservació del medi natural. Explotacions Forestals M Bautista SL.

Garcia, O., Tarrés, D., Bautista, M. 2023. Prevenció de riscos laborals i procediments de treball en la mecanització dels treballs forestals. A: Tusell, JM., Cases, G., Busquets, E. (eds). 40 Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Pp: 64-75.

Resum

La mecanització dels treballs forestals mitjançant l'ús de maquinària forestal pesada, com les processadores i els autocarregadors, és una tendència a l'alça a Catalunya. En aquest article fem un breu recull, des d'un enfoc eminentment pràctic, de consideracions que cal tenir en compte a nivell de prevenció de riscos laborals i de planificació operativa dels treballs forestals mecanitzats amb l'objectiu d'augmentar seguretat del personal implicat. Formació i especialització dels treballadors/es forestals i altres professionals del bosc; maquinària amb un bon manteniment i que compleixi amb els requeriments legals; una bona planificació prèvia dels treballs i procediments operatius clars; identificació de riscos; pla de seguretat a cada centre de treball i coordinació entre operaris/es de maquinària són aspectes clau des d'un punt de vista de seguretat i salut i també des d'un punt de vista de rendiments dels treballs.

Introducció

Es pot definir la mecanització forestal com l'ús de màquines en substitució de la força humana durant el desenvolupament dels treballs forestals. Referint-se sobretot a màquines automotrius com la processadora i l'autocarregador (*Fotografia 1*).

La processadora és una màquina dissenyada per desenvolupar treballs d'abatiment, desbrancat i trossejat d'arbres mitjançant un capçal processador multifunció implementat a la punta d'una grua hidràulica. L'autocarregador està dissenyat per desemboscar la fusta carregant-la, mitjançant l'ús d'una grua hidràulica, a sobre d'una plataforma situada al darrere de la màquina.

La mecanització dels treballs forestals no és un concepte nou al sector. És cert que en els darrers anys és un terme que està en boca de la societat com a possible solució a algunes de les problemàtiques del sector forestal, com per exemple: l'eliminació o reducció d'alguns riscos laborals per als treballadors/es, o la viabilitat de certs treballs forestals. Però també cal tenir en compte que la mecanització dels treballs implica uns nous procediments operatius que creen nous riscos derivats d'aquesta activitat laboral.

En aquest article s'enumeren els elements de seguretat que trobem en aquesta tipologia de maquinària, les recomanacions de seguretat pel seu maneig i també en les operacions de manteniment bàsic. A més a més, es pretén fer una anàlisi dels protocols i procediments de treball que cal seguir a l'hora d'executar treballs forestals d'abatiment, processat i desembosc de fusta emprant la processadora i l'autocarregador. Tot per garantir la seguretat dels treballadors/es sense perdre productivitat.

Consideracions prèvies per a la prevenció de riscos laborals en els treballs forestals mecanitzats¹

Abans de començar els treballs a bosc amb la processadora o l'autocarregador, caldrà tenir en compte un seguit de consideracions pràctiques per la prevenció de riscos en aquesta tipologia de treballs. Algunes són d'obligat compliment i estan subjectes a diferents normatives. D'altres són una recomanació dels autors.



Fotografia 1. Autocarregador John Deere 1510e (esquerra) i processadora John Deere 1270e (dreta), tal i com s'aprecia a la foto en algunes ocasions és complicat garantir les distàncies de treball segures. Font: Miquel Bautista.

¹ Si esteu interessats en aprofundir en aquestes consideracions pràctiques podeu consultar l'article de les Jornades Tècniques Silvícoles de l'any 2022 "Eficiència i seguretat en els treballs forestals: aspectes pràctics de la prevenció de riscos laborals al bosc" (Garcia, O. 2022)

1 Obertura de centre de treball i coordinació d'activitats empresarials (obligatori)

Prèviament a l'inici dels treballs és obligatori que l'empresa, amb independència d'altres sol·licituds que s'hagin d'efectuar o de les autoritzacions que s'hagin d'atorgar per altres autoritats, comuniqui a la Direcció General de Relacions Laborals, Treball Autònom, Seguretat i Salut Laboral del Departament d'Empresa i Treball l'obertura d'un centre de treball.

A més a més, quan en el mateix centre de treball es desenvolupin activitats en les que intervinguin treballadors/es de dues o més empreses o treballadors/es autònoms serà necessari portar a terme la Coordinació d'Activitats Empresarials (CAE) d'acord amb el que estableix el Reial decret 171/2004, de 30 de gener, en matèria de coordinació d'activitats empresarials.

2 Definició de la Planificació Operativa (recomanació)

És una planificació exhaustiva dels treballs forestals i dur-la a terme garanteix la productivitat, la seguretat i el rendiment. És imprescindible que sigui coneguda per tots els treballadors/es.

Caldrà descriure els límits de la zona de treball i fer-ne un croquis identificant la planificació de desenvolupament dels treballs. Aquesta planificació hauria d'incloure: les pistes de desembosc, els carrers, la ubicació dels carregadors, la direcció de desembosc (i per tant direcció d'abatiment prioritària), els vehicles, la maquinària... i possibles riscos potencials.

També es descriuran els procediments de treball i se'n farà una temporalització detallant possibles treballs previs, per exemple: obertura de pistes de desembosc, carrers, desbrossada, etc. També hauria d'incloure el mètode de marcatge i/o criteri silvícola de tallada, mètode d'abatiment, processament dels arbres, eliminació de restes, mètode de desembosc, classificació de la fusta i transport.

3 Avaluació de Riscos i Pla d'emergència (obligatori)

L'avaluació de riscos és un document que s'elabora després de portar a terme un reconeixement exhaustiu del lloc de treball, i de determinar quina serà la planificació operativa per l'execució dels treballs. En ella caldrà identificar els riscos específics i les mesures preses per tal d'eliminar-los i/o minimitzar-los, en la mesura del que sigui possible.

El pla d'emergència ha de ser un document molt senzill que s'utilitzarà per informar d'una possible emergència que pugui sorgir durant els treballs. Aquest document ha d'estar visible i disponible en tot moment al llarg de l'aprofitament.

4 Senyalització dels treballs forestals (obligatori)

Abans de començar qualsevol treball forestal s'ha de senyalitzar correctament la zona per tal d'alertar i informar clarament sobre riscos específics de la zona i les situacions especials a persones alienes a l'obra, al personal operari de l'actuació forestal i al personal afí.

5 Transport de combustibles i provisió de carburant de les màquines (obligatori)

Per al transport de combustibles fins als treballs forestals s'ha de tenir present que cal complir amb les especificacions de l'Acord Europeu sobre transport internacional de mercaderies perilloses per carretera (ADR), que fixa per aquests casos unes quantitats màximes permeses de combustible. Com a màxim es pot transportar 333 litres amb garrafes homologades (UN:1203) i han d'estar correctament senyalitzades (etiqueta de perill de les classes 3 + marca de perillós per al medi ambient).

6 Trobada diària de personal implicat en un aprofitament forestal (recomanació)

És una bona pràctica dedicar una estona cada matí, abans de començar la jornada, a realitzar una petita trobada de totes les persones implicades en els treballs que es duran a terme al llarg de la jornada. L'objectiu és comentar possibles canvis en el planificació operativa, fer un breu recordatori de l'avaluació de riscos i del pla d'emergència, i explicar les condicions meteorològiques previstes.

7 Transport de maquinària fins al bosc (obligatori)

Les processadores i els autocarregadors habitualment es transporten fins al bosc amb camions plataforma o gòndoles (*Fotografia 2*). Normalment no poden circular per carretera perquè no és freqüent que estiguin matriculats o disposin de permís de circulació. El transport, la càrrega i descàrrega haurà de fer-se amb seguretat complint tota la normativa vinculada (alçades, estiva de la càrrega, senyalització lumínica, etc.).



Fotografia 2. Autocarregador carregat a sobre d'una gòndola. Font: Miquel Bautista

Previsió de riscos laborals en el maneig de processadores i autocarregadors

Les processadores i els autocarregadors són maquinària forestal pesada i autopropulsada que permeten mecanitzar les operacions de tala, desbrancat, trossejat i desembosc. L'operari/a ja no manipula la màquina a peu d'arbre sinó que ho fa, en la major part del temps, des d'una cabina de conducció. Són una alternativa als treballs forestals "tradicionals" (motoserra i desembosc amb tractor i cabrestant) però estan condicionades per alguns factors limitants com per exemple: el pendent (<40%) i el tipus de sòl, la massa romanent, el volum aprofitable o la obligatorietat d'establir carrers dins de la massa

Riscos associats als treballs amb maquinària forestal pesada

Els llocs de treball i les operacions que es realitzen amb maquinària forestal pesada són molt variades i aquest fet provoca que les persones operaries estiguin sotmeses a riscos molt diferents:

Taula 1. Riscos associats als treballs amb maquinària forestal pesada.

- Talls amb objectes o eines.
- Punxades i talls.
- Projecció de partícules, fragments i objectes.
- Projecció de fluids a pressió.
- Atrapament per o entre objectes.
- Atrapament per bolcada de màquines o vehicles.
- Atropellaments i autoatropellaments.
- Cops i xocs contra objectes mòbils o immòbils.
- Incendi i explosió.
- Exposició a temperatures ambientals extremes.
- Soroll i/o vibracions.
- Contactes amb éssers vius.
- Contacte amb substàncies càustiques i corrosives.
- Fatiga física i sobreesforços per: posició, desplaçament, esforç i/o maneig de càrregues.
- Caiguda de persones al mateix i diferent nivell.
- Contactes tèrmics.
- Contactes elèctrics.

Condicions mínimes legals i de seguretat de la maquinària

a) Normativa

L'article 3 del Reglament (UE) núm. 167/2013 defineix "tractor" com a "tot vehicle agrícola o forestal de rodes o erugues, de motor, amb almenys dos eixos i una velocitat màxima de fabricació igual o superior a 6 km/h, la funció del qual resideix fonamentalment en la seva potència de tracció i que estigui especialment concebut per arrossegar, empènyer, transportar i accionar determinats equips intercanviables destinats a

usos agrícoles o forestals, o arrossegar remolcs o equips agrícoles o forestals; pot ser adaptat per transportar càrregues en feines agrícoles o forestals i estar equipat amb un o diversos seients de passatgers". Així doncs, segons normativa, un autocarregador o una processadora estan considerats com un tractor a nivell normatiu.

L'apartat 5 de l'article 3 del Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització dels treballadors dels equips de treball, estableix que l'empresari adoptarà les mesures necessàries perquè, mitjançant un manteniment adequat, els equips de treball es conservin durant tot el temps d'utilització en unes condicions adients previstes en la normativa. En l'apartat 2 de l'article 4 estableix que l'empresari adoptarà les mesures necessàries perquè aquells equips de treball, sotmesos a influències susceptibles d'ocasionar deterioraments que puguin generar situacions perilloses, estiguin subjectes a comprovacions i, si és el cas, proves de caràcter periòdic. L'objectiu és assegurar el compliment de les disposicions de seguretat i de salut i de prevenir aquests deterioraments.

En el cas dels tractors, aquestes comprovacions seran principalment les realitzades en ocasió de la inspecció tècnica de vehicles. Tal com estableix el Reial Decret 920/2017, pel qual es regula la inspecció tècnica de vehicles, la freqüència de la inspecció tècnica dels tractors de rodes agrícoles o forestals, amb una velocitat màxima de fabricació inferior a 40 km/h és la següent: Fins a 8 anys: exempt, de 8 a 16 anys: biennal i més de 16 anys: anual. Els resultats de les comprovacions s'han de documentar i estar a disposició de l'autoritat laboral.

Com qualsevol altre vehicle de motor, per poder conduir un vehicle especial agrícola cal que el conductor estigui autoritzat mitjançant el corresponent permís o llicència de conducció. Així mateix, per circular per les vies públiques, els conductors estan obligats a estar en possessió i portar els documents següents: La llicència o permís de circulació, la Targeta d'Inspecció Tècnica (ITV) i una assegurança obligatòria.

A més d'aquests documents, els vehicles especials agrícoles que superin les masses i les dimensions màximes autoritzades per als vehicles ordinaris necessiten una autorització especial.

Tota la maquinària que estigui fabricada a partir de l'any 1995 ha de disposar d'una declaració CE

de conformitat (marca CE). El manual d'instruccions sempre ha d'estar disponible a la màquina i ha d'estar en una llengua que entengui la persona operària. També ha de complir amb els requisits fixats pel Reial decret 1215/1997, de 18 de juliol, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització de la maquinària per part del personal. En el cas dels equips fabricats amb anterioritat a l'any 1995 han de disposar d'un estudi d'adequació emès per un professional tècnic competent.

El Reial Decret 1215/1997 obliga per a totes les màquines que:

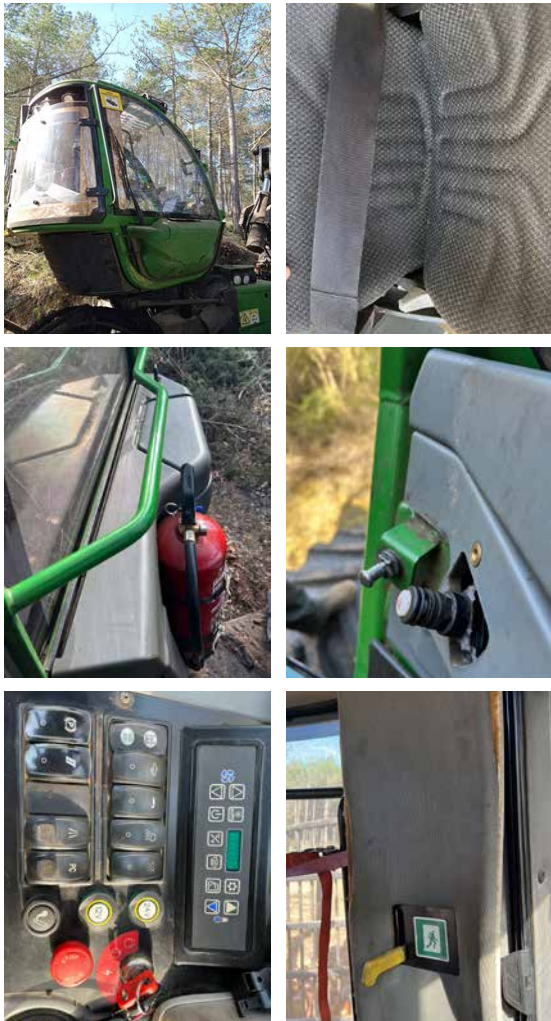
- Els dispositius per accionar la maquinària seran clarament visibles. Estaran adequadament senyalitzades i situades fora de zones perilloses on no sigui factible la seva manipulació involuntària.
- Les zones de la màquina (elements mòbils, engranatges...) on es puguin produir enganxaments i/o atrapaments hauran d'estar protegides per dispositius o mecanismes de protecció.

A més a més, la maquinària forestal pesada hauria d'incorporar els següents elements i dispositius de seguretat (*Fotografia 3*):

- Les màquines han de comptar amb dispositius de parada d'emergència com: un interruptor de parada clarament visible i senyalitzat, i situat fora de zones perilloses on no sigui factible la seva manipulació involuntària. També ha d'incloure un interruptor de seguretat per a la porta que eviti que la màquina pugui treballar amb la porta oberta.
- Les cabines han de comptar obligatòriament amb estructures de protecció ROPS (protecció bolcada), FOPS (caiguda objectes) i OPS (penetració d'objectes) segons norma ISO 8084.
- La cabina ha d'incloure una sortida d'emergència amb obertura des de l'exterior. Aquesta ha d'estar sempre lliure i no es pot obstaculitzar ni fixar.
- Seient amb cinturó de seguretat.
- Extintor a la cabina accessible per a l'operari i un altre extintor exterior (opcional).
- Senyalització acústica de marxa enrere.
- Sistema d'il·luminació exterior adequat.
- Pictogrames que senyalin els elements o zones perilloses de la maquinària.
- Agafadors que facilitin l'accés a la cabina o altres zones de la màquina i superfícies anti-lliscants als esglaons d'accés a la cabina i a les zones de manteniment de la màquina.

Les màquines han de tenir un equip de primers auxilis (farmaciola) i és molt recomanable disposar d'equips de comunicació.

Normativament s'ha de tenir en compte que, qualsevol reforma d'importància al vehicle que sigui posterior a la fabricació (modificació, substitució, incorporació o supressió), s'haurà de regularitzar davant l'òrgan de l'administració competent en matèria d'indústria.



Fotografia 3. Elements de seguretat d'una màquina pesada forestal, d'esquerra a dreta i de dalt a baix: cabina amb sistemes ROPS, OPS i FOPS; extintor i agafadors; interruptor de seguretat per la porta; seients amb cinturó de seguretat; parador d'emergència i sortida d'emergència. Font: Daniel Tarrés.

Ús dels Equips de Protecció Individual

En el cas d'operador/es de processadores forestals o autocarregadors caldrà emprar, segons el cas, els següents Equips de Protecció Individual (EPI): roba de treball còmoda, ajustada i d'alta visibilitat per garantir que el maquinista sigui vist per altres operaris/es quan abandoni la cabina; calçat de seguretat amb sola antilliscant, impermeable i amb puntera reforçada. (UNE-EN 345); casc i protectors auditius quan sigui necessari (UNE EN 397: 1995); guants resistent a olis hidràulics per realitzar les operacions de manteniment (UNE- EN 374); ulleres de protecció ocular per realitzar, per exemple, el manteniment dels dispositius hidràulics (UNE-EN 166:2002).

Manteniment preventiu

Per tal de reduir el risc d'accident és bàsic portar a terme el manteniment preventiu seguint les recomanacions del fabricant al manual d'instruccions en quant a punts de revisió, periodicitat o reposicions. De forma general el manteniment es portarà a terme amb el motor apagat i amb la màquina estacionada en un lloc pla i estable, amb la grua al terra, la direcció bloquejada, les claus fora del contacte, l'ordinador apagat i el fre d'estacionament accionat. Si hi ha dubtes sobre el funcionament dels frens, aquesta s'ha de calçar.

Recomanacions pel maneig segur d'autocarregadors i processadores

És important recordar que els treballs amb maquinària pesada s'han de portar a terme per professionals amb formació teòrica i pràctica específica en aquest lloc de treball.

a) Normes generals

- Mai no hi ha d'haver terceres persones a l'àrea de treball de les màquines. En processadores hi ha variacions segons els fabricants, però s'ha fixat una distància de seguretat mínima de 70 metres. En el cas d'autocarregadors, es pren com a norma general la llargada de la grua més dues vegades l'alçada dels arbres o troncs que s'estiguin manipulant com a distància de seguretat.

- _ Si una processadora i un autocarregador treballen conjuntament, s'ha de mantenir una distància de separació entre tots dos de com a mínim 50 metres.
- _ S'ha de tenir en compte les condicions meteorològiques i del terreny. Treballar en dies de fort vent no és recomanable ni tampoc quan el terreny està molt humit per evitar danys d'erosió (Fotografia 4).



Fotografia 4. Autocarregador atrapat dins del fang.
Font: Miquel Bautista.

b) Ergonomia pel maneig segur de les màquines

- _ Accés i sortida de la cabina: es pujarà i baixarà sempre de cara a la cabina per les escales i plataformes d'accés, utilitzant els agafadors.
- _ Quan s'abandoni la cabina s'aturarà la màquina i el motor, es tallarà l'electricitat i es trauran les claus del contacte.
- _ Dins la cabina s'ha de:
 - Regular i adaptar el seient, el reposabraços i els panells.
 - Mantenir els retrovisors en bon estat i perfectament regulats
 - Treballar amb les portes i finestres de la cabina tancades. La temperatura es mantindrà més estable, s'evita la inhalació de pols i s'aconsegueix la màxima insonorització sense superar els 85 dB ja que en cas contrari és obligatori utilitzar protectors auditius.

c) Maneig segur de la maquinària en els desplaçaments.

- _ A la cabina només hi pot anar l'operador de la màquina.
- _ Amb l'objectiu de desplaçar-se per la forest de forma segura, s'adaptarà la velocitat i la conducció a les característiques de la zona de treball, evitant circular sobre munts de restes, brancada o pedres.
- _ Es comprovarà periòdicament els senyals d'alarma dels inclinòmetres.
- _ En terrenys amb pendent, sempre que sigui possible, els desplaçaments es realitzaran per la línia de màxim pendent i es procurarà no girar de manera brusca amb la màquina. S'ha de tenir especial cura amb els girs bruscos i amb les connexions entre pistes i carrers de desembosc.
- _ Si no és possible la conducció en línia de màxima pendent, i el desplaçament ha de fer-se de forma transversal pel vessant, cal tenir en compte que els angles de bolcada varien amb la càrrega. A mesura que augmenta la càrrega, disminueix l'angle de bolcada. Si la màquina disposa de grua, s'estendrà parcialment cap a la part superior, buscant més estabilitat. El risc de bolcada longitudinal és més baix, tot i que existeix, i en cas que es produeixi l'accident sempre sol ser major.

d) Treball amb seguretat al costat de línies elèctriques

- _ Se senyalitzarà la zona de treball segura i s'indicaran les rutes segures per a la maquinària, tenint en compte que la distància de seguretat a les línies elèctriques anirà a funció de la tensió nominal de la línia. Per norma general, no s'ha d'utilitzar la grua a menys de 15 m al costat de línies d'alta tensió i de 9 m al costat de línies de mitja tensió.
- _ Es reduirà la velocitat de la maquinària i de la grua.
- _ S'extremaran les precaucions en trams amb molta distància entre pals, ja que el vent pot moure els cables i variar la distància entre nosaltres i la línia. S'ha de tenir especial cura en els desplaçaments sobre terreny irregular, ja que existeix la possibilitat que la

maquinària faci algun moviment bruscat i entri en contacte amb la línia.

- En cas de contacte accidental de la grua, grapa de l'autocarregador o capçal processador amb la línia elèctrica l'operari/a s'ha de quedar al seient (si és possible) i demanar auxili amb el telèfon mòbil o amb l'emissora. En general, l'operari/a està més segur dins de la màquina. El perill és més gran si algú està en contacte amb el terra i la màquina alhora. Seguidament, alguna persona de l'exterior hauria de comprovar que la grua o una altra part de la màquina no estiguin enganxades al cable de la línia elèctrica. En el cas que només estiguin en contacte, l'operador pot intentar alliberar-se i fer marxa enrere amb compte o abaixar la grua, sempre seguint les indicacions de la persona a l'exterior. En el cas d'haver d'abandonar la màquina, es farà saltant amb els peus junts o de manera que un sol peu toqui el terra ja que el camp de tensió del terra pot crear una tensió mortal entre les cames. Finalment, es notificarà l'accident al responsable de la línia elèctrica i no es deixarà la màquina sense vigilància ni es permetrà pujar-hi fins que el responsable de la línia assegurï que ja no hi ha perill.

e) Maneig segur en les operacions de càrrega i descàrrega (autocarregador)

- Durant les operacions de càrrega i descàrrega es posarà especial atenció a la zona de treball de la grua. S'ha d'assegurar que no hi hagi ningú en aquesta zona abans de començar a treballar.
- Es procurarà tenir una visió completa del moviment de la grua des del lloc de comandament.
- Abans d'iniciar la tasca, s'assegurarà tenir la màquina totalment parada en una zona estable, amb la palanca de canvi en posició de punt mort i el fre de mà travat.
- La grapa de la grua ha d'abraçar els rols del tot i pel mig, per evitar un moviment pendular de la càrrega que podria desestabilitzar el conjunt.
- Mai es deixarà la grua en posició elevada amb la càrrega suspesa.
- Quan s'hagi de carregar els rols allunyats de la grua, s'estendrà el braç al màxim i

s'arrossegarà la fusta per apropar-la abans d'eleva-la amb la grapa. Així es redueix el risc de bolcada. S'ha de tenir sempre en compte els límits de càrrega màxima per les diferents longituds de la grua.

- Durant la càrrega, es distribuïran els rols de forma equilibrada sense superar el límit superior de la caixa (*Fotografia 5*). Un cop acabada la tasca de càrrega, es deixarà la grapa bloquejada a la fusta.



Fotografia 5. Autocarregador carregant fusta llarga longitudinalment. Font: Miquel Bautista

Procediment operatiu dels treballs forestals mecanitzats

Tallada i processat d'arbres amb processadora

La processadora és una màquina forestal d'unes 20 tones (*Fotografia 6*) dissenyada per desenvolupar treballs d'abatiment, desbrancat i trossejat d'arbres mitjançant un capçal processador multifunció implementat a la punta d'una grua hidràulica. El capçal és un element pesat que afegit a la longitud del braç de la grua (entre 7 i 9 metres) i al pes de l'arbre abatut suposa un elevat risc de bolcada que cal tenir molt en compte quan es treballa en pendent. Les processadores de rodes no haurien de treballar en

pendents de més del 35% i les de cadenes amb cabina autoanivellant fins el 40%. Igualment, a partir del 20-25% de pendent el rendiment de la grua es redueix i augmenten els problemes de falta d'estabilitat per bolcatge lateral.



Fotografia 6. Processadora de cadenes Neuson Forest 264HVT (superior) i processadora de rodes (6x6) John Deere 1270e (inferior). Font: Web de Neuson Forest i Daniel Tarrés.

A zones amb pendent s'extremaran les precaucions i en cas d'haver de treballar-hi s'utilitzarà, si és possible, una màquina amb el conjunt cabina-grua auto anivellable. En aquesta situació s'estacionarà sempre en línia de màxima pendent i es respectarà en tot moment la capacitat del capçal, intentant no tallar arbres de dimensions superiors a les recomanades pel fabricant del capçal.

Sempre que sigui possible el desplaçament pels carrers serà en sentit de màxima pendent. En el cas que sigui necessari desplaçar-se fora dels carrers també es farà en el mateix sentit i mantenint el braç enganxat a la màquina. Quan l'única opció sigui desplaçar-se fora del carrer per la corba de nivell s'estendrà el braç amb el capçal cap a la part superior de la pendent, per incrementar l'estabilitat de la màquina. Igualment, sempre s'ha d'estar atent als senyals d'alarma dels inclinòmetres.

Abans de començar un aprofitament amb processadora caldrà planificar els treball de manera minuciosa (Definició de la Planificació Operativa i Avaluació de Riscos). Si és possible s'escollirà la processadora i el capçal que millor s'adaptin al lloc de treball i al diàmetre dels arbres a aprofitar. Segons l'estat del terreny muntarem tracks (oruga) a les rodes de la processadora per permetre un desplaçament segur incrementant la tracció i reduint el risc d'accident.

El primer que cal tenir en compte és que la processadora treballa per carrers (*Fotografia 7*) i està dotada d'un capçal multifunció, instal·lat a la punta d'una grua, que permet tallar els arbres (allunyats fins a la distància màxima que permet la grua), traslladar-los fins al punt d'apilat, al costat del carrer de desembosc, desbranacar-los a sobre el mateix carrer i trossejar, classificar i apilar la fusta al costat dels carrers.



Fotografia 7. Carrers en una aclarida de millora. Font: Miquel Bautista

El disseny dels carrers és bàsic per evitar la compactació del sòl forestal i optimitzar-ne l'execució dels treballs forestals. Prioritàriament els carrers seran en màxima pendent, d'amplada variable 4 - 5 m, i la separació entre ells ha de ser com a màxim el doble de l'abast de la grua amb el capçal (en terreny pla). Aquest disseny fa que, un cop la processadora està al carrer, el capçal pugui arribar als peus que cal tallar. S'ha de tenir molt en compte que cal habilitar accessos als carrers des de les pistes i que l'angle d'aquest ha de ser el suficient per facilitar-ne la mobilitat (uns 130°). Els carrers es reutilitzaran cada cop que es duguin a terme aprofitaments. Aquests poden ser emprats per diferent tipus de maquinària així que han de ser dissenyats pensant amb la màquina més "restrictiva" que els emprarà.

El procediment de treball de tallada i processament del tronc amb processadora és el següent:

- La processadora s'ha d'ubicar a prop de l'arbre a tallar (distància de la grua) i amb el capçal s'agafa l'arbre pel costat oposat a la direcció d'abatiment escollit. Es baixa el capçal fins a l'alçada de la soca i es realitza el tall.
- Un cop tallat l'arbre es tomba i es comença el desbrancat i tallada de la copa (fins al diàmetre mínim comercial). Els residus de tallada es deixen sobre el carrer per minimitzar la compactació del sòl durant el pas de la maquinària.
- Quan es té el tronc desbrancat habitualment es porta a terme el trossejat (la mida de les trosses és variable en funció del producte), el classificat i l'apilat de les trosses al costat dels carrers. Les piles es poden deixar a un o als dos costats del carrer en funció del tipus de tallada, tallada arreu o no. S'apilen les trosses evitant que rodin pendent avall, sempre tenint en compte el sistema de desembosc que s'utilitzi. S'evita processar els arbres en la direcció de la cabina o de les persones i s'assegura que no hi hagi ningú dins de la zona de perill de la processadora (70 metres).

Els rendiments d'una processadora són variables en funció de múltiples factors (pendent, tipus de tallada, espècie..) però aquests oscil·len entre 100-120 tones al jornal en tallades finals i entre 40-60 tones en aclarides.

Desembosc amb autocarregador

L'autocarregador és un tractor forestal d'unes 15 tones de pes dissenyat per desemboscar la fusta carregant-la (i descarregant-la) a sobre d'una plataforma situada al semibastidor del darrere de la màquina per mitjà d'una grua hidràulica inclosa a la mateixa màquina.

Els autocarregadors presenten més limitants a l'hora de treballar que les processadores. Cal tenir en compte que un cop carregats el seu pes pot arribar a les 25 tones. Per exemple, no acostumen a treballar de manera eficient i segura amb pendents superiors al 30% (desplaçant-se en màxima pendent), i de fet amb pendents del 20% es treballarà de manera preferent en baixada.

La estabilitat de l'autocarregador també es veu compromesa per l'existència d'obstacles (pedres, soques..) que fan variar el centre de gravetat de la màquina i la poden desestabilitzar. Les diferents marques han treballat en augmentar l'estabilitat jugant amb les mides de la màquina (màquines més amples i baixes = més estables) o per exemple en el desenvolupament d'eixos de rodament de format boggie.

L'autocarregador és menys estable com més es carrega, ja que el seu centre de gravetat s'eleva. Per aquest motiu, es començarà el desembosc per aquelles zones més delicades desplaçant-se per elles amb el vehicle buit o amb molt poca càrrega. També cal tenir molt en compte el possible moviment de la fusta quan anem a mitja càrrega, ja que pot desestabilitzar la màquina.

L'autocarregador, igual que la processadora, treballa desplaçant-se per dins de la massa forestal a través dels carrers. El maquinista condueix la màquina fins la primera pila, o piles, de fusta, l'estaciona en una posició estable, acciona la grua i càrrega sobre la caixa la pila, o piles, que li permeti la longitud del braç de la grua. Després es torna a posar en moviment per desplaçar-se fins la següent pila o piles. Si la fusta és curta s'anirà carregant transversalment a la caixa i, si és fusta llarga, la càrrega s'anirà realitzant longitudinalment. Un cop completada la capacitat de càrrega de la màquina aquesta es desplaça fins al carregador, on es porta a terme la descàrrega emprant de nou la grua hidràulica.

En terrenys amb pendent i amb carrers que només tinguin sortida per un costat, s'entra al carrer amb la caixa buida, marxa enrere i de baixada quan l'accés sigui per la part més alta. En canvi, quan l'entrada sigui per la part inferior de la pendent s'entrarà marxa endavant i de pujada.

Cal tenir en compte que el nombre de cicles (desplaçament-càrrega-desplaçament) depèn bàsicament de la longitud de la grua, sent els autocarregadors amb la grua més llarga les que permeten carregar més fusta des d'un mateix punt.

Aquest sistema de desembosc implica que prèviament la fusta ha d'estar apilada sinó el rendiment baixa dràsticament. Habitualment les piles s'ubiquen al costat dels carrers, en perpendicular al pendent del terreny. Però si es disposa d'un autocarregador amb una grua ràpida i prou llarga, pocs productes classificats i facilitat de mobilitat per la massa, es podria plantejar formar piles per tota l'àrea d'aprofitament i així estalviar temps de treball amb la processadora (màquina més cara). Per optimitzar el procés de càrrega, les piles han de ser un múltiple de la capacitat de càrrega que tingui la grapa.

Molts cops és habitual que les piles de fusta es facin diferenciant tipus de productes per indústria (classificant), i en aquests casos els autocarregadors carregaran un únic tipus de producte en cada cicle. S'ha de tenir en compte que, quants més productes diferenciem, més baixarà el rendiment del desembosc.

El rendiment dels autocarregadors varien en funció de la seva capacitat de càrrega, mida de la grua i tipus de tallada, però es pot fixar un rendiment aproximat entre 100 - 200 tones al dia. Això implica que caldrà planificar uns carregadors prou grans i que es vagin buidant de manera constant.

Conclusions

Cada cop és més habitual la mecanització del treball forestal a Catalunya mitjançant l'ús de maquinària forestal pesada com les processadores forestals i els autocarregadors. Aquesta maquinària aporta molts avantatges a nivell de seguretat i salut dels treballadors forestals, però també és cert que amb el seu ús apareixen nous riscos que cal tenir molt en compte.

Operaris/es formats i altament especialitzats, maquinària en condicions, una molt bona planificació prèvia dels treballs, identificació de riscos, pla de seguretat, coordinació entre operaris/es de maquinària, treballadors/es forestals i altres professionals del bosc i uns procediments operatius clars són vitals des d'un punt de vista de seguretat i salut i també d'un punt de vista de viabilitat i rendiment dels treballs.

En un sector, el forestal, on tradicionalment hi ha hagut molt poca consciència del risc i molts pocs hàbits preventius i on habitualment els treballadors han desenvolupat la seva feina en condicions poc ergonòmiques i poc saludables, és complicat d'un dia per un altre portar a terme canvis a consciència profunds a nivell preventiu. Tot i així, aquest canvi de mentalitat del sector és necessari per la seva dignificació.

La mecanització dels treballs forestals requereixen d'una formació altament especialitzada dels operaris de la maquinària, metodologies i procediments operatius estandarditzats que minimitzin els riscos dels treballs i augmentin la productivitat.

Les diferents consideracions sobre prevenció de riscos i planificació dels treballs forestals mecanitzats que es recullen en aquest article volen ser una aportació a la seguretat dels operaris/es i, per tant, és una aportació a la productivitat i la dignificació del sector.

Agraïments

Cal agrair a l'empresa Explotacions Forestals M Bautista SL i en especial al Miquel Bautista per la seva col·laboració i bona predisposició a l'hora d'organitzar la jornada i elaborar el present article.



JORNADA

7

La millora genètica forestal a Catalunya: els fonaments de la plantació forestal

Neus Aletà Soler. Dra. Enginyera Agrònoma. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries.

Rut Sánchez Bragao. Dra. Biologia Vegetal. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya

Miquel Segarra Trepat. Enginyer de Forests. Cap de l'Àrea d'Espais
Naturals i Recursos genètics forestals de Forestal Catalana SA.

Jaime Coello Gómez. Dr. Enginyer de Forests. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

Joan Abel Bachs. Enginyer de Forests. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries.

Anna Teixidó Compañó. Enginyera de Forest. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

Aletà, N., Sánchez, R., Segarra, M., Coello, J., Abel, J., Teixidó, A. 2023.

La millora genètica forestal a Catalunya: els fonaments de la plantació forestal.

A: Tusell, JM., Cases, G., Busquets, E. (eds). 40 Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera. Pp: 76-87.

Resum

Els programes de millora genètica forestal acostumen a desenvolupar-se en espècies amb interès econòmic o ambiental en una determinada àrea geogràfica, per respondre a les demandes del sector. Cada cop més, un dels criteris de selecció és adaptar les produccions als nous escenaris, sobretot climàtics, on ens dirigim. Es tracta doncs d'emprar la biodiversitat existent en aquell gènere o espècie per seleccionar materials amb bones respostes en el present, però també de preservar-la en el marc de necessitats adaptatives futures, sovint poc predictibles. En aquesta jornada es van presentar les activitats de millora genètica forestal en marxa a Catalunya, amb especial èmfasi en espècies productores de fusta de qualitat i fruiters forestals d'alt valor (pinyer i castanyer). L'objectiu final és que arribi al mercat de viveristes material forestal de reproducció (MFR) de les categories Qualificat i Controlat amb criteris d'ús ben definits.

Introducció

La superfície de plantacions forestals i boscos plantats a nivell mundial s'ha duplicat en els últims 15 anys i, segons dades de 2020, supera ja els 300 milions d'hectàrees i va *in crescendo* (FAO,2020). En canvi les repoblacions aquí a Catalunya no superen les 300 hectàrees anuals considerant els 10 últims anys. La millora genètica forestal (MGF) es correspon tradicionalment amb les activitats que es desenvolupen en algunes espècies per incrementar la disponibilitat de productes forestals amb interès comercial: fusta, pasta de paper, fruits, reina. Aquests van ser els objectius pels quals es va desenvolupar la genètica forestal en espècies com l'eucaliptus, els pollancre, alguns pins, pícees o avets, etc., i es constata que no deixen de ser-ho encara avui per algunes de les espècies més emprades industrialment. Més recentment, la MGF ha anat incloent altres objectius de caire ambiental, com incrementar l'absorció de carboni, absorbir partícules en suspensió, o millorar la sanitat de les masses forestals. Actualment, l'emergència climàtica és la que marca les noves prioritats de millora, ja que els recursos d'adaptació natural de les espècies (mutació, migració, hibridació, etc.) són massa lents per poder afrontar la celeritat dels canvis ambientals previstos. Així, el primer objectiu de millora, per a qualsevol espècie forestal, és afavorir la seva capacitat d'adaptació, considerant com principals caràcters la plasticitat adaptativa i l'eficiència en l'ús de l'aigua.

Les necessitats de millora d'una espècie estan definides per les expectatives que una determinada societat té d'ella, i poden ser molt diferents segons la zona del món. Per tant, cada espècie/grup d'espècies tindran unes necessitats particulars que hauran de quedar ben definides, des de tots els punts de vista, a l'hora de prioritzar els caràcters de millora.

Els primers passos de qualsevol Programa de MGF consisteixen a determinar la diversitat genètica que existeix en l'espècie en qüestió en la zona climàtica, país o ecosistema on es vol treballar. Moltes de les espècies amb interès forestal a Catalunya han estat àmpliament estudiades a Europa i, per tant, accedir als treballs existents és el pas previ. Això suposa recórrer i valorar els diferents resultats científics i conèixer el comportament reproductiu de l'espècie, sense oblidar les directrius marcades, per la seva conservació i caracterització,

d'organismes com EUFORGEN (European Forest Genetic Programme), i en el cas de Catalunya del DACC (Departament Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural) i del MITECO (Ministerio de Transición Ecológica).

Un primer escull a superar per engegar un Programa de Millora d'una espècie és tenir a l'abast els adequats Recursos Fitogenètics (RFGs), sovint aquest és un pas difícil de donar amb seguretat. Els materials de partida (procedències, progènies o genotips) hauran de mostrar, directa o indirectament, els caràcters desitjats, de manera que per hibridació (natural o dirigida) s'aconsegueixen expressar en els descendents. L'obtenció de Materials Forestals de Reproducció (MFR) de les característiques buscades seran, doncs, el resultat de tot el procés de selecció, però garantir-ne la producció estable suposa instal·lar les combinacions de genotips escollits i dissenyar els seus creuaments formant el que denominem Material de Base (MB). Si les parcel·les productores de MFR es localitzen dins de les pròpies masses forestals de l'espècie, aleshores es tindrà delimitat un MB *in situ*, on el guany de millora serà mínim, però que aconseguirà mantenir les característiques de la població local. Si els que s'instal·len són plantacions on es dissenyen els creuaments que permetran aconseguir un MFR determinat, tenim els MB *ex situ*; en aquest cas s'accelera l'assoliment d'un guany genètic per als caràcters elegits, però que dependrà del tipus de MB instal·lat. Per a les més de 10 espècies arbòries (especificades més endavant al text) en les que es treballa en el Programa de MGF de Catalunya, liderat per Forestal Catalana, IRTA i CTFC, actualment només es contempla la producció de MB *ex situ*.

Les directrius bàsiques han estat les mateixes per a totes les espècies, però amb els anys s'han anat millorant les metodologies de caracterització, i introduint-ne de noves segons els requeriments de cada espècie. Els resultats d'un programa de millora són MFR en forma de: plançons, llavors o genotips clonals. Cadascun d'aquests productes finals anirà acompanyat de criteris o limitacions d'ús. A més, per a la seva comercialització, el MB d'on procedeixen haurà d'estar degudament inscrit en el Catàleg Nacional de Materials de Base (CNMB del MITECO), i la seva producció inspeccionada cada any per l'autoritat competent del DACC, per a ser utilitzat pels gestors del territori amb garanties de repetibilitat.

L'esquema de selecció establert per Forestal Catalana i IRTA és el següent (Figura 1):

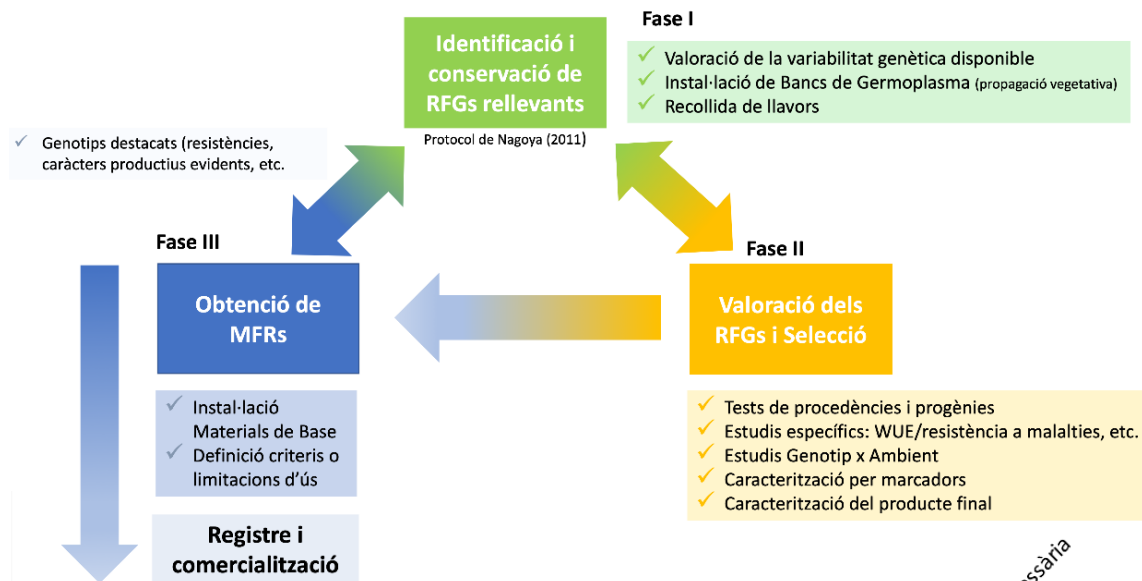


Figura 1. Fases d'un Programa MGF en una espècie.

Taula 1. Aspectes previs a considerar per iniciar les activitats de MGF en una espècie.

Espècies contemplades en el pla actual vigent fins 2024

Espècie	Estat coneixement científic	MB comercial disponible in situ	Cost de l'activitat de millora que es considera necessària	Impacte esperat en el sector forestal	Benefici ambiental esperat	Interès econòmic i comercial
<i>Abies alba</i> (Avet)	blau	groc	groc	blau	groc	elevat
<i>Arbutus unedo</i> (Arboç)	groc	groc	groc	groc	groc	mitjà
<i>Castanea sativa</i> (Castanyer)	blau	groc	blau	blau	blau	baix
<i>Celtis australis</i> * (Lledoner)	groc	groc	groc	groc	groc	
<i>Corylus avellana</i> * (Avellaner)	blau	groc	groc	groc	groc	
<i>Fagus sylvatica</i> (Faig)	groc	groc	groc	groc	groc	
<i>Fraxinus angustifolia</i> (Freixe fulla petita)	groc	groc	groc	groc	groc	
<i>Fraxinus excelsior</i> (Freixe de fulla gran)	groc	blau	groc	blau	groc	
<i>Juglans regia</i> (Noguer autòcton)	blau	groc	groc	groc	groc	
<i>Juglans nigra</i> (Noguer americana)	blau	groc	groc	groc	groc	
<i>Juglans xintermedia</i> (Noguer híbrid)	blau	blau	groc	groc	blau	
<i>Pinus pinea</i> (Pi pinyer)	groc	groc	blau	blau	blau	
<i>Pinus pinaster</i> (Pinastre)	blau	blau	groc	groc	groc	
<i>Pinus halepensis</i> (Pi blanc)	blau	groc	groc	blau	groc	
<i>Pinus uncinata</i> (Pi negre)	groc	groc	groc	blau	groc	
<i>Prunus avium</i> (Cirerer)	groc	groc	groc	groc	groc	
<i>Pyrus spp</i> * (Perera silvestre)	groc	groc	groc	groc	groc	
<i>Sorbus domestica</i> * (Servera)	groc	groc	groc	groc	groc	

¹Existeixen Bancs de Germoplasma (BG) de conservació declarats de l'espècie a Catalunya. *Espècie no contemplada en el RD289/2003 de comercialització dels MFR. Per les espècies llistades a l'esquerra de color blau s'ha iniciat l'estudi al 2023, les espècies marcades de color gris es preveu el seu estudi al 2024. La resta d'espècies es troben en estudi actualment.

Els MB establerts *ex situ* poden ser: i) Productors de llavors o plançons, com un Hort llavorer (HLL), és a dir, un conjunt de genotips seleccionats que es pol·linitzen lliurement entre ells; i els Progenitors de Família (PF), és a dir, un genitor seleccionat per les característiques de la seva descendència i ii) Productors de parts vegetatives, com ara Peus Mare (PM) per abastir de pues, borrons o varetes per empeltar o per fer propagació *in vitro*.

en el desenvolupament de MB d'un conjunt d'espècies forestals (mencionades més endavant) amb algun tipus d'interès a Catalunya (fusta, fruit, biodiversitat, aspectes sanitaris, etc.). Per abordar aquests reptes en tots els casos s'ha partit dels coneixements científic-tècnics disponibles de cada espècie (Taula 1), per tal d'establir objectius abastables de millora en aquella espècie per als interessos de la zona on aniran destinats els MFR seleccionats. És molt important ressaltar que no existeix una qualitat genètica absoluta d'un MFR sinó que un MFR s'escull per tenir una genètica adequada als objectius marcats en fer una plantació, reforestació, restauració, etc.

Els programes i activitats de millora en marxa a Catalunya

Les activitats de MGF en què estan treballant Forestal Catalana, IRTA i CTFC cerquen avançar

Es detalla a continuació els principals objectius de MGF de les principals espècies amb les quals s'està treballant a Catalunya (Figura 2):

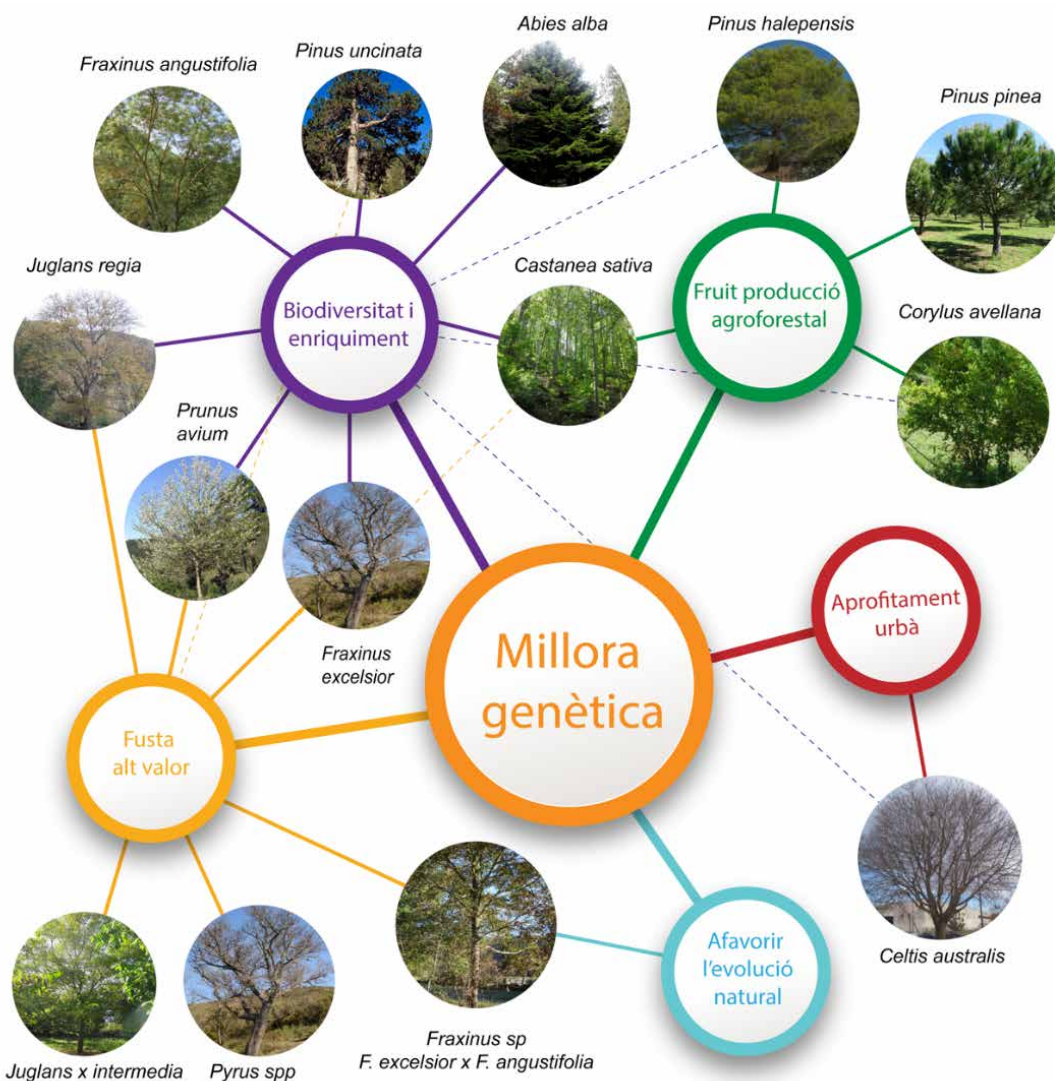


Figura 2. Espècies per a les quals s'estan desenvolupant activitats de millora amb diferents objectius

MGF a Catalunya de les principals espècies forestals

- **Avet (*Abies alba* Mill.):** interès multifuncional. S'està desenvolupant un estudi de diversitat genètica a les poblacions catalanes (marcadors SSRs) valorant la importància de les diferències entre les poblacions del Pirineu i del Montseny. Objectiu prioritari: valorar la necessitat de conservació *ex situ* d'alguns RFGs.
- **Castanyer (*Castanea sativa* Mill.):** en grans dificultats a Catalunya sota l'actual escenari climàtic. Objectius: i) conservació de la diversitat genètica a Catalunya; ii) instal·lació d'un HLL productor de MFR adaptat al previsible escenari climàtic del Montseny i amb baixa susceptibilitat al xancre (*Cryphonectria parasitica*); iii) Varietats de castanyer destinades a producció de fruit. Inscripció al Registre de Varietats Comercials (RVC).
- **Lledoner (*Celtis australis* L.):***: interès en restauració de zones marginals i urbanes. Objectiu: i) conservació de la diversitat genètica a Catalunya; ii) producció de MFR d'Arbres Monumentals identificats. Instal·lació HLL a partir de les seves progènies.
- **Avellaner (*Corylus avellana* L.):***: gran valor per la biodiversitat (aliment per a la fauna) i com espècie acompanyant en plantacions agroforestals o forestals mixtes. El planter disponible prové de varietats fruïteres. Objectiu: producció de MFR amb aptituds forestals, adaptat a diferents estacions i amb variabilitat genètica. HLL instal·lat a partir de progènies i selecció de PFs amb criteris d'ús ben definits per diferents àrees climàtiques.
- **Freixe de fulla petita (*Fraxinus angustifolia* Vahl.):** alternativa per produir fusta de qualitat (flexible i resistent) en zones ripàries i/o amb sequera moderada. Objectius: i) conservació de la diversitat genètica actual; ii) valoració de la introgressió en l'hàbitat del freixe de fulla ampla; iii) instal·lació de MB a partir de la valoració dels seus components en relació a l'eficiència en l'ús de l'aigua. HLL instal·lat a partir de progènies de diferents procedències de Catalunya.
- **Freixe de fulla ampla (*Fraxinus excelsior* L.):** productora de fusta de qualitat i d'alt interès en ecosistemes de ribera del Pre-Pirineu i Pirineu. Molt estesa i preuada a Europa, però amb una davallada molt intensa de la seva presència degut al fong *Hymenoscyphus fraxineus*. A Catalunya també presenta una certa regressió per l'increment de les temperatures i la incidència de la sequera. Objectius: i) conservació de la diversitat genètica actual; ii) valoració de l'efecte de la introgressió de *F. angustifolia* en l'hàbitat de *F. excelsior*; iii) producció de MFR adaptats al futur escenari biòtic (especialment, pel que fa a *H. fraxineus*) i climàtic en la zona actual de distribució. HLL clonal de *F. excelsior*. Valoració de la instal·lació de PFs d'híbrids.
- **Noguer (*Juglans regia* L.):** interès per a la producció de fusta de qualitat. És l'únic MB ben desenvolupat a nivell nacional. Objectiu: producció de MFR amb bones característiques tecnològiques de la fusta i acompanyat dels corresponents criteris d'ús. Ampliació dels PFs registrats com productors de MFR qualificat. Sol·licitud de registre de MB com a productor de MFR controlat.
- **Noguer negre (*Juglans nigra* L.):** espècie no autòctona amb fusta d'alt valor tecnològic i ben adaptada en ambients humits i sòls àcids. Objectiu: producció MFR amb els pertinents criteris d'ús. Instal·lació PF i sol·licitud de registre com a productor de MFR controlat.
- **Noguer híbrid (*Juglans × intermedia* Becquey):** materials seleccionats pel seu vigor híbrid (bona conformació i tolerància a la sequera) per producció de fusta. Varen ser una bona alternativa per suplir la manca de materials de *J. regia* seleccionats per fer fusta a Europa. Les progènies híbrides han demostrat una bona adaptació a moltes àrees d'influència mediterrània i una bona resposta en terrenys calcaris. Objectiu: producció de MFR híbrids entre *J. nigra* i *J. regia*. La producció del PF, Ng209, registrat actualment, s'ampliarà per aconseguir una major producció de llavors híbrides.
- **Pi pinyer (*Pinus pinea* L.):** productora de pinyó (planta empeltada per aquest objectiu). És una bona alternativa en restauracions forestals i agroforestals en terres de textura grollera. Objectius: i) manteniment productiu d'un camp productor de pues declarat que conté 15 genotips, 10 de categoria qualificada i 5 de controlada. Instal·lació d'un de nou en una zona més freda per ampliar el període d'empeltada; ii) valoració productiva dels

diferents materials inscrits al CNMB a partir d'una xarxa Genotip x Ambient instal·lada a nivell espanyol; iii) sol·licitud de registre d'un HLL de la Regió de Procedència (RP) Catalunya Litoral; iv) avaluació de progènies pel seu ús com a patrons francs.

- **Pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.):** gran valor ecològic i paisatgístic en moltes àrees de Catalunya. Actualment només se la contempla, des del punt de vista de la MGF, com patró de *P. pinea*. Objectiu: selecció de patrons francs, per ser empeltats amb *P. pinea*, a partir dels materials de tres rodals selectes de Catalunya. Valoració a la susceptibilitat enfront del nematode del pi (*Bursaphelenchus xilophylus*).
- **Cirerer (*Prunus avium* L.):** molt preuada pel valor de la fusta i, en plantacions d'enriquiment, per a la fauna. Difícilment homologable climàticament, per tant, dificultats en l'ús de materials seleccionats en altres àrees climàtiques semblants, però físicament allunyades de l'estació de plantació. Molta cura amb la introgressió de les varietats cultivades per a fruita. Objectius: producció MFR proper. HLL registrat per les condicions de la zona nord de Catalunya. Instal·lació de PF de desborronament tardà per zones fredes.
- **Perera (*Pyrus spp.*)*:** fusta molt preuada per fer instruments musicals i talles, i també per a plantacions d'enriquiment per a l'alimentació de la fauna. Algunes varietats fruïteres vigoroses poden produir bona fusta, però habitualment es prefereixen els individus silvestres. Objectiu: producció MFR per al seu ús en plantacions agroforestals. Selecció de PF.
- **Altres espècies:** faig (*Fagus sylvatica* L.), pi negre (*Pinus uncinata*), servera (*Sorbus domestica* L.)*i l'arboç (*Arbutus unedo* L.): a banda de recollir la informació existent a Europa, Espanya i Catalunya, s'estan delimitant zones per iniciar els diferents tipus de recollides de material.

Què s'ha observat a la visita de Torre Marimon?

En les instal·lacions de la finca de Torre Marimon hi ha una representació de diferents fases de la millora genètica (*Figura 1*) en algunes de les espècies amb les que es treballa.

- Banc clonal de freixe de fulla ampla (*Fraxinus excelsior*). Aquest camp correspon als primers resultats de la **Fase I** d'un programa de MGF: recollir la diversitat genètica representativa de l'espècie en la zona d'estudi (conservar el RFGs). Actualment, compta amb 54 genotips, dos individus representant cada 'ortet' (arbre original), diferents escollits com a representatius de les poblacions de freixe des de La Vall d'Aran fins a La Selva. Sobre aquests arbres es du una caracterització en trets adaptatius, reproductius i morfològics i la identificació i diferenciació per marcadors moleculars de cada genotip. Les llavors o plançons dels materials escollits s'instal·laran sota un disseny de test de progènies per saber quin/s caràcter/s d'interès són capaços de transmetre als seus descendents. Actualment existeixen dos tests muntats al 2018, un a Tremp (Pallars Jussà) i l'altre a Sant Feliu de Buixalleu (Selva), tot en finques de Forestal Catalana. Són activitats corresponents a la **Fase II**.
- Banc clonal d'espècies silvestres de pereres (*Pyrus sp.*; Fase I). És un BC que representa els material recollits a tota la zona pirinenca i pre-pirinenca de perera silvestre. Inclou 34 genotips de diferents espècies i híbrids. D'algun d'ells s'ha iniciat recentment la valoració de les seves descendències en plantacions, inici **Fase III**.
- Assaigs en xarxa de Genotip x Ambient de pi pinyer. El test de procedències instal·lat a Torre Marimon (Caldes de Montbui, Vallès Oriental) és un assaig clonal, els arbres són empeltats, que recull 16 genotips representatius de quatre regions de Procedència espanyoles: La Mancha, Valles de los ríos Tiètar i Alberche, Meseta Norte i Catalunya Litoral. A nivell de Catalunya està aportant informació del comportament en plantació de diferents clons registrats que es comercialitzen (com pues o planta empeltada). Amb aquestes dades i les procedents de les altres tres plantacions que integren la xarxa d'avaluació, ubicades fora de Catalunya, es pretén elaborar

critèris d'ús dels materials actualment registrats. Dades per nodrir la **Fase III**.


- Hort llavorer clonal de *Prunus avium* i test de progènies associat. A Torre Marimon hi ha instal·lat un HLL clonal que inclou 34 genotips silvestres de *P. avium* del Pirineu i Pre-Pirineu català. Per escollir els integrants d'aquest HLL, a banda de la selecció fenotípica inicial, s'han fet caracteritzacions morfològiques i fenològiques dels materials i també s'ha degut d'emprar marcadors per conèixer la compatibilitat reproductiva dels materials. En aquest HLL qualsevol dels integrants pot ser pol·linitzat com a mínim per 2 de cada 3 dels restants components; això garanteix una àmplia interpol·linitació en el camp (panmixia). Aquest HLL està registrat per obtenir MFR de categoria qualificada (2017). Per tal de conèixer les bondats d'aquest HLL, s'ha instal·lat un test de progènies per fer la valoració de les llavors obtingudes en conjunt per l'HLL en comparació amb les dels seus components en particular. Aquestes dades permeten plantejar-se depurar l'HLL i aportar informació per conèixer l'interès del seu registre com HLL clonal productor de MFR controlat.
- Assaig d'un PF de *Pyrus sp.* sotmès a diversos condicionadors del sòl. La tècnica experimental, aplicada en els clots de plantació, ha de permetre millorar la retenció d'aigua i/o la disponibilitat de nutrients.

Normativa i tècniques viverístiques en la producció i comercialització de planta + planter disponible actualment i previst a curt termini

La producció i comercialització dels MFR (llavors, plantes i parts de plantes), es troba regulada pel Reial Decret 289/2003, de 7 de març, sobre la comercialització dels materials forestals de reproducció, que transposa la Directiva 1999/105/CE del Consell. Les espècies regulades a Espanya són 70 (annex XII RD289). Per a les espècies no regulades, és d'aplicació la Llei 30/2006, de 26 de juliol, de llavors i plantes de viver i recursos filogenètics.

El catàleg estatal de materials forestals de base, productors dels MFR regulats es pot consultar al següent enllaç: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/recursos-geneticos/geneticos-forestales/rgf_catalogo_materiales_base.aspx. Aquest document proporciona als potencials recol·lectors i usuaris informació sobre l'origen, la qualitat i garanties d'aquests MFR. Existeixen quatre categories establertes per a la comercialització. Aquestes categories són necessàries perquè la qualitat morfològica d'un plançó és fàcilment observable i molt sovint marca el preu del planter, en canvi, la qualitat genètica no es pot detectar a simple vista. Només una adequada identificació del MFR aportarà suficient informació quan s'adquireix el material en els vivers autoritzats. Així doncs, segons la normativa europea i espanyola, hi ha quatre categories de MFR cadascuna d'elles associada a un color d'etiqueta (*Taula 2*).

Taula 2. Colors corresponents a les etiquetes de les categories vigents dels MFR marcades als títols. Selecció aplicada per l'obtenció de cada categoria de MFR.

Informació	Categoria MFR			
	Identificada	Seleccionada	Qualificada	Controlada
Origen	Regió de Procedència	Regió de Procedència	No necessari	No necessari
Tipus de Material de Base	Grup d'arbres o població	Població	Individus o clons	Població, individus o clons
Tipus de selecció	Cap	A nivell de població	Individual	A nivell de població/individual
Avaluació de la superioritat	Cap	Fenotípica	Fenotípica	Genotípica
Assaigs de comportament	No	No	No necessaris	Obligatoris
Guany genètic	Cap	-		

El nivell de selecció marca el potencial ús dels materials: a més nivell de selecció, més qualitat (major expressió) té el caràcter considerat com objectiu de millora (per exemple la producció de fusta), però es veu reduïda la diversitat interespecífica.

Categoria identificada: prové d'una font llavorera o un rodal sense selecció fenotípica. Es pot emprar en repoblacions de caràcter protector.

Categoria seleccionada: prové d'un rodal seleccionat fenotípicament a nivell de població. Es comercialitza amb el nom de la RP.

Categoria qualificada: prové de diferents tipus de MB, horts llavorers, progenitors de famílies, clons o mescla de clons. Els components han estat seleccionats fenotípicament de forma individual. La intensitat de selecció s'incrementa de HLL<PF<clon. Els costos de selecció, d'instal·lació i manteniment d'aquest MB són elevats.

Categoria controlada: prové de diferents tipus de MB, rodals, horts llavorers, progenitors de famílies, clons o mescla de clons. El MFR té una superioritat demostrada mitjançant assaigs comparatius o estimada a partir d'avaluació

genètica dels components dels materials de base. A més a més dels elevats costos de producció i manteniment del MB, com a l'anterior categoria, el fet de que es necessitin assajos addicionals per demostrar la seva superioritat fa que aquest material sigui escàs i estigui disponible encara en poques espècies.

Qualsevol compra de MFR ha d'anar, a part de correctament etiquetada, acompanyada del certificat 'patró' del proveïdor estès d'acord amb la normativa vigent sobre la comercialització dels MFR.

En la **producció de planta forestal** les plantes que es posen a la venda han de complir amb uns criteris quantitius i qualitius. El més important dels quantitius és l'alçada del plançó, seguit del diàmetre del coll d'arrel. Aquestes característiques estan directament relacionades amb les sables que té el plançó, i són diferents per a cada espècie. Pel que fa als criteris qualitius, el comprador ha de ser molt exigent amb l'estat sanitari de les plantes, descartant plantes desequilibrades entre les parts aèria i radical i aquelles amb deformacions o danys físics evidents.

La *Taula 3* és un recull de la situació actual, dels resultats, dels PMG engegats a Catalunya.

Taula 3. Material forestal de reproducció existent o disponible a curt termini

Espècie	Material de Base	Categoria	Objectiu selecció genètica	MFR	Any registre
<i>C. sativa</i>	Clons	Q	Fruit	Varetes / Planta CF	2023
<i>C. sativa</i>	HLL	Q	Fusta	Llavors / Planta CF	Previst 2026
<i>C. australis</i>	HLL / PF	*	Multifuncional o fusta	Llavors / Planta CF	Previst 2024
<i>C. avellana</i>	PF	*	Multifuncional o fusta	Llavors / Planta CF	Disponible
<i>F. angustifolia</i>	HLL	Q	Multifuncional o fusta	Llavors / Planta CF	Previst 2025
<i>F. excelsior</i>	PF	Q	Fusta / Tolerància <i>H. fraxineus</i>	Llavors / Planta CF	Previst 2026
<i>J. nigra</i>	PF	Q	Fusta	Llavors / Planta CF / Planta AN	Previst 2024
<i>J. regia</i>	HLL	Q	Fusta	Llavors / Planta CF / Planta AN	Registrat
<i>J. regia</i>	PF	Q	Fusta	Llavors / Planta AN	Registrat
<i>J. x intermedia</i>	PF	Q	Fusta	Llavors / Planta AN	Registrat
<i>P. pinea</i>	Clons	Q	Fruit	Pues / Planta CF	Registrat
<i>P. pinea</i>	Clons	C	Fruit	Pues / Planta CF	Registrat
<i>P. pinea</i>	HLL	Q	Fruit	Llavors / Planta CF	Previst 2026
<i>P. avium</i>	HLL	Q	Multifuncional o fusta	Llavors / Planta CF	Registrat
<i>P. avium</i>	PF	Q	Multifuncional o fusta	Llavors / Planta CF	Pendent
<i>Pyrus spp.</i>	Mescla Clons	-	Fusta	Planta CF	Disponible

CF: Planta en contenidor forestal; AN: Planta a arrel nua. La selecció i producció de MFR de les espècies no regulades segueix les mateixes exigències que si ho fossin.

La tria del material vegetal: una decisió clau dins el disseny d'una plantació

Aspectes a considerar en el disseny d'una plantació

Per assolir una plantació satisfactòria és imprescindible conèixer bé la informació de context (aquella sobre la qual no es pot actuar): clima, sòl, orientació, pendent, cost d'oportunitat del terreny, etc. En base a això, cal fer una reflexió complexa sobre el disseny a emprar. Això implica decidir, d'una manera coordinada i simultània, sobre sis factors (Figura 3):

- Objectius de la plantació: què es pretén aconseguir, des del punt de vista productiu, ambiental, patrimonial o estètic. Totes les plantacions tenen un component de multifuncionalitat amb uns pesos relatius que es poden graduar en funció del perfil de la propietat, vocació del terreny, accessibilitat, visibilitat, etc.
- Material vegetal: espècie/s a emprar, procedència, format i genètica. La diversitat genètica ajudarà a fer front a les diferents perturbacions que es poden donar al llarg de la vida de la plantació però també suposarà una major heterogeneïtat en els resultats.
- Disposició i densitat: com organitzar el material vegetal en l'espai, distància entre la vegetació a instal·lar i possibles combinacions amb altres produccions (forestals, agrícoles o ramaderes). Aquests factors defineixen el marc de plantació, el qual pot ser regular (quadrat, rectangular, en portell...) o irregular, seguint o no les corbes de nivell.
- Tècniques de plantació: mesures aplicades poc abans, durant o just després de plantar per facilitar l'aclimatació del material vegetal a la zona de plantació, mirant de reduir l'estrès post-plantació. Les principals decisions en aquest sentit fan referència a la preparació del sòl (com fer el subsolatge, aclotament, modificacions de la superfície del terreny per concentrar la precipitació o l'escorrentia), la plantació (mecanitzada o amb eines manuals) i les mesures específiques per mitigar l'impacte de les principals amenaces que poden

fer fracassar la plantació, entre les quals en destaquen la sequera, la vegetació competidora i els danys causats per la fauna. Algunes de les principals tècniques emprades inclouen el reg d'implantació, els condicionadors del sòl, les cobertes del sòl o *mulch* (Coello i Piqué, 2016) o els sistemes de protecció individuals o col·lectius (Van Lerberghe, 2014).

- Tècniques de manteniment: mesures previstes per mitigar l'efecte de les amenaces esmentades o per maximitzar el creixement de la plantació (regs, fertilitzacions, estassades), així com altres mesures necessàries per assolir els objectius: reposicions de marres, podes, tall de rejuveniment, seleccions de tanys, aclarides... Una part d'aquestes intervencions es pot preveure, mentre que altres dependran de l'evolució de la plantació.
- Disponibilitat de recursos: previsió dels recursos econòmics, materials i humans de què es preveu disposar als diferents moments de la vida de la plantació: es pot prioritzar fer una inversió inicial més elevada per minimitzar les despeses de manteniment, o al contrari.

La dimensió temporal d'aquests dos últims factors implica que, ja des de la fase de disseny, cal pensar en l'evolució esperada de la plantació en el temps, per assolir els objectius marcats.

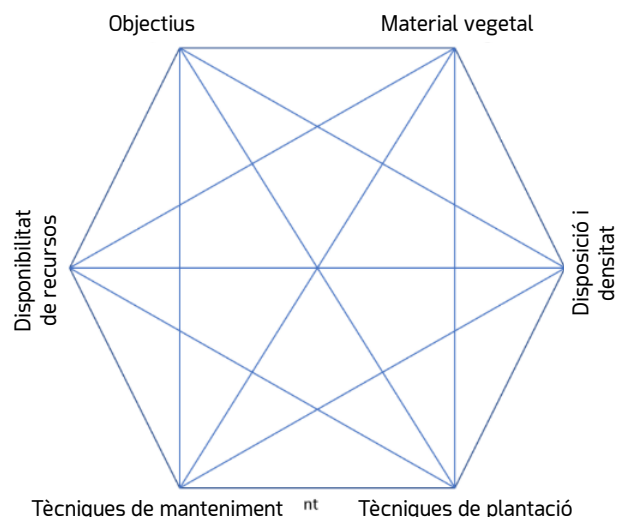


Figura 3. Els sis factors que defineixen el disseny de plantació.

Les interaccions entre aquests sis factors són múltiples i complexes, si bé hi ha itineraris

especialment coherents (Coello et al., 2017). Per exemple, un disseny molt centrat en la productivitat faria lògic emprar un material vegetal d'alta selecció genètica (ex: qualificat o controlat), el preu del qual serà elevat i per tant s'empraria en una densitat baixa i en marc regular, amb una inversió significativa per arbre en tècniques de plantació i/o de manteniment (*Fotografia 1 esquerra*); aquesta darrera decisió dependria de si la propietat té més capacitat d'inversió inicial o si disposa dels mitjans per fer-ne un manteniment al llarg del temps. En canvi, en una plantació on els aspectes paisatgístics i de conservació de la biodiversitat local fossin prioritaris seria convenient emprar materials menys seleccionats (ex: identificat o seleccionat), amb densitat intermèdia o alta, potser disposat de manera irregular, amb tècniques de plantació i manteniment de baix cost per arbre (*Fotografia 1 dreta*).

Tria del material vegetal

El material vegetal és un dels sis factors que defineixen el disseny d'una plantació. Els principals criteris que el defineixen són:

- Espècie/s a emprar, procedència: el context actual de canvi climàtic fa necessari fer una tria conservadora, és a dir, s'ha d'evitar emprar materials prop del seu límit més humit de distribució. En espècies amb un rang de distribució ampli és essencial triar una procedència que sigui compatible amb l'àrea de plantació, i que sigui anàloga o bé més seca i calorosa.
- Format: definit per l'edat, la mida i si se serveix a arrel nua, en contenidor, com a vareta o com a llavor (en aquest cas, es parlaria de sembra i no de plantació). Pel que fa a l'edat, convé evitar emprar planta envellida (per a una mateixa dimensió, convé prioritzar la planta més jove). Pel que fa a la mida, un criteri de decisió és econòmic: la planta petita és més barata de comprar, transportar i plantar que la gran, però és més vulnerable a la competència que fa la vegetació espontània i roman a l'abast dels herbívors durant més temps. Un factor clau és que la planta tingui una part aèria robusta i proporcionada amb el sistema radical. En igualtat d'edat i proporcions, convé emprar la planta més gran. Entre fer servir planta en contenidor o a arrel nua, és habitual que cada espècie es produeixi a viver d'una o d'altra manera, sent el format més habitual a la mediterrània la planta en contenidor, gràcies a la seva menor vulnerabilitat a la dessecació. Altres criteris visuals a tenir en compte al triar la planta són l'adequada lignificació, la bona nutrició de les fulles (en plantes perennes) i l'absència de ferides o reviraments al tronc.
- Nivell de selecció genètica: com s'explica als apartats previs, les característiques genètiques del MFR hauran de ser les adients per a les expectatives de cada plantació. Davant d'un escenari climàtic tan bruscament canviant convé ampliar en la mesura que sigui possible la diversitat genètica.



Fotografia 1. Fotografia esquerra, plantació amb objectiu prevalent productiu: ús d'una única espècie, progènie o clon. Solsona. Fotografia dreta, plantació amb objectiu multifuncional: ús de múltiples espècies. Sant Martí de Llémena. AGS-CTFC

Conclusions

Les plantacions forestals són les que han de permetre la continuïtat de les masses arbrades en moltes zones del món en condicions ambientals canviants i necessitats molt diferents. La utilització dels MFR adients ha de permetre apropar-se a aquest ambició objectiu.

La implantació de MB *ex situ* és costosa en temps. La selecció del seus components és el punt clau, el que marcarà els trets del MFR que produirà. Cal considerar que en espècies arbòries les respostes productives i adaptatives no es poden valorar només en assaigs juvenils.

Les necessitats en MGF de les espècies estan molt marcades per l'emergència climàtica actual. Un objectiu clau de qualsevol programa de MGF és millorar la plasticitat adaptativa de l'espècie en qüestió.

La selecció augmenta el guany genètic d'un material en relació als caràcters de selecció escollits però disminueix la seva variabilitat genètica.

Valorar els criteris/limitacions d'ús d'un MFR és el primer pas abans de decidir quin material plantar.

La selecció del material vegetal és una decisió complexa, emmarcada dins de l'encara més complexa fase de reflexió sobre el disseny de la plantació.

Agraïments

Al Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural i als diferents projectes del Plan Nacional que des de 2010 han permès desenvolupar aquest treball.

Referències

- Coello J., Piqué, M. 2016. Acondicionadores y cubiertas del suelo para una plantación de árboles más eficiente y sostenible – Guía técnica. CTFC, Solsona. Pp:60.
- Coello J., Piqué M., Beltrán M., Cervera T, Baiges T. 2017. Modelos de gestión per a plantacions forestals i agroforestals d'espècies productores de fusta de qualitat - Noguera híbrida (*Juglans x intermedia*), cirerer (*Prunus avium* L.), freixe de fulla gran (*Fraxinus excelsior* L.). CPF. Santa Perpètua de Mogoda. Pp:60.
- Van Lerberghe, P. 2014. Proteger los árboles contra los daños de la fauna cinegética. Los protectores de malla. CNPF-IDF, París; Proyecto Pirinoble. Pp:35.
- Naciones Unidas. 2011. Protocolo de Nagoya sobre acceso a los RFGS y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al convenio de la diversidad biológica. Pp:26.
- <https://www.miteco.gob.es/.../protocolo-de-nagoya/default-rg-nagoya.aspx>
- FAO. 2021. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Informe principal. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>

Organitza:



75
Tanys

Col·laboren:



Patrocinen:

