



PINASSA
PINEGRAL
PINUS NIGRA



**El paper del foc
en la conservació
de l'hàbitat dels
bosc de pinassa
(*Pinus nigra* Arn.)**



El paper del foc en la conservació de l'hàbitat dels boscos de pinassa (*Pinus nigra* Arn.)

Autoria: Rut Domènech, Míriam Piqué, Mario Beltrán, Asier Larrañaga, Marc Castellnou

Participació tècnica:

Edita: Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC) i Bombers de la Generalitat de Catalunya

Disseny i maquetació:

© Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

© Dels textos: els autors.

© De les fotos: els autors.

Primera edició: maig de 2018

Foto coberta i interiors a tota pàgina: Jordi Bas.

Citació recomanada: Domènech, R., Piqué, M., Beltrán, M., Larrañaga, A. i Castellnou, M. 2018. *El paper del foc en la conservació de l'hàbitat dels boscos de pinassa (Pinus nigra* Arn.). Projecte Life+PINASSA (LIFE13 NAT/ES/000724). . N^o pag

Les opinions expressades en aquest manual són les dels autors i no reflecteixen necessàriament els punts de vista de la Unió Europea i de la Comissió Europea, així que no són atribuïbles a aquestes institucions.

Col·laboració y cofinançament

Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi. Generalitat de Catalunya

 Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**

Agraïments:

Un reconeixement molt especial a les persones i entitats propietàries forestals, per la seva participació en aquest projecte i pel seu interès en la conservació dels boscos de pinassa, també a les persones que d'una manera o altra han participat en les diferents accions de conservació i en l'elaboració d'aquest manual: personal tècnic dels socis, de l'administració forestal i dels parcs naturals de la Generalitat de Catalunya, d'altres entitats i empreses forestals, així com al personal en pràctiques i equips de presa de dades i inventaris forestals.

Aquest manual ha estat elaborat en el marc del projecte Life+PINASSA, *Sustainable management for conservation of Black pine (Pinus nigra subsp. salzmannii var pyrenaica) forests in Catalonia* (LIFE13 NAT/ES/000724) lifepinassa.eu



El paper del foc en la conservació de l'hàbitat dels boscos de pinassa (*Pinus nigra* Arn.)

Índex

1.Descripció i funcionament dels boscos de pinassa	5
1.1.Els boscos de pinassa	5
Caracterització i distribució	5
Història dels usos dels boscos de pinassa	7
Ecologia i dinàmica dels boscos de pinassa	9
1.2.Problemàtiques actuals associades als boscos de pinassa	13
2.El foc en els boscos de pinassa	18
2.1.El foc com a element natural	18
2.2.Boscos de pinassa adaptats a focs freqüents de baixa intensitat	22
Característiques dels boscos adaptats al foc	22
Procés d'adaptació dels boscos de pinassa als focs de baixa intensitat	24
Importància de tenir boscos madurs de pinassa	27
2.3.Efectes del foc sobre la vegetació i la fauna	28
Efectes del foc sobre la vegetació	28
Efectes del foc en la fauna	29
2.4.Relació foc-estructura forestal	30
2.5. Simulació del comportament del foc	35
3.Cremes prescrites	38
3.1.Què són les cremes prescrites?	38
Cremes prescrites en un context global	38
Com es fan les cremes prescrites?	42
Efectes de les cremes i seguiment	45
3.2.Experiència acumulada en l'ús de les cremes prescrites per a la conservació dels boscos de pinassa	47
4.Com integrar el foc en la conservació de l'hàbitat de la pinassa	53
4.1.El restabliment de processos naturals característics dels boscos de pinassa i l'evolució a boscos madurs	53
4.2.Integració de les cremes prescrites com a eina de gestió forestal	55
4.3.Focs naturals i gestió d'incendis	57
Referències bibliogràfiques	63
Annex I. Fitxes d'exemples aplicats	68



1.

Descripció
i funcionament
dels boscos
de pinassa

1. Descripció i funcionament dels boscos de pinassa

1.1. Els boscos de pinassa

Caracterització i distribució

La pinassa o pi negral (*Pinus nigra* Arn.) és un arbre característic de les zones de muntanya de la conca mediterrània. Aquesta espècie engloba diverses formacions de pinedes dins de la seva àrea de distribució, entre altres motius per la fragmentació i el caràcter arcaic de l'espècie (Tapias *et al.*, 2004). Els boscos catalans corresponen a *Pinus nigra* Arn subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco var. *pirenaica*.

En determinades condicions ecològiques, la pinassa pot desenvolupar-se fins als 40 m d'alçada, amb una longevitat notablement elevada en comparació amb altres pins, de l'ordre de vuit-cent anys. L'escorça argentada dels arbres adults, sovint rectes i cilíndrics amb la capçada recollida al terç superior, és un dels trets més característics de l'espècie. L'hàbitat dels boscos de pinassa destaca a l'ecosistema mediterrani, tant per les característiques de l'arbre com per la resta de biodiversitat associada i la gran diversitat d'usos i funcions que la societat els ha donat des d'antic.

L'últim Mapa Forestal d'Espanya (DGDRPF, 2016) quantifica en unes 140.000 ha l'extensió dels boscos de pinassa a Catalunya, de les quals prop de 65.000 ha serien masses mixtes. Es distribueixen principalment al Prepirineu i en punts muntanyosos de les serres prelitorals, així com a les darreres estribacions del Sistema Ibèric (Beltrán *et al.*, 2012). És per això que els boscos de pinassa a Catalunya es diferencien en dos àmbits geogràfics, el "prepirinenc i central" i el "meridional" (Piqué *et al.*, 2014). Les formacions meridionals presenten una influència litoral i ambient temperat, mentre que les de l'àmbit prepirinenc i central es caracteritzen per més disponibilitat d'aigua i major continentalitat (Figura 1).

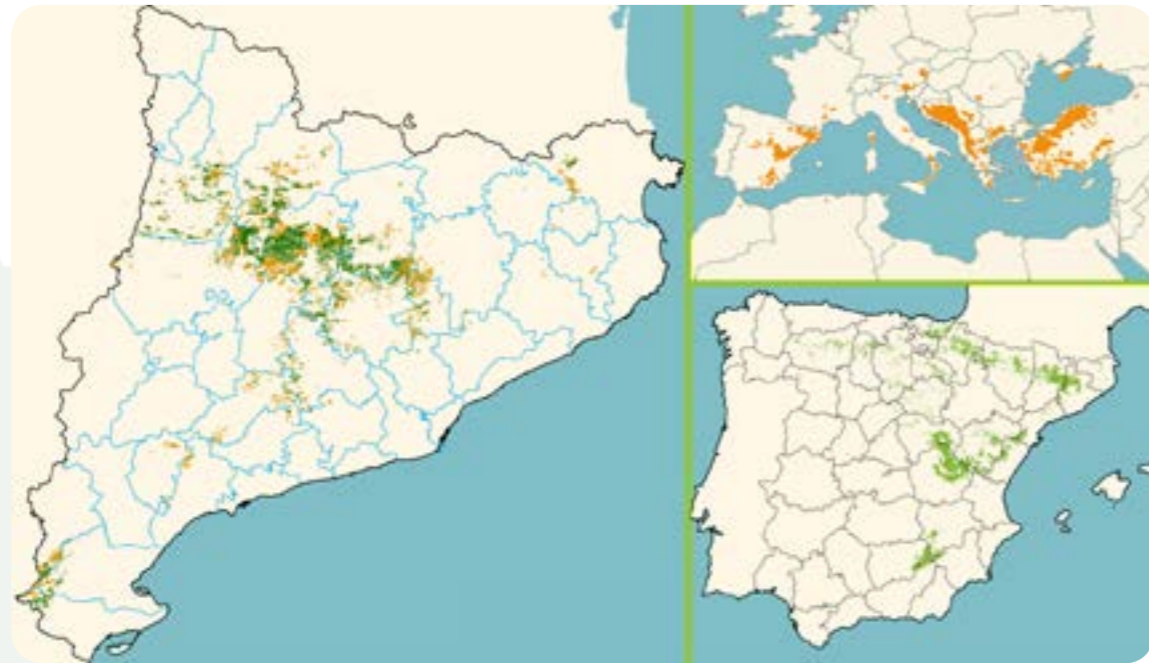


Figura 1. Distribució catalana i ibèrica segons el Mapa Forestal d'Espanya (DGDRPF, 2016) i mundial segons Euforgen (Critchfield i Little, 1966) per a *Pinus nigra*. Al mapa de Catalunya, s'hi diferencien en verd els boscos de pinassa considerats purs i, en taronja, els mixtos dominats per aquesta espècie.

Els boscos de pinassa vegeten principalment sobre substrats carbonatats (calcaris), a l'estatge montà inferior, usualment entre els 400 i els 1.400 metres (però més freqüentment entre els 500 i els 1.000 metres), sobretot en vessants orientats al nord en zones de clima mediterrani continental. En aquesta franja, comparteix hàbitat amb el roure de fulla petita (*Quercus faginea*) i, en els límits altitudinals, competeix amb el pi roig (*Pinus sylvestris*), el roure martinenc (*Quercus pubescens*) o el roure cerrioides (*Quercus cerrioides*) en les cotes més altes, i el pi blanc (*Pinus halepensis*) i l'alzina (*Quercus ilex*) en les cotes més baixes (Figura 2).

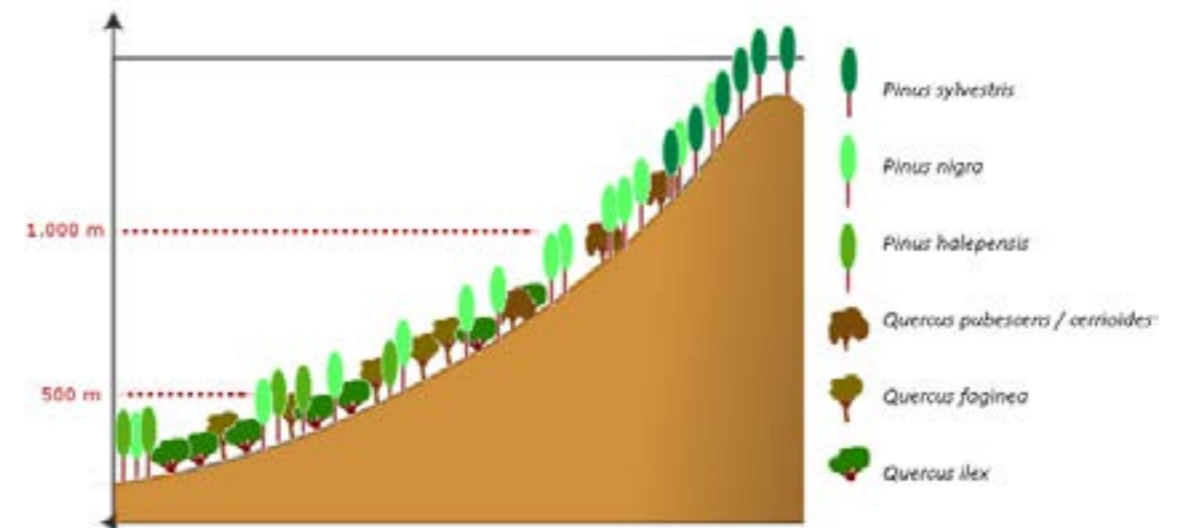


Figura 2. Distribució altitudinal de la pinassa.

Els boscos de pinassa constitueixen un hàbitat d'interès comunitari prioritari descrit a l'annex 1 de la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres: 9.530* pinedes (sud-)mediterrànies de pinassa endèmiques. El *Manual dels hàbitats de Catalunya* (Vigo *et al.*, 2005) identifica tres hàbitats a Catalunya amb la classificació CORINE per als boscos de pinassa (Figura 3 i Figura 4).

Annex I Directiva 92/43/CEE	9.530* pinedes (sud-)mediterrànies de <i>Pinus nigra</i> endèmiques
Manual dels hàbitats de Catalunya	42.632 Boscos de pinassa del Prepirineu, el territori ausosegàrric i les muntanyes mediterrànies septentrionals
	42.637+ Boscos de pinassa de les muntanyes mediterrànies meridionals (de Prades i el Montsant al Port)
	42.67 Pinedes de pinassa, o repoblacions, sense sotabosc forestal
	43.7713 Boscos mixtos de roure valencià i pinassa o pi roig, calcícoles, de la muntanya mitjana poc plujosa (i de terra baixa)

Figura 3. Hàbitat d'interès comunitari prioritari dels boscos de pinassa i hàbitats de Catalunya que inclouen boscos de pinassa.

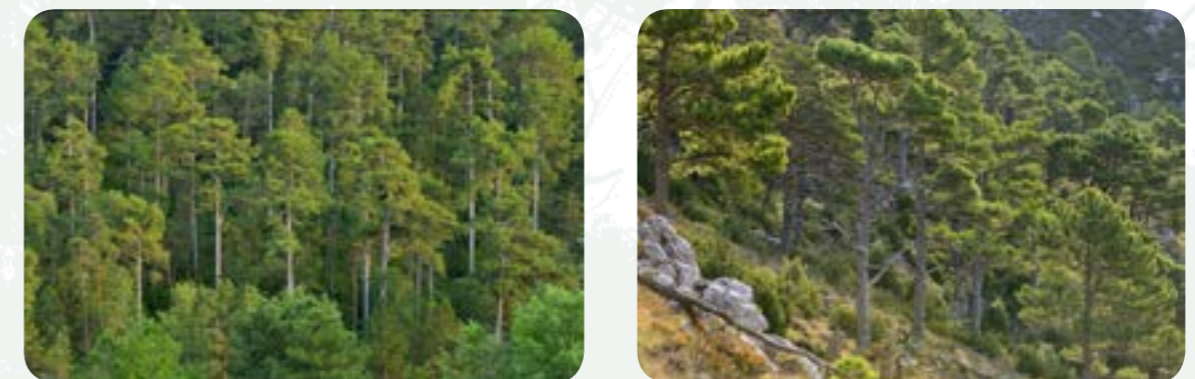


Figura 4. Bosc de pinassa del Prepirineu (esquerra) i bosc de pinassa de l'àmbit meridional català (dreta). Fotos: Jordi Bas.

Història dels usos dels boscos de pinassa

La interacció humana amb el bosc durant mil·lennis ha modelat intensament l'estructura i la distribució dels boscos de pinassa, principalment per l'ús pastoral i l'obtenció de productes (fusta i també llenyes grosses i fines, fullam, pinyes, escorça, teies i resina), així com per la transformació a conreus. Cal destacar la transformació per a l'agricultura dels vessants de les àrees de mitja muntanya poblats per pinassa, que és més o menys constant durant el segle XIX a causa de l'embranchada demogràfica i el procés desamortitzador (Casals *et al.*, 2005).

D'altra banda, les estructures obertes de pinassa permetien mantenir pastures ombrejades en clima mediterrani de muntanya, fet que n'allargava la verdor i la palatabilitat, a l'hora que en diversificava les espècies. És per això que l'hàbitat de pinassa es va veure afavorit a les vessants no conreades de la muntanya mitjana a Catalunya i que mai no va desaparèixer d'indrets com els Ports, la serra de Cardó, les muntanyes de Tivissa-Vandellòs i les serres de Llaberia i Montsant.

La fusta de pinassa ha estat històricament una de les més apreciades per a la construcció civil i naval, i també per a l'ebenisteria, principalment per les seves característiques favorables quant a resistència mecànica, durabilitat i facilitat de treball, però també pel fet de trobar-se en zones relativament accessibles a l'explotació. Addicionalment, la pinassa ha estat l'espècie principal per elaborar un dels productes més específics quant als requeriments tecnològics: els pals del cablejat. En general, degut a la demanda multifuncional (Figura 5), tant l'estructura com la composició d'aquests boscos ha estat condicionada per diverses accions de gestió. Sovint es pot trobar una estructura de bosc amb un dosser arbrat dens i dominant de pinassa sota el qual hi ha un subvol més o menys abundant de quercines poc desenvolupades; la pinassa ha estat afavorida per la producció de fusta mentre que les quercines s'aprofitaven per a llenya.

Els canvis socioeconòmics del segle XX, amb el descens generalitzat de l'activitat a l'entorn rural, van iniciar les dinàmiques d'expansió i densificació dels boscos, també als de pinassa. Al mateix temps, l'abandonament de l'ús de pastures i de l'aprofitament de llenyes ha suposat un increment de les formacions mixtes amb quercines, i de roures i carrasques al sotabosc dels boscos de pinassa. Els incendis catastròfics dels anys 90, que van afectar especialment aquesta espècie, es relacionen també amb el procés de densificació i acumulació de biomassa en els boscos de pinassa (Plana, 2004).

Ecologia i dinàmica dels boscos de pinassa

Les adaptacions dels arbres per tal de sobreviure al pas del foc són fonamentals en l'ecologia dels boscos adaptats a règims recurrents de focs (Figura 6 i Figura 7). Tot i que el foc normalment produeix la mort de petites coníferes amb escorça fina, degut a l'efecte de la temperatura en el càmbium (van Mantgem i Schwartz, 2003), moltes coníferes en l'edat adulta tenen una escorça doble i aïllant, que és relativament no inflamable, acícules llargues, autopoda de les branques inferiors, capçada de para-sol i arrels profundes. Aquest és el cas de la pinassa, que, a més, presenta escames gruixudes que cobreixen els brots, grups d'acícules atapeïdes que tanquen i protegeixen els meristemes i una alta humitat foliar. Les acícules i els brots també solen estar elevats lluny de la zona de la flama. Així mateix, el seu alt contingut d'humitat foliar li permet suportar un alt grau d'escalfament, sempre que els brots i les branques, que toleren temperatures més altes que les acícules, no quedin calcinats. A més, els individus joves tenen la capacitat de tornar a produir fulla verda en el cas que s'hagi calcinat la fulla (sense flamejar), ja que el borro està especialment ben protegit per les acícules grans.



Figura 5. Diferents usos i funcions dels boscos de pinassa. A dalt, esquerra: marques al tronc d'antics aprofitaments de teia. A dalt, dreta: ús pastoral del bosc. A baix: aprofitament de fusta de pinassa. Fotos: AGS-CTFC, Mario Beltrán i Jarkov Reverté.

Atributs de persistència

La pinassa, en estadis adults, desenvolupa diferents característiques fisiològiques per no veure's afectada pel foc, estratègies que li funcionen sempre que s'organitzi en estructures forestals amb poc sotabosc, discontinuïtat vertical dels estrats de vegetació i més o menys obertes pel que fa a la cabuda coberta de l'arbrat. Aquestes característiques són:

- Autopoda i capçada de para-sol. Capacitat de produir discontinuïtat vertical entre les capçades i la vegetació inferior.
- Les plaques grans i gruixudes de l'escorça que l'aïllen de les altes temperatures.
- Protecció dels rams d'acícules i escames que envolten la gemma de les branques.
- Rebrot de capçada davant el socarrament.
- Longevitat que li possibilita el màxim desenvolupament.
- Resistència i rectitud del tronc que la fan imputrescible.

També, la dispersió dels pinyons pel vent, amb una gran producció de llavor, especialment quan els arbres adults es troben en cimeres exposades, és un factor positiu per a la persistència de la pinassa.

Condicions per a l'establiment

L'establiment del regenerat és una fase crítica per als boscos de pinassa, ja que les llavors tenen requeriments de condicions ambientals i edàfiques més restrictius que els altres pins presents a l'hàbitat (pi blanc o pi roig) o, fins i tot, que les demandades per les quercines a l'hora de rebrotar. En general, les llavors necessiten contacte amb el sòl mineral i alhora certa humitat i cobertura per evitar la isolació directa, així que el sotabosc té una relació complexa de competència-facilitació amb la pinassa. D'altra banda, la presència d'un dosser adult no dificulta l'establiment d'una nova cohort, especialment amb estructures heterogènies amb claps més densos i claps més oberts. Per tot plegat, és fàcil observar com la pinassa no participa de la primera resposta del bosc a un incendi forestal, sinó que necessita d'una primera recuperació dels estrats arbustiu i arborel d'espècies rebrotadores i més pioneres. Això fa que en les primeres etapes després d'un gran incendi dominin espècies com les alzines, els roures, el pi blanc o, fins i tot, el pi roig, i anys més tard, a l'ombra de la seva cobertura, hi aparegui de nou la pinassa.

Episodis crítics de la vida

- **Producció de propàguls i creixement.** La pinassa presenta certa anyivolia en la producció de llavors, i això determina una variabilitat força elevada del banc de pinyons de cada any. L'edat de la primera reproducció de la pinassa és tardana, entre els 14 i els 23 anys, i això en dificulta la regeneració després d'un incendi si la recurrència és elevada.

Els pinyons de pinassa no presenten període de dormició, i la seva viabilitat a terra és de pocs mesos. La germinació té lloc a la primavera i al començament de l'estiu sota unes condicions d'humitat determinades. En anys amb una variabilitat climàtica marcada, és possible que els pinyons no trobin les condicions adequades per germinar i no durin prou temps per esperar una millora ambiental.

- **Maduresa.** La maduresa, en termes de capacitat reproductiva del dosser arborel, s'assoleix entre els 40 i els 80 anys, en general, en funció de la qualitat d'estació. Les llavors no presenten cap característica de la serotinitat; a mesura que maduren, es van obrint i no responen a cap estímul tèrmic. La pinassa necessita certa cobertura per créixer, quan hi ha un incendi d'alta intensitat la seva llavor no competeix gaire bé amb altres espècies que toleren millor el sol directe sobre el terra cremat. En canvi, en un incendi de baixa intensitat on després de l'incendi continuen havent les capçades dels arbres, la llavor de la pinassa té més possibilitats de germinar i créixer.
- **Vellesa.** La llarga longevitat de la pinassa fa difícil determinar quan entra en estadis de vellesa i senescència. Un dels símptomes, però, és una davallada en la producció de pinya.

Figura 6. Trets adaptatius de la pinassa.



Figura 7. Aspecte argentat dels troncs de pinasses adultes. Foto: AGS-CTFC.

En determinats indrets, la pinassa ha format històricament el que es coneix com a **boscos adaptats a la recurrència de focs**, definits com a boscos amb un interval de retorn del foc inferior a 35 anys, segons Reynolds *et al.* (2013). Aquests boscos formen un mosaic típicament compost per grups d'arbres, arbres individuals dispersos i espais oberts amb comunitats herbàcies o arbustives (Larson i Churchill, 2012). A diferència de la típica imatge de bosc madur en ambients humits centreeuropeus, sovint els boscos madurs de pinassa es localitzen en indrets muntanyosos amb un règim de foc de recurrència elevada i condicions ambientals més seques (pluviometria anual inferior a 700 mm repartida irregularment durant l'any i sequera estival marcada). Aquest tipus de boscos són característics dels massissos meridionals, des de les muntanyes de Prades i el Montsant fins als Ports, passant per Tivissa-Vandellòs, Llaberia i Cardó (Figura 8).



Figura 8. Els boscos madurs en zones de muntanya amb règim de focs recurrents són característics de paisatges com el del Parc Natural dels Ports. Foto: Jordi Bas.

Concepte de "bosc madur"

Un conjunt d'arbres madurs no fa un bosc madur. Els boscos madurs tenen unes característiques especials que resulten de molts anys de creixement. L'estructura dels boscos madurs varia segons el tipus de bosc, el clima, les característiques del lloc i el règim de perturbacions, però es distingeix per: la dominància d'arbres grans i d'edat propera al límit de la seva longevitat (amb una edat mitjana dels arbres de l'ordre de la meitat de la seva longevitat), la variació en la mida i distribució dels arbres, les acumulacions de fusta morta en peu o a terra, decaïment, múltiples capes de capçades, espais buits i sotabosc no continu (Kaufmann *et al.*, 1992).

L'expressió *old-growth forest* és la més utilitzada per denominar els boscos madurs, especialment a l'Amèrica del Nord (Wirth *et al.*, 2009), tot i que a la Gran Bretanya s'utilitza també l'expressió *ancient forest* o *ancient woodland*. Al francès s'ha traduït com a *forêt ancienne* o *forêt a caractère naturel*, entre d'altres (Gilg, 2005). En l'àmbit dels boscos de Catalunya, s'utilitza tant la denominació *boscos madurs* com la de *boscos vells* (EUROPARC-Espanya, 2017).

La pinassa és una espècie longeva que viu en condicions climàtiques amb diversos factors estressants. Tanmateix, les formacions actuals estan molt per sota de la seva longevitat natural; en l'àmbit de Catalunya només hi ha unes mostres escasses de rodals amb cert grau de maduresa i de poca superfície (Camprodon *et al.*, 2018).

Un altre tret d'adaptació dels boscos al foc és la distribució espacial que es pot descriure en tres nivells jeràrquics: a nivell de petita escala (arbre o grup d'arbres), de mitjana escala (rodal més o menys homogeni) i de paisatge (massís) (Figura 9). El nivell de petita escala es caracteritza per la composició de les espècies pel que fa a l'edat, estructura i distribució espacial dels arbres (en grups o individualment). El nivell d'escala mitjana està format per estructures relativament homogènies a nivell de composició i estructura. El nivell paisatgístic està compost per rodals amb pendent, orientacions, altures i tipus de sòls, perturbacions i usos del sòl diferenciats. Els boscos madurs de pinassa presenten aquest tipus de patró espacial característic.

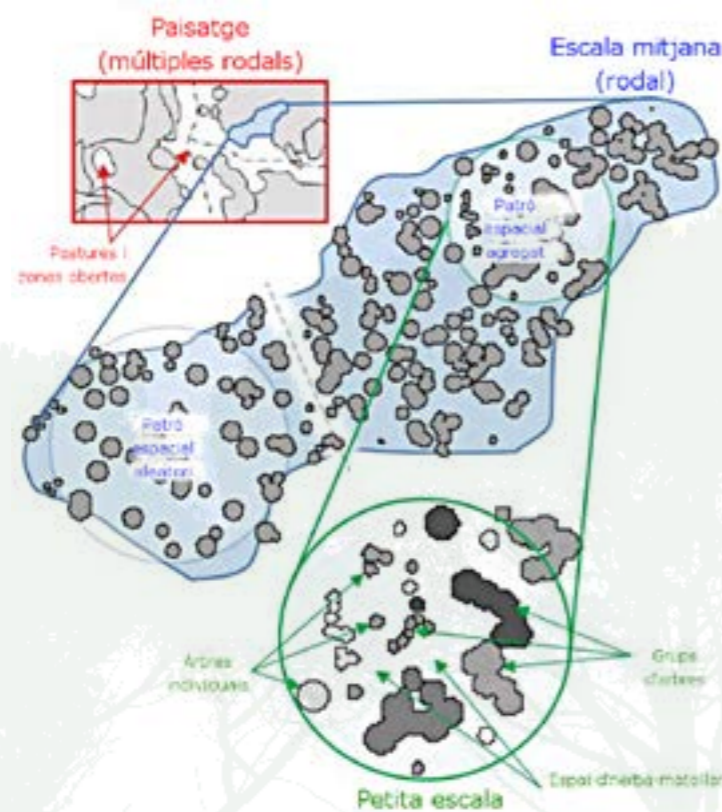


Figura 9. Patrons de vegetació dels boscos adaptats a la recurrència d'incendis a diferents escales espacials. Adaptat de Reynolds *et al.* (2013)

1.2. Problemàtiques actuals associades als boscos de pinassa

climàtic, sempre en interacció amb els canvis socioeconòmics i d'activitat en el medi rural, poden agreujar diversos problemes que poden donar lloc a una regressió de l'hàbitat. En destaquen les perturbacions intenses, com els grans incendis forestals, les plagues o les sequeres persistents.

Les prediccions climàtiques actuals apunten majoritàriament cap a una **modificació del règim pluviomètric** (principalment amb un patró molt més irregular) i un **augment de temperatures**, amb una intensificació de les sequeres i de les tempestes (fenòmens extrems). A escala europea, es preveuen les **pitjors condicions (altes temperatures i sequera) a la regió mediterrània**.

Els efectes dels fenòmens extrems (sobretot les sequeres extremes) poden tenir conseqüències dràstiques sobre el creixement i la supervivència dels arbres (Loustau *et al.*, 2005; Granier *et al.*, 2007) i també en la regeneració de la pinassa (Tíscar i Lucas-Borja, 2010; Tíscar i Linares, 2014).

És previsible que el canvi climàtic i el canvi d'usos, actuant en conjunt, tinguin efectes importants sobre els boscos de pinassa, entre els quals cal destacar els següents (Beltrán *et al.*, 2012):

- **Canvi d'àrea de distribució.** A les zones més baixes i tèrmiques, és previsible que la presència de pinassa es vegi reduïda i restringida a enclavaments especialment frescals. D'altra banda, es preveu que les formacions de pinassa es desplacin cap a zones actualment més humides i en altitud.
- **Canvis en la composició específica.** L'augment de formacions mixtes, especialment amb planifolis, a costa de les masses pures, és una tendència destacable lligada als canvis d'usos i d'àrea de distribució. A més, els canvis en les condicions ecològiques propiciaran l'entrada d'espècies mediterrànies en comunitats vegetals temperades (Peñuelas i Boada, 2003). En altituds baixes i mitjanes, aquests processos alteraran les relacions competitives dels boscos de pinassa. L'efecte combinat del decaïment i dels incendis pot conduir a estructures arbrades obertes o de port arbustiu.
- **Augment del decaïment i les afeccions de plagues.** Els boscos de pinassa patiran situacions d'estrès hídric més sovint lligades a sequeres perllongades i onades de calor, agreujades per la competència més elevada amb l'estrat de frondoses. A més, les plagues defoliadores es veuran afavorides per una temperatura més alta (Hódar *et al.*, 2004).
- **Augment del risc d'incendi.** Es preveu un increment de la freqüència, la durada i la intensitat dels episodis climàtics adversos, responsables dels grans incendis a Catalunya. També una evapotranspiració més elevada de la coberta vegetal i, per tant, un contingut d'humitat més baix de les plantes, factors que incideixen en l'augment de la intensitat del foc.

La principal perturbació natural que afecta la pinassa és el **foc**. La pinassa és una espècie adaptada als règims d'incendis freqüents de baixa intensitat i severitat, però amb poques oportunitats de supervivència després de grans incendis forestals.

Els boscos de pinassa desenvolupats en un context de focs recurrents de baixa intensitat no presenten un sotabosc dens ni acumulació de biomassa. En canvi, els boscos de pinassa en absència d'aquests focs de baixa intensitat generen estructures cada vegada més vulnerables a generar incendis de més intensitat (Figura 10), degut al desenvolupament del sotabosc, que suposa més combustible disponible i més continuïtat entre estrats de vegetació.



Figura 10. Imatges de focs d'alta intensitat en boscos de pinassa. Fotos: Bombers de la Generalitat.

D'altra banda, les condicions ambientals poden ser favorables al desenvolupament de plagues com la processionària, que, si bé no tenen capacitat d'eliminar massivament els pins, afecten el creixement del bosc, perjudiquen determinats usos i funcions i incrementen altres riscos associats, com les sequeres i els incendis. En tot cas, les dinàmiques naturals de l'hàbitat de pinassa es veuen alterades quan les plagues es desenvolupen amb notorietat.

Un altre dels principals factors que condiciona l'estat dels boscos i que pot suposar una amenaça per a l'hàbitat és el canvi en les activitats rurals (Figura 11). L'abandonament rural, acompanyat del descens en l'activitat silvícola, agrícola i pastoral, ha suposat un **canvi en els usos del territori en els darrers anys**, que incideix sobre els boscos de pinassa en tres sentits:

- **Expansió de la pinassa.** Tot i que la pinassa no presenta un caràcter essencialment pioner, sí que actua com a colonitzadora d'espais oberts quan les condicions li són favorables, especialment en zones de pastura abandonades amb presència puntual d'arbres grans. Al Prepirineu s'aprecia, en cas de conreus marginals abandonats, una colonització conjunta amb roures, que genera un paisatge cada cop més homogeni amb continuïtat de bosc, fet que pot suposar un perill de cara a la propagació de grans incendis.
- **Densificació i modificació de l'estructura forestal.** Sense l'aprofitament continuat al qual eren sotmesos històricament els boscos de pinassa, i amb l'eliminació de la perturbació foc degut a l'abandonament de les cremes tradicionals i les polítiques d'extinció d'incendis, els boscos existents augmenten la coberta i la quantitat de biomassa acumulada, ja sigui en l'estrat arboreo, en cas de formacions més obertes, en l'arbustiu. En el cas de la pinassa, l'increment de biomassa es deu principalment a altres espècies, fonamentalment frondoses, que n'afecten l'estructura.
- **Canvi de composició dels boscos actuals dominats per la pinassa.** Es produeix un descens progressiu de la pinassa i major proporció de roures, alzines i altres planifolis poc afavorits per la gestió tradicional.



Figura 11. Ortofoto de 1946 (a dalt) i de 2016 (a baix) de l'entorn del Castell de Besora (Solsonès), on s'observen els processos d'expansió i densificació dels boscos de pinassa degut als processos d'abandonament rural. Font: ICGC.

2. El foc en els boscos de pinassa

2. El foc en els boscos de pinassa

2.1. El foc com a element natural

El foc com a component natural de l'ecosistema

El foc és un element natural en molts ecosistemes, i com a tal interacciona amb els seus components abiòtics i biòtics. **El foc és un component integral de la funció i la biodiversitat de molts hàbitats naturals** i els organismes d'aquestes comunitats s'han adaptat per resistir i, fins i tot, per treure profit de l'incendi forestal natural. En general, el foc és considerat com una perturbació natural, semblant a les inundacions, les tempestes i els esllavissaments de terra, que ha impulsat l'evolució de les espècies i controla les característiques dels ecosistemes.

L'estudi del rol del foc en els ecosistemes, o **ecologia del foc**, és un camp que s'ha desenvolupat molt en els darrers anys amb especial interès per determinar quina és la freqüència natural del foc en determinats ecosistemes. El **règim d'incendis** es caracteritza pel patró, la freqüència i la intensitat dels focs que predominen en una zona durant llargs períodes de temps (Figura 12). Poden modificar aquest règim tant els patrons meteorològics o climàtics com el tipus de vegetació o l'acció humana (Pausas i Keeley, 2009). Moltes espècies estan adaptades a un règim d'incendis concret característic de la seva història evolutiva, que necessiten que es mantingui per poder sobreviure.

El **foc com a element natural**, en forma de tempestes i ignicions de llamp, és quelcom **comú i freqüent**, també a Catalunya. Les zones d'afectació més important són les conques interiors, el Prepirineu i les darreres estribacions del Sistema Ibèric. La seva importància històrica ha estat clau en la modelització del paisatge (Cunill *et al.*, 2012). Recentment, els llamps han estat l'origen d'incendis importants, com per exemple el de Margalef (Priorat), el juliol del 1994, amb 4.500 ha cremades; el de Tivissa (Ribera d'Ebre), el juny del 2014, amb 830 ha, o el de Cerbi (Pallars Sobirà), l'octubre del 2016, amb 620 ha.

Tanmateix, **els humans també influeixen en els patrons de foc**, i ho fan de tres maneres diferents: provocant noves ignicions, canviant les característiques de la vegetació i suprimint incendis activament. Donada la llarga història d'ocupació humana a Europa, aquests aspectes són rellevants i inclouen el foc també com a una eina de gestió del paisatge. El coneixement i domini del foc al bosc és el que s'anomena *cultura del foc*. Durant segles, s'ha utilitzat el foc amb diferents objectius, modelant un paisatge que resultava sostenible al llarg dels anys, sense que el foc representés una amenaça important. De fet, existeixen rutes de transhumància a la Península Ibèrica que van del Sistema Ibèric al Pirineu, curiosament entre els dos hàbitats de pinassa separats per la vall de l'Ebre, mantenint **la crema de paisatges com a principal agent modelitzador dels boscos de pinassa**.

En l'actualitat aquesta cultura s'ha perdut progressivament i el foc com a eina ha anat desapareixent. Paradoxalment, avui dia només és notícia com a esdeveniment catastròfic arran dels grans incendis forestals. Però **el foc encara és ben present en el terreny de la cultura i especialment en les celebracions de caire festiu** (Carrera, 2012), celebracions que es desenvolupen durant tot l'any, com són les Falles dels Pirineus (reconegudes per la Unesco com a patrimoni cultural immaterial de la humanitat), les fogueres de Sant Joan o les cremes de Sant Antoni, entre d'altres.

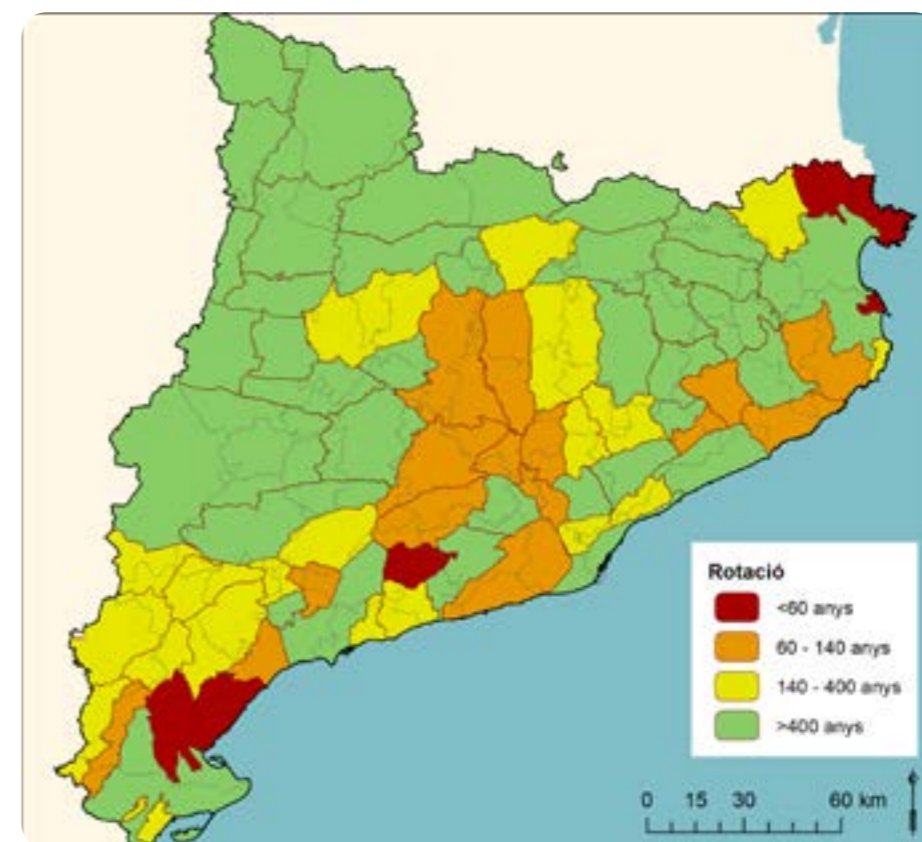


Figura 12. Mapa de Zones Homogènies de Règim de foc a Catalunya (ZHR, delimitades en línia vermella) i intervals aproximats del període de rotació del foc (adaptat de Piqué *et al.*, 2011). El període de rotació del foc representa el temps que trigarà una ZHR a cremar-se totalment.

Focs d'alta intensitat, focs de baixa intensitat, focs prescrits i focs gestionats

El foc es pot classificar pels seus efectes en focs **d'alta intensitat** i focs **de baixa intensitat**.

Foc d'alta intensitat. Representa la vessant negativa del foc i és el tipus de foc més conegut per la població en general. En els darrers anys, però, degut a l'acumulació de combustible dels boscos i les condicions climàtiques més seques, els efectes del foc estan esdevenint devastadors (Figura 13). Es caracteritzen per **provocar efectes severes** en els ecosistemes i situacions fora de l'abast dels equips d'extinció.



Figura 13. Foc d'alta intensitat en un bosc de pinassa a Balsareny (Bages). Incendi de Castellnou de Bages (2005). Foto: Bombers de la Generalitat.

Foc de baixa intensitat. Representa la vessant positiva del foc. Segons Terradas (1996), aquest tipus de foc **no provoca mortalitat** general i sí canvi d'espècies, de dominància o de disponibilitat de recursos. Els incendis que cremen amb baixa intensitat poden produir efectes com l'eliminació del combustible superficial, la poda tèrmica de les branques inferiors o el buidat de capçades. En funció de la recurrència, donen lloc a estructures forestals resistents al foc (Figura 14).



Figura 14. Efecte d'un foc de llamp en un bosc de pinassa de Lladurs (Solsonès). Es poden apreciar les ferides del llamp en dos dels arbres centrals; el foc ha afectat principalment l'estrat herbaci i arbusti, respectant la vitalitat de les capçades de l'estrat arbori. Foto: Joan Rovira.

Generalment, **les zones amb incendis forestals de recurrència baixa** contenen altes càrregues de combustible, **cremen en alta intensitat i afecten greument l'ecosistema**, mentre que les zones amb incendis en règims de **focs naturals freqüents** o en les que es duen a terme **cremes de gestió del combustible** (cremes prescrites o incendis gestionats) contenen poca càrrega de combustible i **cremen en baixa intensitat, afavorint la dinàmica natural i la persistència del l'ecosistema** (Agee, 1996).

Per tant, els beneficis del foc de baixa intensitat en les estructures forestals es poden promoure de dues maneres diferents: mitjançant **cremes prescrites planificades** en termes d'extinció passiva o activa, o bé mitjançant el **seguiment i la monitorització d'incendis** (incendis gestionats) que, pel seu comportament de baixa intensitat, estiguin generant un efecte amb balanç positiu en l'hàbitat, i pel qual s'adopta una estratègia d'acompanyament fins a uns límits de control preestablerts.

Les cremes prescrites o els incendis gestionats són actuacions amb foc de baixa intensitat per tal d'aconseguir un objectiu de gestió de l'ecosistema a través de la interacció del foc (Figura 15). Molt sovint, **aquestes cremes s'utilitzen en recerca** per ampliar els coneixements sobre els efectes del foc en la biodiversitat del sotabosc, en la reducció del combustible, el creixement i l'estructura de l'estrat arbori. Això es realitza ja sigui monitoritzant la crema per saber-ne la intensitat o velocitat de propagació, analitzant els efectes de les cremes sobre la vegetació, comparant les situacions anteriors i posteriors, o comparant àrees cremades amb diferents intensitats, entre d'altres.



Figura 15. Exemples de cremes prescrites en boscos de pinassa, fetes en el marc del projecte Life+PINASSA.

a) Crema de gestió de boscos madurs al Parc Natural del Montserrat abans (esquerra) i després (dreta) d'aplicar-hi el foc. b) Crema de gestió per a la prevenció d'incendis a Navès (Solsonès) abans (esquerra) i després (dreta) d'aplicar-hi el foc. c) Crema de gestió de restes d'actuació silvícola en un bosc adult de pinassa a Llobera (Solsonès) abans (esquerra) i després (dreta) d'aplicar-hi el foc. Fotos: AGS-CTFC i Bombers de la Generalitat.

2.2. Boscos de pinassa adaptats a focs freqüents de baixa intensitat

Característiques dels boscos adaptats al foc

Els boscos de pinassa adaptats als focs freqüents i de baixa severitat solen ser boscos madurs amb un sotabosc poc abundant, sobretot, quant a alçada, amb discontinuïtat vertical dels estrats de vegetació, amb arbres de grans dimensions i capçades elevades, i amb menor densitat d'arbrat i més oberts pel que fa a la cobertura arbòria. En comparació amb d'altres estructures forestals desenvolupades en absència de foc, els boscos madurs amb recurrència de focs tenen **menys densitat arbòria i una estructura més oberta formada per una quantitat superior d'arbres grans i vells** (Figura 16). A més, la recurrència freqüent de focs en aquests boscos en reforça l'**heterogeneïtat espacial**, potenciant boscos amb una elevada varietat de flora, fauna i processos ecològics a petita escala. La barreja d'espais ombrívols formats per grups d'arbres i petits espais oberts proporciona una elevada **biodiversitat a escala local**.

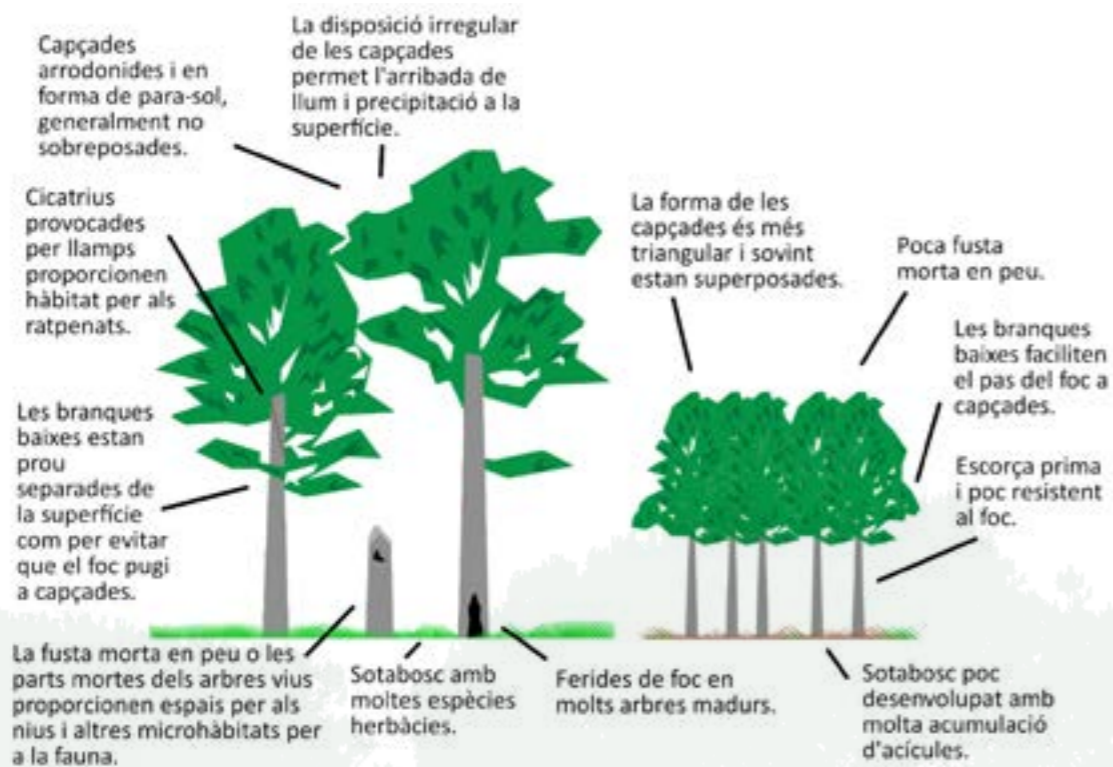


Figura 16. Principals característiques dels boscos madurs adaptats a la recurrència d'incendis en comparació amb boscos joves amb absència de foc. Adaptat de Binkley et al. (2007).

Un altre element important d'aquests boscos és la **fusta morta en peu o a terra** que contenen, que acumulen al llarg de molts anys i que presenta diferents estats de descomposició. Aquesta fusta genera **cavitats que són refugi** per a molts ocells i insectes i funciona com a **substrat** per a molses, fongs i bacteris.

Actualment resten pocs indrets a Catalunya amb exemples de boscos madurs de pinassa adaptats a la recurrència del foc (Figura 17). La seva **distribució s'ha reduït a zones de difícil accés**, parts altes de carenes amb humitats elevades per efecte de la boira, que a la vegada coincideix amb zones on es produeixen freqüents ignicions naturals de llamps. En aquests indrets, els aprofitaments de fusta van cessar fa diverses dècades, ja a principis del segle XX, degut a les difícils condicions d'accessibilitat. Tanmateix, l'ús pastoral ha estat més present, i també són zones d'alta freqüentació de la fauna salvatge, donada l'estructura del bosc. Actualment, aquests boscos presenten **hàbitats molt fraccionats en illes inconnexes** que en **diffículten la supervivència**.



Figura 17. Pinasses adaptades a la recurrència d'incendis de baixa intensitat, que es propaguen per la superfície, al Parc Natural dels Ports, on es pot veure una ferida de foc. Foto: AGS-CTFC.

Procés d'adaptació dels boscos de pinassa als focs de baixa intensitat

La formació d'aquests boscos requereix de temps, en primer lloc. Els boscos de pinassa poden trigar entre 150 i 200 anys fins que no comencen a mostrar tot l'espectre d'estructura i processos dels boscos madurs (Figura 18 i Figura 19). Però el temps no és suficient per afavorir aquestes estructures madures. **Cal, a més, que el sotabosc i la densitat d'arbres d'aquestes estructures es reguli mitjançant perturbacions**. Aquestes perturbacions poden ser d'origen natural, com els focs de llamp i la fauna salvatge, o bé perturbacions d'origen humà, com les accions de pastura i silvicultura (ja sigui amb eines mecàniques convencionals o bé amb cremes prescrites). Si l'objectiu és avançar les dinàmiques naturals cap a estructures de boscos madurs, amb la gestió forestal es pot incidir a millorar els elements clau i potenciar el creixement i la vitalitat dels arbres i, en definitiva, avançar cap a un major grau de maduresa del bosc. A més, amb la gestió forestal (amb ús del foc o no) es pot integrar la conservació de l'hàbitat de la pinassa amb la producció forestal, que en molts casos caldrà compatibilitzar per demanda de la propietat en el marc d'una gestió forestal multifuncional (Figura 20).



Figura 18. Aspecte general d'un bosc de pinassa amb arbres de diferents classes d'edats, amb un sotabosc principalment herbaci al Parc Natural dels Ports. Foto: AGS-CTFC.



Figura 19. Estructura que combina arbres aïllats escampats i arbres formant grups al Parc Natural dels Ports. Foto: Jordi Bas.



Figura 20. Gestió forestal en boscos de Llobera (Solsonès), on s'han dut a terme tractaments silvícoles (aclarides i estassades, a les imatges superiors) i cremes prescrites, (a les imatges inferiors), per obtenir estructures més resistents al pas del foc en el marc del projecte Life+PINASSA. A l'esquerra, els rodals abans d'aplicar el tractament mecànic o la crema prescrita, a la dreta, després. Fotos: AGS-CTFC.

Sense cap d'aquests fenòmens abans exposats, la densitat arbòria i el sotabosc tendeixen a romandre alts (Figura 21) i l'estructura forestal resultant, amb continuïtat vertical de vegetació, és molt vulnerable a generar grans focs devastadors que eliminen la majoria dels arbres. En aquests casos, quan es produeix un incendi, s'estén fàcilment pel sotabosc, del sotabosc a les capçades dels arbres més petits amb branques baixes, i dels arbres més petits a les capçades dels arbres adults.

La composició, estructura i patró espacial dels boscos adaptats a la recurrència dels focs es manté mitjançant focs freqüents i de baixa intensitat, a través d'una relació funcional entre el patró i el procés, és a dir, **els focs freqüents i de baixa intensitat produeixen estructures forestals que a la vegada faciliten i afavoreixen els focs de baixa intensitat** (Hiers *et al.*, 2009; Mitchell *et al.*, 2009). Al llarg del temps, mosaics variables de grups d'arbres i arbres individuals de diferents edats han conviscut en una matriu de prats gràcies a la relació entre la intensitat i freqüència dels focs, la presència de combustible de superfície i la regeneració dels arbres que escapen als incendis (Larson i Churchill, 2012). Així doncs, un paisatge amb mosaic, amb combinacions de diferents tipus d'estructures, amb boscos joves, adults, madurs, espais oberts i regenerats, és una bona estratègia per crear boscos i paisatges adaptats al foc.

En aquest context, és molt important **assegurar uns nivells mínims de regeneració**, per garantir la persistència de la massa i aquesta estructura en mosaic, amb grups d'arbres, arbres aïllats i claps. La regeneració de la pinassa es dona quan les condicions són favorables, amb precipitacions i llavors viables, i normalment en forma de grups d'arbres abundants o bosquets. Els incendis superficials que es repeteixen cada pocs anys o dècades eliminen la majoria dels arbres petits que han aconseguit establir-se durant els darrers anys. Els arbres que sobreviuen al pas del foc, els més dominants i vitals, experimenten menys competència per la llum i la humitat del sòl, cosa que els fa més resistents a incendis superficials posteriors.



Figura 21. Estructura forestal amb diferents capes de capçades i individus de diferents edats al Parc Natural dels Ports, on els més joves creixen sota els més adults. En aquest cas, el sotabosc de boix (*Buxus sempervirens*) comença a ser força abundant degut a l'eliminació del foc de llamps i la pastura. Foto: Jordi Bas.

Importància de tenir boscos madurs de pinassa

Els boscos de pinassa són molt fràgils, a curt termini, després de patir un gran incendi, degut a la seva dificultat de regenerar en espais molt oberts i pel fet de no presentar pinyes seròtines. Així doncs, després d'incendis catastròfics, que resulten com a conseqüència de llargs períodes de temps d'eliminació del foc i abandonament de la gestió i els usos tradicionals, en combinació amb condicions climàtiques extremes, la resiliència dels boscos de pinassa es veu compromesa.

Els boscos madurs adaptats a la recurrència dels focs són una de les millors garanties per evitar grans incendis forestals devastadors i conservar l'hàbitat de la pinassa; a més, són una oportunitat per estudiar el funcionament, els processos i l'estructura que caracteritza aquests tipus de boscos. Revistes antigues, fotografies o altres documents en arxius (un bon exemple n'és la recopilació feta per Pellisa, 2003) proporcionen informació addicional sobre la mida i el nombre d'arbres existents abans dels canvis en els usos del paisatge. També l'ús de tècniques, com la dendrologia (Figura 22) o l'estudi de la fusta morta en peu o a terra, present en l'actualitat, permet indagar en el funcionament i els processos que han tingut lloc per arribar a l'estructura de bosc madur actual.



Figura 22. L'extracció de cores en boscos de pinassa permet conèixer el règim de foc i l'efecte dels incendis i les sequeres en el creixement de les pinasses. Foto: AGS-CTFC.

2.3. Efectes del foc sobre la vegetació i la fauna

Efectes del foc sobre la vegetació

L'efecte del foc sobre les plantes varia segons quin sigui el seu nivell d'organització. Les plantes poden sobreviure individualment si eviten ser danyades durant la combustió, però pel que fa a la població les plantes persisteixen a través de la supervivència d'individus o la regeneració a partir del banc de llavors (Figura 23). Les comunitats i ecosistemes se sotmeten a la successió després del foc i l'estructura de mosaic del paisatge és remodelada pel foc.

També les propietats del foc (intensitat, duració, etc.) tenen efectes diferents en les plantes, i interactuen amb les diferents estratègies que tenen aquestes per sobreviure o recolonitzar terrenys cremats. El foc pot provocar una mortalitat immediata important, fins i tot d'espècies llenyoses.

La resposta de la vegetació al foc pel que fa al paisatge depèn del règim del foc, que té un paper molt important en la conformació del paisatge. La variació en la freqüència temporal dels incendis, en l'espai i en la intensitat (alta, mitjana o baixa) dibuixen diferents tipus d'àrees en el territori. Martin i Sapsis (1991) van argumentar que la diversitat en els règims d'incendis (pirodiversitat) promou la biodiversitat en ambients on el foc és una pertorbació clau. Segons aquesta hipòtesi, una major variació temporal i espacial dels incendis produeix una major varietat de nínxols ecològics, i d'aquesta manera afavoreix la coexistència de més espècies i, sobretot, afavoreix diferents combustibilitats i diferents moments d'edat. Com a conseqüència, la resiliència de la població es veu molt ampliada.

En els matollars mediterranis la variació temporal del foc pot afavorir o penalitzar determinades espècies. El temps fins la maduresa reproductiva i senescència es pot utilitzar per estimar els intervals de temps òptims entre els focs que afavoreixin la biodiversitat (Kelly i Brotons, 2017).

En les àrees on les activitats agrícoles tradicionals han estat abandonades, el foc s'està convertint progressivament en el factor clau per al manteniment de zones obertes. L'heterogeneïtat paisatgística pot resultar crucial per al manteniment de les espècies d'hàbitats oberts associades a les pertorbacions que les mantenen. Les tendències actuals de canvis en el paisatge apunten cap a una progressiva homogeneïtzació i aforestació que probablement conduirà cap a una disminució gradual en la disponibilitat d'àrees per a les espècies d'hàbitats oberts (Brotons *et al.*, 2005). La biodiversitat pot beneficiar-se de la variació en règim d'incendis, feta a mida per satisfer les necessitats d'espècies i ecosistemes particulars.



Figura 23. Rebot del margalló (*Chamaerops humilis*) després d'un incendi al Parc Natural del Garraf. Foto: Bombers de la Generalitat.

Efectes del foc en la fauna

Els animals també mostren un seguit d'habilitats per fer front al foc i molts requereixen el foc per a la seva supervivència. Aquests han d'evitar en tot moment l'exposició al foc o a la calor intensa, amb la mobilitat com a principal capacitat de resposta.

El grup d'animals més estudiat per valorar els efectes del foc tant d'alta com de baixa intensitat són els ocells. Encara que els ocells són vulnerables a l'hora de nidificar, en general poden escapar-se d'un incendi, i sovint es beneficien agafant preses que fugen d'un incendi i després tornant a recolonitzar ràpidament les àrees cremades. Són nombrosos els estudis que constaten un increment en la riquesa d'ocells després d'un incendi

en els anys posteriors al foc (Taylor, 1971, 1973; Pons *et al.*, 2003), sobretot per l'ocupació d'espais oberts favorables a moltes espècies. Després dels incendis, s'ha observat en els ocells diferents comportaments com la resistència a abandonar els antics territoris, la flexibilitat per adaptar-se a les noves condicions de l'habitat, un modest efecte del foc en la demografia de moltes espècies i la improbabilitat de la colonització a llargues distàncies.

Les àrees cremades ofereixen espais de recolonització per a moltes espècies, que poden moure's d'un lloc a un altre, buscant aquelles àrees que els ofereixin més beneficis. En les àrees cremades, molts ocells hi troben aliment i refugi, en els arbres morts en peu o a terra que queden després d'un incendi.

D'altra banda, els mamífers sovint són capaços de fugir d'un incendi, o de buscar refugi en caus o altres llocs. Els amfibis i els rèptils poden evitar les flames enterrant-se al terra o utilitzar els caus d'altres animals. Els amfibis, en particular, es poden refugiar en aigua o fang molt humit. Els microorganismes del sòl varien en la seva tolerància a la calor, però són més propensos a sobreviure a un incendi els que es troben més profundament a terra. Un augment dels nutrients disponibles després de l'incendi (Alcañiz *et al.*, 2016) dona lloc a comunitats microbianes més grans que abans del foc. La tolerància a la calor generalment més gran de bacteris en relació amb els fongs permet que la diversitat de la població microbiana del sòl canviï després d'un incendi, depenent de la gravetat del foc, la profunditat dels microbis en el sòl i la presència de coberta vegetal.

Pel que fa al paisatge, la variació temporal i espacial dels incendis té un efecte també en la biodiversitat faunística. La variació en la intensitat del foc crea hàbitats a escala local i regional únics, incloent àrees amb diferent percentatge de cobertura d'arbres que afavoreixen la biodiversitat d'ocells. Un estudi realitzat a Califòrnia sobre com la variació en el règim del foc modifica la biodiversitat dels ocells mostra que els boscos de coníferes amb elevada variació de severitats (alta, mitjana i baixa) del foc són crítics per mantenir la biodiversitat dels ocells (Tingley *et al.*, 2016). El coneixement de com els animals són influenciats per la diversitat, la mida i la severitat del foc pot ser útil en la gestió per a la conservació.

2.4. Relació foc-estructura forestal

L'estructura forestal ve determinada per la distribució de la vegetació o combustible que en forma part. El combustible es pot trobar en múltiples combinacions de tipus, quantitat, mida, forma, posició i arranjament. El combustible d'un lloc determinat pot ser principalment herbaci o estar format per restes i troncs gruixuts, pot consistir en capçades denses de coníferes, capes de fullaraca i virosta gruixudes, o una densa acumulació de restes mortes en el sòl o una barreja de qualsevol d'aquests elements. Aquesta estructura forestal condicionarà la propagació i el comportament del foc. Així doncs, els incendis forestals es poden classificar segons l'estrat de vegetació pel qual propaguen en (Figura 24):

- Foc de superfície: la flama es propaga a través dels combustibles de superfície i pel sotabosc de major altura.
- Foc de capçades: iniciat com a conseqüència de la calor de convecció que transmet el foc de superfície de les capçades dels arbres (Wagner, 1977). Inclou dos subgrups:
 - Passiu: les capçades cremen individualment, la calor de convecció no és suficient per mantenir la propagació entre capçades.
 - Actiu: el foc es propaga per les capçades i per la superfície de forma contínua, però necessita la calor de convecció per mantenir aquesta propagació entre les capçades.

El foc de capçades actiu és el que representa la major amenaça per a la supervivència dels boscos de pinassa i per als sistemes d'extinció, ja que genera intensitats de foc i velocitats de propagació molt altes, focus secundaris massius i longituds de flama elevades.

Quan es parla de comportament del foc, sovint es fa servir el terme **combustible**, que es refereix a tot el material orgànic, viu o mort, que pot entrar en ignició i cremar.

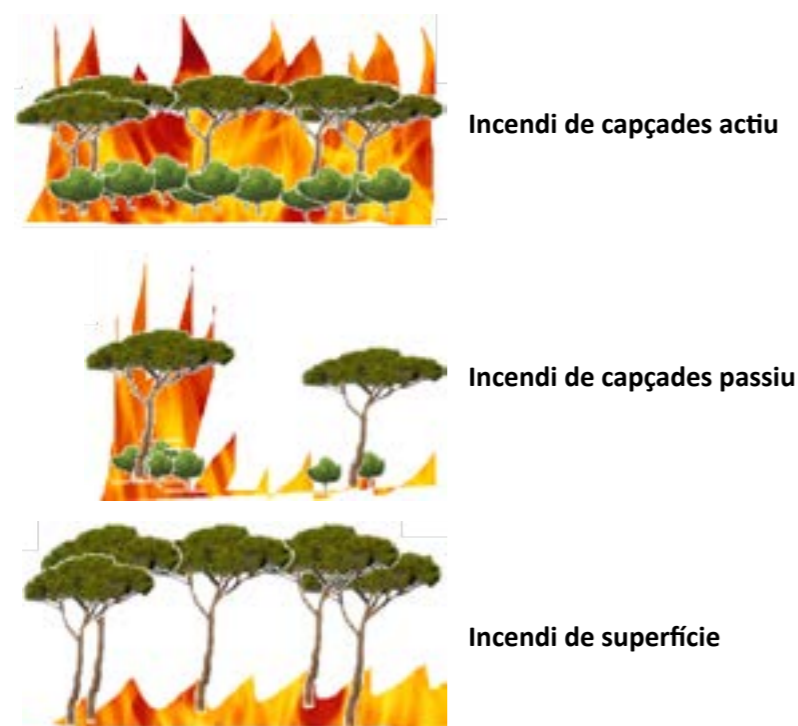


Figura 24. Tipus d'incendis segons l'estrat de vegetació pel qual propaguen. Figures de Piqué *et al.* (2011).

Per tal de caracteritzar la vulnerabilitat d'un rodal forestal, Piqué *et al.* (2011) desenvolupen unes Claus per determinar la Vulnerabilitat d'una estructura a generar Focs de Capçades (CVFoC), diferenciant entre estructures A (molt vulnerables a generar focs de capçades), estructures B (mitjanament vulnerables) i estructures C (molt poc vulnerables, donada una ignició, el foc es mantindrà de superfície) (Figura 25). Aquestes claus són també aplicables als boscos de pinassa i es basen en els recobriments dels principals estrats de vegetació i les distàncies entre ells. En general, els principals estrats de vegetació que serveixen de combustible per al foc són els estrats de combustible aeri, d'escala, de superfície i de sòl (Figura 26):

- El **combustible aeri** està format per les capçades dels arbres de l'estrat dominant i codominant de major altura. L'obertura de les capçades i la seva densitat influeixen en el tipus d'incendi que es pot produir. Per exemple, quan les capçades estan obertes, el vent pot penetrar més cap a la superfície, i es poden produir focs de superfície més ràpids i intensos. Tanmateix, amb capçades obertes i en absència de vent, la propagació activa per capçades és més difícil.
- El **combustible d'escala** és tota aquella vegetació que es situa per sobre d'1,3 m i que no forma part de l'estrat dominant o codominant d'arbres, i inclou arbres petits, arbusts, lianes o arbres caiguts. Degut a la seva posició entre el combustible de superfície i el de capçades, té una rellevància important en el pas del foc de superfície a capçades.
- El **combustible de superfície** és tot aquell material que hi ha immediatament per damunt del sòl fins a 1,3 m i està format per matollar, vegetació herbàcia, restes, fullaraca o arbres caiguts. Si no hi ha combustible per sobre, es veu afectat directament pel vent i la radiació solar. Els combustibles de superfície són els que es consumeixen principalment en un foc prescrit, es consideren el tipus de combustible més important i es descriuen més detalladament. La càrrega, la relació superfície-volum, la compactació, la composició química i la humitat són les característiques del combustible de superfície que més afecten el comportament del foc.
- El **combustible del sòl** és tot aquell material que es troba sota la superfície, incloent-hi humus, arrels, troncs enterrats en descomposició i altres combustibles llenyosos. Degut a la seva compactació, els incendis que es donen en aquest tipus de combustible són incendis de propagació molt lenta i sense flama.



Figura 25. Exemples de continuïtat vertical i horitzontal en boscos de pinassa. Les estructures de tipus A són molt vulnerables a generar focs de capçades, les de tipus B són mitjanament vulnerables i les de tipus C són molt poc vulnerables. Fotos: AGS-CTFC.

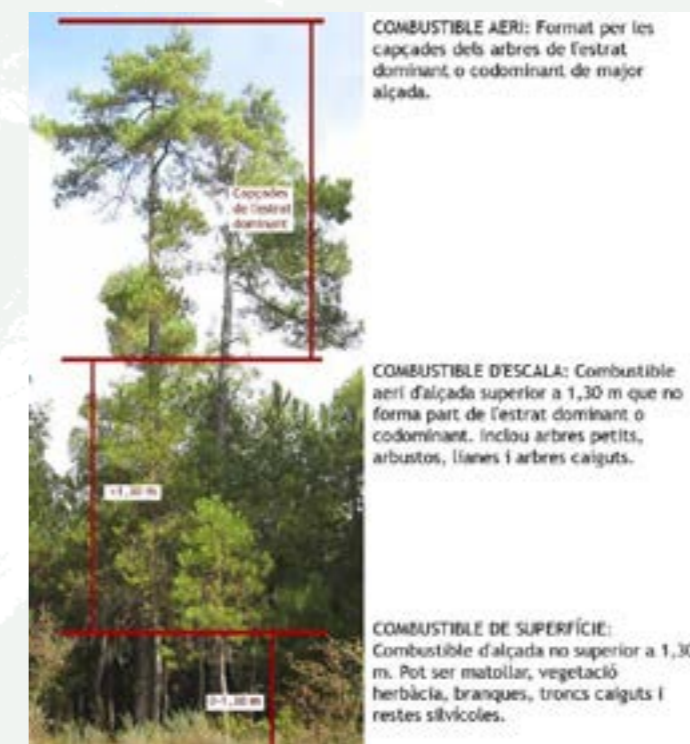


Figura 26. Distribució i definició dels tipus d'estrats de vegetació o combustibles que caracteritzen estructures forestals (Beltrán *et al.*, 2012).

Els boscos amb poca acumulació de vegetació i les estructures forestals amb discontinuïtat vertical i horitzontal són més resistents al pas del foc a les capçades, i dificulten la propagació i redueixen la intensitat dels incendis forestals.

La disposició vertical determina l'estrat que es veurà involucrat en l'incendi. Quan hi ha continuïtat vertical, l'incendi pot arribar fàcilment a les capçades i passar a ser un incendi molt més intens. La intensitat del foc de superfície i la humitat del combustible viu normalment determinen si el foc pujarà a les capçades a través del combustible d'escala.

La disposició horitzontal facilita la propagació d'un incendi. En àrees esclarissades, la propagació serà més difícil que en àrees on el combustible es reparteix d'una forma contínua i uniforme, i normalment requeriran de vents més forts i de focus secundaris per poder propagar-se. En el cas de les capçades tancades, redueixen el pas del vent, incrementen la humitat del combustible de superfície i redueixen la proliferació del sotabosc; tanmateix, un cop el foc ha passat a les capçades, es propaga més ràpidament que en capçades més obertes.

Les principals característiques que determinen el pas del foc a capçades i la seva intensitat i propagació són les següents:

- La **fracció de cabuda coberta**, que dona idea de la continuïtat horitzontal de l'estrat de capçades.
- L'**altura de la base de la capçada**, definida com l'altura a partir de la qual hi ha prou combustible de capçada per propagar el foc verticalment a través de la capçada (Scott i Reinhardt, 2007).
- La **càrrega de combustible de superfície**. És la quantitat de combustible present per unitat de superfície ($t\ ha^{-1}$). El combustible que participa principalment en la combustió és el combustible mort fi (separat entre <0,6 cm, 0,6-2,5 cm i 2,5-7,6 cm de diàmetre), però també hi contribueix el combustible viu fi.
- L'**altura del combustible de superfície**. Juntament amb la càrrega de combustible, determina la compactació del combustible. Si està molt compactat, hi haurà poc oxigen i la combustió serà més difícil.
- La **densitat aparent del combustible de capçades** dona una idea de la compacitat del combustible en les capçades i de com s'hi reparteix el combustible.
- La **distància entre estrats**, és a dir, la diferència entre la base de les capçades arbòries i l'altura mitjana de l'estrat de superfície, que pot estar compost per viosta, estrat herbaci i estrat arbustiu, també dona informació de la continuïtat vertical. Com més gran sigui aquesta diferència, més difícil li serà al foc arribar a les capçades.

Com s'ha comentat, dels diferents tipus d'incendis forestals possibles, els incendis de capçades, sovint intensos i de propagació ràpida, són els que representen una major amenaça i, alhora, repte per als equips d'extinció i gestors. La continuïtat vertical de la vegetació facilita considerablement que el foc arribi a les copes, i, a partir d'aquí, es pot propagar de copa en copa d'una manera activa. Per tant, si es trenca aquesta continuïtat estructural, s'espera una disminució en la vulnerabilitat als incendis actius (Fulé *et al.*, 2001; Brown *et al.*, 2004; Agee i Skinner, 2005; Johnson *et al.*, 2007).

La interacció entre la **meteorologia, la topografia i la vegetació** (denominada com a combustible) determina com es propaga un incendi i si aquest pot convertir-se en un gran incendi forestal (Rothermel, 1983). D'aquests paràmetres, la vegetació és l'únic sobre el qual és possible actuar directament, amb l'objectiu d'influir en la propagació del foc. L'ús d'actuacions silvícoles estratègiques als rodals dirigides a augmentar l'alçada de la base de la copa, a reduir la càrrega de combustible superficial i a reduir la densitat d'arbres haurien de disminuir la vulnerabilitat dels rodals forestals i fer les tasques de extinció molt més fàcils (Agee, 1993; Graham *et al.*, 2004) (Taula 1).

Principi	Efecte	Avantatges	Inconvenients
Reduir el combustible de superfície	Redueix la longitud potencial de la flama	Control fàcil d'un foc potencial, menys entorxeig	Reducció de la diversitat del sotabosc
Augmentar la distància a les capçades	Requereix una longitud de flama superior per entorxar	Menys possibilitat d'entorxeig	Obertura del sotabosc pot produir un increment del vent en superfície
Disminuir la densitat de les capçades	Fa menys probable el pas del foc d'arbre a arbre	Redueix el potencial d'un foc actiu de capçades	Vent en superfície pot incrementar i el combustible de superfície pot estar més sec
Mantenir els arbres grans de les espècies resistents	Menys mortalitat per la mateixa intensitat de foc	Generalment restaura l'estructura històrica	Menys productivitat econòmica del bosc, pot mantenir arbres en risc per als insectes

Taula 1. Factors que incrementen la resiliència al foc. Adaptat de Brown *et al.* (2004).

2.5. Simulació del comportament del foc

Els simuladors són eines útils per estudiar la relació entre l'estructura forestal i el comportament del foc (per exemple, velocitat de propagació del foc, longitud de flama, etc.). L'elevada variabilitat en la forma, mida, quantitat, posició, tipus i arranjament del combustible requereix organitzar la informació mitjançant models de combustible de cara a utilitzar les eines de simulació. Els models de combustible inclouen de forma simplificada tota aquella informació necessària per caracteritzar el combustible de superfície, com per exemple les càrregues ($t\ ha^{-1}$) o l'altura de l'estrat de superfície (m), entre d'altres. Dins d'aquests models, existeixen els models de combustible estàndards que descriuen diferents tipus d'estructures bàsiques (Anderson, 1982 o Scott i Burgan, 2005) i els models de combustible propis elaborats amb mostres de camps específics, com els que es presenten a la taula 2 –en aquest cas, obtinguts en el marc del projecte Life+PINASSA per a boscos d'aquesta espècie–. Els models de combustible que es presenten en aquesta taula fan referència a boscos de pinassa relativament joves, d'entre 40 i 80 anys d'edat, ens els quals s'han dut a terme actuacions forestals per reduir la propagació de focs de capçades, ja sigui amb tractaments mecànics convencionals o cremes prescrites directament (sense tractaments previs). La taula 2 mostra les característiques del combustible del rodal abans i dos anys després dels tractaments, així com els resultats de la simulació del comportament del foc per a cada cas. La taula 3 presenta les principals característiques dasomètriques d'aquests rodals.

Municipi (Comarca)	Tractament	Càrrega de combustible ($t\ ha^{-1}$)								Altura (m)	R ($m\ min^{-1}$)	FL (m)
		Humus	Viosta	1 h	10 h	100 h	Lh	Lw	Total			
Navès (Solsonès)	Abans del tractament	16,43	2,66	1,37	0,68	0,00	1,03	3,56	25,73	1,16	11,6-15,6	11,3-12,7
	Dos anys després del tractament mecànic	11,61	2,99	5,66	8,01	5,30	0,13	1,83	35,53	0,30	2,9-3,2	1,5-1,6
	Dos anys després del tractament amb crema	14,52	1,04	2,24	2,16	0,41	1,26	0,79	22,43	0,31	3,2-3,8	1,0-1,3
Llobera (Solsonès)	Abans del tractament	17,49	2,21	2,58	0,72	0,00	3,83	7,50	34,34	1,17	9,6-12,5	6,2-10,0
	Dos anys després del tractament mecànic	15,57	2,49	6,78	10,60	3,31	0,83	0,51	40,10	0,27	2,5-3,2	1,4-1,5
	Dos anys després del tractament amb crema	16,44	1,79	2,47	4,64	0,00	0,37	1,66	27,37	0,34	3,7-5,5	1,4-1,7

Taula 2. Models de combustible de rodals de pinassa realitzats en el marc del projecte Life+PINASSA. 1 h, càrrega de combustible d'1 h (amb un diàmetre inferior a 6 mm); 10 h, càrrega de combustible de 10 h (amb un diàmetre de 6 a 25 mm); 100 h, càrrega de combustible de 100 h (diàmetre de 25 a 76 mm); Lh, càrrega de combustible herbaci viu; Lw, càrrega de combustible llenyós viu.

Municipi	Tractament	FCC (%)	N (peus ha ⁻¹)	Dg (cm)	AB (m ² ha ⁻¹)	Do (cm)	Hm (m)	Hbranca (m)	ACBD (kg m ⁻³)	Rec_arbusti (%)
Navès (Solsonès)	Abans del tractament	90	1.910	13,6	27,6	23,6	8,9	4,6	0,38	31
	Dos anys després del tractament mecànic	81	1.496	14,0	23,1	24,6	10,1	5,3	0,29	18
	Dos anys després del tractament amb crema	89	1.602	14,3	25,9	24,1	9,2	4,8	0,31	6
Llobera (Solsonès)	Abans del tractament	89	1.341	15,9	26,9	23,8	9,1	4,8	0,29	72
	Dos anys després del tractament mecànic	83	1.188	16,0	24,0	30,0	10,1	5,3	0,23	20
	Dos anys després del tractament amb crema	78	1.178	16,6	25,4	28,3	9,8	5,1	0,22	14

Taula 3. Característiques dasomètriques de rodals de pinassa realitzats en el marc del projecte Life+PINASSA. FCC, fracció de cabuda coberta; N, densitat arbòria; Dg: diàmetre mitjà quadràtic; AB, àrea basal; Do, diàmetre mitjà dels 100 arbres més grans; Hm, alçada mitjana; Hbranca, alçada mitjana de la primera branca viva; ACBD, densitat aparent de capçada disponible; Rec_arbusti, cobertura arbustiva mitjana.

Quan es comparen estructures amb sotabosc de poca altura, normalment herbaci, davant d'estructures amb densitat de peu elevada i sotabosc dens i alt, els simuladors donen una idea del comportament d'un incendi potencial. A la taula 2, amb unes condicions meteorològiques i topogràfiques característiques dels incendis de la zona (Piqué i Domènech, 2018), s'observa com en els rodals de pinassa en què s'han fet tractaments, ja siguin tractaments mecànics convencionals o cremes prescrites, es redueix considerablement tant la velocitat de propagació (inferior a 4-5 m s⁻¹) com la longitud de la flama (inferior a 1,7 m) d'un incendi potencial.

Altres simulacions realitzades per avaluar el comportament del foc en boscos de pinassa del Solsonès, amb continuïtat vertical i horitzontal elevada pel que fa als estrats de vegetació i models de combustible amb càrregues elevades, en els quals s'han realitzat tractaments d'estassada i aclarida baixa mecànicament, amb eliminació de restes sense i amb cremes prescrites, mostren també com les cremes redueixen considerablement el comportament d'un incendi potencial (Figura 27) (Piqué i Domènech, 2018). En aquest treball, s'observa com la velocitat de propagació, la longitud de la flama i la intensitat del foc experimenten reduccions de més del 90% amb les cremes (la velocitat de propagació de 8 m min⁻¹ abans de la crema a 1 m min⁻¹ després; la longitud de la flama de 8 a 0,6 m, i la intensitat de més de 5.000 kW m⁻¹ a menys de 100 kW m⁻¹).

Les cremes redueixen el combustible de superfície (reduint la intensitat i la longitud de flama d'un incendi potencial de superfície), augmenten la distància entre el combustible de superfície i el de les capçades (dificultant el pas de l'incendi a capçades) i causen una poda tèrmica de les capçades reduint-ne la densitat aparent (en el cas que l'incendi pogués pujar a capçades seria difícil que s'hi propagués activament).

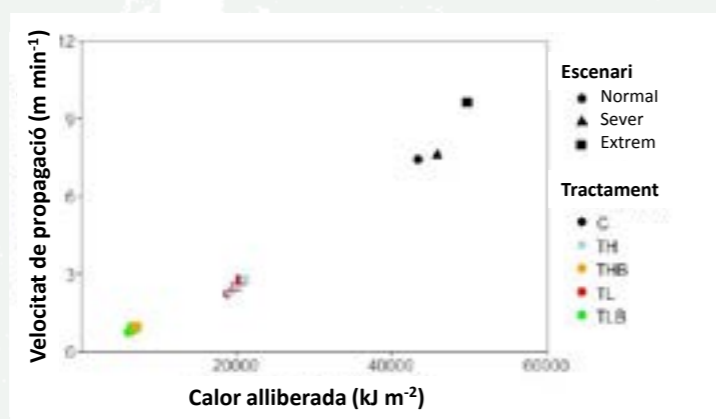


Figura 27. Velocitat de propagació del foc i calor alliberada en rodals forestals de pinassa on s'han realitzat diferents tractaments (C, sense tractament; TH, aclarida forta i trossejat de restes; THB, aclarida forta i crema de restes; TL, aclarida suau i trossejat de restes; TLB, aclarida suau i crema de restes) i tenint en compte diferents escenaris meteorològics (normal, sever, extrem).

El comportament del foc difereix molt entre un incendi de superfície o un incendi que es propaga activament per les capçades. Depenent de la intensitat del foc, els incendis seran més o menys controlables per als mitjans d'extinció i els efectes sobre els ecosistemes seran menors o majors. En qualsevol cas, estructures amb càrregues de combustible baixes o sense combustible d'escala i amb copes ben separades de la superfície oferiran majors oportunitats de control del foc als mitjans d'extinció i generaran focs de superfície de baixa intensitat, que poden tenir efectes positius sobre l'ecosistema.

3. Cremes prescrites

3. Cremes prescrites

3.1. Què són les cremes prescrites?

Cremes prescrites en un context global

A **Europa**, el foc ha estat un element important per a l'**agricultura, la caça, les pastures i la gestió forestal**. L'ús del foc ha modelat els patrons de paisatges i ha incorporat diversitat ecològica i cultural.

Els ràpids canvis socioeconòmics que han tingut lloc després de la Segona Guerra Mundial a Europa van portar també canvis en els patrons i usos del paisatge. Degut als nous estàndards de qualitat de l'aire i a una opinió generalitzada prevalent que creia que el foc danyava l'estabilitat dels ecosistemes i la seva biodiversitat, les administracions públiques van **imposar prohibicions en l'ús del foc en la majoria de països europeus**. Durant la segona meitat del segle XX, l'ús tradicional del foc es va mantenir en pocs indrets, com per exemple a Escòcia, on es feia servir per mantenir l'habitat del gall fer o a Finlàndia, com a eina de gestió forestal.

A partir dels anys 70 es va fer cada vegada més evident que **l'abandonament dels mètodes tradicionals d'ús del paisatge havia provocat l'eliminació de les pertorbacions**, les quals havien donat forma a molts tipus de paisatges i ecosistemes valuosos. El canvi de paradigma en l'ecologia i la conservació han dut a una reconsideració de les polítiques d'eliminació del foc en certs sectors com el de la conservació, la caça i la gestió forestal. L'existència de diferents projectes de recerca en cremes prescrites i el renaixement de les pràctiques de l'ús del foc tradicional indiquen una restauració del rol funcional del foc en la gestió ecosistèmica i paisatgística.

Als **Estats Units**, es va deixar d'utilitzar el foc a principis del segle XX, quan es van promulgar polítiques contra incendis amb l'objectiu de suprimir tots els incendis. Des del 1995, el Servei Forestal dels Estats Units ha incorporat lentament cremes prescrites com a eina en les seves polítiques de gestió forestal.

El *Pinus ponderosa* ocupa un rol similar al de la pinassa (Agee, 1993) a les zones interiors de l'oest dels Estats Units, principalment a la mitja muntanya de les zones interiors, on la sequera, el foc i la pastura de grans mamífers són els elements perturbadors més importants que fan evolucionar l'ecosistema. Igualment, el seu règim de foc oscil·la entre els 5 i els 35 anys, i es regenera per bosquets formant boscos vells oberts. Dècades amb una política activa de lluita contra el foc i una pràctica silvícola que no integrava les pertorbacions com a elements gestors van dur aquests boscos a una situació de retrocés, principalment pels grans incendis forestals patits en el context del canvi global. Actualment, l'ús del foc extensivament en forma de cremes és l'eina bàsica de restauració dels boscos cap a la sostenibilitat.

Objectius de les cremes

Les cremes prescrites són **l'aplicació planificada i precisa del foc en uns combustibles vegetals específics** i sota unes **condicions meteorològiques determinades** per aconseguir uns **objectius de gestió forestal específics**. Les cremes prescrites poden servir tant per limitar l'abast de grans incendis forestals, formant part de la planificació dels àmbits de la preextinció i la prevenció, com per emular processos naturals que permetin mantenir la capacitat biològica dels ecosistemes.

Els objectius principals de les cremes prescrites són els següents:

Protecció de l'ecosistema davant el risc d'incendis devastadors (Figura 28).

- Eliminar la càrrega de combustible vegetal que podria, en cas d'incendi, incidir en la propagació de focs destructius i amb efectes devastadors sobre la vegetació i la fauna.
- Restaurar i mantenir l'estructura piroresistent. Per exemple, mantenint estructures en què es limiti la càrrega de combustible disponible.
- Transformar les estructures forestals per facilitar el control de grans incendis forestals en àrees estratègiques i reduir-ne l'impacte. Crear un mosaic en el paisatge que combini estructures amb diferent vulnerabilitat al foc.



Figura 28. Crema a la Mola Castellona (Parc Natural dels Ports), realitzada en el marc del projecte Life+PINASSA. Fotos: Jordi Bas i Bombers de la Generalitat.

Restauració i millora d'hàbitats de fauna (Figura 29)

- Mantenir pastures per a grans herbívors.
- Obrir la massa forestal i crear espais oberts per a ornitofauna, per exemple, per a grans rapinyaires.
- Millorar les zones de nidificació, per exemple, en el cas de les cremes de regeneració de canyars al Delta de l'Ebre.



Figura 29. Cremes de gestió al Parc Natural del Delta de l'Ebre per gestionar i afavorir espais de nidificació i crema de pastures a la Collada de Tosses (Ripollès). Fotos: Bombers de la Generalitat.

Maneig de la vegetació i la seva successió vegetal

- Afavorir determinades espècies. La intensitat del foc, l'època de l'any i la recurrència d'aplicació del foc són els paràmetres principals que condicionen la capacitat de resposta d'unes espècies davant de les altres. Les estratègies vitals de les disseminadores i les rebrotadores són diferents davant del foc i això permet establir un patró d'aplicació de la crema prescrita que condicioni la capacitat de resposta de cada espècie o grups d'espècies. Aquestes pautes –conegudes pels pastors– han marcat el patró tradicional de les cremes per afavorir les gramínies davant les rebrotadores com l'argelaga. L'època de l'any, la recurrència i el patró d'ignició i conducció de la crema formen part del coneixement popular per afavorir les espècies més palatables per als ramats.
- Protegir espècies sensibles davant la invasió d'altres, com és el cas de la protecció dels savinars (*Juniperus phoenicea*) a les carenes calcàries o de la pinassa en l'àrea meridional de Catalunya, on ha quedat limitada a carenes remotes davant la proliferació de pinedes de pi blanc o de màquies.

4. Gestió silvícola (Figura 30 i Figura 31)

- Afavorir processos d'aclarida i millora del creixement de l'arbrat, a través de la mortalitat per afectació al canvi dels arbres més dominats i menys vitals.
- Eliminar el combustible de superfície i d'escala per reduir la vulnerabilitat al foc de capçades.
- Elevar les capçades a la part alta del tronc amb la poda tèrmica.
- Afavorir la regeneració de les espècies adaptades al foc de baixa intensitat.
- Eliminar restes de tractaments silvícoles per reduir el risc propagació del foc i afavorir el reciclatge de nutrients.



Figura 30. Crema de les restes d'aclarida en boscos de pinassa a Llobera (Solsonès), realitzada en el marc del projecte Life+PINASSA. Foto: Bombers de la Generalitat.



Figura 31. Crema sota arbrat en boscos de pinassa a Colldejou (Baix Camp), realitzada en el marc del projecte Life+PINASSA. Foto: Bombers de la Generalitat.

La introducció de les cremes prescrites als països del sud d'Europa es va fer perseguint la reducció del risc d'incendis forestals. L'experiència aconseguida en aquestes pràctiques ha fet possible l'ampliació dels objectius cap a altres objectius de gestió, com la conservació d'espais naturals, la gestió forestal o la recuperació de la fauna (Lázaro i Montiel, 2010).

Com es fan les cremes prescrites?

Les cremes es basen en l'**execució de foc de baixa intensitat** dut sempre de **forma conduïda**, seguint un patró d'ignició que no permeti la propagació descontrolada del foc.

Les cremes s'executen obeint un **pla de crema**, prèviament dissenyat i aprovat, on s'especifica clarament la **finestra de prescripció**, que és el conjunt de condicions meteorològiques, topogràfiques i de combustible que s'han de complir per poder assolir els objectius establerts per la crema de forma segura i controlada. Al pla de crema s'especifiquen **els objectius de la crema, la finestra meteorològica de prescripció, els treballs previs de condicionament, els recursos necessaris i les particularitats de la ignició**, entre d'altres. És imprescindible que planifiqui i executi les cremes personal especialitzat. A Catalunya, les cremes prescrites les porten a terme unitats especialitzades de l'Administració dels departaments d'Agricultura i Interior.

La finestra de prescripció marca uns rangs meteorològics (temperatura, humitat relativa i velocitat del vent), d'humitat del combustible (viu i mort per diàmetre) i de comportament del foc (velocitat de propagació, intensitat, longitud de flama) dins dels quals és possible fer la crema amb seguretat i complint els objectius perseguits.

Els **treballs preparatoris** consisteixen en l'execució de les línies de delimitació o ancoratge per limitar i subparcel·lar la parcel·la de crema en una línia física (Figura 32). Si l'estructura a cremar presenta una complexitat excessiva per a l'aplicació directa de foc, és possible modificar la continuïtat vertical del combustible amb eines manuals, desbrossant i fent aclarides baixes.



Figura 32. Realització de línies de defensa abans d'executar una crema en un rodal d'actuació del projecte Life+PINASSA, al Parc Natural del Montsant. Fotos: Bombers de la Generalitat.

Les restes generades durant la preparació del terreny (per exemple, per l'eliminació de la continuïtat vertical) es distribueixen de manera uniforme per la parcel·la amb la finalitat de no generar una intensitat molt elevada en el moment de fer la crema.

La **conducció de la crema** (Figura 33) es realitza segons el **patró d'ignició**, que s'ha d'ajustar als objectius i seguretat de la crema en funció de la meteorologia, el pendent i la càrrega de combustible. Així mateix, el patró d'ignició **pot ajustar la intensitat del front** (longitud de la flama), variant l'espai de carrera mitjançant l'aplicació lineal o puntual del foc, o bé modificant la interacció entre fronts per tal d'ajustar el comportament del foc òptim per aconseguir els objectius descrits en el pla de crema.

Les zones amb més densitat, alçada dels arbustos o acumulació de restes es cremen valorant la longitud de les carreres amb l'objectiu de mantenir un foc d'intensitat baixa.



Figura 33. Diferents fases de l'execució d'una crema prescrita aplicant patró de cua, en un bosc de pinassa a Navès (Solsonès). L'objectiu de la crema és reduir el sotabosc i arbrat dominat i preservar els arbres adults. Fotos: Bombers de la Generalitat.

Un cop acabada la fase d'ignició de la crema, es procedeix a la **fase de rematada**, que consisteix en el **refredament de punts calents i segellat del perímetre** per assegurar que no surti dels límits establerts. A partir de cert valor de sequera i en llocs amb una elevada proporció de matèria orgànica, els dies posteriors a la crema part de l'humus es segueix consumint en una segona fase de combustió. Aquesta combustió és lenta, però pot permetre que, pel subsol, el foc pugui superar les línies de defensa i afectar les parcel·les adjacents no destinades a cremar.

D'altra banda, la presència de peus secs en peu facilita que una part s'encenguin amb el pas del foc, obligant a assegurar-ne l'estabilitat per evitar rodaments que facilitin a elements incandescents sortir dels límits de la parcel·la. En funció del grau de sequera i la disponibilitat del mantell orgànic a cremar, variaran les accions de segell de perímetre. Amb valors de sequera elevats, el procés de combustió del mantell orgànic es pot allargar en el temps durant molts dies, mantenint un risc elevat d'escapament de la crema i obligant a accions de rematada com poden ser la remullada **dels 20 metres més propers a la línia de defensa o la creació d'una profunda línia de defensa que impermeabilitzi el pas del foc de subsol i les arrels**.

Efectes de les cremes i seguiment

Per tal de **reduir els possibles impactes** de les cremes i alhora poder estudiar-ne l'efecte sobre el sòl, la vegetació i la fauna cal **observar i monitoritzar** aspectes com els següents:

- **Temperatura del sòl.** La temperatura del sòl no ha d'augmentar significativament: temperatures elevades provoquen severitats elevades. L'existència de punts calents temps després de finalitzada la crema o una temperatura elevada al contacte de la mà amb el terra són indicadors d'una crema severa.
- **Monitorització del procés de regeneració natural** d'espècies herbàcies, arbustives i arbrades. Comporta dos aspectes fonamentals:
 - Evolució en el temps dels graus de cobertura del sòl per part de les espècies vegetals per valorar l'efecte dels canvis en l'estructura del bosc.
 - Caracterització de les poblacions que regeneren quant a espècies i estructura. L'època d'aplicació del foc i la seva intensitat estan relacionades amb l'afavoriment de regeneració de diferents espècies en funció de la seva estratègia de reclutament: disseminadores, rebrotadores o totes dues.

- L'objectiu principal de la crema determinarà, per tant, l'època i intensitat idònies per aplicar el foc.
- Zones degradades (% de sòl descobert i afloraments rocosos) i amb elevat pendent poden ser vulnerables a **processos erosius** en cas de dèficit de regeneració.
- **Període de recurrència de crema.** Determinar el període de recurrència és fonamental per equilibrar els efectes positius i negatius del foc. Períodes de recurrència massa curts poden suposar que la vegetació no hagi pogut crear un banc de llavors adequat i que la regeneració postcrema no tingui èxit, o causi una pèrdua d'alguns nutrients pel rentat del sòl en zones vulnerables.
- **Vegetació arbòria.** Quan l'objectiu de la crema és preservar estructures arbrades adultes cal valorar els efectes del foc sobre aquest estrat (Figura 34). El seguiment del nombre i la severitat de ferides produïdes als troncs i la valoració de la proporció de capçada afectada pel foc formen part dels aspectes que determinen el grau de severitat de la crema en l'estrat arbrat. Mitigar els efectes del foc en arbres adults passa per: 1) triar l'època de crema per tal de minimitzar la vulnerabilitat dels teixits vius; 2) definir la finestra meteorològica adient per controlar la intensitat del foc i 3) si convé, modificar prèviament l'estructura de combustibles amb eines mecàniques, per minimitzar danys per continuïtat vertical.
- **Fauna.** Triar una època adequada d'execució de cremes ajudarà a prevenir danys a la fauna. Cal evitar les cremes en períodes de nidificació d'aus i períodes de molta activitat d'invertebrats. A més, és important tenir cura de la tècnica en l'ús del foc regulant la velocitat perquè hi hagi vies d'escapament en els tancaments finals de les cremes.

Temps després de la crema, cal reconèixer el terreny tractat amb foc i fer certes **comprovacions per tal de confirmar el compliment dels objectius**:

- Grau de satisfacció dels sol·licitants i usufructuaris de la parcel·la. Caldrà valorar també el grau d'acompliment de compromisos per part del sol·licitant en cas que el motiu sigui l'ús ramader de la parcel·la.
- Grau de satisfacció de l'administració forestal responsable de la gestió i preservació dels boscos.
- Grau d'acompliment dels objectius tècnics fixats al pla de crema, com per exemple, reducció del sotabosc, percentatge d'eliminació d'arbrat dominat i de petit diàmetre, trencament de la continuïtat vertical dels estrats de vegetació, incidència en la regeneració, etc.



Figura 34. Cremes sota arbrat de pinassa a Navès (Solsonès), en el marc del projecte Life+PINASSA. a) Durant la crema; b) 7 mesos després. Fotos: AGS-CTFC.

3.2. Experiència acumulada en l'ús de les cremes prescrites per a la conservació dels boscos de pinassa

L'ecologia de la pinassa i la dinàmica de les estructures naturals de l'espècie està relacionada amb un règim d'alta freqüència de focs (< 35 anys), que permeten mantenir unes estructures amb poques probabilitats de generar focs d'alta intensitat que posin en perill els peus adults, i en les quals la viabilitat de la regeneració requereix aquesta recurrència de focs per limitar la competència amb altres espècies arbrades i arbustives.

En l'actualitat, la proporció de masses de pinassa amb les característiques descrites és mínima a Catalunya i resta restringida a localitzacions molt concretes i de superfície reduïda. L'activitat forestal tradicional dirigida principalment a l'extracció de producte fustaner comercial i l'abandonament generalitzat de la gestió forestal i ús del bosc des de les darreres dècades, juntament amb l'abandonament de l'ús de les cremes per millorar les pastures i erradicar els focs naturals pels sistemes d'extinció, han facilitat la proliferació d'estructures de sotabosc amb altes càrregues de biomassa i boscos poc madurs i d'alta vulnerabilitat a desenvolupar focs de capçades. L'efecte dels grans incendis forestals dels darrers 30 anys en els boscos de pinassa ha estat molt important, reduint la superfície ocupada per l'espècie de forma notable.

A continuació es presenten diferents **exemples d'actuacions realitzades amb cremes prescrites**, per tal de restaurar la capacitat de les poblacions de pinassa de millorar la seva resiliència i mantenir-se en el seu hàbitat.

Reducció de la vulnerabilitat dels boscos de pinassa als focs de capçades

Les estructures de pinassa caracteritzades per càrregues de biomassa importants en els estrats de superfície i d'escala són vulnerables als focs de capçades i grans incendis forestals que posen en perill el seu hàbitat. Els tractaments silvícoles destinats a la reducció de biomassa en aquests estrats milloren els valors de comportament del foc en un rang de condicions meteorològiques i de disponibilitat dels combustibles vegetals ampli. El resultat serà de més probabilitat de focs d'intensitat baixa i mitjana en cas d'incendi i de més dificultat que el foc es propagui per les capçades, la qual cosa dificulta que es generin grans incendis amb efectes devastadors.

Aquestes actuacions busquen, per tant, reduir la continuïtat vertical i horitzontal dels combustibles, per tal de crear discontinuïtats i una reducció de la biomassa total disponible, alhora que milloren el creixement i vitalitat general de la massa restant. Es poden portar a terme, bàsicament, de dues maneres diferents (Figura 35):

- **Aplicació de foc prescrit directament al rodal** forestal sense tractament previ mecànic, que afecta principalment els estrats de superfície i escala (fullaraca, fenàs, branques mortes, matolls, regenerat i arbres dominats).

Pros:

- La crema prescrita emula l'acció del foc de forma natural, generant una estructura resultant més diversa condicionada per les particularitats de la ignició i la disponibilitat dels combustibles.
- Reducció de costos en simplificar el tractament en una única actuació.

Contres:

- Requereix unes condicions meteorològiques més ajustades per aconseguir els efectes buscats, reduint el nombre de dies hàbils per executar la crema.
- Requereix equips de crema experts per ajustar els efectes que es busquen.
- Rendiments baixos, si cal minimitzar l'afectació a l'estrat d'arbres dominant, degut a l'aplicació de patrons de crema conservadors de baixa intensitat i lenta progressió.

D'altra banda, cal tenir en compte que una crema prescrita aplicada d'una manera excessivament conservadora pot provocar un consum insuficient dels combustibles, la supervivència de sotabosc no desitjat i una despesa econòmica important (Zimmermann, 2003).

- **Tractament silvícola previ (estassada i/o aclarida) i aplicació posterior** del foc per a la crema extensiva de les restes.

Pros:

- Resultats finals més homogenis i percepció general de la propietat forestal, gestors i visitants de més reducció de la vulnerabilitat i millors resultats pel que fa a la prevenció d'incendis.
- Més ventall de dies hàbils per executar la crema.
- Millor rendiment dels equips de crema.

Contres:

- Cal esperar uns mesos entre el tractament mecànic i la crema de restes per reduir la intensitat del foc i els seus efectes en l'arbrat restant.
- Tendència a l'homogeneïtzació dels efectes del tractament, si no es dissenyen en el tractament previ mecànic actuacions per generar heterogeneïtat.
- Cost total més elevat.

Com a referència general es recomana, quan l'objectiu és reduir el combustible i la vulnerabilitat dels boscos a generar grans incendis, aplicar directament la crema prescrita i reservar el tractament combinat "d'aclarida i/o estassada mecànica amb eliminació de restes amb crema" a estructures forestals pluriestratificades amb valors de cobertura de combustible d'escala superiors al 70%.

A l'annex I es detallen dos exemples de cremes prescrites realitzades en el marc del projecte Life+PINASSA. En primer lloc, una crema en un bosc irregular de pinassa amb una elevada continuïtat del combustible i que pretén reduir la vulnerabilitat del rodal enfront els incendis forestals i, en segon lloc, una crema en un bosc madur de pinassa que té com objectiu emular l'efecte dels focs de llamps naturals.



Figura 35. A la imatge superior, exemple de crema prescrita aplicada directament sense tractament previ. A la imatge inferior, crema de restes posterior al tractament d'aclarida i estassada, totes dues a Llobera (Solsonès). Fotos: Bombers de la Generalitat.

Ajuda a la regeneració natural de pinassa en masses forestals adultes

La implantació de nou regenerat de pinassa en estructures adultes es veu condicionada sovint per la presència de matoll abundant, que prolifera per l'absència de focs recurrents i/o d'herbívors que en limitin el creixement vertical i la cobertura horitzontal.

En aquest cas, la crema prescrita elimina, en part, la competència del matoll, donant durant un temps l'opció d'implantació al regenerat de pinassa mentre el matoll no ocupa de nou l'espai en rebrotar.

Quan el regenerat de pinassa està implantat, acostuma a fer-ho per bosquets; l'ús del foc pot ser un bon element per dosificar la competència entre peus (efecte aclarida de plançonada) i per la reducció de la cobertura de matoll i combustible de superfície en cas d'acumulacions que puguin posar en risc les capçades dels peus adults (Figura 36).

Igual com en els tractaments per reduir la vulnerabilitat al foc de capçades, els tractaments per facilitar la regeneració poden ser: aplicar directament la crema prescrita o fer un tractament combinat "d'aclarida i/o estassada mecànica amb eliminació de restes amb crema", en funció de les característiques de la massa de partida.



Figura 36. Efectes de foc de baixa intensitat en regenerat de pinassa a Rojals (Conca de Barberà). La recurrència de focs dosifica la presència de matoll i facilita la selecció de regenerat de pinassa. Fotos: Bombers de la Generalitat.

Preservació de boscos madurs, emulant la dinàmica de focs naturals de baixa intensitat associada al règim de les ignicions causades per llamps

Són poques les estructures de pinassa que presenten característiques dasonòmiques relacionades amb focs recurrents de baixa intensitat, amb arbres madurs d'edat avançada (>200 anys) i capçades en forma de para-sol en què es puguin determinar ferides de foc a l'escorça o al càmbium. Aquests tipus de masses es poden posar en perill quan el grau de desenvolupament dels estrats de superfície i escala superen un cert llindar que podria generar un comportament de foc prou intens com per matar els peus adults (Figura 37).

L'aplicació de cremes prescrites en aquestes estructures permet dosificar les cobertures i alçades de l'estrat de superfície i preservar les característiques naturals de la massa (Figura 38). Es recomana aplicar el foc en l'època estival per aproximar l'efecte del foc prescrit a les condicions naturals dels focs de llamp, tenint en comte la fenologia de les espècies, la incidència en el banc de llavors i l'afavoriment de les espècies disseminadores davant les rebrotadores.



Figura 37. Comportament de foc intens sota estructura de pinassa madura al Parc Natural dels Ports. La possibilitat d'entorxeigs i l'afectació a les capçades s'incrementa amb el desenvolupament de matollar. Foto: Bombers de la Generalitat.



Figura 38. Crema prescrita en un rodal madur de pinassa al Parc Natural dels Ports, en el marc del projecte Life+PINASSA, amb edat mitjana superior als 180 anys i senyals de ferides de foc als peus més vells de la parcel·la. Fotos: Bombers de la Generalitat.

Propagació lliure de les cremes

Les tècniques de cremes més emprades per assegurar els efectes desitjats són aquelles que garanteixen la intensitat de crema per sota d'uns nivells determinats. Normalment són cremes de flanc o de cua, amb poc temps de residència de la flama per garantir poca penetrabilitat a la capa orgànica del sòl. En aquestes cremes es pretén la **propagació lliure** la major part del temps, intervenint puntualment o linealment per garantir un equilibri de propagació en la intensitat desitjada. La propagació lliure és bàsica per respectar els processos de diversitat d'efectes sobre el rodal forestal que es crema, ja que la crema intervé, en tots els processos de l'ecosistema: llavors, regenerat, nutrients, carboni, aigua, etc. D'aquesta **diversitat d'efectes**, en dependrà en part la diversitat futura del rodal forestal (Miralles, 2016).

Època de realització de la crema

La temporada en què es porta a terme la crema també té efectes en els resultats. A Catalunya, després d'una experiència de més de 20 anys de cremes fetes pels Bombers de la Generalitat de Catalunya, s'ha observat **una clara diferència en els efectes de les cremes d'hivern i les cremes de primavera o de tardor**. Bàsicament, les cremes fetes a l'hivern afavoreixen el rebrot de matollar, mentre que les de tardor afavoreixen les espècies herbàcies i les pastures, i les de primavera són neutres o bé en el cas que siguin massa intenses, afecten el vigor dels arbres. Aquesta observació coincideix amb el fet que les cremes que afavoreixen la dinàmica natural dels boscos madurs són les que es donen dins el moment estacional del règim natural de llamps (finals d'estiu i principis de tardor) (Miralles, 2016).

En la crema de primavera, les zones tractades amb combustibles gruixuts es poden cremar de manera més segura; el dany del sòl és mínim perquè la virosta i l'humus només estan parcialment secs, els focus secundaris es redueixen perquè la vegetació està més hidratada, el procés de remull posterior a la crema és més senzill i econòmic, i és més fàcil conservar els materials llenyosos gruixuts desitjats per objectius ecològics. D'altra banda, cal tenir present que les capçades dels arbres són especialment vulnerables si es fa una crema després d'haver començat el creixement, ja que si aquestes es veuen afectades la probabilitat de morir és més alta que a la tardor (Valor *et al.*, 2017). La crema prescrita de tardor s'aproxima millor al foc natural, ja que la vegetació del sotabosc està seca o morta, de manera que es crema una major proporció de la zona (Fiedler *et al.*, 2007). No obstant això, s'ha de vigilar el contingut d'humitat de la virosta i de l'humus per tal de no afectar les arrels dels arbres, especialment quan hi ha molsa (Valor *et al.*, 2017). En comparació amb les cremes d'hivern, les cremes que es duen a terme a la primavera o a la tardor poden presentar una complexitat logística i de control molt superior.



4.

Com integrar
el foc en la
conservació
de l'hàbitat
de la pinassa

4. Com integrar el foc en la conservació de l'habitat de la pinassa

4.1. El restabliment de processos naturals característics dels boscos de pinassa i l'evolució a boscos madurs

El restabliment dels processos naturals característics dels boscos de pinassa (com el règim de perturbacions, el cicle de nutrients, les xarxes tròfiques i la funció hidrològica) i dels serveis ecosistèmics que en depenen (com la biodiversitat, l'habitat per a diferents espècies, les pastures, la producció de fusta i l'ús recreatiu) són elements clau per assolir la composició i estructura de boscos madurs. La perturbació en forma de foc dins d'un règim variable amb un període de retorn d'entre 10 i 30 anys és un dels processos clau que determina l'evolució cap a estadis avançats de maduresa.

El restabliment dels processos naturals s'ha de realitzar respectant el rang de variabilitat natural característic de la pinassa, i aplicat sobre els boscos actuals es pot entendre com un **procés de restauració**. Com ja s'ha esmentat en els capítols anteriors, la proporció de boscos madurs a Catalunya és baixa, però suficient per tenir referències on basar l'efecte dels processos naturals. L'estructura forestal objectiu que es busca amb la restauració dels boscos madurs de pinassa és aquella diversificada i amb diferents estrats, amb arbres alts i de grans dimensions i amb presència de regenerat per bosquets. En definitiva, estructures complexes que promoguin la resiliència de l'ecosistema davant perturbacions naturals, especialment el foc, en el context actual de canvi global.

Pel que fa al paisatge, l'estructura de bosc madur s'assoleix amb **una gestió integral ordenada** de manera que es mantinguin les **proporcions de diferents classes** d'edats i s'asseguri la **multifuncionalitat** a través de la distribució proporcional d'estructures i moments successional.

Rang de variabilitat natural

Les espècies d'un ecosistema forestal determinat van evolucionant sota el seu règim característic de perturbacions, resultant en un **rang natural de variabilitat**, un rang de condicions ecològiques i evolutives adequades per a un determinat ecosistema (Landres *et al.*, 1999).

El rang natural de la variabilitat és la millor estimació d'un ecosistema resilient i funcional, perquè reflecteix l'ecologia evolutiva d'aquests boscos i representa un marc idoni per a la restauració de la composició i estructura dels boscos (Kaufmann *et al.*, 1994; Keane *et al.*, 2009). No obstant això, cal emmarcar aquesta variabilitat dins les incerteses que generen les futures condicions ecològiques a causa del canvi climàtic (Choi *et al.*, 2008; Bolte *et al.*, 2009).

En qualsevol cas, donada la situació actual en què es troben els boscos de pinassa, molt vulnerables a reduir la seva àrea de distribució per l'efecte dels grans incendis forestals i altres impactes del canvi climàtic, és més necessari que mai aplicar una **gestió forestal activa** que preservi la dinàmica dels processos naturals o n'emuli els efectes i faci avançar els boscos de pinassa en maduresa. Entre les diferents opcions de gestió que es plantegen, les Orientacions de Gestió Forestal Sostenible de Catalunya (ORGEST) per a la pinassa (Beltrán *et al.*, 2012) són una bona referència, pels motius següents:

- Integren en la seva concepció aspectes de la dinàmica natural dels boscos de pinassa i de prevenció d'incendis, mitjançant les CVFoC i la creació d'estructures resistents al pas del foc i poc vulnerables a generar focs de capçades.
- Inclouen les cremes prescrites i ús del foc entre els tractaments silvícoles a realitzar.
- Presenten una gran varietat d'opcions de gestió per compatibilitzar la producció forestal i la prevenció de grans incendis, incloent-hi models de gestió de masses regulars, irregulars, masses mixtes, etc. amb diferents adaptacions i torns, juntament amb un codi de bones pràctiques forestals.
- A més, proposen models de gestió cap a torns físics per sobre dels 250 anys, que poden servir de referència per acompanyar els boscos actuals cap a estadis de maduresa.

Un paisatge amb boscos madurs serà menys vulnerable a l'efecte dels grans incendis i, per tant, avançar en el grau de maduresa dels boscos pot esdevenir una bona opció de gestió, quan l'objectiu principal del gestor no requereixi regenerar la massa abans del torn físic. En aquest darrer cas, caldrà abordar el repte de compatibilitzar la producció forestal i la prevenció de grans incendis, seguint models de gestió sostenible com poden ser les ORGEST, entre d'altres.

La gestió activa, per tant, es presenta com una de les opcions per restablir uns boscos vells funcionals. Els boscos madurs probablement poden mantenir-se durant dècades o segles amb una gestió activa, però

segurament no seran permanents en un període de temps mil·lenari. Per tant, **les àrees de boscos madurs potencials s'han d'identificar i tractar ara per desenvolupar reemplaçaments a llarg termini.** Els tractaments mecànics i les cremes prescrites en aquestes zones han de reduir els combustibles, reciclar els nutrients, mantenir el banc de llavors herbaci, dinamitzar els arbres i el sotabosc i promoure noves generacions de pinasses. **Tractar paisatges en comptes de rodals** augmentarà encara més la funcionalitat i el valor ecològic d'aquestes àrees al llarg del temps, i augmentarà la seva resistència a la perturbació i al canvi climàtic.

D'altra banda, la restauració, realitzada a qualsevol escala, no es pot aconseguir sense una **infraestructura de suport, que inclogui personal i equips de treball especialitzats i els mercats fusters** associats (Arno i Fiedler, 2005). La disponibilitat de treballadors forestals i equips qualificats permet implementar amb èxit els tractaments segons el disseny i minimitzar-ne els efectes negatius. La disponibilitat de mercats per a diferents tipus i mides d'arbres permet aprofitar part de l'arbrat que s'extraiu amb la gestió, alhora que proporciona ingressos que poden ajudar a compensar els costos dels tractaments, la qual cosa permet gestionar un major nombre d'hectàrees, sempre sota la premissa de la sostenibilitat. Amb tot, la restauració dels boscos vells de pinassa no serà possible si la societat no està informada correctament i la gestió forestal no és interpretada com a una eina bàsica i necessària per a la conservació dels boscos davant el repte del canvi global.

Directrius per a la restauració dels boscos madurs de pinassa

1. **Establir objectius**, tant per les funcions (millora del cicle de nutrients, promoció de la regeneració, prevenció d'incendis, etc.) com per l'estructura final (densitat arbòria, diàmetre, composició específica, distribució espacial, quantitat de fusta morta, etc.).
2. **Prioritzar els tractaments** d'acord amb el risc potencial de pèrdua de la massa forestal, però tenint en compte els condicionants ecològics, biològics, mediambientals, econòmics i socials.
3. **Identificar els tractaments o combinació de tractaments més adients** (foc natural, foc prescrit, gestió ramadera o silvicultura) per assolir els objectius de gestió.
4. **Implementar el tractament.**
5. **Valorar els efectes del tractament.**

Eines per integrar el foc en la conservació de la pinassa

1. **Interpretar les Orientacions de Gestió Forestal Sostenible (ORGEST)** i introduir-hi la gestió amb foc en aquells passos en què se'n garanteixi el rol de baixa intensitat i dinamitzador de la pirodiversitat.
2. Preparar **plans de crema tipus** per tal de poder integrar-los dins de la gestió forestal sostenible, allí on sigui adequat.
3. Introduir la **gestió d'incendis com a estratègia d'extinció dins del marc de la planificació**. Integrar el foc natural en la conservació de l'habitat de pinassa amb plans de gestió que integrin el risc, de manera que si es dona la perturbació, aquesta sigui alhora una eina de gestió. Transformar un foc que esdevé una emergència en una eina de gestió planificada.
4. Generar **indicadors per poder fer un seguiment** de l'efectivitat dels tractaments i gestió del foc a llarg termini.

4.2. Integració de les cremes prescrites com a eina de gestió forestal

La integració de les cremes prescrites en la gestió forestal requereix l'acceptació del foc com a element natural de dinamització i canvi de l'ecosistema, adaptant-ne els efectes als objectius buscats amb la gestió forestal. Aquesta acceptació suposa un canvi en el paradigma comunament establert del paper del foc en l'ecosistema, que es basa en una percepció negativa degut al fenomen incontrolat dels grans incendis forestals, que genera danys en persones i béns, posa en risc les activitats agroforestals i amenaça la preservació dels processos ecosistèmics quan la intensitat i recurrència superen uns certs valors. Tornar a valorar el foc com un element natural requereix aïllar-lo dels factors esmentats i analitzar-lo sintèticament com a fenomen de la natura. Per a aquesta anàlisi cal aportar coneixement i informació, sent la recerca un dels elements clau.

L'experiència acumulada a Catalunya en l'aplicació del foc des del 1999 en diferents tipus d'estructures fores-

tals, tant arbrades com obertes, i en poblacions amb diferents espècies dominants, ha estat acompanyada de múltiples estudis de recerca per determinar els efectes del foc en diferents àmbits temàtics: sòl, successió d'espècies, regeneració, creixement de masses arbrades, vitalitat per estrats, avifauna o invertebrats, entre d'altres.

Així doncs, per integrar l'ús de les cremes en la gestió i planificació forestal cal aprofundir i ampliar el coneixement sobre els efectes del foc i l'ecologia de les espècies davant la pertorbació del foc, desenvolupar un marc regulador de l'ús de les cremes, elaborar i difondre recomanacions tècniques sobre l'ús de les cremes per aconseguir determinats objectius i organitzar programes de formació especialitzada.

Marc regulador de l'ús del foc

L'aplicació de les cremes els darrers 20 anys ha tingut com a objectiu principal la reintroducció del foc com a element natural de gestió dels ecosistemes, dins d'un context en què les polítiques per limitar el nombre d'incendis forestals havia restringit l'ús del foc a activitats marginals i regulades per una normativa restrictiva.

El paisatge actual de Catalunya és vulnerable als grans incendis forestals per la continuïtat de les masses forestals i la càrrega dels combustibles vegetals que les componen. L'aplicació de cremes prescrites porta implícits una sèrie de riscos que, igual com d'altres activitats realitzades al medi natural, caldrà minorar prenent mesures preventives adequades a l'escenari actual.

El coneixement desenvolupat els darrers anys en l'àmbit de la **predicció de perill d'incendi**, les **metodologies aplicades en l'execució i conducció segura de les cremes** i l'evolució de les prediccions meteorològiques faciliten la **generació d'un marc per regular l'ús de les cremes prescrites** de forma segura com a eina silvícola.

La concreció d'un marc regulador de l'ús del foc amb objectius oberts a escala de gestió forestal i de conservació d'habitats està encara per determinar i requereix establir les bases en tres àmbits principals:

- **Marc legal per a l'ús del foc com a eina de gestió** segons l'aplicació extensiva de cremes prescrites, identificant agents responsables i procediments administratius d'autorització i execució. El marc legal actual en relació amb les cremes prescrites queda circumscrit a l'Ordre 21/06/1993 i posterior modificació de l'Ordre 17/06/2006 sobre cremes controlades en zones d'alta muntanya, que regula l'activitat de cremes realitzades pel Departament de la Generalitat amb competències en matèria de prevenció d'incendis, i pel Decret 312/2006, de 25 de juliol, que regula la gestió del foc tècnic per part del personal dels serveis de prevenció i extinció d'incendis de la Generalitat de Catalunya (Bombers). Es tracta, per tant, d'una regulació restringida només a dos col·lectius de l'Administració que limita molt la capacitat d'ús del foc de forma àmplia.
- **Habilitació i capacitació d'agents** (institucions i empreses) per planificar i executar cremes prescrites. Igual com en altres activitats relacionades amb la gestió i planificació forestal, com ara l'execució i direcció d'obres i tractaments silvícoles, cal establir un marc que reguli les competències i responsabilitats per poder planificar, dirigir i executar cremes prescrites.
- Integració de les **cremes prescrites en el marc de les ajudes silvícoles** a la gestió forestal. Estendre l'ús del foc com a eina de gestió requereix facilitar-ne l'aplicació, passant a formar part de la caixa d'eines del gestor forestal, amb igualtat de condicions per accedir als ajuts que atorga l'Administració en matèria silvícola.

En territoris com els Estats Units o Austràlia, amb anys d'experiència en l'ús i gestió del foc, s'elaboren programes relacionats amb la matèria, tot identificant els agents implicats per aglutinar els diferents objectius i establir els procediments de planificació, execució i verificació de l'ús del foc. Els condicionants biològics en referència a efectes en fauna (principalment, períodes de cria), ecològics en referència a preservació concreta d'habitats de fauna i flora (principalment, formacions vegetals específiques) i mediambientals, relacionats amb processos de contaminació d'aigües per cendra, gestió de fums, estabilitat de vessants amb molt de pendent, etc., han d'estar integrats en els programes d'ús del foc.

Per tal d'assegurar la viabilitat dels programes d'ús del foc cal **informar i oferir el coneixement necessari a la societat**. Aquests programes només funcionaran sota la **tolerància i compromís** de la societat **per assumir els riscos necessaris que permetran garantir la supervivència** dels boscos davant els reptes del canvi climàtic.

4.3. Focs naturals i gestió d'incendis

El foc és un tractament integral o un procés de pertorbació per a la restauració dels boscos madurs. La manera en què s'implementa aquest procés de pertorbació depèn en gran mesura dels objectius de gestió. El foc natural (foc de llamps) actualment és factible només en moments meteorològicament favorables i en espais ordenats i planificats, sempre que es transformi en una crema de gestió i se'n segueixin els protocols. Fins i tot en aquests entorns, es requereix d'un esforç addicional de vigilància, monitorització i control dels efectes fins que aquesta pràctica sigui plenament acceptada per la societat. Els incendis naturals són una opció relativament poc utilitzada per al tractament de boscos, i més probable en zones on les característiques de bosc madur ja estan assolides (Fiedler *et al.*, 2007). A Catalunya, en concret, s'ha fer servir aquesta pràctica en incendis com els de Tivissa (2014) (*Pinus halepensis*), Cerbi (2016) (*Pinus uncinata*, *Abies alba* i *Betula sp.*, Figura 39) i puntualment en dos focs de llamp (2017) (*Pinus nigra* i *Quercus faginea*) a la serralada d'Anco-sa-Montmell.



Figura 39. Incendi forestal gestionat a Cerbi (Pallars Sobirà) el 2016. Foto: Bombers de la Generalitat.

La implantació de la gestió d'incendis és a hores d'ara incipient i experimental. En el cas de Catalunya, es sustentaria sobre la base de:

1. 20 anys de programa de cremes, que han permès assolir un nivell alt de domini de l'eina foc per gestionar estructures forestals i mosaics a escala de paisatge.
2. Existència d'empar legal recollit a l'Infocat (Plans d'actuació del Grup d'intervenció i del Grup d'avaluació) i al decret de l'ús de foc tècnic (Decret 216/2006).

3. Recerca que ha pogut testar i validar, en part, els efectes del foc sobre la fauna, la flora, el sòl i els hàbitats a curt i a llarg termini.

4. Actualment, l'ús del foc com a eina s'ha estès per Europa i no es discuteix el rol del foc com a element natural.

Qualsevol programa de gestió del foc, juntament amb els programes de cremes, ha de tenir en compte dos aspectes principals:

a) En tots els ecosistemes s'ha detectat una diferència significativa dels efectes del foc quan s'aplica fora del període natural del règim de foc històric. És a dir, cremar a l'hivern per seguretat permet gestionar el combustible, però altera la composició específica de l'hàbitat gestionat.

b) La problemàtica dels incendis segueix creixent i l'extinció com a única alternativa no és viable. Tampoc ho és la prevenció amb intervenció puntual. Cap programa de cremes ha aconseguit introduir el foc de forma extensiva i frenar l'evolució dels incendis cap a l'alta intensitat. La campanya global de Megaincendis del 2017 que va afectar diferents ecosistemes del planeta, i de forma pròxima els boscos de Portugal, ha permès assolir el consens en la necessitat d'implantar gestió de combustibles de forma extensiva. Aquesta escala de gestió extensiva implica gestionar els incendis o preparar la implantació de programes on el foc, sota planificació i monitorització, sigui permès en format d'incendi i no en format de crema puntual.

Per tal de restaurar el règim de foc, és a dir, el règim d'incendis d'intensitat baixa i mitjana, amb les lliçons apreses esmentades, caldria primer estendre la gestió amb foc a escala de paisatge, ja que la prevenció més tradicional permet evitar incendis però no canviar el règim. En segon terme, caldria dur aquesta gestió amb foc al període estival o a finals d'estiu, quan el foc esdevé de forma natural, evitant crear així noves alteracions.

Per assolir aquest objectiu caldria evolucionar els programes d'ús de foc des de l'enfocament clàssic o més conegut d'introduir el foc per gestionar estructures controlant els paràmetres de comportament de foc i els seus efectes, cap a una visió més agosarada per gestionar els paisatges controlant l'extensió final del foc de forma concreta, però assumint un rang d'efectes més ampli.

Es pot aplicar gestió de foc quan es monitoritza el foc d'un llamp en una estructura concreta i es valora que els seus efectes són beneficiosos per preservar-la. Aquest tipus de gestió del foc natural s'aborda amb el mateix esquema de monitorització que en el cas d'una crema prescrita, amb uns límits físics, un comportament predeterminat i uns efectes preestablerts. L'àmbit d'actuació és l'escala de rodal i la millora és temporal. L'impacte de l'actuació no té en compte l'escala de l'incendi "problema" que pot afectar aquell paisatge, i en termes generals l'aportació a la millora serà escassa. En el context actual de major possibilitat d'ocurrència de Megaincendis, cada cop hi ha més consens sobre la importància d'evolucionar a una escala de gestió de focs que tingui efectes d'acord amb l'escala de l'incendi "problema", elevant a una visió estratègica la planificació temporal i espacial de les accions de reducció del risc. Això implica delimitar uns eixos de confinament final clars de l'incendi, però deixant que el foc propagui en la seva diversitat, creant un paisatge natural però incert per al gestor forestal. El control sobre els efectes no podrà ser tant precís ni detallat com quan es gestiona el foc amb visió de millora d'estructures concretes.

Per tant, els nous conceptes de reintroducció del foc van cap a permetre que el foc model·li el paisatge. Això és un salt conceptual on la presa de decisions segueix una pauta lògica per determinar el marc de gestió del foc en base a quatre elements principals (Figura 40):

- Geografia
- Meteorologia
- Escenari forestal
- Elements vulnerables (béns i persones)

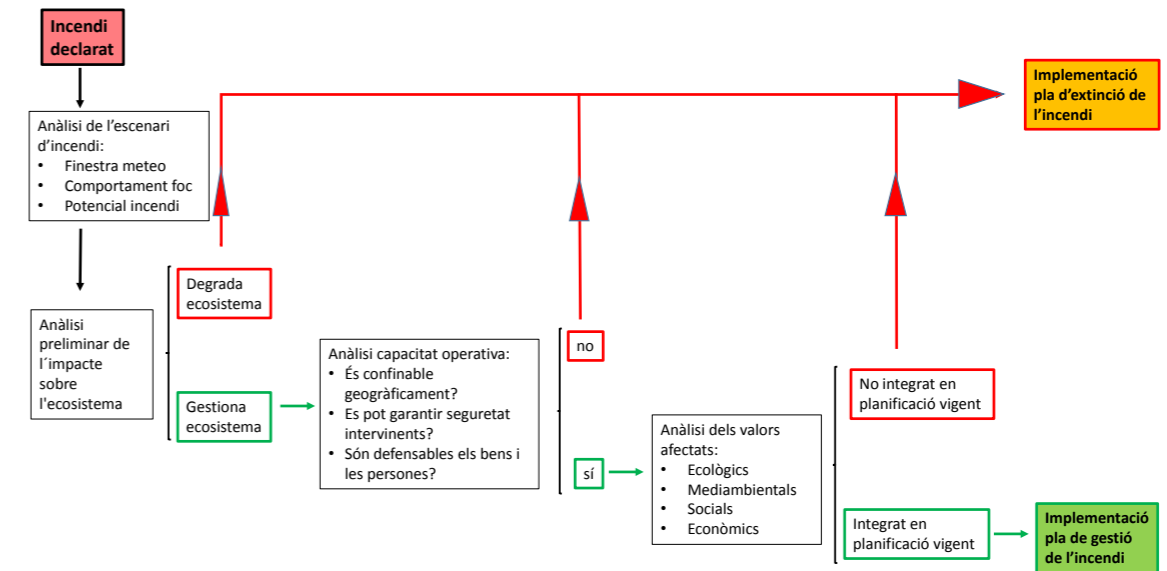


Figura 40. Exemple d'arbre de presa de decisions per a la gestió d'incendis forestals a Catalunya.

Una vegada s'assumeix l'aplicació d'un pla de gestió d'incendi cal determinar un equip de monitorització i seguiment que garanteixi les següents accions:

- Capacitat de seguiment permanent i reavaluació de l'escenari fins que es doni per extingit l'incendi.
- Capacitat de desplegament de les maniobres i recursos necessaris per assegurar el confinament preestablert.
- Capacitat de mantenir un pla de comunicació permanent al públic amb l'actualització d'informació rellevant fins l'extinció de l'incendi.
- Capacitat de seguiment i anàlisi dels efectes de l'incendi dintre del marc científic per millorar l'avaluació dels impactes del foc en el futur.

La implementació d'un pla de gestió d'incendis és complexa i requereix d'unes estructures administratives, una planificació i d'uns acords previs entre els agents implicats. A la taula 4 s'identifiquen, a mode d'exemple, els components més importants que configuren la implementació de la gestió d'incendis, així com els agents responsables i una valoració de la capacitat de treball en base a la situació de desenvolupament actual.

Component	Agent responsable	Valoració capacitat de treball	Rang de desenvolupament actual
Anàlisi escenari d'incendi (finestra, comportament i potencial)	Estructura de suport de la Sala Central Bombers	Estructura de Bombers operativa permanentment pel seguiment d'incendis	9/10
Anàlisi preliminar impacte ecosistema	Components del Grup d'Avaluació d'Incendis Forestals de l'Infocat	Estructura actual existent però sense procediments de treball establerts. Resposta actual no estructurada.	4/10
Anàlisi capacitat operativa	Estructura de suport de la Sala Central Bombers	Estructura d'anàlisi de Bombers amb metodologia contrastada per fixar els límits de confinament per escenaris de menys 1000 ha o períodes de 3 a 7 dies. Experiència a curt termini (3 dies a Tivissa 2014 i 7 a Cerbi 2016)	8/10
Anàlisi valors afectats	Components del Grup d'Avaluació d'Incendis Forestals de l'Infocat	Estructura actual existent però sense procediments de treball establerts. Resposta actual no estructurada.	3/10
Valoració integració planificació vigent	Administracions amb competència en gestió forestal i planificació territorial. Propietat forestal.	La planificació actual no contempla aquest tipus d'escenari i es troba disgregada en diferents figures amb objectius variats. Caldria aglutinar les figures de planificació i consensuar objectius entre els agents responsables.	2/10
Tasques operatives del pla de gestió d'incendi	Components del Grup d'Intervenció i del Grup d'Avaluació d'Incendis de l'Infocat	Equips preparats per dur a terme la tasca. El dimensionament dels mateixos pot condicionar els límits de confinament. La necessitat dels recursos en altres incendis pot condicionar la durada del confinament.	7/10
Pla de seguiment dels efectes i avaluació d'impacte de l'incendi	Centres de recerca i universitats	Experiència dilatada en el tema. Recursos limitats o sense finançament en aquest punt.	5/10
Pla de comunicació pública	Tots	Cal fixar una estratègia comunicativa clara per canviar el missatge de que el foc sempre és dolent. En els casos que s'ha fet, la premsa ha respost correctament, però amb improvisació.	2/10

Taula 4. Exemple de factors a considerar per a la implementació d'un pla de gestió d'incendis a Catalunya.

5. Referències bibliogràfiques

5. Referències bibliogràfiques

- Agee, J. K. (1993) *Fire ecology of Pacific Northwest forests*. Island Press.
- Agee, J. K. (1996) «The influence of forest structure on fire behavior», *Proceedings of the 17th Annual Forest Vegetation Management Conference, January 16–18*. Redding, EUA, p. 52–68.
- Agee, J. K. i Skinner, C. N. (2005) «Basic principles of forest fuel reduction treatments», *Forest Ecology and Management*, 211(1-2), p. 83-96. doi: 10.1016/j.foreco.2005.01.034.
- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Farguell, J. i Úbeda, X. (2016) «Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain)», *Science of The Total Environment*, 572, p. 1329-1335. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2016.01.115.
- Anderson, H. E. (1982) *Aids to determining fuel models for estimating fire behaviour*. General Technical Report INT-122. USDA Forest Service. Ogden, EUA: USDA Forest Service.
- Arno, S. F. i Fiedler, C. E. (2005) *Mimicking nature's fire: restoring fire-prone forests in the West*. Washington, EUA: Island Press.
- Beltrán, M., Vericat, P., Piqué, M. i Cervera, T. (2012) *Models de gestió per als boscos de pinassa (Pinus nigra Arn.): producció de fusta i prevenció d'incendis forestals. 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. 152 p.
- Binkley, D., Sisk, T., Chambers, C., Springer, J. i Block, W. (2007) «The role of old-growth forests in frequent-fire landscapes», *Ecology and Society*, 12(2), p. 18.
- Bolte, A., Ammer, C., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G. J., Schall, P., Spathelf, P. i Rock, J. (2009) «Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept», *Scandinavian Journal of Forest Research*. Taylor & Francis Group, 24(6), p. 473-482. doi: 10.1080/02827580903418224.
- Brotons, L., Pons, P. i Herrando, S. (2005) «Colonization of dynamic Mediterranean landscapes: where do birds come from after fire?», *Journal of Biogeography*, 32, p. 789-798. doi: 10.1111/j.1365-2699.2004.01195.x.
- Brown, Rå. T., Agee, J. K. i Franklin, J. F. (2004) «Forest Restoration and Fire: Principles in the Context of Place», *Conservation Biology*, 18(4), p. 903-912. doi: 10.1111/j.1523-1739.2004.521_1.x.
- Camprodon, J., Guixé, D. i Sazatornil, V. (2018) *Manual de caracterització i conservació dels boscos singulars de pinassa. Life+PINASSA*. Centre de la Propietat Forestal i Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.
- Carrera, M. (2012) *Calendari de les festes amb foc*. Els llibres de festes.org. Botarga produccions.
- Casals, V., Pardo, F., Xalabarder, M., Postigo, J. M. i Gil, L. (2005) *La transformació històrica del paisatge forestal en Catalunya*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Choi, Y. D., Temperton, V. M., Allen, E. B., Grootjans, A. P., Halassy, M., Hobbs, R. J., Naeth, M. A., Torok, K. i Martínez, M. L. (2008) «Ecological restoration for future sustainability in a changing environment», *Écoscience*, 15(1), p. 53-64. doi: 10.2980/1195-6860(2008)15[53:erffi]2.0.co;2.
- Critchfield, W. B. i Little, E. L. (1966) *Geographic distribution of the pines of the world*. Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Cunill, R., Soriano, J.-M., Bal, M.-C., Pèlach, A. i Pérez-Obiol, R. (2012) «Holocene treeline changes on the south slope of the Pyrenees: a pedoanthracological analysis», *Vegetation History and Archaeobotany*. Springer-Verlag, 21(4-5), p. 373-384. doi: 10.1007/s00334-011-0342-y.
- DGDRPF (2016) *Mapa Forestal de España. Escala 1:25.000. Catalunya*. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- EUROPARC-España (2017) *El papel de los bosques maduros en la conservación de la biodiversidad*. Fundación Fernando González Bernaldez, Madrid.
- Fiedler, C. E., Friederici, P., Petrucio, M., Denton, C. i Hacker, W. D. (2007) «Managing for old growth in frequent-fire landscapes», *Ecology and Society*, 12(2), p. 20.
- Fulé, P. Z., Waltz, E. M., Covington, W. W. i Heinlein, T. A. (2001) «Measuring forest restoration effectiveness in reducing hazardous fuels», *Journal of Forestry*, 99(11), p. 24-29. doi: 10.1093/jof/99.11.24.
- Gilg, O. (2005) *Old-Growth Forests: characteristics, conservation and monitoring, L'Atelier technique des espaces naturels & Réserves Naturelles de France*.
- Graham, R. T., McCaffrey, S. i Jain, T. B. (2004) *Science Basis for Changing Forest Structure to Modify Wildfire Behavior and Severity*. General Technical Report RMRS-GTR-120. USDA Forest Service. Fort Collins, EUA.
- Granier, A., Reichstein, M., Bréda, N., Janssens, I. A., Falge, E., Ciais, P., Grünwald, T., Aubinet, M., Berbigier, P., Bernhofer, C., Buchmann, N., Facini, O., Grassi, G., Heinesch, B., Ilvesniemi, H., Keronen, P., Knohl, A., Köstner, B., Lagergren, F., Lindroth, A., Longdoz, B., Loustau, D., Mateus, J., Montagnani, L., Nys, C., Moors, E., Papale, D., Peiffer, M., Pilegaard, K., Pita, G., Pumpanen, J., Rambal, S., Rebmann, C., Rodrigues, A., Seufert, G., Tenhunen, J., Vesala, T. i Wang, Q. (2007) «Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003», *Agricultural and Forest Meteorology*, 143(1-2), p. 123-145. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.12.004.
- Hiers, J. K., O'Brien, J. J., Mitchell, R. J., Grego, J. M. i Loudermilk, E. L. (2009) «The wildland fuel cell concept: an approach to characterize fine-scale variation in fuels and fire in frequently burned longleaf pine forests», *International Journal of Wildland Fire*. CSIRO PUBLISHING, 18(3), p. 315-325. doi: 10.1071/WF08084.
- Hódar, J. A., Zamora, R. i Peñuelas, J. (2004) «El efecto del cambio global en las interacciones planta-animal», *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Editat per F. Valladares. Madrid: EGRAFSA., Ministerio de Medio Ambiente, p. 461-478.
- Johnson, M., Peterson, D. i Raymond, C. (2007) *Guide to fuel treatments in dry forests of the Western United States: assessing forest structure and fire hazard*. General Technical Report PNW-686. USDA Forest Service. Portland, EUA.
- Kaufmann, M. R., Graham, R. T., Boyce, D. A., J., Moir, W. H., Perry, L., Reynolds, R. T., Bassett, R. L., Mehlhop, P., Edminster, C. B., Block, W. M. i Corn, P. S. (1994) *An ecological basis for ecosystem management*. General Technical Report RM-GTR-246. USDA Forest Service. Fort Collins, EUA.
- Kaufmann, M. R., Moir, W. H. i Covington, W. W. (1992) «Oldgrowth forests: what do we know about their ecology and management in the Southwest and Rocky Mountain Regions?», *Old-Growth Forest in the Southwest and Rocky Mountain Regions*. General Technical Report RM-213. Editat per M. R. Kaufmann, W. H. Moir, i R. L. Bassett. USDA Forest Service. Portal, USA, p. 1-11.
- Keane, R. E., Hessburg, P. F., Landres, P. B. i Swanson, F. J. (2009) «The use of historical range and variability (HRV) in landscape management», *Forest Ecology and Management*, p. 1025-1037. doi: 10.1016/j.foreco.2009.05.035.
- Kelly, L. T. i Brotons, L. (2017) «Using fire to promote biodiversity.», *Science*. American Association for the Advancement of Science, 355(6331), p. 1264-1265. doi: 10.1126/science.aam7672.
- Landres, P. B., Morgan, P. i Swanson, F. J. (1999) «Overview of the use of natural variability concepts managing ecological systems», *Ecological Applications*. Wiley-Blackwell, 9(4), p. 1179-1188. doi: 10.1890/1051-0761(1999)009[1179:OOTUON]2.0.CO;2.
- Larson, A. J. i Churchill, D. (2012) «Tree spatial patterns in fire-frequent forests of western North America, including mechanisms of pattern formation and implications for designing fuel reduction and restoration treatments», *Forest Ecology and Management*, p. 74-92. doi: 10.1016/j.foreco.2011.11.038.
- Lázaro, A. i Montiel, C. (2010) «Overview of prescribed burning policies and practices in Europe and other countries.», *Towards Integrated Fire Management-Outcomes of the European Project Fire Paradox*. European Forest Institut Research Report 23, p. 137-150.
- Loustau, D., Bosc, A., Colin, A., Davi, H., François, C., Dufrêne, E., Déqué, M., Cloppet, E., Arrouays, D., Le Bas, C., Saby, N., Pignard, G., Hamza, N., Granier, A., Breda, N., Ciais, P., Viovy, N., Ogée, J. i Delage, J. (2005) «Modelling the climate change effects on the potential production of French plains forests at the sub regional level.», *Tree Physiology*, 25(7), p. 813-823.
- van Mantgem, P. i Schwartz, M. (2003) «Bark heat resistance of small trees in Californian mixed conifer forests: testing some model assumptions», *Forest Ecology and Management*, 178(3), p. 341-352. doi: 10.1016/S0378-1127(02)00554-6.
- Martin, R. E. i Sapsis, D. B. (1991) «Fires as agents of biodiversity: pyrodiversity promotes biodiversity», *Biodiversity of Northwestern California*. Editat per J. LeBlance. Santa Rosa, EUA, p. 150–157.
- Miralles, M. (2016) «Las quemadas prescritas como herramienta forestal sostenible», *Seminario Cambio climático y global, incendios y uso del fuego en ecosistemas Mediterráneos*. Almeria, Espanya.
- Mitchell, S. R., Harmon, M. E. i O'Connell, K. E. B. (2009) «Forest fuel reduction alters fire severity and long-term carbon storage in three Pacific Northwest ecosystems.», *Ecological applications*, 19(3), p. 643-655.
- Pausas, J. G. i Keeley, J. E. (2009) «A Burning Story: The Role of Fire in the History of Life», *BioScience*. Oxford University Press, 59(7), p. 593-601. doi: 10.1525/bio.2009.59.7.10.
- Pellisa, O. (2003) *Ecología del foc del Pinus Nigra Arn. a la Serra de Cardó. Treball pràctic tutorat, Enginyeria Forestal*. Universitat de Lleida.

- Peñuelas, J. i Boada, M. (2003) «A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)», *Global Change Biology*, 9(2), p. 131-140. doi: 10.1046/j.1365-2486.2003.00566.x.
- Piqué, M., Castellnou, M., Valor, T., Pagés, J., Larrañaga, A., Miralles, M. i Cervera, T. (2011) *Integració del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST)*. Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Piqué, M. i Domènech, R. (2018) «Effectiveness of mechanical thinning and prescribed burning on fire behavior in *Pinus nigra* forests in NE Spain», *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 618, p. 1539-1546. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.316.
- Piqué, M., Vericat, P., Cervera, T., Baiges, T. i 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.
- Plana, E. (ed.) (2004) *Incendis forestals, dimensió socioambiental, gestió del risc i ecologia del foc*. Xarxa ALINFO XCT2001-00061, Solsona.
- Pons, P., Lambert, B. i Rigolot, E. (2003) «The effects of grassland management using fire on habitat occupancy and conservation of birds in a mosaic landscape», *Biodiversity and Conservation*, 12, p. 1843-1860.
- Reynolds, R. T., Meador Sánchez, A. J., Youtz, J. A., Nicolet, T., Matonis, M. S., Jackson, P. L., DeLorenzo, D. G. i Graves, A. D. (2013) *Restoring composition and structure in southwestern fire-prone forests: A science-based framework for improving ecosystem resiliency. General Technical Report RMRS-GTR-310*. USDA Forest Service. Fort Collins, EUA.
- Rothermel, R. C. (1983) *How to predict the spread and intensity of forest and range fires. General Technical Report INT-143*. USDA Forest Service. Ogden, EUA.
- Scott, J. H. i Burgan, R. E. (2005) *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. General Technical Report RMRS-GTR-153*. USDA Forest Service. Fort Collins, EUA.
- Scott, J. H. i Reinhardt, E. D. (2007) «Effects of alternative treatments on canopy fuel characteristics in five conifer stands.», *Restoring fire-adapted ecosystems: proceedings of the 2005 national silviculture workshop. General Technical Report PSW-GTR-203*. Editat per R. F. Powers. USDA Forest Service. Albany, EUA, p. 193-209.
- Tapias, R., Climent, J., Pardos, J. A. i Gil, L. (2004) «Life Histories of Mediterranean Pines Life histories of Mediterranean pines», *Plant Ecology*, 171(1), p. 53-68.
- Taylor, D. L. (1971) «Biotic succession of lodgepole pine forests of fire origin in Yellowstone National Park.», *National Geographic Research Reports*, 12, p. 693-702.
- Taylor, D. L. (1973) «Some ecological implications of forest fire control in Yellowstone National Park, Wyoming.», *Ecology*, 54, p. 1394-1396.
- Terradas, J. (ed.) (1996) *Ecologia del foc*. Edicions Proa, Barcelona.
- Tingley, M., Ruiz-Gutiérrez, V., Wilkerson, R., Howell, C. i Siegel, R. (2016) «Pyrodiversity promotes avian diversity over the decade following forest fire», *Proceedings of the Royal Society B*, 283(1840), p. 9.
- Tíscar, P. A. i Linares, J. C. (2014) «Large-Scale Regeneration Patterns of *Pinus nigra* Subsp. *salzmannii*: Poor Evidence of Increasing Facilitation Across a Drought Gradient», *Forests*, 5, p. 1-20. doi: 10.3390/f5010001.
- Tíscar, P. A. i Lucas-Borja, M. E. (2010) «Seed mass variation, germination time and seedling performance in a population of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*», *Forest Systems*, 19(3), p. 344-353. doi: 10.5424/fs/2010193-9094.
- Valor, T., González-Olabarria, J. R., Piqué, M. i Casals, P. (2017) «The effects of burning season and severity on the mortality over time of *Pinus nigra* spp. *salzmannii* (Dunal) Franco and *P. sylvestris* L.», *Forest Ecology and Management*, 406, p. 172-183. doi: 10.1016/j.foreco.2017.08.027.
- Vigo, J., Carreras, J. i Ferré, A. (ed.) (2005) *Manual dels hàbitats de Catalunya*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Wagner, C. E. Van (1977) «Conditions for the start and spread of crown fire», *Canadian Journal of Forest Research*. NRC Research Press Ottawa, Canada, 7(1), p. 23-34. doi: 10.1139/x77-004.
- Wirth, C., Messier, C., Bergeron, Y., Frank, D. i Fankhänel, A. (2009) «Old-Growth Forest Definitions: a Pragmatic View», *Old-Growth Forests*. Editat per C. Wirth, M. Heimann, i G. Gleixner. Berlin: Springer Verlag, p. 11-33.
- Zimmermann, S. (2003) «Closing Comments: Fire, Fuel Treatments, and Ecological Restoration—Proper Place, Appropriate Time», *Fire, fuel treatments, and ecological restoration. Proceedings RMRS-P-29*. Editat per P. N. Omi i L. A. Joyce. USDA Forest Service. Fort Collins, EUA, p. 435-442.

Annexos

Annex I. Fitxes d'exemples aplicats

CREMA PRESCRITA EN UN BOSC IRREGULAR DE PINASSA								
Localització								
Municipi:	ZEC:	Superfície:						
Llobera (Solsonès)	ES5130027 Obagues riera de Madrona	9,9 ha						
Data de realització de la crema: Maig 2016								
Objectius: Estassada i aclarida baixa. Eliminar el matollar i regenerar el fenàs per rebaixar la càrrega de combustible, trencar la continuïtat vertical dels estrats de vegetació per reduir el risc de propagació de focs de capçades (parcel·la ubicada en una zona estratègica de gestió de cara a l'extinció d'incendis forestals) i dosificar la competència pels recursos i millorar la vitalitat de l'arbrat.								
Objectius principals			Objectius específics					
- Prevenció d'incendis forestals			- Reduir la càrrega de combustible					
- Silvícola (millora del creixement i vitalitat del bosc)			- Rejoventament d'herbàcies					
- Formació i transferència			- Eliminació de brancada per terra					
			- Eliminació de peus suprimits					
Caracterització de la zona d'actuació								
Estructura irregularitzada de pinassa amb una cobertura variable, en general amb subpis de roure i alzina a clapes, i sotabosc de densitat variable però amb una tendència clara a la densificació. Sotabosc format per fenàs, fullaraca, argelaga, boix, garric, rebrot de roure i alzina. El pendent de la zona facilitaria de forma general el foc de capçades passiu.								
Característiques dasomètriques del rodal								
Qualitat d'estació	Fracció de cabuda coberta	Densitat arbòria (peus>7,5 cm)	Diàmetre mitjà	Àrea basal	Alçada mitjana	Volum amb escorça	Edat	TVFoC ⁽¹⁾
	%	peus/ha	cm	m ² /ha	m	m ³ /ha	anys	
Mitjana	89	1.341	15,9	16,9	9,1	135	60-80	A1
⁽¹⁾ TVFoC: Les estructures de tipus A són molt vulnerables a generar focs de capçades, les de tipus B són mitjanament vulnerables i les de tipus C són molt poc vulnerables.								
Caracterització del sotabosc del rodal								
Espècie arbustiva principal	Recobriments arbustiu	Alçada mitjana arbustiva	Recobriments no arbustiu					
			Herbaci	Molsa	Restes llenyoses			
	%	cm	%	%	%			
<i>Buxus sempervirens</i>	72	117	10	6	12			
Descripció de l'actuació realitzada								
Treballs previs								
- Treballs preparatoris del rodal. Es fan línies de defensa amb desbrossadora per limitar els dos flancs i la part alta de la parcel·la amb un total d'uns 950 m. La part baixa de la parcel·la limita amb un camí forestal terciari.								
- Comunicació a la població. Avisos als ajuntaments afectats i a la premsa.								
Execució de la crema								
Meteorologia			Paràmetres d'execució de la crema					
Temperatura mitjana: 19,5°C			Alçada de la flama: <1,5 m, mortalitat: 0%					
Humitat relativa mitjana: 44,9%			Alçada socarrat màx.-min.: 0,79-0,37 m					
Velocitat del vent mitjana: 2,8 km/h			Alçada primera rama viva: 4,35 m					

Resultats obtinguts

Característiques dasomètriques del rodal 2 anys després del tractament

Qualitat d'estació	Fracció de cabuda coberta	Densitat arbòria (peus>7,5 cm)	Diàmetre mitjà	Àrea basal	Alçada mitjana	Volum amb escorça	Edat	TVFoC
	%	peus/ha	cm	m ² /ha	m	m ³ /ha	anys	
Mitjana	78	1.178	16,6	25,4	9,8	136	60-80	C10/B7

Caracterització del sotabosc del rodal 2 anys després del tractament

Espècie arbustiva principal	Recobriments arbustiu	Alçada mitjana arbustiva	Recobriments no arbustiu		
			Herbaci	Molsa	Restes llenyoses
	%	cm	%	%	%
<i>Quercus coccifera</i>	14	34	28	2	19

Valoració de la crema

L'efecte del conjunt de dies de crema ha estat variat en funció de la finestra meteorològica en què es va aplicar el foc. En gairebé la meitat de la superfície s'ha aconseguit reduir la vulnerabilitat al foc de capçades de molt alta a baixa (d'estructura de tipus A a C), i en l'altra meitat de molt alta a moderada (de A a B). L'heterogeneïtat de la parcel·la i la varietat meteorològica dels dies de crema han estat factors clau per explicar la varietat d'efectes i ha permès treure conclusions sobre com i quan aplicar foc en aquest tipus d'estructura forestal.

Fotos abans de la crema i 11 mesos després de la crema



Estimació de rendiments en l'execució de les cremes

En les cremes executades en aquests tipus d'estructures i amb l'objectiu d'emular estassades de matoll amb afectació mínima a l'estrat dominant d'arbres, es fan servir equips d'uns 15- 20 operaris per jornada, amb uns rendiments d'1,5 a 4 ha/jornada. Aquestes dades reporten uns rendiments de temps dedicat per hectàrea treballada que oscila entre les 50 i les 110 hores/ha. La variances de rendiment és deguda en bona part a elements propis de la parcel·la com són:

- Forma de la parcel·la de crema; aquest tipus de crema sota arbrat es fa seguint la direcció descendent de la vessant amb ritmes de progressió de 7 a 10 metres de desnivell per hora, parcel·les de menys de 100 metres lineals d'amplada suposen jornades de crema que difícilment superaran 1 ha.
- Les característiques dels límits de la parcel·la condicionen el dimensionament de l'equip de control. En aquest sentit, ancoratges de la crema en corriols o petites discontinuïtats de combustible requereixen equips de control més potents que quan es pot ancorar en camps, camins amplis o límits naturals consolidats. En moltes ocasions es pot recolzar els límits de la crema en zones ja cremades anteriorment, fet que simplifica molt les tasques de control reduint els equips de crema.
- Les hores hàbils de crema per jornada també són un altre condicionant important dels rendiments dels equips de crema. Quan la disponibilitat del combustible està condicionada per la radiació solar, com són zones d'obaga o zones planes amb presència habitual de boira a l'hivern, les hores hàbils de crema són poques en el període de novembre a gener, reduint molt els rendiments dels equips de crema. Per contra, en èpoques d'alta disponibilitat del combustible cal valorar si l'interval d'hores dins de la finestra de comportament és suficient per justificar el desplegament de recursos per executar la crema.

Lliçons apreses/recomanacions

A l'hora de tractar amb foc directe estructures com aquestes, molt complexes pel que fa a l'acumulació de combustible i continuïtat vertical entre estrats de vegetació, és complicat aconseguir una reducció de la vulnerabilitat al foc de capçades de manera generalitzada en tot el rodal (pas d'estructures de tipus A a tipus C) en una única intervenció. L'heterogeneïtat dins del rodal fa que trobar finestres de crema en què els efectes siguin uniformes no sigui fàcil, sobretot quan s'ha d'anar amb cura de no afectar l'arbrat dominant.

En estructures compostes per un abundant estrat de combustible d'escala i continuïtat entre estrats de vegetació, es poden proposar estassades selectives que només afectin la vegetació que serà difícil de cremar o aquella que, si crema, pot posar en perill la vitalitat de l'estrat arbrat.

En contra del que pugui semblar, les finestres de crema més estables i amb una disponibilitat més d'acord amb els efectes buscats en aquest tipus d'estructura, les trobarem a la primavera avançada i l'estiu, i preferentment de nit.

Previsió de l'evolució esperada

L'efecte principal de la crema està en els canvis produïts en els combustibles vius que conformen l'estrat de superfície i d'escala, compostos principalment per herbàcies, matolls i regenerat de pins i roures.

La reducció del recobriment del combustible d'escala per sota del 25% garanteix estructures de tipus C (poc vulnerables a foc de capçades), tenint en compte que la distància entre l'estrat de superfície i capçades que componen l'estrat aeri és >4 m. Els esquelets dels matolls morts i les fulles torrades poden suposar un increment de combustible mort d'1 a 100 hores de forma transitòria, però que en termes absoluts es veu compensat amb la consumició d'aquest rang de combustibles morts, com efecte del foc que ha cremat el combustible de superfície.

En aquelles zones on el combustible d'escala no s'hagi pogut reduir al 25% de recobriment, l'estructura resultant serà una B (moderadament vulnerable) i la seva evolució cap a una A dependrà de la cobertura del combustible de superfície.

L'entrada d'herbívors de forma natural o amb gestió ramadera posterior a la crema es considera una bona pràctica per mantenir i consolidar estructures poc vulnerables. L'efecte del ramat es concentra a inhibir la proliferació del combustible de superfície i l'evolució del matoll a formar part del combustible d'escala.

CREMA PRESCRITA EN UN BOSC MADUR DE PINASSA

Localització

Municipi:	ZEC:	Superfície:
Margalef i Cabacés (Priorat)	ES5140017 Serra de Montsant – Pas de l'Ase	3,2 ha

Data de realització de la crema: Setembre 2015

Objectius: Crema per emular l'acció natural dels focs de llamp en aquesta zona per mantenir estructures de pinassa resistents al foc. Es busca l'eliminació del matollar i la regeneració herbàcia per reduir la càrrega de combustible i millorar la continuïtat vertical i horitzontal del combustible.

Objectius principals:	Objectius específics:
- Prevenció d'incendis forestals	- Reduir la càrrega de combustible
- Formació i transferència	- Rejuveniment d'herbàcies

Caracterització de la zona d'actuació

Massa adulta de pinassa amb senyals de focs però sense ferides. En general, aquesta estructura ocupa un espai al llarg de la carena principal alternant espais oberts de matoll i herba amb peus dispersos o petites agrupacions d'arbres. Zona de caiguda de llamps molt recurrent en què s'observen clapes de diferent densitat de matollar degut a l'efecte dels focs de llamp. El regenerat de pinassa està distribuït en clapes de 0,5 a 1,5 m d'alçada, acompanyat de sotabosc de fenàs, romaní, argelaga, ginebre i estepes, amb recobriment variable d'un 20 a un 75%. L'any 1982 hi va haver un incendi forestal que va afectar la totalitat del rodal.

Característiques dasomètriques del rodal

Qualitat d'estació	Fracció de cabuda coberta	Densitat arbòria (peus>7,5 cm)	Diàmetre	Àrea basal	Alçada mitjana	Volum amb escorça	Edat	TVFoC ⁽¹⁾
	%	peus/ha	cm	m ² /ha	m	m ³ /ha	anys	
Baixa	60	565	22,3	22,0	9,1	103	80-100	B8

⁽¹⁾ TVFoC: Les estructures de tipus A són molt vulnerables a generar focs de capçades, les de tipus B són mitjanament vulnerables i les de tipus C són molt poc vulnerables.

Caracterització del sotabosc del rodal

Espècie arbustiva principal	Recobriment arbustiu	Alçada mitjana arbustiva	Recobriment no arbustiu		
			Herbaci	Molsa	Restes llenyoses
	%	cm	%	%	%
<i>Rosmarinus officinalis</i>	37	105	59	14	52

Descripció de l'actuació realitzada:

Treballs previs:

-Treballs preparatoris del rodal. Es realitzen un total de 1.000 m de línies de defensa i una estassada perimetral al voltant d'aquells peus de regenerat de pinassa seleccionats que poden patir danys irreversibles que posin en risc la seva viabilitat.

-Comunicació a la població. Avisos als ajuntaments afectats i a la premsa.

Execució de la crema:

Meteorologia	Paràmetres d'execució de la crema
Temperatura mitjana: 15,3°C	Alçada de la flama: <2 m, mortalitat: 0%
Humitat relativa mitjana: 57,33 %	Alçada socarrat màx.-min.: inferior a 1,5 m
Velocitat del vent mitjana: 6,9 km/h	Alçada primera rama viva: 4,5 m

Resultats obtinguts

Característiques dasomètriques del rodal 2 anys després del tractament

Qualitat d'estació	Fracció de cabuda coberta	Densitat arbòria (peus>7,5 cm)	Diàmetre	Àrea basal	Alçada mitjana	Volum amb escorça	Edat	TVFoC
	%	peus/ha	cm	m ² /ha	m	m ³ /ha	anys	
Baixa	55	552	22,4	21,7	9,3	104	80-100	C9/C10

Caracterització del sotabosc del rodal 2 anys després del tractament

Espècie arbustiva principal	Recobriment arbustiu	Alçada arbustiva mitjana	Recobriment no arbustiu		
			Herbaci	Molsa	Restes llenyoses
	%	cm	%	%	%
<i>Rosmarinus officinalis</i>	12	30	44	9	28

Valoració de la crema

Es pot considerar que s'han assolit els objectius proposats en una proporció molt alta de la parcel·la tractada, eliminant l'estrat de vegetació que podia posar en perill la vitalitat de les capçades de les pinasses adultes en cas d'un eventual incendi. A les zones més obertes on es situava la implantació de regenerat de pinassa de < 3m, es considera que la proporció de peus vitals després de la crema serà suficient i amb un increment notori de probabilitats de supervivència en cas d'un eventual incendi.

Fotos abans de la crema i 11 mesos després de la crema



Estimació dels rendiments d'execució de la crema

En el cas de Catalunya, les cremes d'estructures de pinassa adultes com aquesta es troben en la major part dels casos en zones de difícil accés per a vehicles rodats, complicant el desplegament dels equips de crema i, en conseqüència, condicionant-ne els costos i el rendiment. Els treballs de preparació de parcel·la i reguarda posterior a la crema són més complexos perquè impliquen més hores dedicades només a l'accés a la parcel·la. El desplegament per a l'execució requereix una planificació més acurada, obligant a transports de material els dies previs i a la recollida en dies posteriors a la crema per aprofitar les finestres el màxim possible.

En aquest cas, es van destinar prop de 50 hores a la jornada d'execució de les 3,2 ha de crema i 60 hores més en preparació i reguarda, que donen una idea de la proporció de repartiment d'esforços característics d'aquest tipus de parcel·les de difícil accés.

Lliçons apreses/recomanacions

Es tracta de cremes que representen un compromís important, tant des del punt de vista de la seguretat de la crema com del valor de l'hàbitat tractat. La complexitat d'accés implica un equip de control diferent de l'habitual en cremes accessibles, i que es compon generalment de recursos d'autobombes i instal·lacions de mànegues de 25 mm. El control en parcel·les remotes s'ha de fer a partir d'equips d'eines manuals, amb la qual cosa el responsable de la crema ha de preveure escenaris molt estables i una direcció de patró d'ignició exhaustiva per minimitzar la possibilitat de canvis de comportament del foc.

L'elecció de la finestra de crema és més restringida que en altres escenaris per garantir un comportament de foc determinat i d'acord amb els objectius buscats, i el control dels efectes sobre l'hàbitat requereix un grau de precisió superior pel fet que es tracta de rodals madurs amb peus que poden superar els 200 anys o més.

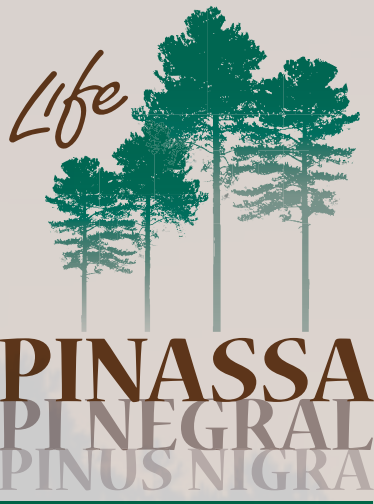
Per contra, la conducció de la crema i el patró d'ignició poden ser més senzills que en estructures més joves i pluriestratificades, perquè es tracta de boscos amb poc combustible d'escala i una cobertura de superfície en general per sota del 50%.

Cal, però, parar una atenció especial a les fases de reguarda, que es poden allargar dies si les condicions de disponibilitat del gruix de matèria orgànica és alt, com és el cas de condicions de final d'estiu, en què és habitual acumular valors de sequera alts que faciliten la combustió lenta de subsol.

Previsió de l'evolució esperada

L'eliminació del combustible d'escala i la reducció del de superfície tindrà un efecte positiu per preservar la vitalitat de les pinasses adultes en cas d'un eventual incendi. El recobriment del combustible d'escala es mantindrà per sota del 25% durant uns quans anys en aquesta localització, perquè les espècies de matoll que componen el sotabosc necessiten temps per assolir alçades superiors als 130 cm.

La presència d'herba nova podrà ser un element d'atracció pels herbívors naturals de la zona i facilitar el manteniment d'un estrat de superfície amb baixes càrregues de matoll.



Socios del proyecto Life+ PINASSA



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**



Centre de la Propietat
Forestal



Generalitat de Catalunya
Departament d'Interior

—
Fundació
—
Catalunya
—
La Pedrera
—