

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS
NATURA, ÚS O ABÚS? (2018-2019)

La gestió dels espais forestals

FRANCISCO LLORET

© 2019, Institut d'Estudis Catalans
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

© Dels autors dels articles

Article rebut el maig de 2018

Text revisat lingüísticament per Roser Carol i Àlvar Valls

ISBN: 978-84-9965-457-7

DOI: 10.2436/15.0110.22.13

La gestió dels espais forestals

Francisco Lloret

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF); Unitat d'Ecologia, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma Barcelona.

Article rebut el maig de 2018.

Sumari

PART I. DIAGNOSI

1. CARACTERÍSTIQUES DELS ESPAIS FORESTALS I ELS SEUS RECURSOS NATURALS
 - 1.1. Abandonament dels espais forestals
 - 1.2. Valoració de la multifuncionalitat dels boscos
 - 1.3. Incidència dels incendis forestals
 - 1.4. Conservació d'espais naturals
2. TRANSFORMACIONS DELS ESPAIS FORESTALS
3. PROCESSOS ECOLÒGICS IMPLICATS EN LES CARACTERÍSTIQUES I LES TRANSFORMACIONS DELS ESPAIS FORESTALS
 - 3.1. El model successional
 - 3.2. El canvi climàtic

PART II. GESTIÓ FORESTAL, SOSTENIBILITAT AMBIENTAL I CONSERVACIÓ DEL PATRIMONI NATURAL

4. UN MODEL PER A LA COMPATIBILITAT DELS USOS DE L'ESPAI FORESTAL
5. PRINCIPIS GENERALS PER A UNA ESTRATÈGIA D'ÚS SOSTENIBLE DELS BOSCOS
6. DECÀLEG PER ALS ESPAIS FORESTALS DEL FUTUR

REFERÈNCIES

En les properes pàgines tractarem de l'efecte de la gestió forestal i de l'ús dels recursos naturals del bosc en la biodiversitat. No es pretén una revisió exhaustiva, sinó (1) identificar els elements clau que determinen aquest efecte, (2) comprendre la natura dels processos implicats i (3) analitzar les trajectòries actuals i les previsions de cara al futur, i (4) proposar accions que permetin optimitzar la concurrència dels diferents interessos en l'àmbit forestal, particularment des del punt de vista de la conservació dels valors naturals.

Amb aquests objectius, en primer lloc es presenta una diagnosi de la situació recent, repassant les principals activitats humanes que incideixen en els boscos de Catalunya. A continuació es descriuran les darreres transformacions en aquests ecosistemes, resultat en gran mesura d'aquestes activitats. Després s'analitzaran els principals processos implicats en aquestes transformacions, en la seva dimensió ecològica. A la segona part es presenten una sèrie d'elements clau i propostes que permetin racionalitzar l'ús dels boscos. La idea principal consisteix a compatibilitzar la preservació del patrimoni natural amb la provisió de serveis ecosistèmics, d'acord amb el seu funcionament ecològic. Amb aquest objectiu, es procurarà donar una visió que permeti establir un balanç de costos-beneficis associats als diferents processos i als resultats corresponents.

PART I. DIAGNOSI

1. CARACTERÍSTIQUES DELS ESPAIS FORESTALS I ELS SEUS RECURSOS NATURALS

S'expliquen a continuació els principals esdeveniments de les darreres dècades que han condicionat les característiques actuals dels espais forestals.

1.1. *Abandonament dels espais forestals*

Els espais forestals (figura 1) han experimentat importants transformacions a causa dels canvis socioeconòmics de les darreres dècades, que han reforçat l'activitat econòmica en els entorns urbans envers els rurals. El fenomen, que ha rebut el nom de transició forestal (Cervera *et al.*, 2016), implica actualment una procés de reforestació natural, després d'un estadi en el qual, a partir de les polítiques liberalitzadores del segle

XIX, el desenvolupament econòmic havia impulsat importants desforestacions. A Catalunya, la reducció de la superfície forestal va assolir el seu màxim en el primer terç del segle XX, i la seva recuperació es consolida a partir de la dècada de 1970 (Cervera *et al.*, 2015). La situació actual forma part, doncs, d'un procés socioeconòmic en el qual intervenen diferents factors: una transició energètica en què els combustibles d'origen vegetal són substituïts per combustibles fòssils; una transició demogràfica, acompanyada d'èxode rural i augment de la urbanització, i canvis en els usos nutricionals, la industrialització del sector agrari i la globalització de l'economia. El resultat és que des de fa dècades els aprofitaments forestals només representen un 25 % del creixement del bosc (Vayreda *et al.*, 2016).

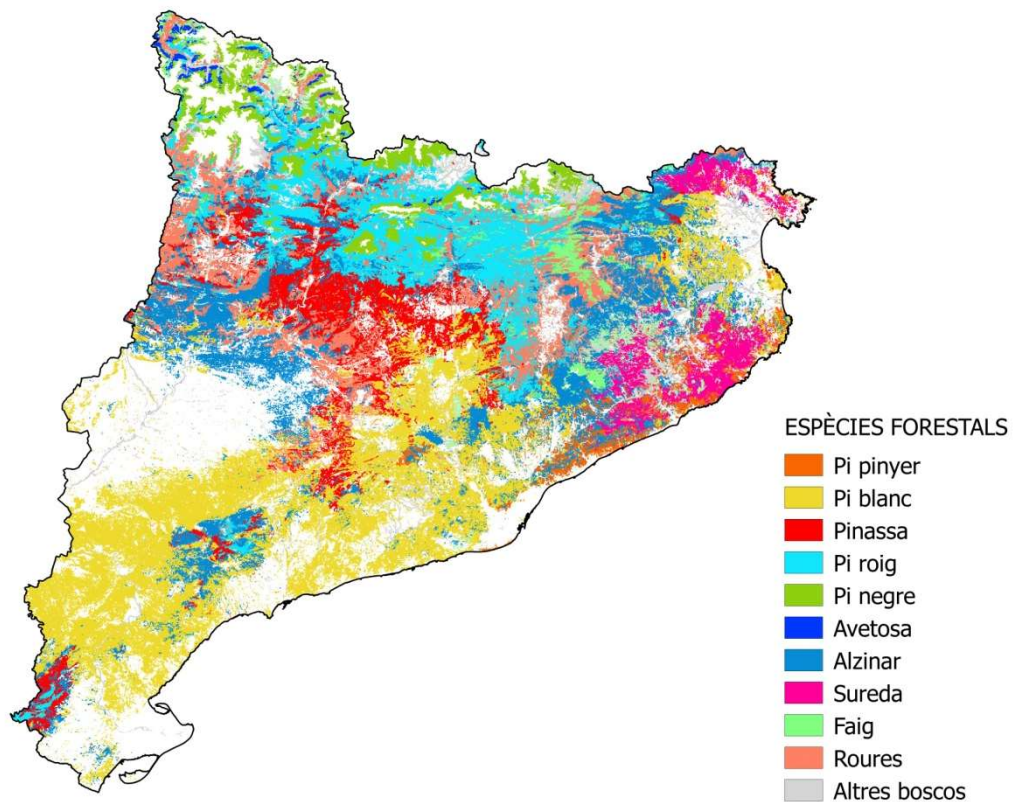
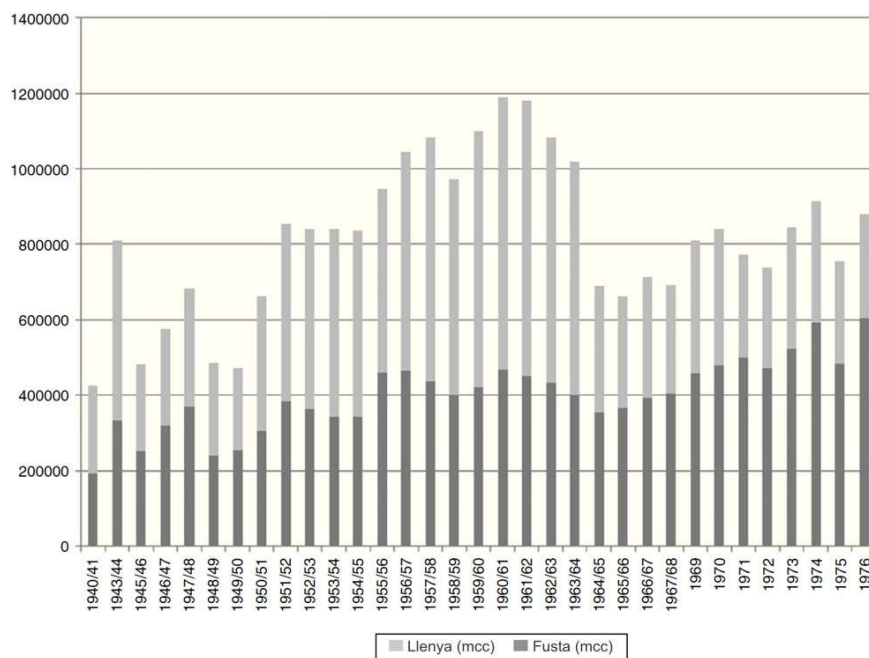


FIGURA 1. Mapa de les cobertes forestals de Catalunya (2009).

Font: <https://www.creaf.uab.es/mesc/>

Aquesta tendència és absolutament coincident amb el que passa en altres territoris del nostre entorn socioeconòmic i geogràfic a Europa i a Amèrica del Nord. Tanmateix, al llarg dels segles, els boscos de Catalunya han experimentat diferents fases d'ús

intensiu i explotació i d'abandonament. Així, l'actual disminució de l'ús forestal succeeix una època en la qual molts boscos patien una forta pressió per obtenir combustible, pastures o conreus. De 1860 a 1932, els boscos de Catalunya van perdre el 12 % de la seva superfície en favor dels conreus; segurament aquesta proporció va ser molt més gran en zones més productives com les litorals. Aquesta pressió era particularment intensa en àrees on la fusta, la llenya i el carbó es podien comercialitzar, en zones de demanda urbana i industrial més o menys properes. A mitjan segle XX, el volum de llenya extreta dels boscos superava el de fusta. Aquesta proporció va canviar a partir dels anys 1960 i actualment s'ha revertit (Cervera *et al.*, 2015) (figura 2). A més, molts boscos s'havien transformat en conreus productius, com és el cas de l'expansió de la vinya a les regions de clima més mediterrani. En resum, l'abandonament, o més ben dit la relaxació en l'ús, de l'espai forestal s'ha de contextualitzar històricament per entendre'n les repercussions sobre la biodiversitat; alhora, la interpretació del fenomen necessita una aproximació socioeconòmica i no estrictament naturalista. Per exemple, a Catalunya, el pes de la propietat privada respecte al sector públic —que en gran mesura és de titularitat municipal— és molt important, excepte en les zones pirenaïques. Això es manifesta en el percentatge de fusta extreta per la propietat privada, que va representar el 83 % del total l'any 2016.¹



1. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi.

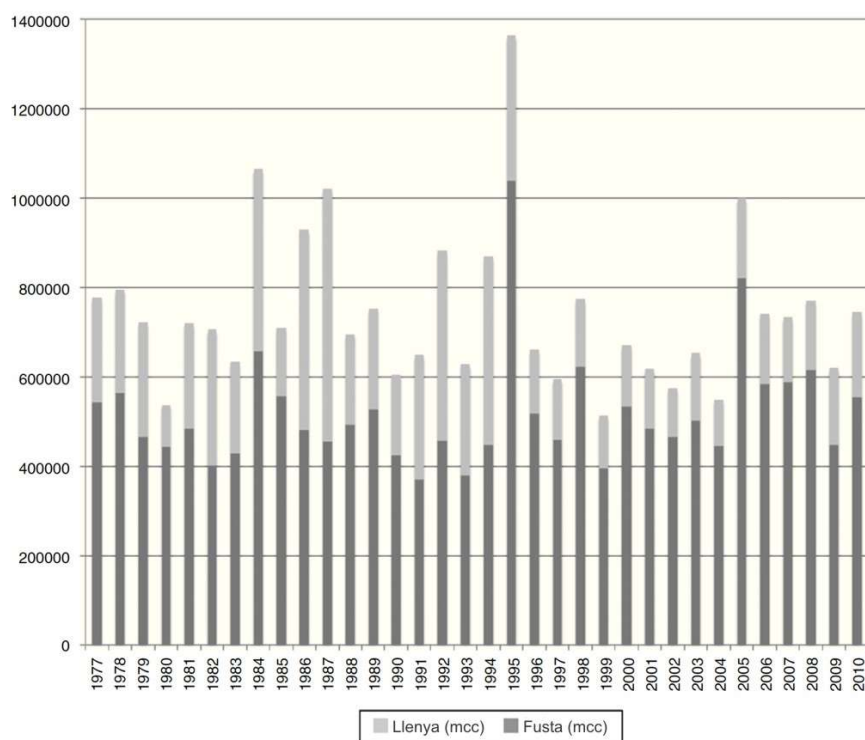


FIGURA 2. Evolució dels aprofitaments forestals a Catalunya (1940-1976 i 1977-2010).

Font: Instituto Nacional de Estadística (INE), Ministeri d'Agricultura i Idescat (1985-2010). A: Cervera *et al.* 2015.

La dimensió socioeconòmica del fenomen és important per a abordar percepcions que qualifiquen els boscos actuals com a «deixats» o «bruts» i tendeixen a adjudicar responsabilitats a l'Administració —per manca de subvencions o subsidis fiscals— o als propietaris. En primer lloc, s'ha de reconèixer que l'abandonament de l'activitat forestal és el resultat d'un posicionament col·lectiu majoritàriament assumit, que correspon a un model econòmic que afavoreix assentaments humans allunyats de l'entorn natural i un règim de competència econòmica internacional. Aquestes transformacions socials poden tenir derivades complexes. Per exemple, l'impacte directe en el bosc per part dels propietaris o usufructuaris ha disminuït, però l'accés de la població en general ha augmentat, alhora que les noves tecnologies permeten una observació a distància —i, per tant, una certa supervisió— de les cobertes forestals.

En segon lloc, la valoració de l'abandonament dels espais forestals, basada en asseveracions apriorístiques, necessita certes puntualitzacions. Per exemple, si mirem les estadístiques històriques d'extracció de fusta veiem que no ha disminuït en els darrers anys (Cervera *et al.*, 2015) (figura 2). De fet, en l'àmbit espanyol, l'extracció de

fusta es va disparar a partir de la dècada de 1970 en relació amb períodes anteriors en resposta a l'augment de la demanda. Tanmateix, aquesta producció no cobreix el consum i és compensada per importacions de productes més competitius (Infante-Amate *et al.*, 2014). Aquestes dades indiquen que continua havent-hi explotacions de particulars i de boscos públics, malgrat que el rendiment econòmic sigui en general escàs, i que es continuen fent tractaments silvícoles en els boscos. Tanmateix, la superfície forestal està augmentant (figura 3), i això suggereix que molts dels boscos nous contribueixen poc a la provisió de fusta. Els inventaris forestals mostren que l'estructura de mides dels arbres correspon a boscos joves, sovint poc gestionats (figura 4), els quals, de fet, tenen l'avantatge del seu potencial per a mantenir els alts nivells actuals de segrest de C (Vayreda *et al.*, 2016).

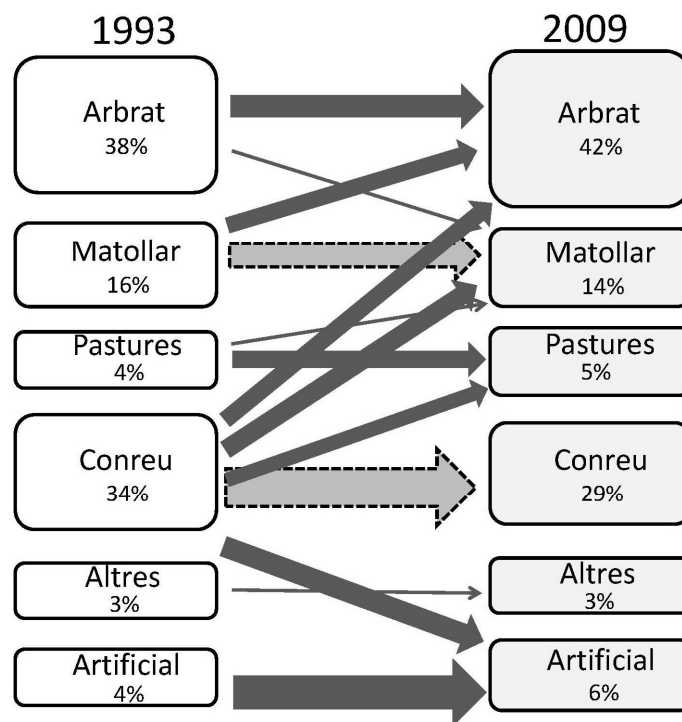


FIGURA 3. Transformació dels grans tipus de cobertes del sòl del 1993 al 2009. El gruix de les fletxes és aproximadament proporcional a la taxa de canvi. Les fletxes en gris indiquen disminució de la superfície. Font: Vayreda *et al.* (2016).

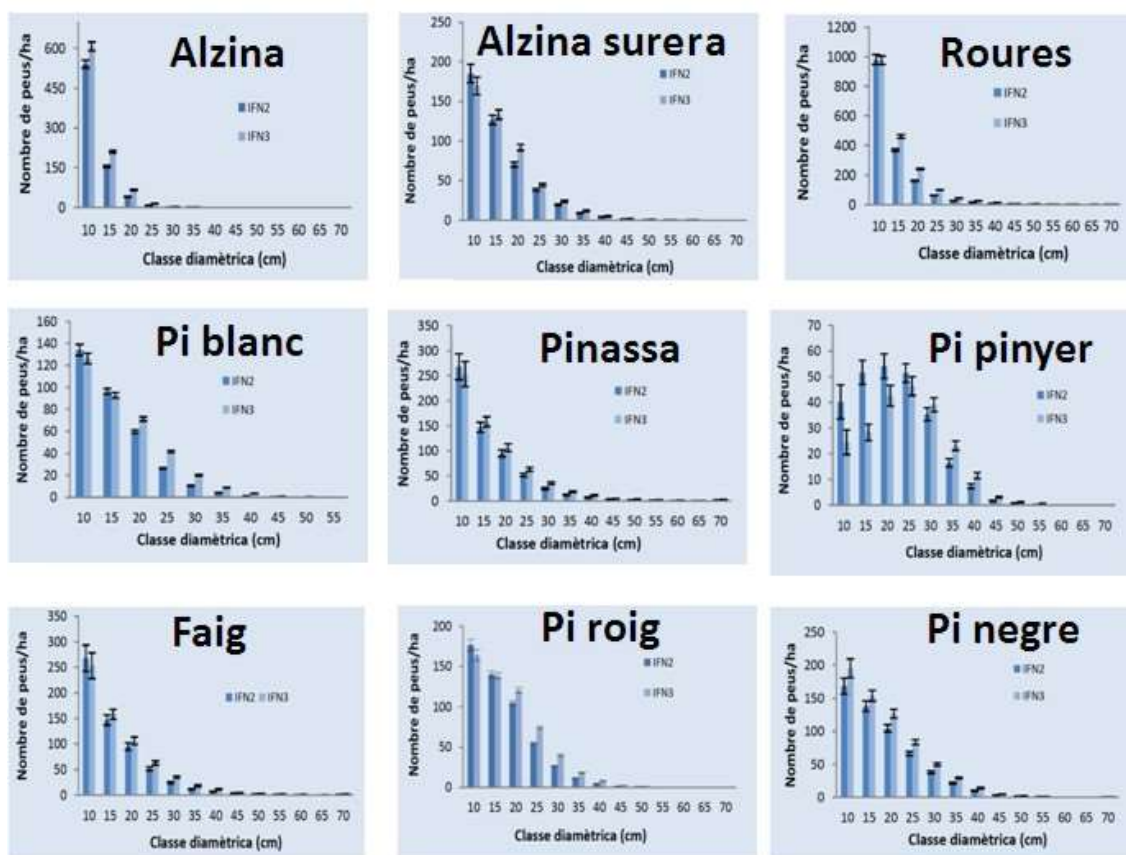


FIGURA 4. Estructura de mida de les principals espècies forestals de Catalunya.

Font: «Inventari Forestal Nacional 2. 3». A: BANQUÉ *et al.* (2003). Infografia: CREA.F.

Una anàlisi rigorosa indica que els aspectes negatius associats a una menor explotació dels recursos forestals s'han de contraposar als positius que puguin derivar-se d'un ús menys intensiu del bosc. Així, alguns dels principals problemes en relació amb la biodiversitat que deriven de la disminució de l'explotació de l'espai forestal són: (1) pèrdua d'hàbitat per espècies que requereixen espais oberts; (2) proliferació de masses forestals poc estructurades, a vegades acompanyades d'una trivialització de la biota sobretot en zones properes a grans conurbacions, i (3) risc de cara a altres perturbacions com els incendis per l'acumulació de combustible. En contraposició, l'abandonament forestal proporciona oportunitats en incrementar la matriu forestal, amb el que això representa de: (1) hàbitat per a algunes espècies, (2) protecció de sòls, (3) augment dels estocs de C i (4) regulació de fluxos d'energia, aigua i nutrients.

1.2. Valoració de la multifuncionalitat dels boscos

L'exploració comercial de fusta s'efectua generalment sota els principis i procediments de la silvicultura, dels quals els instruments d'ordenació forestal (projectes d'ordenació forestal, plans tècnics de gestió i millora forestal, plans simples de gestió forestal) constitueixen la pedra angular. Aquests plans estan clarament regulats, i tot i que la seva implantació tendeix a generalitzar-se, la seva execució no és prou efectiva ateses la manca de recursos per al seu control i els costos econòmics, difícilment assumibles en molts casos. Cal fer constar que l'ordenació forestal promoguda per les escoles d'enginyers forestals des de la seva creació, seguint la tradició germànica, promovia una gestió pública a llarg termini que fes compatible la producció de fusta amb la conservació del patrimoni forestal, davant d'una gestió privada a curt termini que es va estendre durant l'època liberal del segle XIX (Cervera *et al.*, 2015). L'intervencionisme públic s'incrementà durant el franquisme i afavorí polítiques de repoblacions. Tanmateix, la mancança crònica de recursos ha limitat considerablement l'efectivitat de qualsevol planificació. En el cas de Catalunya, la gran extensió de boscos de titularitat privada (un 77 %) ha condicionat molt l'ordenació i l'aprofitament forestal. Tanmateix, la distribució territorial de la titularitat és molt contrastada, essent els boscos públics fonamentalment localitzats a les comarques de muntanya de Lleida. Així, el percentatge de superfície forestal de titularitat privada oscil·la entre el 58 % de Lleida i el 93 % de Barcelona.²

A la fusta, s'hi ha d'afegir la llenya, que representa encara un volum important de l'extracció total de productes del bosc (figura 2). El seu aprofitament s'ha vist promogut en els darrers anys per la seva transformació en biocombustible, amb una producció de més de 500.000 tones l'any 2014 entre llenya, estella i pèl·lets.³ El biocombustible d'origen forestal té l'avantatge davant dels combustibles fòssils de ser un recurs renovable i d'un valor econòmic més competitiu a mesura que augmenten els preus del petroli i el gas. Per tant, davant l'acumulació de biomassa forestal dels darrers anys — una tendència que s'espera que continuï en el futur proper—, l'aprofitament de biocombustible forestal s'ha promogut com una alternativa en l'exploració econòmica

2. Ministeri de Medi Ambient, Medi Rural i Mari, *Tercer Inventario Forestal Nacional* (2007).

3. «Estratègia per a promoure l'aprofitament energètic de la biomassa forestal i agrícola, CPF i CTFC», a *El sector de la biomassa a Catalunya* (2017), Barcelona: Clúster Biomassa Catalunya, BIO4ECO Iterreg Europe, 2017.

dels boscos. Al mateix temps, permet una reducció del combustible envers els incendis forestals i una millora de l'estructura del bosc en termes de disminuir-ne l'homogeneïtat. Tanmateix, en comparació amb altres fonts d'energia alternativa, no contribueix a una major reducció de les emissions de CO₂. De fet, el seu efecte neutral en termes de descarbonització depèn de l'embornal que representi l'ús alternatiu que es faci del territori. A més, la seva viabilitat econòmica en absència de subsidis està condicionada pels costos d'extracció i transport, particularment en zones forestals de difícil accés. El resultat és una apreciable incertesa en la seva rendibilitat econòmica, ja de per si força limitada ateses les constriccions logístiques i les característiques estructurals del sector forestal, molt fragmentat i amb un mercat feble (Martínez Lozano, 2009). Aquests problemes s'accentuen quan el destí com a combustible d'aquesta biomassa implica transport a llarga distància, amb els consegüents costos ambientals addicionals. Per tant, tot i ser un complement a altres activitats forestals que mereix ser considerat, tenint en compte la gran variabilitat en la producció de fusta i l'heterogeneïtat del sector forestal català, no sembla viable que cobreixi les necessitats de consum, ni que es generalitzi a tot el territori.

Entre les activitats econòmiques productives del bosc, l'extracció d'altres béns, com els bolets, està rebent un apreciable reconeixement en els darrers temps i es desenvolupa a partir d'una pràctica tradicional ben coneguda. Tanmateix, es tracta d'una activitat amb importants fluctuacions interanuals, en gran part degudes a la variabilitat climàtica (figura 5). El coneixement científic dels factors que determinen la producció de bolets i la seva biodiversitat, així com el paper dels fongs en el funcionament ecosistèmic i en la biodiversitat d'altres espècies, s'està consolidant com una línia de recerca i desenvolupament important. Aquest coneixement és una peça clau per establir estratègies d'aprofitament econòmic compatibles amb la preservació de la biodiversitat.

L'extracció de suro també presenta importants variacions interanuals, tot i mantenir un paper significatiu entre els aprofitaments forestals no relacionats amb la fusta i la llenya (figura 5). L'explotació del suro té conseqüències importants en l'estructura dels boscos, ja que promou mides d'arbres més grans que altres explotacions forestals, mentre que el sotabosc es redueix. Aquest tipus d'ús implica un interessant cas de sostenibilitat en un marge relativament estret d'intensitat d'explotació. Una intensitat excessiva en l'extracció del suro posa en perill els arbres i empobreix la comunitat vegetal del sotabosc. D'altra banda, l'abandonament pot incrementar la biomassa del sotabosc i afavorir incendis d'alta intensitat.

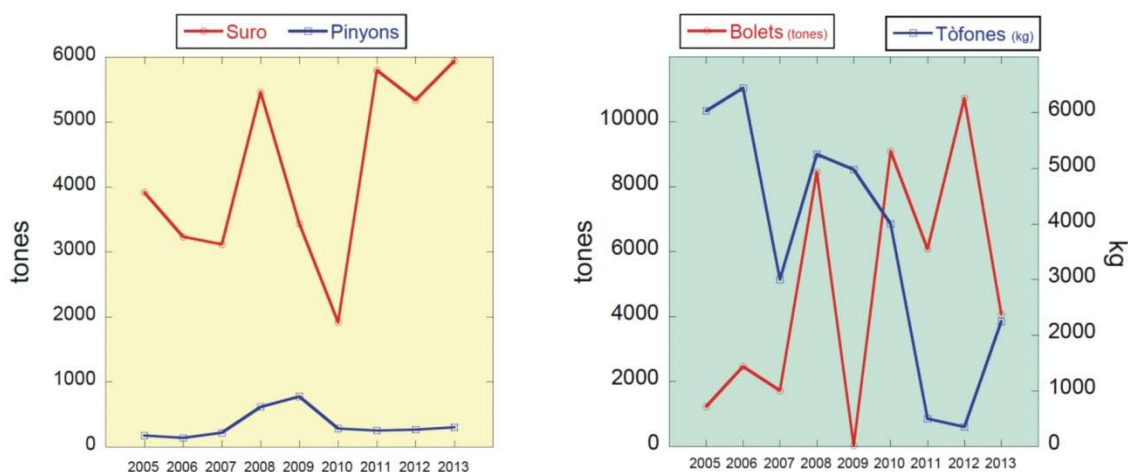


FIGURA 5. Evolució dels aprofitaments forestals a Catalunya de productes diferents de fusta i llenya: suro, pinyons i fongs (2005-2013).

Font: Govern d'Espanya. Ministeri d'Agricultura i Pesca, Alimentació i Medi Ambient [en línia]. <http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/forestal_anual_otros_aprovechamientos.aspx> [Consulta: 8 novembre 2018]

La ramaderia és una altra activitat productiva tradicionalment associada al bosc que ha perdut molt de pes, tot i que encara es manté en alguns indrets, principalment en àrees de muntanya. Només del 2009 al 2015 hi va haver una disminució del 4,6 % de la superfície forestal utilitzada per la ramaderia, que aquest darrer any representava unes 572.000 ha.⁴ L'ús d'ovelles i cabres també ha estat promogut per a reduir combustible i disminuir el risc d'incendis, tot i que aquestes activitats no són massives ni generalitzades. En general, hi ha hagut una inversió del paper de la ramaderia en el funcionament dels sistemes forestals: des de ser considerada una causa de l'empobriment de la biodiversitat i una amenaça per a la conservació dels sòls (Folch, 1976) fins a la situació actual, en la qual la falta d'herbívors contribueix al desenvolupament de les estructures forestals homogènies amb molt de sotabosc, que sovint trobem als boscos. Tanmateix, l'eradicació ancestral de depredadors i la depauperació de les poblacions de moltes espècies d'herbívors salvatges ha trastocat completament les xarxes tròfiques dels sistemes forestals.

Un canvi important en la valoració dels espais forestals que s'ha donat en els darrers anys és el reconeixement explícit de la seva multifuncionalitat. De fet, no es tracta d'una idea nova. Les escoles forestals, des de la seva instauració a mitjan segle

4. Idescat i Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural.

XIX, ja reconeixien el valor de la coberta forestal per evitar l'erosió i regular els fluxos d'aigua a les conques hidrogràfiques. Importants repoblacions, com les que es van fer al bosc de Poblet a principi del segle XX, tenien clarament una intenció protectora, sense detriment dels beneficis econòmics que es poguessin derivar de l'explotació de fusta o llenya. El que és nou és la formalització d'aquesta multifuncionalitat i els intents de quantificar-la sota diferents escenaris.

Aquesta aproximació també s'ha vist afavorida per l'aparició del concepte de serveis ecosistèmics, fixats en el Millennium Ecosystem Assessment de 2005 i posteriorment en la Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, 2013). Aquests serveis corresponen al conjunt de beneficis que proporcionen els ecosistemes a les societats humanes, susceptibles de ser quantificats de manera directa, com és el cas dels serveis de provisió de béns —com la fusta, la llenya o els bolets— o més indirecta en el cas dels serveis de regulació —del clima, de la disponibilitat i qualitat de l'aigua— o dels culturals. De vegades, es consideren també els serveis de suport —que, com en el cas de la biodiversitat, permeten el funcionament de l'ecosistema i, per tant, de la resta de serveis—, tot i que la seva quantificació és més problemàtica i sovint queden englobats entre els serveis de regulació.

És important adonar-se que la provisió d'aquests serveis sovint no és independent. De tant en tant, presenten relacions negatives (figura 6) que indiquen conflictes, per exemple quan l'extracció de fusta augmenta el risc d'erosió. Però moltes vegades aquests diferents serveis presenten relacions positives o sinergies. Així, els de provisió es veuen afavorits a llarg termini per una bona regulació dels fluxos ecosistèmics. També s'acumulen evidències del fet que la biodiversitat sovint afavoreix altres serveis ecosistèmics com la producció de biomassa o la resistència a perturbacions —incloent-hi episodis climàtics extrems, plagues o invasions per espècies exòtiques— gràcies a la complementaritat en el funcionament de les diferents espècies (Brockerhoff *et al.*, 2017).

A Catalunya s'han fet avaluacions dels serveis ecosistèmics dels boscos amb una base territorial (Banqué *et al.*, 2016). Aquests estudis mostren la coincidència geogràfica en serveis de provisió i regulació amb valors més alts en comarques de muntanya, pirinenques i de la Catalunya central. Per la seva banda, les zones més mediterrànies destaquen pels serveis associats a una major biodiversitat. Cal assenyalar el predomini de sinergies entre serveis, particularment entre els de provisió i els de regulació, mentre que no s'observen tendències contraposades destacables. Aquest tipus

d'estudis proporciona una informació molt important a l'hora de prendre decisions estratègiques generals, a més de facilitar criteris útils per a la gestió a nivell local.

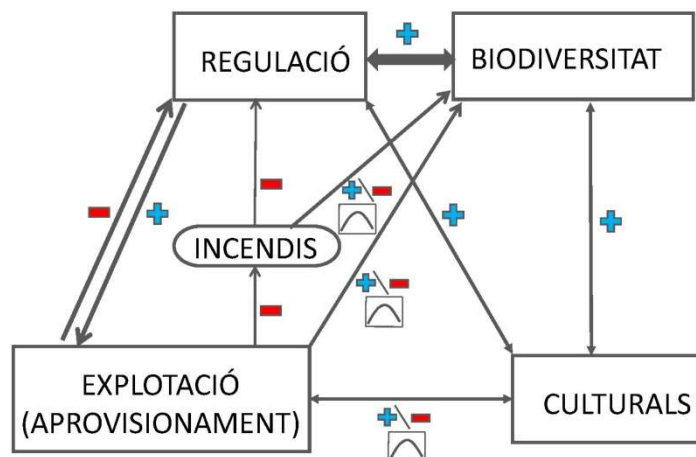


FIGURA 6. Relació entre els diferents grans tipus de serveis ecosistèmics. També s'indica la seva relació amb els incendis, una pertorbació clau en els ecosistemes forestals mediterranis. El signe + indica un efecte positiu, mentre que el signe - indica un efecte negatiu. De vegades, la relació no és lineal, sinó que hi ha un efecte positiu per valors intermedis de l'agent causal. Per exemple, els nivells alts d'explotació (servei d'aprovisionament) poden disminuir la biodiversitat en afectar espècies amb baixes densitats, però els valors baixos d'explotació també permeten exclusions per competència entre espècies. El gruix de les fletxes indica la intensitat de la relació.

1.3. Incidència dels incendis forestals

Els incendis forestals s'han convertit des de la dècada del 1970 en un dels problemes capitals de la gestió i conservació dels boscos de la conca mediterrània. Abans d'aquesta data, els incendis es consideraven un procés de degradació dels ecosistemes, causat per la pressió humana, paral·lel a l'excés de pressió ramadera (Folch, 1976). Aquesta degradació implicaria una simplificació i fins i tot una trivialització de les comunitats vegetals, és a dir, una regressió en la successió —i un seriós risc de pèrdua de sòl. El problema dels incendis ja s'havia fet palès a principis del segle XX en l'opinió pública i en el sector forestal —fins i tot s'havien escrit informes i elaborat plans d'actuació per combatre'n els efectes— quan hi va haver grans incendis a Catalunya, com el que va cremar les Gavarres l'any 1928 (Lloret i Bendinelli, 2005). Més recentment, Catalunya va patir onades d'incendis els anys 1986 (65.811 ha), 1994

(75.702 ha), 1998 (18.361 ha) i 2012 (15.025 ha),⁵ que van portar a establir estratègies de prou èxit per lluitar-hi. Al País Valencià, els incendis encara han estat més freqüents i estesos, i han condicionat absolutament el paisatge i minvat la coberta forestal a moltes zones.

És ben sabut que el clima mediterrani, combinat amb un combustible amb una alta relació superfície/volum, és particularment procliu als incendis, com demostra la incidència d'aquest fet a les altres regions mediterrànies del món. L'existència d'incendis al llarg de l'Holocè ha quedat palesa en els registres sedimentaris, però no és gens fàcil establir un referent de règim d'incendis natural, donada la intensa activitat humana que ha alterat el paisatge, sovint fent servir el foc des de fa milers d'anys. El que sí que sabem és que la disminució de l'ús de la llenya i la fusta dels boscos, juntament amb l'abandonament de conreus i pastures, ha afavorit l'acumulació dels combustibles i ha propiciat l'extensió i la intensitat dels incendis. En algunes zones, com al País Valencià, l'abundància d'ignicions deliberades ha agreujat molt el problema. La percepció social dels incendis forestals és extremament dramàtica. Hi ha raons perquè sigui així: la destrucció del bosc com a patrimoni comú té un fort impacte emocional, i s'han arribat a patir pèrdues irreparables de vides humanes, a més de destrucció d'habitatges, i d'explotacions forestals i agrícoles.

Això explica que una gran part dels recursos públics destinats a la gestió forestal es dediquin a la lluita contra els incendis. Per exemple, l'any 2017, la Generalitat de Catalunya va destinar-hi més de quinze milions d'euros, uns deu i mig dels quals van ser per a prevenció.⁶ No fer-ho tindria un gran cost en l'opinió pública. Tanmateix, si tots els incendis s'extingeixen amb eficiència absoluta sense arbitrar altres maneres de reduir el combustible, s'estan afavorint incendis d'una gran intensitat i extensió en el futur. És el que s'anomena «paradoxa de l'extinció» (Lloret *et al.*, 2009).

La distribució en el territori del combustible juga un paper molt important en la propagació dels incendis. Alguns estudis mostren que l'estratègia més efectiva és la combinació de paisatges agroforestals amb discontinuïtats de la coberta forestal distribuïdes pel territori, conjuntament amb pràctiques habituals de reducció del nombre d'ignicions (Loepfe *et al.*, 2012). Veiem, doncs, el paper crític de l'acumulació del

5. Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Direcció General d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, Servei de Prevenció d'Incendis Forestals.

6. Generalitat de Catalunya [en línia]. <<https://web.gencat.cat/ca/actualitat/detall/Campanya-forestal-2017-00002>>. [Consulta: 7 novembre 2018]

combustible, tal com han assenyalat fa temps els serveis de prevenció i extinció d'incendis. Tanmateix, no ha estat possible implementar polítiques efectives per a la seva reducció, mentre que en altres regions mediterrànies, com a Califòrnia o Austràlia, es provoquen incendis de baixa intensitat en condicions controlades per a reduir el combustible. Són programes amb un important cost econòmic i amb una eficiència que no ha deixat de ser qüestionada. A casa nostra també s'han fet algunes proves i les cremes regulades de matollars són una pràctica comuna en zones de muntanya. Però les cremes prescrites també tenen problemes. D'una banda, hi ha la dificultat de ser acceptades per una societat que s'ha educat en el paradigma del foc destructor. En el cas dels boscos, es tractaria de cremes de superfície, sense que les flames arribessin a les capçades. En boscos mediterranis, amb una elevada continuïtat vertical del combustible, és una tasca amb risc, tot i que alguna experiència als Ports de Tortosa demostra que pot ser viable. D'altra banda, les cremes controlades presenten problemes semblants als d'altres reduccions de combustible. Perquè la reducció sigui efectiva s'ha de repetir abans que es torni a acumular el combustible i hauria de fer-se en extensions significatives del territori, o almenys en punts clau on es pugui evitar la propagació de grans incendis. Això, a més de ser costós, planteja el problema de reduir la capacitat de recuperació del bosc. Per tant, la reducció del combustible i determinades pràctiques associades a la prevenció i extinció d'incendis —com, per exemple, la utilització de retardants del foc— poden entrar en conflicte amb la gestió dels espais protegits. Es necessita incorporar la gestió del foc com un element més de la conservació de la biodiversitat i el patrimoni natural, establint espais de comunicació entre tots els agents implicats i elaborant conjuntament protocols d'actuació.

Els ecosistemes mediterranis gaudeixen d'una reconeguda resiliència al foc, és a dir, d'una gran capacitat per a recuperar-se ràpidament després d'un incendi. Aquesta capacitat s'ha de considerar a l'hora d'avaluar les conseqüències dels incendis, ja que poden permetre estalviar recursos de restauració o repoblació i minimitzar intervencions que podrien minvar aquesta capacitat de recuperació a causa de la destrucció dels horitzons edàfics. Els protocols de reconeixement de l'estat de la vegetació i de restauració després d'incendis desenvolupats darrerament al País Valencià són un bon exemple de l'aplicació del coneixement científic a la gestió d'aquests problemes (Alloza i Vallejo Calzada, 2004).

Tanmateix, les implicacions dels incendis forestals en la biodiversitat són complexos. En primer lloc, perquè un incendi no és un fet aïllat en la seqüència

d'esdeveniments que implica la història d'usos del territori. Així, la capacitat de regeneració dependrà de les espècies prèviament establertes, del banc de llavors disponible i de la capacitat de colonització de les poblacions. D'altra banda, el context territorial és important en les apreciacions dels canvis temporals en la biodiversitat. Per exemple, una extinció local causada per una alta recurrència d'incendis és menys rellevant si poblacions establertes en altres localitats es troben en expansió.

La realitat és que la implantació d'una estratègia d'extinció d'incendis ha estat prou efectiva, almenys fins ara. Les estadístiques indiquen que la superfície cremada a Catalunya no ha augmentat significativament els darrers anys (figura 7). A més de l'esforç d'extinció i de prevenció, la reducció de combustible causada per incendis anteriors també pot haver contribuït a aquesta estabilització. Tanmateix, les estadístiques temporals de superfície cremada estan subjectes a un component estocàstic i a una important variabilitat, ja que uns pocs incendis són els responsables d'una gran proporció de la superfície cremada. A sobre, aquests grans incendis tendeixen a coincidir en el temps, en dies amb altes temperatures, baixa humitat relativa de l'aire i forts vents que n'afavoreixen la propagació. Malauradament, les condicions climàtiques s'estan tornant més favorables als incendis. Els serveis d'extinció han expressat la seva preocupació pel comportament extremament virulent, explosiu, dels incendis en dies amb condicions climàtiques extremes. Aquesta intensitat dels focs disminueix alhora la resiliència al foc dels boscos mediterranis, una situació que es pot incrementar en el futur com a resultat del canvi climàtic.

<i>Any</i>	<i>Núm. incendis</i>	<i>Ha arbrades</i>	<i>Ha no arbrades</i>	<i>Ha forestals</i>
1986	563	43.335,41	2.810,00	65.811,71
1987	352	1.214,50	63,90	1.945,40
1988	646	868,66	258,51	3.084,13
1989	670	3.027,53	456,76	6.515,06
1990	590	570,33	156,57	1.185,92
1991	782	2.156,27	933,95	5.386,32
1992	368	232,22	96,15	1.592,40
1993	791	1.978,45	1.013,60	6.958,39
1994	1.216	54.520,10	18.463,10	75.702,20
1995	754	1.518,84	239,66	7.344,97
1996	463	152,07	106,87	821,35
1997	672	225,09	73,02	920,91
1998	961	12.650,80	9.633,57	18.361,13
1999	841	306,54	123,76	1.298,25
2000	790	844,59	296,42	8.058,45
2001	723	609,43	439,14	3.010,02
2002	544	265,47	123,64	2.039,77
2003	701	5.476,32	2.738,51	9.441,85

2004	565	264,48	496,57	1.048,35
2005	893	2.538,80	566,84	5.176,27
2006	629	1.595,66	870,52	3.287,77
2007	578	795,08	320,59	1.590,86
2008	421	172,73	20,25	554,95
2009	746	1.677,08	5.319,99	3.461,73
2010	475	260,31	133,76	618,13
2011	586	214,14	123,05	1.096,66
2012	747	7.749,06	2.896,96	15.025,67
2013	602	696,27	4 15, 29	1.068,51
2014	462	996,12	250,85	1.571,29
2015	509	1.069,33	342,88	1.602,32
2016	560	953,47	729,43	2.011,0

FIGURA 7. Evolució dels incendis forestals a Catalunya (1986-2016).

Font: Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Direcció General d'Ecosistemes, Forestals i Gestió del Medi. Servei de Prevenció d'Incendis Forestals.

1.4. *Conservació d'espais naturals*

La superfície del territori amb alguna figura de protecció ha esdevingut molt considerable. Els espais que constitueixen la Xarxa Natura 2000 a Catalunya ocupen un total d'1.062.365 ha, 977.224 ha de les quals són terrestres i 85.141, marines. La superfície dels parcs i altres figures de protecció —incloent-hi reserves naturals integrals i parcials— era de 323.213 ha el 2016. Històricament, la superfície forestal ha estat ben representada en les figures de protecció territorial. Això segurament es deu, d'una banda, a la identificació social del valor de naturalitat en els boscos i, de l'altra, a la inaccessibilitat de les zones de muntanya —sovint recobertes de forest— per als usos agrícoles o urbans. El resultat és que al voltant del 40 % de la superfície forestal de Catalunya està inclosa a la Xarxa Natura 2000.

Cal destacar que el valor d'aquests espais no resideix exclusivament en la seva naturalesa d'ecosistema forestal, sinó també en les espècies que alberga i que, per tant, són objecte de conservació en si mateixes. Tanmateix, amb l'excepció del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, la capacitat d'intervenció dels gestors dels espais protegits en la gestió forestal és força limitada, almenys a la pràctica. En gran mesura, això es deu als diferents circuits administratius, sovint poc connectats, que s'encarreguen de la protecció i gestió del patrimoni natural i de l'explotació dels recursos forestals. Això reflecteix una situació que també es dona en la societat. D'una

banda, una part important de la població aprecia els valors naturals dels boscos mentre que n'ignora o en menysté el valor econòmic; de l'altra, la propietat forestal o bé ha desestimat fer ús del bosc per manca de retorn econòmic o, si n'explota els recursos, se sent arraconada socialment i troba moltes dificultats a l'hora d'extreure'n un rendiment econòmic. La superfície forestal dels espais protegits comparteix aquesta tensió: els seus valors naturals semblen reconeguts de manera inoperant, alhora que la propietat sent minvada la seva potestat legítima d'intervenir sobre els boscos a causa de les figures de protecció.

Aquesta situació il·lustra un dels grans reptes de futur: compatibilitzar l'ús dels espais forestals considerant tant la conservació del patrimoni natural com els serveis que proveeixen, inclosos els de provisió. Els espais protegits proporcionen un excel·lent escenari per a abordar aquest compromís, ja que els valors naturals hi són explícitament reconeguts, simultàniament a l'ús sostenible dels recursos naturals, particularment dels derivats de la forest. Aquesta idea es desenvoluparà amb més detall en els apartats següents, entenent que és susceptible d'aplicar-se a altres espais sense figura de protecció. De fet, existeixen diferents iniciatives que, tot i no tenir un rang específic de protecció (per exemple, catàleg de boscos singulars, superfícies forestals d'àrea reduïda reconegudes al PEIN), mereixen ser reconegudes normativament i implementades. D'altra banda, la tendència explicada anteriorment a l'hora d'establir espais protegits pot haver portat a menystenir el valor d'espais no forestals. A més, alguns boscos amb un valor modest pel que fa al patrimoni natural poden haver rebut una consideració particular, sobretot a les àrees més properes a les conurbacions, mostrant així un valor sociocultural dels boscos més enllà de l'estrictament naturalístic.

2. TRANSFORMACIONS DELS ESPAIS FORESTALS

Sens dubte, l'abandonament de les explotacions agroramaderes és un dels principals causants de la transformació que experimenten els boscos de Catalunya. Aquesta transformació té repercussions en la biodiversitat i en el funcionament dels ecosistemes del conjunt del territori. El primer canvi ateny la superfície forestal arbrada, que ha augmentat d'1.218.500 ha l'any 1993 a 1.348.600 ha l'any 2009 (Vayreda *et al.*, 2016),⁷

7. Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (MCSC), 1993-2009.

la qual cosa representa un increment mitjà de 8.100 ha cada any, equivalent aproximadament a l'extensió del municipi de Barcelona sense Montjuïc ni la Zona Franca. Aquests guanys provenen sobretot de matollars i conreus: la superfície de matollars, conreus i pastures que es va convertir en arbrat va ser de 183.500 ha, 50.700 ha i 12.900 ha, respectivament. En conjunt, en aquest període, es va perdre aproximadament un 20 % de la superfície dedicada als conreus, només un 27 % de la qual va passar a superfície artificial (figura 3). Aquestes dades indiquen que ens trobem davant una ràpida transformació del paisatge, en el qual els espais forestals ocupen cada vegada un paper més important.

D'altra banda, la superfície arbrada que ha deixat de ser-ho ha estat clarament menor i correspon sobretot al canvi a matollars (77.700 ha) com a conseqüència, en gran mesura, dels incendis forestals. La transformació de superfície arbrada en usos més humanitzats ha estat molt menor (20.700 ha en conreus i 15.200 ha en superfície artificial). L'increment del 63 % de la superfície artificial ha estat principalment en detriment d'espai agrari (58.200 ha). Per tant, certs tòpics que parlen de la destrucció dels boscos per afavorir usos urbans i explotacions agrícoles han de ser minimitzats, almenys en el nostre context geogràfic, tot i que continua sent una realitat en altres parts del món.

Aquestes estadístiques, però, no parlen del que creix en aquesta superfície forestal, tot i que ja apunten que molts dels boscos de Catalunya són joves. Aquesta immaduresa successional queda palesa amb les dades dels inventaris forestals nacionals (IFN2, IFN3), que mostren que aproximadament el 40 % dels peus d'arbres dels boscos de Catalunya tenen menys de 10 cm de diàmetre (figura 4). Aquest patró és especialment acusat en espècies rebrotadores com l'alzina i els roures, sovint subjectes a un règim d'estassades, i menys en espècies de coníferes com el pi roig, el pi negre o inclús el pi blanc. Aquesta sobreabundància de peus petits es manté al llarg del temps, tot i que en els darrers inventaris es comença a percebre un augment dels arbres més grans. Molts dels boscos nous procedeixen de colonitzacions ràpides després d'abandonament. Altres boscos joves, com en el cas de pi blanc, també provenen de regeneracions massives després d'incendis. Sovint el resultat és que tenim boscos amb una alta densitat de peus petits i amb una gran continuïtat vertical de combustible que els fan susceptibles de cremar amb alta intensitat. Són el llegat de transformacions històriques que ja havien empobrit els boscos en moltes àrees amb les pràctiques de l'agricultura, la ramaderia o l'extracció de llenya.

D'altra banda, la major part dels boscos que no provenen de l'abandonament de conreus o pastures han estat sotmesos a explotació forestal en el darrer segle, amb una preferència pels arbres grans i afavorint determinades espècies forestals en perjudici d'altres. Sovint, els boscos de les zones de clima més mediterrani —propers a l'entorn metropolità— corresponen a boscos successionalss joves, mentre que els boscos explotats es troben en zones més humides i de muntanya. El resultat és un espai forestal en general pobre en espècies d'arbres i en espècies del sotabosc, les quals acostumen a ser força trivials. Estructuralment, tendeixen a ser boscos regulars, homogenis, en gran mesura a causa d'una manca de clarianes produïdes per la dinàmica de la mort i caiguda d'arbres vells. Aquesta estructura incrementa la vulnerabilitat als incendis i a altres perturbacions (ventades, plagues) que tenen una major incidència en boscos d'alta densitat.

Considerant el conjunt del territori de Catalunya, ens trobem, doncs, amb una apreciable superfície forestal, però es tracta de boscos d'una qualitat mediocre en termes de biodiversitat d'espècies i de regulació de processos ecosistèmics. Tanmateix, fins i tot aquests espais forestals empobrits proporcionen una sèrie de serveis importants: la protecció dels sòls i la regulació del cicle hídric, el seu caràcter d'embornals de carboni i la provisió d'hàbitats per espècies, algunes de vulnerables. Per exemple, els boscos constitueixen el principal estoc de C dels ecosistemes terrestres de Catalunya amb uns 50 Mg C ha⁻¹, i tenen una capacitat de segrest de C aproximada d'1,3 Tg C any⁻¹ (tot i que amb incerteses importants; vegeu Vayreda *et al.*, 2016). Pel que respecta a la biodiversitat, a escala global, les espècies forestals especialistes estan en declivi (Brockerhoff *et al.*, 2017). Així, els programes de monitoratge de la biodiversitat a partir de grups taxonòmics, com lepidòpters i ocells, que es fan servir com a indicadors proporcionen una important eina per a avaluar les tendències en relació amb les tendències de transformació de l'espai forestal (Herrando *et al.*, 2016).

Aquests programes mostren que, a grans trets, les espècies forestals d'aquests grups presenten millors tendències poblacionals que les d'hàbitats oberts, en concordança amb la tendència descrita per a la coberta forestal al conjunt del territori. Tanmateix, la qualitat de l'hàbitat forestal és determinant per a algunes espècies. A tall d'exemple, el 25 % de les espècies d'ocells que habiten regularment els boscos de Catalunya presenten algun grau de vulnerabilitat o amenaça (figura 8) (Camprodon, 2013). En els darrers anys hi ha hagut iniciatives per identificar i preservar boscos amb característiques d'edat, estructura i composició que s'han associat a una major maduresa

successional. Cal destacar l'Inventari de Boscos Singulars de Catalunya, que recull boscos amb poca intervenció humana i que correspondrien a aquestes característiques de maduresa. Aquest inventari també incorpora boscos amb espècies rares o amenaçades, boscos amb un interès sociocultural i educatiu i boscos amb una gestió modèlica que reflecteix la multifuncionalitat dels boscos. Es tracta sobretot de pinedes de pi roig i, en menor mesura, de pinedes de pinassa, alzinars i fagedes (Comas *et al.*, 2013). L'extensió d'aquests boscos és, però, reduïda (amb una mitjana d'11 ha) i representen una fracció petita del conjunt del territori (0,3 % de la superfície forestal), principalment concentrada al Pirineu occidental, a la Catalunya central i a les Terres de l'Ebre. Cal destacar la importància relativa dels boscos de les comarques meridionals, on sovint la importància dels espais forestals és subestimada.

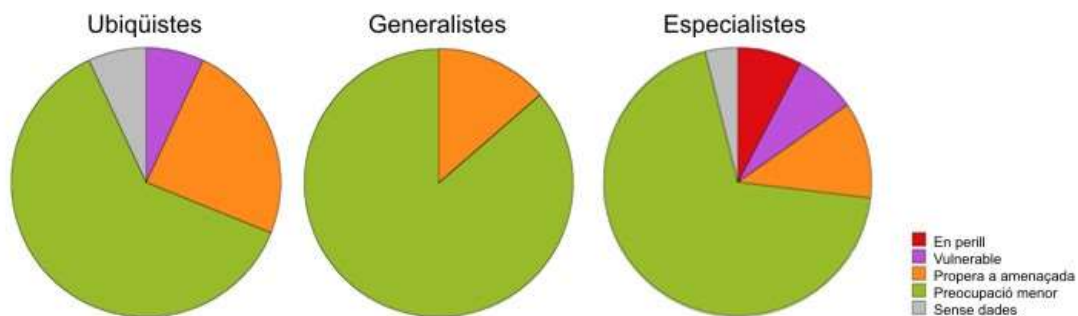


FIGURA 8. Estat de conservació de les espècies d'ocells forestals (N = 77).

Font: Camprodon (2013).

D'altra banda, l'extensió de la superfície forestal es produeix en detriment d'altres hàbitats que també alberguen importants valors ecològics. Això ha obert un intens debat sobre els inconvenients de l'aforestació de cara a la conservació de la biodiversitat, en particular quan afecta determinades espècies que requereixen espais oberts. En primera instància, apareix un conflicte quan un mateix recurs (una fracció concreta del territori) pot ser destinat a dos usos incompatibles (conservació d'espècies o valors forestals envers conservació d'espècies no forestals). Però els sistemes naturals no són constants en el temps ni en l'espai. De fet, la controvèrsia es resol fàcilment ampliant l'escala territorial i reconeixent que diferents usos, i els seus valors associats, conviuen en espais territorials amplis; és a dir, es poden optimitzar els diferents valors dels espais forestals en funció de les característiques territorials. El debat adequat no és contraposar espais forestals envers espais oberts, sinó quina extensió té i on se situa cadascun. En resum,

tot i les disfuncions que comporta, l'actual procés d'aforestació —l'anomenada transició forestal— proporciona oportunitats per a la conservació del patrimoni natural que cal valorar comparant-ho amb situacions passades d'extenses superfícies desforestades.

Les repoblacions forestals han estat també un instrument de transformació de l'espai forestal, distingint actuacions encaminades a l'explotació dels recursos forestals o amb funcions protectores. Sense obviar els beneficis de la protecció del sòl, aquesta pràctica va promoure boscos densos, regulars i empobrits, alguns dels quals sembla que amb el temps han esdevingut vulnerables als incendis, les plagues i les perturbacions climàtiques. El seu punt àlgid va ser durant el franquisme, des de la dècada de 1940 fins a la de 1980, amb unes 100.000 ha repoblades a Catalunya, principalment de pi blanc, pi negre i pi roig, la major part en boscos de titularitat pública de la província de Lleida (Cervera *et al.*, 2015). A partir dels anys 1970, la política de repoblacions va decaure i actualment són molt reduïdes. Entre 2012 i 2016 només es van repoblar 665 ha a Catalunya.⁸ Actualment, les àrees cremades són les principals localitats on es practiquen repoblacions, sovint com a resposta a la demanda de la població després del trauma ocasionat pels grans incendis. A més de les coníferes, en aquestes tasques de repoblació també s'han incorporat les quercines. Podríem dir, doncs, que actualment les replantacions no constitueixen un motor rellevant de la transformació de l'espai forestal, tot i que el seu llegat persisteix.

Un altre element que pot provocar alteracions en els sistemes forestals és l'expansió d'espècies exòtiques, que pot ser provocada per repoblacions. Tanmateix, a Catalunya, les repoblacions de la segona meitat del segle XX per espècies de creixement ràpid van representar menys de l'1 % (Cervera *et al.*, 2015) de la superfície repoblada. Tot i que algunes espècies exòtiques d'arbres (*Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Acacia spp*) tenen una certa capacitat d'envair l'espai forestal, en general, el seu impacte és força local. A diferència d'altres regions de la península Ibèrica o del sud d'Europa, tampoc no representen un dels principals problemes dels boscos de Catalunya.

Ben al contrari, els incendis forestals han tingut un impacte considerable (vegeu l'apartat 1.3) (figura 7). Tot i reconèixer que el foc és un component propi de la dinàmica dels ecosistemes terrestres i que la vegetació mediterrània té una notable

8. Idescat [en línia]. <<https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=230&t=2016>>. [Consulta: 7 novembre 2018]

capacitat de regeneració, la seva resiliència té límits. La coberta forestal triga uns quants anys a refer-se, i hi ha importants espècies forestals, com la pinassa, el pi roig o el pi negre, amb molt poca capacitat de germinació després de l'incendi. Això ha propiciat en zones cremades transformacions importants dels arbres dominants en favor d'espècies rebrotadores com les quercinees. En alguns casos, el foc també ha afavorit el manteniment de formacions arbustives, com els matollars de bàlec d'alta muntanya o algunes brolles mediterrànies sotmeses a incendis freqüents. Segurament, els incendis són la principal causa de discontinuïtat paisatgística de les masses forestals a Catalunya, juntament amb la urbanització i la construcció d'infraestructures. Això té repercussions en diferents propietats dels ecosistemes terrestres, com els estocs de C (Vayreda *et al.*, 2016) o la conservació i les característiques dels sòls i de la biodiversitat.

3. PROCESSOS ECOLÒGICS IMPLICATS EN LES CARACTERÍSTIQUES I LES TRANSFORMACIONS DELS ESPAIS FORESTALS

3.1. *El model successional*

Per entendre les conseqüències ecològiques de les transformacions de l'espai forestal descrites, cal considerar els processos ecològics implicats. Aquest processos no actuen independentment els uns dels altres, sinó que interactuen, sovint, d'una manera complexa.

En primer lloc, les característiques de composició i funcionament (com, per exemple, la producció primària) dels boscos estan determinades per la gran variabilitat topoclimàtica i edàfica que es dona a Catalunya. Això determina estatges altitudinals de vegetació forestal que es corresponen a grans trets a una zonació geogràfica que va des del litoral mediterrani fins als Pirineus (figura 1). Aquesta distribució teòrica dels boscos, però, està molt alterada per l'acció històrica dels humans. Per tant, la interpretació de l'estat i el funcionament de qualsevol rodal de bosc necessita ser contextualitzada històricament en relació amb l'activitat humana.

Des de fa milers d'anys, els espais forestals de Catalunya han estat profundament intervinguts. S'han fet rompudes per establir conreus i afavorir la ramaderia, a més de l'aprofitament de fusta i llenya. Tot i que aquesta transformació va ser més intensa des que la tecnologia ho va permetre, en els darrers segles, la modificació de l'espai forestal

per l'acció humana ja es dona des del Neolític, fins i tot en zones tan inhòspites com a l'alta muntanya pirinenca (Pérez-Obiol *et al.*, 2012). Aquest impacte humà s'ha donat simultàniament a les variacions climàtiques durant l'Holocè i ha culminat amb l'escalfament global actual. Per tant, intentar establir el criteri de «naturalitat» com a principal referent de la conservació és il·lusori, senzillament perquè a Catalunya no hi ha boscos naturals, en el sentit de desenvolupats sense la concurrència humana. Intentar referir el grau de naturalitat a una adequació teòrica dels boscos a les condicions climàtiques també planteja problemes perquè el clima canvia no gaire més lentament que la vida de les espècies arbòries més longeves. Tanmateix, tots els boscos són naturals en tant que estan subjectes a les lleis de la natura, és a dir, el seu funcionament obeeix a processos ecològics ben coneguts.

L'activitat humana al bosc també pot contemplar-se perfectament des de la perspectiva de la teoria successional. Les rompudes i tales, per exemple per extreure'n fusta, són perturbacions que retrotrauen a estadis successional anteriors. El mateix passa amb els incendis forestals. En aquest cas, les característiques de les espècies mediterrànies afavoreixen un retorn a un tipus de formació vegetal anterior. Aquesta capacitat de recuperació després d'una perturbació propiciant el manteniment a mitjà termini d'una determinada formació vegetal o ecosistema, però, té límits en funció de la recurrència i la intensitat de les perturbacions, en aquest cas dels incendis, de la seva estacionalitat, de les espècies afectades, de l'estat de la vegetació afectada —per exemple, en funció del temps transcorregut des d'un incendi anterior— i de les condicions del medi —per exemple, característiques del sòl que permetin el creixement de la vegetació.

La substitució del bosc per pastures implica el manteniment forçat d'un estadi successional primerenc. En aquests sistemes controlats pels herbívors, la diversitat vegetal pot ser molt elevada gràcies al fet que aquests animals eviten que algunes espècies vegetals assoleixin dominància i eliminin competitivament les altres. Però si la pressió del ramat és molt elevada, les plantes menys dominants són finalment eliminades i fins i tot es poden alterar les propietats del sòl en quedar al descobert i ser compactat pels animals. Fa quaranta anys, el sobrepasturatge es considerava un dels principals problemes de la vegetació de Catalunya (Folch, 1976). Avui ha deixat de ser la principal preocupació de cara a la conservació dels ecosistemes terrestres. Si els ramats pasturen al bosc —una pràctica comuna en alguns boscos, com els alzinars que

proveeixen fruits d'apreciable valor nutritiu—, es dona un efecte que podria ser anàleg al que feien els grans herbívors no domesticats abans de ser eliminats pels homes.

Tanmateix, aquesta substitució dels herbívors nadius pels ramats no és perfecta, ja que la xarxa tròfica ha estat escapçada pels humans i manquen depredadors. En certa mesura, els humans han ocupat aquest rol, però l'autoregulació demogràfica del sistema depredador-presa ja no es troba en el propi sistema, sinó que es realitza per agents externs, com el valor del mercat dels caps de ramat. La substitució del bosc per conreus representa una pertorbació que manté l'ecosistema amb una baixa biodiversitat i una alta productivitat d'una manera artificial. Quan aquests conreus són abandonats, la successió retorna i els boscos tendeixen a establir-se. Tanmateix, de vegades, les etapes successional intermèdies es poden perllongar si l'establiment dels arbres es veu limitat o si s'imposa un règim de pertorbacions freqüent. És el cas dels espais dominats per matollars persistents, com els balegars subalpins, on la pressió ramadera ha disminuït. Aquestes formacions poden assolir grans densitats amb nivells baixos de biodiversitat atesa la dominància d'unes poques espècies, resilients a pertorbacions com els incendis i poc controlades pels herbívors.

Una de les característiques de la silvicultura és la seva capacitat de modificar els processos naturals, accelerant-los. Per exemple, disminuint la densitat del regenerat mitjançant aclarides per afavorir els arbres que comencen a apuntar la seva futura dominància. O identificant àrees de territori prou homogènies perquè les respostes ecològiques siguin semblants, optimitzant les actuacions forestals. L'ús forestal també ha promocionat determinades espècies, plantant-les, com és el cas del pi pinyer, el pi blanc, la pinassa o el pi roig, o eliminant espècies competidores. Aquesta modificació del procés successional, que sovint correspon a una acceleració dels fluxos, no és neutra, tot i el seu fonament ecològic. A grans trets, en una primera fase com la que sovint trobem actualment a Catalunya, comporta un empobriment del bosc en espècies, un creixement de poblacions en condicions subòptimes i un manteniment d'estructures forestals homogènies i vulnerables a pertorbacions i fortes fluctuacions del medi. No és estrany que, a nivells intermedis d'intensitat de gestió forestal, trobem màxims de diversitat vegetal (Torras i Saura, 2008), ja que en boscos madurs les espècies d'arbres dominants solen provocar l'exclusió competitiva d'altres espècies de plantes. Tanmateix, els boscos madurs són proveïdors d'hàbitats per a espècies especialistes de diferents grups taxonòmics. Això atorga a aquests boscos madurs una gran rellevància

des del punt de vista de la conservació, ja que aquests hàbitats són rars en el conjunt del territori.

Tots aquests processos es desenvolupen en un entorn espacial i resulten en un mosaic de tessel·les de mida variable i més o menys ben delimitades. Aquests bocins de territori presenten diferents estadis successional, determinats per processos històrics i per la variabilitat espacial de les condicions i recursos, com estudia l'ecologia del paisatge. Les tessel·les, però, no estan aïllades, sinó connectades per processos ecològics de colonització i per fluxos de matèria, sovint canalitzats per la xarxa hidrogràfica. La conservació del patrimoni natural dels espais forestals s'ha de contemplar, doncs, amb aquesta dimensió dinàmica en el temps i territorialment ampla en què els processos de connectivitat i permeabilitat són fonamentals per a permetre la coexistència i la interacció de les espècies a diferents nivells. Com a resultat d'aquestes interaccions hi ha pèrdues locals de diversitat, com passa al llarg de la successió, però és aquesta visió integrada del territori al llarg del temps la que dona la veritable dimensió de la biodiversitat i dels serveis que se'n deriven.

En resum, és important adonar-se que les transformacions de l'espai forestal, tot i el seu component socioeconòmic, poden i han de ser interpretades a partir de principis ecològics. Això proporciona eines importants per a la seva gestió, particularment si s'hi volen incorporar els valors naturals.

3.2. *El canvi climàtic*

La dinàmica dels sistemes forestals està condicionada per la longevitat dels seus protagonistes: els arbres. Per tant, les accions de gestió que es duen a terme en un moment determinat tindran el seu efecte anys o dècades després. Si les condicions climàtiques es mantenen en el temps, el model successional prediu l'estat futur del bosc, de manera que s'estableix un equilibri entre la seva composició i el clima. Aquesta és l'assumpció que ha fet clàssicament la silvicultura: que el clima fluctua dins uns límits, però que això no impedeix caracteritzar climàticament una localitat o una regió. La longevitat dels arbres permetria fer la mitjana d'aquesta variabilitat climàtica a llarg termini. Però ara sabem que el clima no fluctua al voltant d'una mitjana, sinó que presenta tendències a unes escales temporals comparables a la longevitat dels arbres. També sabem que actualment el clima presenta una tendència a escalfar-se a escala

global com a conseqüència de l'alteració humana de la composició atmosfèrica. Aquesta tendència es manifesta també en l'àmbit local.

L'augment de les temperatures a Catalunya en les darreres dècades és una realitat, com ho demostren els registres instrumentals. Pel que fa a les precipitacions, la variabilitat és més alta, però els darrers anys sembla confirmar-se una certa tendència a la disminució (Martín Vide *et al.*, 2016). Aquestes tendències coincideixen a grans trets amb els diferents models que descriuen les condicions climàtiques a Catalunya per a les properes dècades (Calbó *et al.*, 2016). La combinació d'altres temperatures i precipitacions semblants o menors porta a un dèficit hídric per a la vegetació. A més, s'està constatant un augment de la variabilitat del clima, fet que representa que els episodis de condicions extremes —per exemple, de sequera, però també d'onades de calor o de fred— es fan més freqüents, emmarcats en les tendències generals. Per tant, els boscos hauran de fer front a un futur amb més aridesa general i amb unes condicions climàtiques més variables, amb episodis extrems. És important destacar les dificultats que aquesta realitat científica troba per obrir-se camí en el món de la silvicultura, en què el paradigma és que les fluctuacions climàtiques queden compensades amb l'escala de temps del creixement dels arbres. Sovint s'apel·la a les incerteses de qualsevol model climàtic per postular que fins que no hi hagi certesa no cal actuar. En aquest moment, ja tenim certesa científica: el clima al qual s'enfrontaran els arbres dels nostres boscos serà més àrid i més variable a mesura que creixin. La gestió que afecti els espais forestals ha de tenir en compte aquest fet. Aquesta premissa, tot i que comença a ser reconeguda, encara està poc implementada.

Els primers símptomes d'aquesta tendència a una major aridesa sembla que comencen a manifestar-se. Als darrers anys s'ha detectat un nombre important de situacions de decaïment forestal que comporten pèrdua de fulles i inclús mortalitat dels arbres. Tot i que les causes poden ser múltiples, hi ha evidències fisiològiques i estadístiques —coincidència amb períodes llargs i intensos de sequera— que el dèficit hídric n'és una. Aquest decaïment s'emmarca en el conjunt d'observacions d'aquest fenomen que s'estan acumulant a escala global i que afecten molts ecosistemes forestals. Des de l'any 2012, el programa DEBOSCAT porta a terme un seguiment de les zones afectades per decaïment a Catalunya i s'ha confirmat la importància del fenomen. Els resultats indiquen una mitjana d'unes 30.000 ha, aproximadament, afectades per any, amb una certa capacitat de recuperació després de dos o tres anys, que es veu interrompuda per nous episodis de sequera. Les zones més afectades

corresponen a les comarques interiors i del Prepirineu i les espècies que més reben són principalment planifolis (roures, alzina i, en menor mesura, faig), però també coníferes (principalment pi roig, pinassa i, recentment, pi pinyer).

Les casuístiques del fenomen del decaïment tenen un important component local i poden ser el resultat de la interacció entre diferents factors, a més del climàtic. És el cas del tipus de sòl, que permeti una millor o pitjor provisió d'aigua als arbres, o del tipus d'espècie, que pot ser més o menys vulnerable fisiològicament a la sequera. Un factor que cal tenir en compte especialment és l'existència de plagues i de patògens.

El cas de la processionària permet il·lustrar la complexitat del fenomen del decaïment forestal. Aquest insecte presenta habitualment cicles d'infestacions que remetent, ja que l'augment de les seves poblacions acaba sent regulat per parasitoides, depredadors o pels mateixos arbres que, després d'haver estat defoliats per l'insecte, desenvolupen fulles més petites i menys menjables per les erugues. Les poblacions de processionària també estan controlades per les baixes temperatures, sobretot a la tardor. La tendència climàtica a l'escalfament ha fet que les infestacions estiguin apareixent en cotes més altes que fa unes dècades. L'atac de la processionària, però, difícilment causa la mort de l'arbre, que té prou reserves per a tornar a brotar, excepte quan es repeteix durant diversos anys seguits, cosa poc probable atesos els múltiples controls. Però si l'arbre està afeblit perquè l'estrès hídric li ha fet perdre les reserves, llavors la seva capacitat de recuperació està molt minvada i l'atac de l'insecte pot ser determinant. És el que sembla que passa en algunes poblacions de pins del sud de la península Ibèrica i comença a observar-se a Catalunya.

Una altra plaga, la dels escolítids, pot tenir efectes més immediats, ja que va acompanyada de l'entrada de fongs que poden contribuir ràpidament a destruir el sistema de vasos conductors dels arbres. En aquest cas, sovint és difícil identificar quina és la causa primària de la mort, si l'atac combinat d'insecte i fong o el debilitament previ per la sequera, i el més adequat es plantejar-se el fenomen d'una manera integrada.

D'altra banda, els boscos de zones relativament fredes, com els de muntanya, també estan sotmesos a un entramat d'agents que en determinen el futur. D'una banda, podrien veure's afavorits per unes condicions més càlides i expandir les seves poblacions cap a cotes més elevades. Aquesta expansió s'ha observat en boscos eurosiberians i subalpins de Catalunya. El límit altitudinal d'aquests boscos també es veu fortament limitat per la pressió històrica de la ramaderia, que actualment està minvant. Tanmateix, en els

darrers anys s'ha observat al Pirineu un important decaïment en boscos subalpins de pi negre, en els quals la contaminació per ozó pot jugar un paper important (Díaz-de-Quijano *et al.*, 2016), tot i que l'atribució a situacions de sequera, com s'ha fet en altres boscos, no es pot descartar.

Un altre efecte important del canvi climàtic en els sistemes forestals de Catalunya ateny el règim d'incendis. Des de fa anys s'ha documentat un augment de les condicions climàtiques de risc d'incendi. Les projeccions cap al futur indiquen que aquest risc climàtic continuarà augmentant, especialment en zones com les de muntanya, que fins ara eren menys vulnerables. Tanmateix, alguns models globals i regionals mostren que, durant el segle XXI i en els sistemes mediterranis, els incendis poden passar a estar limitats per una manca de combustible, és a dir, hi hauria menys incendis atesa la manca de combustible a cremar (Batllori *et al.*, 2013). La raó és que el clima no afavorirà prou el creixement de la vegetació. Això pot semblar estrany en una situació com l'actual, en la qual hi ha molt combustible acumulat i els incendis depenen del fet que es donin condicions climàtiques d'alta humitat i baixa humitat a l'aire. Això no obstant, la incertesa sobre si els incendis augmentaran pel risc climàtic o disminuiran per manca de combustible és gran. L'acumulació actual de combustible no afavoreix aquesta situació, ja que propicia incendis d'una gran intensitat i extensió. A més, unes condicions de més sequera faran més difícil la regeneració. Per tant, és important considerar la seqüència d'incendis i sequeres, ja que pot haver-hi combinacions que afavoreixin la pèrdua definitiva de la coberta arbòria.

Davant del repte del canvi climàtic, veiem que és necessària una gestió integrada del territori. Tot i acceptant que la biomassa forestal disminuirà en el seu conjunt sota unes condicions de més aridesa, podem planificar quines característiques volem per als nostres boscos tenint en compte la variabilitat ambiental del territori i un escenari climàtic més àrid en general. Els estudis que des de fa molts anys s'han acumulat sobre la resposta dels organismes i els ecosistemes terrestres a les noves condicions climàtiques, en particular pel que fa als sistemes forestals, proveeixen un important bagatge en aspectes com la fisiologia, la fenologia, la biologia reproductiva, el creixement, la composició i diversitat d'espècies, les interaccions biòtiques i la biogeoquímica (per exemple, Peñuelas *et al.*, 2016).

El repte de gestionar els espais forestals amb una perspectiva d'increment de l'aridesa i major risc de situacions climàtiques extremes comporta la necessitat d'afavorir els mecanismes que estableixen les poblacions forestals i n'augmenten la

resiliència (Lloret *et al.*, 2012). Per tant, hem d'incorporar la gestió hídrica com un component essencial de la gestió forestal (Grant *et al.*, 2013). Tot i que *a priori* no hauríem de descartar l'opció d'incrementar el subministrament hídric en algunes situacions concretes, en general, l'opció més clara seria ajustar l'evapotranspiració dels arbres, determinada fonamentalment per la seva superfície foliar. Alguns experiments apunten que les aclarides poden ser efectives davant condicions de sequera. Però la reducció de l'àrea basal a nivell de rodal pot ser compensada per una major producció de fulles per part dels arbres supervivents, reduint o invertint l'efecte desitjat. Un altre tipus d'accions implica la composició de la biodiversitat, seleccionant espècies i genotips més adients a les noves condicions o afavorint l'establiment i la supervivència de nous arbres després de la desaparició dels progenitors.

PART II. GESTIÓ FORESTAL, SOSTENIBILITAT AMBIENTAL I CONSERVACIÓ DEL PATRIMONI NATURAL

4. UN MODEL PER A LA COMPATIBILITAT DELS USOS DE L'ESPAI FORESTAL

Igual que en altres tipus d'ecosistemes, el gran repte de la gestió dels espais forestals és la compatibilitat dels seus diferents valors, que poden ser independents, coincidents, antagònics o ambivalents. El coneixement del funcionament ecològic dels boscos i el paper de la societat humana ajuda a sistematitzar aquestes relacions (figura 6).

En general, els serveis ecosistèmics de regulació (control de l'erosió, hídric, etc.) solen coincidir i presentar sinergies amb els serveis de suport al funcionament dels ecosistemes, com en la biodiversitat. Això facilita una gestió que comparteix els objectius de maximitzar els dos tipus de serveis.

Els serveis de regulació i de suport ecosistèmic sovint entren en conflicte amb els de provisió de recursos, principalment l'extracció de fusta i llenya. Les pèrdues de sòl associades a desforestacions són un exemple senzill. En realitat, la relació entre els serveis de regulació i l'aprofitament dels boscos té un funcionament força més complex. Els boscos actuen com a embornals de C, ajudant a contrarestar les emissions de C dels combustibles fòssils. L'extracció de llenya, en general, implica un retorn ràpid a l'atmosfera d'aquest C prèviament fixat, per exemple cremant biocombustible d'origen

forestal. Però si l'extracció de fusta implica el seu dipòsit en un altre embornal de durada igual o superior a la que es dona en el bosc (per exemple, com a material de construcció d'edificis), això representa que els boscos, en regenerar-se després de ser tallats, augmentarien el segrest de C atmosfèric. En veiem un altre exemple en els beneficis de l'explotació forestal minvant l'efecte de perturbacions com els incendis o els trencaments massius d'arbres per ventades o nevades que redueixen la biomassa i la coberta vegetal, amb les conseqüències que se'n deriven en els serveis de regulació.

Els serveis culturals dels boscos solen ser coincidents amb el patrimoni natural de la biodiversitat —els espais arboris són, en general, estimats per la població— i els serveis de suport i regulació que proporciona. La relació dels serveis culturals amb els de provisió, que, com hem vist, estan relacionats de forma complexa amb els de regulació, torna a ser ambivalent. Podríem dir que els valors culturals s'estan alienant amb el concepte de sostenibilitat, i això implica també els serveis de provisió de productes forestals. Les tales a mata rasa solen causar una percepció negativa, però a la vegada una alta densitat d'arbres petits i una continuïtat vertical de la biomassa que afavoreixi els incendis es valora també negativament. Tanmateix, l'ús tradicional del bosc és apreciat com un valor cultural. En la mateixa línia, el creixement del bosc en detriment de paisatges agroramaders es percep sovint com una pèrdua del patrimoni cultural o paisatgístic o com una amenaça davant dels incendis forestals.

A vegades, la relació entre diferents serveis no és lineal i trobem que el màxim efecte positiu es dona en nivells intermedis del valor d'un altre servei. L'efecte de l'explotació forestal sobre la biodiversitat n'és un exemple. D'una banda, perjudica espècies pròpies de boscos vells, però, de l'altra, proporciona hàbitat a diferents espècies. La dificultat d'escollir un tipus o un altre d'espècies queda compensada amb escreix per les possibilitats que dona un paisatge variat, com el de Catalunya, on es poden dissenyar zones amb diferent règim d'explotació/conservació que permeti la coexistència en el conjunt del territori d'un ampli ventall d'espècies i hàbitats. L'anàlisi de les potencialitats del territori pel que fa als serveis ecosistèmics, incloent-hi sinergies i conflictes, és una línia de treball en ple desenvolupament (per exemple, Rocés-Díaz *et al.*, 2018) que es troba amb el repte d'estimar prèviament els diferents valors.

Els valors econòmics més fàcilment comptabilitzats són els relacionats amb l'extracció de productes del bosc (llenya i fusta). Així es constata que el valor relatiu d'aquests productes és baix envers altres activitats econòmiques o productes forestals de fora de Catalunya. Per tant, no s'albira un futur de gran expansió de les activitats

extractives de la forest. La consideració d'altres valors associats als serveis que proporcionen els boscos pot estimar-se en el cas dels serveis de provisió a partir de mesures de fluxos d'aigua i creixement de la massa forestal, mentre que els estocs de C aporten informació sobre valors de regulació climàtica, i la coberta vegetal n'aporta sobre la regulació de fluxos hídrics i el control de l'erosió. Finalment, els serveis culturals poden valorar-se amb estimadors econòmics associats a activitats de lleure o amb indicadors directament relacionats amb la biodiversitat i la seva conservació.

La formalització i la quantificació d'aquest entramat de relacions també permet, almenys en teoria, una modelització sota diferents escenaris que considerin règims d'ús alternatius segons unes prioritats distintes i que contemplin un ventall d'intensitats d'ús. També convé que prevegin alternatives de context, alguna de tan realista com el canvi climàtic. Tanmateix, segurament la major dificultat està a establir un criteri comú per als diferents valors que permeti efectuar estimacions de cost-benefici de les distintes opcions de gestió (Lloret, 2017), ja que el valor d'alguns d'aquests serveis no té una traducció econòmica clara, o que quan es fan les valoracions segons criteris econòmics, aquestes són incompletes a causa de les externalitats associades.

5. PRINCIPIS GENERALS PER A UNA ESTRATÈGIA D'ÚS SOSTENIBLE DELS BOSCOS

Quan es tracta d'abordar problemes complexos en què intervenen diferents agents i processos és important desenvolupar una estratègia que estableixi d'una manera racional prioritats d'abast general que ajudin a prendre decisions a nivells temporals, espacials i temàtics més concrets. En el cas de la compatibilitat d'usos dels espais forestals, aquesta visió estratègica de cara al futur ha de ser integradora, la qual cosa implica:

— *Considerar el conjunt del territori*, tenint en compte a la vegada les necessitats generals i locals. Una gestió integrada implica establir prioritats sota els principis que (1) el que passa en un punt del territori afecta altres zones, i (2) a cada zona el balanç de costos-beneficis de les actuacions és diferent. Això representa maximitzar els potencials de les diverses parts del territori, per exemple escollint les espècies o estructures forestals més adequades i repartint-hi els beneficis de la multifuncionalitat dels boscos. Per exemple, el benefici de mantenir espais oberts per a determinades espècies s'hauria de prioritzar on aquestes espècies trobin el seu òptim. Actualment, existeixen eines de

modelització per a l'adequació del nínxol de les espècies o del creixement i la dinàmica dels boscos que haurien de convertir-se en tècniques habituals de treball dels gestors. S'ha de ser conscient, però, de la dificultat afegida d'un territori on la propietat privada, molt repartida, té un gran pes.

— Reconèixer que *totes les tessel·les i tipus d'hàbitat del territori tenen valor* i són susceptibles d'anàlisi de costos-beneficis. La visió basada a reconèixer un territori fragmentat en porcions d'un determinat tipus d'hàbitat, en el nostre cas forestal, immerses en una matriu amb una certa connectivitat, ha de donar pas a una visió basada en la permeabilitat. Els processos ecològics actuen amb més o menys intensitat a tot el territori. Molts espais forestals són el resultat de transformacions de conreus i pastures i són susceptibles de transformar-se en altres tipus d'ecosistemes que també proporcionaran certs valors. Els valors associats a la biodiversitat es donen en els boscos, però també en els paisatges agrícoles i periurbans, tot i que amb diferents propietats. Un model de gestió que afecti la biodiversitat i que només sigui operatiu en determinades àrees amb règim de protecció és incomplet, ja que, entre altres raons, menysvalora elements de la biodiversitat que no se circumscriuen a espais protegits i que són en si mateixos objecte de gestió. El marc operatiu que proporcionen els serveis ecosistèmics s'ajusta bé a aquest plantejament, tot i les dificultats derivades de la seva quantificació.

— *Aplicar el coneixement*. Actualment, disposem de tot un bagatge de coneixement que ajuda a la planificació i implementació d'aquests principis estratègics de la gestió dels espais forestals. Això inclou marcs conceptuals com la teoria successional i de pertorbacions, el funcionament dels fluxos d'energia i de matèria en els ecosistemes, el funcionament fisiològic i demogràfic de les espècies que habiten els boscos, el paper de la biodiversitat i les interaccions entre espècies, el canvi climàtic i els canvis a escala de paisatge, entre d'altres. Són també molt importants les eines metodològiques que s'han desenvolupat per a construir models de creixement forestal a nivell de rodal i de paisatge, per a analitzar els processos a escala territorial per mitjà dels sistemes d'informació geogràfica i per a escalar el funcionament dels ecosistemes forestals a nivell global. Un element important en aquests models és la possibilitat de simular les variables que caracteritzen els boscos sota diferents escenaris de gestió a nivell de rodal, o sota diferents contextos socioeconòmics, sovint en escenaris de canvi climàtic. Aquestes simulacions són una eina important per a integrar la informació disponible i obtenir projeccions del comportament del bosc, considerant la seva variabilitat en el

territori. Aquests models, per exemple, poden permetre càlculs de cost-benefici de diverses opcions de gestió.

— Portar a terme una *gestió adaptativa*, que no consisteix únicament a adaptar-se a les condicions concretes de cada situació, sinó que explora diferents opcions mitjançant l'experimentació, que avalua els resultats i que millora les accions a partir del coneixement que es va acumulant (Vilà-Cabrera *et al.*, 2018). Per tant, implica (1) establir objectius, (2) analitzar els conflictes i les sinergies dels diferents interessos o serveis, (3) planificar i executar actuacions en funció d'anàlisi de cost-benefici, (4) supervisar els resultats al llarg del temps, (5) avaluar els objectius preconfigurats des d'una perspectiva d'aprenentatge i (6) replantejar noves accions en funció de l'aprenentatge experimentat en el mateix sistema o aplicar aquest aprenentatge a altres sistemes anàlegs. D'aquesta manera, la mateixa pràctica de la gestió es constitueix en un sistema de millora i adaptació en un entorn canviant.

— *Tenir perspectiva a llarg termini*. Aquest principi és aplicable a qualsevol sistema natural, però encara ho és més als sistemes forestals, vist el temps necessari per al desenvolupament d'espècies de vida llarga com són els arbres. És ben conegut que les actuacions que es fan avui al bosc tenen ple efecte anys o dècades després. Vivim en un context de canvi climàtic. Els arbres que veiem ara no experimentaran el clima actual en les properes dècades. Amb el que ja sabem, gestionar el bosc com si el canvi climàtic fos inexistent o incert és senzillament una negligència, perquè sí que sabem que les temperatures seran més altes i l'aridesa molt probablement serà més gran.

— *Aplicar el monitoratge a llarg termini*. És molt important disposar d'informació acurada de l'estat dels boscos i del seu funcionament. Per aconseguir-ho, una eina bàsica són els inventaris forestals, dels quals ja es disposa per a Catalunya d'una quarta edició de l'IFN (Inventario Forestal Nacional). Catalunya ha estat pionera en la incorporació de paràmetres ecològics (per exemple, contingut de nutrients en fulles, àrea específica foliar, anells de creixement radial, entre d'altres) en aquests inventaris, i això proporciona una gran capacitat per a comprendre els processos involucrats en el funcionament dels boscos. Existeixen, a més, altres xarxes de monitoratge de l'estat de salut de boscos (xarxa europea de seguiment de l'estat dels boscos ICP-Forests, DEBOSCAT). A aquestes eines basades en l'obtenció de mesures directes dels arbres, s'hi han d'afegir les tecnologies basades en sensors remots que ja estan en ús des de fa temps, o noves tecnologies, com el LIDAR o l'ús de drons, que aconsegueix una gran precisió en l'estimació del volum de vegetació o en paràmetres biofísics com la humitat

del sòl. És fonamental assegurar la continuïtat d'aquests esforços de monitoratge i tractament de les dades, que complementen altres iniciatives més focalitzades a obtenir informació sobre biodiversitat, amb les quals han de quedar integrades.

— *Relacionar-se amb l'entorn regional i global.* A banda de consideracions normatives, els processos ecològics que afecten el funcionament dels boscos i el paper de la biodiversitat són comuns en molts ecosistemes. El nostres boscos segresten molècules de C que s'han escampat per tota l'atmosfera. La distribució de les espècies s'estén més enllà de les fronteres i la contaminació de l'aire pot provenir d'emissions molt llunyanes. D'altra banda, cada vegada estem més subjectes a normatives que s'estableixen en esferes polítiques d'ampli abast, com l'espai europeu. Per tant, hem d'aprofitar l'avantatge d'altres experiències, alhora que destaquem la gestió dels nostres boscos i els seus valors en un context internacional.

— *Ser participativa.* Ha d'implicar els agents socials, incloent els diferents nivells de l'Administració, els agents socials i la ciutadania en general. En particular, els gestors dels espais protegits haurien de participar d'una manera activa en la planificació i supervisió dels plans de gestió, col·laborant amb l'Administració i amb la propietat. Aquesta participació dels diferents agents socials ha de ser ben coordinada i ben informada. Sovint es fa responsables dels encerts i conflictes els agents locals, o determinats nivells de l'Administració, mentre que aquests només manifesten un context social general. En el cas dels sistemes forestals de Catalunya, això és molt evident quan veiem que l'abandonament és el resultat d'un context socioeconòmic ampli, fins i tot amb determinants globals. Sense menystenir el paper evident que ha de tenir la població local, la responsabilitat de la gestió de l'espai forestal és de tota la societat i tota ella ha de conèixer la realitat i participar d'alguna manera en la presa de decisions. A més, avui dia, l'acció social ja no està estructurada en uns pocs grups o agents socials, sinó que la implicació individual és factible. Tanmateix, sense coneixement, aquesta participació no és efectiva o fins i tot resulta contraproductent respecte als objectius de compatibilitat de valors i la seva racionalització. Novament és fonamental la participació dels múltiples agents de l'ús forestal, i molt especialment dels propietaris, als quals pertany una gran part de l'espai forestal.

6. DECÀLEG PER ALS ESPAIS FORESTALS DEL FUTUR

1. Substituir el criteri de «naturalitat» com a objectiu de la conservació de la biodiversitat per una aproximació basada en el funcionament dels ecosistemes forestals i el paper de la biodiversitat. Això permet *integrar millor la multifuncionalitat* dels boscos, relacionada amb els serveis que els ecosistemes proporcionen, i racionalitzar la prioritització de criteris.

2. Identificar i preservar *processos clau* que contribueixen al manteniment de múltiples serveis (sinergies) i diferents components del patrimoni natural. És el cas de la *coberta vegetal*, que minimitza les pèrdues de sòl i estructura de les comunitats biòtiques.

3. Afavorir la *multiplicitat d'usos* del bosc amb criteris de *sostenibilitat*. Això implica reconèixer l'existència de conflictes i sinergies, susceptibles de ser analitzats amb eines quantitatives basades en el desenvolupament d'indicadors i en l'anàlisi cost-benefici que considerin diferents alternatives de gestió. L'anàlisi multicriteri és un exemple d'eina metodològica que pot ajudar a treballar en la valoració dels espais forestals més enllà de les estimacions estrictament econòmiques. Una derivada important d'aquest principi és la *comptabilització del benefici econòmic obtingut dels recursos forestals amb la conservació del patrimoni natural*. En general, la biodiversitat millora la capacitat reguladora dels ecosistemes forestals i això també acaba afavorint a llarg termini els serveis de provisió. Tanmateix, la gran diversitat topoclimàtica de Catalunya permet distribuir espacialment les prioritats corresponents als diferents serveis, com els de provisió o els de regulació associats a la biodiversitat. D'acord amb aquest principi, algunes actuacions concretes relacionades amb la biodiversitat poden tenir per objecte:

a) Potenciar les espècies emblemàtiques dels ambients forestals. Aquestes espècies constitueixen una eina important de gestió, ja que permeten establir indicadors relacionats amb propietats dels ecosistemes forestals que determinen altres serveis.

b) Afavorir els boscos mixtos, actualment molt disminuïts després d'anys de pressió antròpica, la qual cosa augmentaria la capacitat de resistència i resiliència ecològica davant pertorbacions.

c) Afavorir la diversitat estructural, que també té un efecte cascada per a altres espècies, en augmentar la diversitat de recursos i hàbitats. A més, la preservació de la diversitat estructural afavoreix altres funcions, com el control del combustible.

d) Donada la seva raresa actual, convé preservar alguns espais forestals amb una dinàmica lliure de pressió antròpica, tant pels seus valors intrínsecs com pel que representa el seu estudi per a conèixer el funcionament ecològic dels boscos.

e) Incloure les interaccions entre espècies com un component de la biodiversitat, massa focalitzada actualment en l'inventari d'espècies. Per exemple, l'alteració històrica d'alguns components, com les espècies d'herbívors i de depredadors, ha trastocat el funcionament del conjunt i han de dissenyar-se accions perquè juguin un paper rellevant en el funcionament dels ecosistemes forestals.

f) Potenciar la xarxa d'espais protegits com a laboratori de prova i aprenentatge per a la compatibilitat de la conservació de la biodiversitat i la provisió dels diferents serveis ecosistèmics. Això implica crear instruments perquè s'estableixi una col·laboració efectiva entre els agents que actuen en aquestes àrees.

g) Implicar el món acadèmic en l'anàlisi de les relacions entre biodiversitat i funcionalitat ecològica, facilitant l'establiment de sistemes d'estudis de camp en espais forestals. És necessari establir un programa específic per implementar una xarxa de zones de seguiment científic a llarg termini que proporcioni informació contrastada del paper funcional de la biodiversitat.

4. Incorporar a la gestió forestal els serveis associats al *segrest de carboni* pels boscos i el corresponent manteniment d'*estocs de C*. Això implica una gestió forestal flexible i adaptada a cada espècie i zona geogràfica, d'acord amb els principis ressenyats en els punts anteriors:

a) En boscos joves amb una alta densitat o en boscos més vells amb una dinàmica estancada caldrà afavorir el desenvolupament del bosc amb aclarides. Aquestes actuacions presenten sinergies amb el control d'incendis i plagues, amb l'explotació de fusta i amb la preservació de determinats hàbitats.

b) L'increment de l'estoc de C forestals va acompanyat d'un ús d'aigua que preveiem que serà més escàs en un context de major aridesa, particularment en els boscos mediterranis. S'haurà de procurar, doncs, maximitzar l'assimilació de CO₂ a la disponibilitat d'aigua, subjecta previsiblement a fortes variacions interanuals. Així, les despeses de manteniment de boscos menys densos poden ser compensades per afavorir la resiliència enfront de períodes de sequera extrema.

c) En els boscos més productius i amb un risc baix de pertorbacions s'haurien de potenciar períodes de rotació llargs o fins i tot deixar-los indefinidament en dinàmica lliure supervisada, de cara a maximitzar l'estoc de C. Els estocs de C s'optimitzen amb

la grandària dels arbres, la qual ha de ser compatible amb el manteniment del potencial de regeneració del bosc (alta diversitat estructural) i amb la coexistència de diferents espècies forestals, en concordança amb la conservació de la biodiversitat.

d) Al contrari, les rompudes impliquen pèrdues importants d'estocs de C i haurien de resultar del compromís amb altres serveis, com ara l'explotació econòmica, o amb la prevenció de la propagació de perturbacions com els incendis (Vayreda *et al.*, 2016).

e) L'extracció de biomassa per a *biocombustible* és un exemple de possible compatibilitat de servei de provisió amb valor econòmic amb la gestió dels estocs de C i de determinats hàbitats, però no s'ha de convertir en el principal objectiu de la gestió forestal donades les seves importants limitacions econòmiques i ambientals.

5. Planificar a llarg termini una *estratègia de gestió dels incendis forestals*. Actualment, la lluita contra els incendis consumeix una part molt important dels recursos destinats per les administracions públiques a la gestió forestal. Una gran part d'aquests diners es destinen a tasques d'extinció. Coneixem prou bé les causes del fenomen i les tècniques per a combatre-les, tot i les dificultats i els riscos. Però no hem assumit encara d'una manera clara que una política basada exclusivament en l'extinció d'incendis a la llarga probablement comportarà un increment del nombre de grans incendis d'alta intensitat. De fet, no disposem d'eines efectives per a controlar l'acumulació del combustible que es produeix en grans àrees del territori. Aquest control del combustible és coincident amb altres objectius com la regulació de la densitat per afavorir la successió forestal i disminuir la competència o l'obtenció de biomassa per a biocombustible. Tanmateix, la reducció del combustible no ha de minvar la capacitat de regeneració de les comunitats biòtiques ni danyar els sòls, tenint en compte que s'hauria de mantenir en el temps. S'ha de procurar preservar espais forestals amb una dinàmica lliure i a la vegada espais on l'absència de grans perturbacions recents proporcioni valors intrínsecs de biodiversitat. Aquesta gestió s'ha de fer tenint en compte que el risc climàtic d'incendis augmentarà, promovent comportaments dels focs extraordinàriament virulents i amb dificultats climàtiques per a la regeneració de la vegetació. La implementació d'una estratègia de gestió dels incendis és, per tant, un dels grans reptes que ha de:

a) Aplicar-se al conjunt del territori.

b) Tenir un abast a llarg termini, considerant un escenari d'increment del risc climàtic d'incendi i unes tendències socioeconòmiques que afecten l'ús del territori.

c) Considerar que és un fenomen complex i altament estocàstic, amb derivacions també complexes cap a altres característiques dels ecosistemes naturals, agrícoles i periurbans.

d) Reduir els riscos per a les persones i les propietats.

e) Comunicar-se eficientment, implicant-hi l'opinió pública.

f) Treballar amb la multiplicitat d'agents implicats (diferents nivells de l'Administració pública, propietaris, societat civil, opinió pública).

g) Destinar suficients recursos a altres components de la gestió forestal.

6. La gestió dels espais forestals ha d'incorporar el *canvi climàtic* d'una manera sistemàtica. Això és necessari perquè les pràctiques de la gestió actual tenen repercussió en les properes dècades, quan el clima serà presumiblement més àrid. A més, les projeccions climàtiques disponibles indiquen un augment de la variabilitat climàtica i, per tant, dels episodis climàtics extrems com les sequeres. Per tant, la gestió dels recursos hídrics s'ha d'integrar plenament en la gestió forestal. Això implica, d'una banda, considerar les limitacions hídriques dels boscos del futur i, de l'altra, incorporar el paper del funcionament forestal —contribució de la coberta forestal a la reducció de l'escorrentia i a l'evapotranspiració— en els balanços hídrics a nivell de conca, és a dir, en el corresponent servei de regulació (compromís entre l'ús d'«aigua verda» utilitzada per a la vegetació i d'«aigua blava» dels cursos d'aigua). Les accions encaminades a la gestió dels estocs de C o dels incendis forestals presenten coincidències amb aquest objectiu, i la preservació de la biodiversitat també hauria de ser-hi compatible. La planificació dels serveis de provisió ha de preveure a mitjà termini una disminució general de la productivitat de la majoria dels nostres boscos, malgrat que a curt termini pugui experimentar un augment resultat de l'efecte positiu de l'increment de CO₂ atmosfèric en la fotosíntesi (Nadal *et al.*, 2013). Tanmateix, aquesta tendència pot veure's afectada en gran mesura per episodis climàtics extrems. A més, el nou context climàtic s'ha d'integrar a un règim de pertorbacions també canviant, com és el cas dels incendis o les plagues, que poden incrementar el seu impacte en unes condicions d'una major aridesa. Les actuacions concretes, ateses les característiques i potencialitats locals, preveuen:

a) Seleccionar espècies i genotips més adequats a entorns climàtics d'aridesa i altes temperatures. L'increment de biodiversitat forestal reforça aquesta actuació en proporcionar una major resiliència i resistència ecològiques davant episodis climàtics com les sequeres extremes.

b) Afavorir la regeneració de les espècies forestals, incloses les del sotabosc, el qual pot actuar com a motor de resiliència per a la recuperació dels boscos després d'episodis climàtics extrems i altres pertorbacions. Aquesta regeneració ha de mantenir nivells intermedis de densitat per poder ser efectiva sense interferir amb altres funcionalitats del bosc (per exemple, la preservació d'hàbitats i el control dels incendis).

c) Ajustar la demanda evapotranspirativa a la disponibilitat d'aigua (per exemple, amb determinades aclarides), evitant sobrecompensacions de la superfície foliar o pèrdua de sòl.

d) Prioritzar la preservació de la coberta vegetal que minimitzi l'escorrentia i les pèrdues de sòl, tot i que això impliqui en determinats entorns climàtics el manteniment de formacions arbustives.

7. Monitorar i avaluar altres amenaces associades al canvi global, com *la introducció d'espècies exòtiques, l'expansió de les plagues o la contaminació*, que, tot i que actualment representen pressions moderades, tenen prou potencial per a convertir-se en problemes importants en el futur proper.

8. Implementar i mantenir *eines de monitoratge i d'anàlisi* de la biodiversitat i funcionament dels boscos, així com dels serveis que presten. Això implica sistemes de supervisió i inventari a llarg termini i d'ampli abast territorial, ja que aquestes eines han de ser integrades en altres iniciatives transnacionals i coordinades amb altres fonts d'informació, com per exemple els models climàtics. S'ha d'assegurar el manteniment dels programes en funcionament, com els inventaris forestals, les xarxes de seguiment de danys forestals (com l'ICP) o les bases de dades de biodiversitat, implementant noves iniciatives que siguin necessàries, per exemple en relació amb el medi edàfic o amb un disseny que inclogui els principals tipus de bosc. També s'ha de coordinar amb altres iniciatives de monitoratge focalitzades en determinats grups d'organismes, com ara lepidòpters o aus. A la vegada, s'han d'aprofitar les eines que proporcionen les noves tecnologies, com les basades en sensors remots, sense abandonar la informació obtinguda sobre el terreny. La incorporació del món acadèmic en les tasques de disseny, anàlisi i modelització de la relació entre biodiversitat i funcionament ecosistèmic és fonamental per a dotar-les de contextualització i rigor científics. Això permetrà:

a) Establir sistemes d'alerta davant d'amenaces, com els episodis climàtics extrems, els incendis o les plagues.

b) Desenvolupar models integrats en què, a partir de l'establiment d'indicadors, es valorin quantitativament diferents opcions de gestió diversificada en el territori, d'acord

amb les potencialitats i els agents clau locals, en diferents escenaris socioeconòmics i climàtics.

c) Aplicar models de gestió en l'àmbit local i de rodal necessaris per a optimitzar els instruments d'ordenació forestal.

d) Avaluar els resultats de les actuacions.

9. Posar en valor *l'ús social, formatiu, cultural i recreatiu* dels espais forestals, sota els criteris de sostenibilitat i compatibilitat amb els altres serveis. És fonamental que aquests espais no siguin únicament un escenari d'activitats lúdiques i esportives, sinó que cal traslladar a la societat el coneixement que tenim dels boscos i el seu funcionament, en particular pel que fa referència als serveis que proporcionen. Aquesta informació s'ha de contextualitzar i integrar amb els valors de la resta d'ecosistemes del territori i amb un context global de canvis accelerats.

10. Implementar els instruments de *governança* que permetin assolir els diferents objectius i desenvolupar les actuacions corresponents. Això implica una adequació de la normativa actual, per exemple amb una llei de la biodiversitat i una implementació transversal de l'estratègia del patrimoni natural i la biodiversitat de Catalunya, així com una millora del funcionament i de coordinació de les administracions públiques implicades.

REFERÈNCIES

- ALLOZA, J. A.; VALLEJO CALZADA, R. (2004). «Integración de la restauración forestal de zonas quemadas en la planificación forestal: un ejemplo de I+D en restauración forestal». *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.*, núm. 17, p. 13-20.
- BANQUÉ, M.; Grau, A.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; VAYREDA, J. (2003). *CANVIBOSC: Vulnerabilitat de les espècies forestals al canvi climàtic*. Barcelona: Oficina del Canvi Climàtic de Catalunya: CREAf.
- BANQUÉ, M.; CUSÓ, M.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; VAYREDA, J. (2016). *ForESmap. Avaluació i cartografia dels serveis ecosistèmics dels boscos de Catalunya*. Oficina del Canvi Climàtic de Catalunya i CREAf [en línia]. <<http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/actualitat/docs/ForESmap.pdf>> [Consulta: 8 novembre 2018]
- BATLLORI, E.; PARISIEN, M.-A.; KRAWCHUK, M. A.; MORITZ, M. A. (2013). «Climate change-induced shifts in fire for Mediterranean ecosystems». *Glob. Ecol. Biogeogr.*, núm. 22, p. 1118-1129.
- BROCKERHOFF E. G. *et al.* (2017). «Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services». *Biodiversity Conservation*, núm. 26, p. 3005-3035.
- CALBÓ, J. *et al.* (2016). «Projeccions climàtiques i escenaris de futur». A: *Tercer Informe del Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans.
- CAMPRODON, J. (2013). *Ecologia i conservació dels ocells forestals: Un manual de gestió de la biodiversitat en boscos catalans*. Barcelona: CTFC: Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural.
- CERVERA, T.; GARRABOU, R.; TELLO, E. (2015). «Política forestal y evolución de los bosques en Cataluña desde el siglo XIX hasta la actualidad». *Investigaciones de Historia Económica / Economic History Research*, núm. 11, p. 116-127.
- CERVERA, T.; PINO, J.; MARULL, J.; PADRÓ, R.; TELLO, E. (2016). *Understanding the long-term dynamics of forest transition: From deforestation to afforestation in a Mediterranean landscape (Catalonia, 1868-2005)*. Land Use Policy [en línia]. <<https://doi.10.1016/j.landusepol.2016.10.006>>. [Consulta: 8 novembre 2018]

- CICES: COMMON INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES (2013). Consultation on version 4, August-December 2012. Centre for Environmental Management, Nottingham [en línia]. <http://cices.eu/content/uploads/sites/8/2015/09/CICES-V4-3_-_17-01-13a.xlsx>. [Consulta: 8 novembre 2018]
- COMAS, L.; GRACIA, M.; VAYREDA, L. (2013). «Inventari de boscos singulars de Catalunya». *L'Atzavara*, núm. 22, p. 29-36.
- DÍAZ-DE-QUIJANO, M.; KEFAVUER, S.; OGAYA, R.; VOLLENWEIDER, P.; RIBAS, A.; PEÑUELAS, J. (2016). «Visible ozone-like injury, defoliation, and mortality in two *Pinus uncinata* stands in the Catalan Pyrenees (NE Spain)». *Eur J Forest Res*, núm. 135, p. 687-696.
- FOLCH, R. (coord.) (1976). *Natura, ús o abús?: Llibre Blanc de la gestió de la natura als Països Catalans*. Barcelona: Barcino: Institut d'Estudis Catalans. Institució Catalana d'Història Natural.
- GRANT, E. G.; TAGUE, C. L.; ALLEN, C. D. (2013). «Watering the forest for the trees: an emerging priority for managing water in forest landscapes». *Front. Ecol. Environ.*, núm. 11, p. 314-321.
- HERRANDO, S.; BROTONS, L.; ANTON, M.; PÁRAMO, F.; VILLERÓ, D.; TITEUX, N.; QUESADA, J.; STEFANESCU, S. (2106). «Assessing impacts of land abandonment on Mediterranean biodiversity using indicators based on bird and butterfly monitoring data». *Environmental Conservation*, núm. 43, p. 68-78.
- INFANTE-AMATE, J.; SOTO FERNÁNDEZ, D.; IRIARTE GOÑI, I.; AGUILERA, E.; CID, C.; GUZMÁN, G.; GARCÍA-RUIZ, R.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M (2014). «La producción de leña en España y sus implicaciones en la transición energética. Una serie a escala provincia (1900-2000)». Documentos de Trabajo AEHE-DT No 1416 [en línia]. <<https://econpapers.repec.org/paper/ahedtae/1416.htm>> [Consulta: 8 novembre 2018]
- LLORET, F. (2017). «Trade-offs in High Mountain Conservation». A: CATALAN, J. *et al.* (ed.). *High Mountain Conservation in a Changing World*. Springer. (Advances in Global Change Research; 62), p. 37-59.
- LLORET, F.; BENDINELLI, I. (2005). «Els incendis forestals a Catalunya de principis del segle XX a partir de fonts periodístiques». *Orsis*, núm. 20, p. 83-91.
- LLORET, F.; PIÑOL, J.; CASTELLNOU, M. (2009). «Wildfires». A: WOODWARD, J. C. *The Physical Geography of the Mediterranean*. Oxford University Press, p. 541-558.

- LLORET, F.; ESCUDERO, A.; IRINDO, J. M.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; VALLADARES, F. J. (2012). «Extreme climatic events and vegetation: the role of stabilizing processes». *Global Change Biology*, núm. 18, p. 797-805.
- LOEPFE, L.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; PIÑOL, J. (2012). «Management alternatives to offset climate change effects on Mediterranean fire regimes in NE Spain». *Climate Change*, núm. 115, p. 693-707.
- MARTÍN VIDE, J., PROHOM DURAN, M.; BUSTO, M.; PASCUAL MASSAGUR, J.; CAMINS, J. (2016). «Evolució recent de la temperatura, la precipitació i altres variables climàtiques a Catalunya». A: *Tercer Informe del Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans.
- MARTÍNEZ LOZANO, S. (2009). *Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña*. Girona: Universitat de Girona.
- NADAL-SALA, D.; SABATÉ, S.; GRACIA, C. (2013). «GOTILWA+: un modelo de procesos que evalúa efectos del cambio climático en los bosques y explora alternativas de gestión para su mitigación». *Ecosistemas*, núm. 22 (3), p. 29-36.
- PEÑUELAS, J. *et al.* (2016). «Ecosistemas terrestres». A: *Tercer Informe del Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans.
- PÉREZ-OBIOL, R.; BAL, M. C.; PÈLACHS, A.; CUNILL, R.; SORIANO, J. M. (2012). «Vegetation dynamics and anthropogenically forced changes in the Estanilles peat bog (southern Pyrenees) during the last seven millennia». *Vegetation History and Archaeobotany*, núm. 21, p. 385. També disponible a Internet [en línia]. <<https://doi.org/10.1007/s00334-012-0351-5>> [Consulta: 8 novembre 2018]
- ROCES-DÍAZ, J. V.; VAYREDA, J.; BANQUÉ-CASANOVAS, M.; DÍAZ-VARELA, E.; BONET, J. A.; BROTONS, L.; MIGUEL, S. de; MARTÍNEZ-VILALTA, J. (2018). «The spatial level of analysis affects the patterns of forest ecosystem services supply and their relationships». *Science Total Environment*, núm. 626, p. 1279-1283.
- TORRAS, O.; SAURA, S. (2008). «Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean». *Forest Ecology Management*, núm. 255, p. 3322-3330.
- VAYREDA, J. *et al.* (2016). «Balança de carboni: els embornals a Catalunya». A: *Tercer Informe del canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans.
- VILÀ-CABRERA, A.; COLL, L.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; RETANA, J. (2018). «Forest

management for adaptation to climate change in the Mediterranean basin: A synthesis of evidence». *Forest Ecology Management*, núm. 407, p. 16-22.